

Iwona Zielińska

**Zniekształcenie i ruchomość oddechowa klatki piersiowej
u dzieci ze skoliozą idiopatyczną**

Rozprawa doktorska

z Katedry i Kliniki Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej

Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu

Kierownik: prof. dr. hab. Andrzej Szulc

Promotor: dr. hab. med. Tomasz Kotwicki

Poznań 2011

Praca wykonana w ramach grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Grant N N404 453837

Kierownik projektu : dr hab. med. Tomasz Kotwicki

Główny wykonawca : mgr Iwona Zielińska

Serdecznie dziękuję

Promotorowi dr hab. med. Tomaszowi Kotwickiemu za życzliwość i cenne wskazówki towarzyszące tworzeniu mojej pracy doktorskiej

Podziękowania składam

Pani dr hab. med. Małgorzacie Kotwickiej za pomoc w analizie statystycznej badań

Spis treści

1. WSTĘP	1
1.1. Definicja skoliozy idiopatycznej	1
1.2. Epidemiologia skolioz idiopatycznych	1
1.3. Teorie pochodzenia skolioz idiopatycznych	2
1.4. Patomechanizm skolioz idiopatycznych piersiowych	4
1.5. Podział skolioz	5
1.6. Leczenie skolioz idiopatycznych	6
1.7. Budowa i funkcja oddechowa klatki piersiowej	10
1.8. Zniekształcenie klatki piersiowej w przebiegu skoliozy idiopatycznej	17
1.9. Nowoczesne techniki obrazowania kręgosłupa i klatki piersiowej w skoliozie	19
1.9.1. Tomografia komputerowa	19
1.9.2. Tomografia magnetycznego rezonansu jądrowego	20
1.9.3. Topografia powierzchni ciała	20
1.10. Sposoby oceny kształtu i ruchomości klatki piersiowej w skoliozie idiopatycznej	21
2. ZAŁOŻENIA I CELE PRACY	24
3. MATERIAŁ – BADANE DZIECI	26
4. METODYKA	29
4.1. Wywiad	29
4.2. Pomiary antropometryczne ogólne	29
4.3. Pomiar kąta rotacji tułowia skoliometrem Bunnella	29
4.4. Pomiar deformacji klatki piersiowej cyrklem antropometrycznym Martina	30
4.4.1. Wykonanie badania cyrklem	30
4.4.2. Opracowanie wyników badania cyrklem Martina	33
4.5. Badanie fotograficzne tułowia porównawcze skośne prawe i lewe	34
4.5.1. Stanowisko do badania fotograficznego	34
4.5.2. Wykonanie badania fotograficznego	35
4.5.3. Opracowanie wyniku badania fotograficznego	36
4.6. Badanie radiologiczne	39
4.6.1. Pomiar kąta Cobba	39
4.6.2. Pomiar kąta rotacji osiowej kręgu szczytowego metodą Perdiolle'a	39

4.6.3. Pomiar różnicy kątów żebrowo – kręgowych według Mehty	40
4.6.4. Sposób analizy parametrów radiologicznych.....	40
4.7. Sposób opracowania wyników.....	41
4.7.1. Obliczenie błędu pomiaru i współczynnika zmienności w badaniu cyrklem Martina.....	41
4.7.2. Porównanie grupy badawczej i kontrolnej	41
4.7.3. Porównanie pozycji spoczynkowej i pozycji pogłębionego wdechu	41
4.7.4. Badanie korelacji parametrów.....	41
4.8. Metody statystyczne.....	41
5. WYNIKI.....	42
5.1. Wyniki badania skoliometrem	42
5.2. Wyniki badania cyrklem antropometrycznym Martina	42
5.2.1. Obliczenie błędu pomiaru i współczynnika zmienności dla badania cyrklem antropometrycznym Martina.....	43
5.2.2. Analiza asymetrii klatki piersiowej w badaniu cyrklem antropometrycznym – grupa badawcza.....	44
5.2.3. Analiza asymetrii klatki piersiowej w badaniu cyrklem antropometrycznym – grupa kontrolna	46
5.2.4. Porównanie grupy badawczej i kontrolnej w zakresie badania cyrklem.....	47
5.2.5. Porównanie pozycji spoczynkowej i pozycji pogłębionego wdechu	48
5.2.6. Analiza kąta Alfa w grupie badawczej.....	49
5.3. Wyniki badania fotograficznego.....	50
5.3.1. Wyniki badania fotograficznego – grupa badawcza	50
5.3.2. Wyniki badania fotograficznego – grupa kontrolna.....	52
5.3.3. Porównanie grupy badawczej i kontrolnej w zakresie badania fotograficznego...53	
5.3.4. Analiza opisowa badania fotograficznego	54
5.4. Badanie korelacji pomiędzy parametrami klinicznymi, antropometrycznymi i fotograficznymi w grupie dziewcząt ze skoliozą	56
6. DYSKUSJA.....	58
7. WNIOSKI	66
8. PIŚMIENNICTWO	67
9. STRESZCZENIE	77
SUMMARY	80
 SPIS RYCIN I TABEL	 83
ZAŁĄCZNIKI	90

Wykaz skrótów użytych pracy

KRT – Kąt rotacji tułowia badany skoliometrem Bunnella w skłonie tułowia

L_D – oś długa klatki piersiowej w pomiarze cyrklem antropometrycznym

L_K – oś krótka klatki piersiowej w pomiarze cyrklem antropometrycznym

L_{DM} – oś długa na wysokości nasady wyrostka mieczykowatego

L_{KM} – oś krótka na wysokości nasady wyrostka mieczykowatego

$L_{D\dot{Z}}$ – oś długa na wysokości dolnych łuków żebrowych

$L_{K\dot{Z}}$ – oś krótka na wysokości dolnych łuków żebrowych

ΔL – różnica długości osi długiej i osi krótkiej

S - pole powierzchni konturu tułowia

S_{LE} – pole powierzchni konturu tułowia projekcji skośnej lewej

S_{PR} – pole powierzchni konturu tułowia projekcji skośnej prawej

S_{LESP} – pole powierzchni konturu tułowia projekcji skośnej lewej w pozycji spoczynkowej

S_{PRSP} – pole powierzchni konturu tułowia projekcji skośnej prawej w pozycji spoczynkowej

S_{LEWD} – pole powierzchni konturu tułowia projekcji skośnej lewej na pogłębionym wdechu

S_{PRWD} – pole powierzchni konturu tułowia projekcji skośnej prawej na pogłębionym wdechu

ΔS_{L-P} – różnica pola powierzchni konturu tułowia skośnego lewego i prawego w pozycji spoczynkowej

$\Delta S_{L-P \text{ bad}}$ – różnica pola powierzchni konturu tułowia skośnego lewego i prawego w pozycji spoczynkowej w grupie badawczej

$\Delta S_{L-P \text{ kon}}$ – różnica pola powierzchni konturu tułowia skośnego lewego i prawego w pozycji spoczynkowej w grupie kontrolnej

ΔS_{PR} – różnica pola powierzchni konturu tułowia skośnego prawego na pogłębionym wdechu konturu tułowia skośnego prawego w pozycji spoczynkowej

ΔS_{LE} – różnica pola powierzchni konturu tułowia skośnego lewego na pogłębionym wdechu i konturu tułowia skośnego lewego w pozycji spoczynkowej

$\Delta S_{LE \text{ bad}}$ – różnica pola powierzchni konturu tułowia lewego na pogłębionym wdechu i lewego w pozycji spoczynkowej dla grupy badawczej

$\Delta S_{LE \text{ kont}}$ – różnica pola powierzchni konturu tułowia lewego na pogłębionym wdechu i lewego w pozycji spoczynkowej dla grupy kontrolnej

$\Delta S_{PR\ bad}$ - różnica pola powierzchni konturu tułowia prawego na pogłębionym wdechu i prawego w pozycji spoczynkowej dla grupy badawczej

$\Delta S_{PR\ kont}$ - różnica pola powierzchni konturu tułowia prawego na pogłębionym wdechu i prawego w pozycji spoczynkowej dla grupy kontrolnej

1. WSTĘP

1.1. Definicja skoliozy idiopatycznej

Skolioza idiopatyczna (SI) jest zniekształceniem trójpłaszczyznowym kręgosłupa i związanych z nim części narządu ruchu: klatki piersiowej i miednicy, a także narządów wewnętrznych [20]. Zgodnie z ustaleniami Scoliosis Research Society skoliozą określamy skrzywienie kręgosłupa przekraczające 10° w badaniu rentgenowskim [59]. Zniekształcenie ma charakter trójpłaszczyznowy, na który składa się wyboczenie w płaszczyźnie czołowej połączone z rotacją i torsją kręgów w płaszczyźnie horyzontalnej, a także zaburzeniem przebiegu kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej: zmniejszeniem fizjologicznej kifozy piersiowej lub lordozy lędźwiowej. Choroba pojawia się w okresie wzrastania kręgosłupa. We wczesnym stadium, poniżej 20° kąta Cobba, rozwój skoliozy może samoistnie przebiegać w kierunku progresji, stabilizacji lub ustępowania [11]. Okresy progresji najczęściej przypadają na okres szybkiego rośnięcia kręgosłupa [20].

1.2. Epidemiologia skolioz idiopatycznych

Jednym z najczęściej rozpoznawanych schorzeń ortopedycznych w wieku rozwojowym są skoliozy idiopatyczne, dotyczące około 2-3% populacji [20]. Skoliozy o niewielkich wartościach kątowych spotyka się równie często wśród chłopców jak i u dziewcząt. W miarę wzrastania kąta skrzywienia mierzonego metodą Cobba proporcja ta staje się niekorzystna dla dziewcząt (tabela 1.1.).

Tabela 1.1. Częstość występowania skolioz idiopatycznych u dziewcząt i chłopców według Weinsteina (cytowane za [20])

Kąt Cobba	Częstość występowania (%)	Proporcja dziewczęta/chłopcy
> 10 stopni	2-3	1,4-2,0/1
> 20 stopni	0,3-0,5	5,4/1
> 30 stopni	0,1-0,3	10/1
> 40 stopni	< 0,1	

Ryzyko progresji zniekształcenia w przypadku skoliozy idiopatycznej jest tym większe, im wcześniej skolioza wystąpi i im większy był kąt skoliozy w chwili jej wykrycia (tabela 1.2.).

Tabela 1.2. Ryzyko progresji skoliozy idiopatycznej (w %) w zależności od wartości kątowej i od wieku w chwili wykrycia skrzywienia według Nachemsona i wsp., (cytowane za [20])

Wartość kąta Cobba w momencie wykrycia skoliozy (stopnie)	Wiek rozpoznania (lata)		
	10 – 12	13 – 15	16
< 19	25 %	10 %	0 %
20 – 29	60 %	40 %	10 %
30 – 39	90 %	70 %	30 %
> 60	100 %	90 %	70 %

1.3. Teorie pochodzenia skolioz idiopatycznych

Przyczyny postawiania skolioz idiopatycznych nie zostały wyjaśnione. Powstało wiele teorii próbujących wyjaśnić zagadnienie etiologii SI, które pokrótce przypomnę odwołując się do pracy Tylmana [69]. Według grupy teorii zwanych morfologicznymi pierwotnymi przyczynami skrzywienia są zaburzeniami w obrębie chrząstek wzrostowych kręków, więzadeł kręgosłupa oraz żeber (Bunch and Ebbesson, Wejsflog, Roaf, Alexander). Teoria wad wrodzonych zakładała, że skoliozy mogą być zmianami wrodzonymi pierwotnymi lub wtórnymi. Frejka, Haglund i Lindemann uważali w przeszłości za tak zwane „jądro skoliozy” zmiany w przebiegu krzywicy. Teoria osteoplastyczna (Dolega, Kirmisson) zakładała, że przyczyną jest zwiększona plastyczność rosnących kręków i ich podatność na odkształcenie. Interesującą hipotezę przedstawił w 1924 roku Heuer, który uważał skoliozę za wynik zaburzeń wzrostowych powodowanych przez szybsze wzrastanie przedniej kolumny kręgosłupa, doprowadzające do wytworzenia się hipokifozy części piersiowej kręgosłupa, a następnie poprzez jej rotację - bocznego skrzywienia. Późniejsze doświadczenia wykonane przez Somerville przemawiały za tą hipotezą. Ponseti, Varkas oraz Król i Skwarcz uważali z kolei, że przyczyną powstania skolioz są zaburzenia przemian ogólnoustrojowych, w tym syntezy mukopolisacharydów.

Wielu zwolenników zyskała teoria zaburzeń równowagi mięśniowej, które miały doprowadzić do powstania skoliozy w wyniku zmian w ośrodkowym układzie nerwowym. Poszukiwano zależności pomiędzy koordynacją nerwowo-mięśniową a rozkładem napięć mięśni, które warunkują ustawienie części układu kostno-stawowego względem siebie (Gruca, Wejsflog, Żuk [69]). Zaobserwowano wpływ zaburzeń symetrii wzorca postawy i ruchu na pojawienie się skoliozy u dzieci [28]. Roaf wskazał jako przyczynę nierównowagę mięśni rotujących kręgosłup po stronie wypukłości skrzywienia [56]. Według innych autorów (Burwell i wsp. [7], Grivas i wsp. [22]) istniejący związek pomiędzy zniekształceniem kręgosłupa i deformacją klatki piersiowej może przemawiać za tym, że istotną rolę w powstaniu idiopatycznych skrzywień kręgosłupa odgrywa klatka piersiowa, w tym asymetria długości i położenia żeber.

Rośnie liczba doniesień wiążących wystąpienie SI z czynnikami genetycznymi, za czym przemawiać może częstsze jej występowanie u osób, w których rodzinach skolioza już występowała. W badaniach genetycznych stwierdzono pojawienie się SI z częstością 73% u bliźniąt jednojajowych a 36% u bliźniąt dwujajowych [47]. Według Riseborough i Wynne-Davies w rodzinach chorych ze skoliozą prawie 11% krewnych pierwszego stopnia miało idiopatyczne skrzywienie kręgosłupa, drugiego stopnia około 2,4% a trzeciego 1,5% [55]. W Polsce badania ankietowe 1200 rodzin przeprowadziła Mitroszewska, zdaniem której dziedziczenie skoliozy może być powiązane z mechanizmem autosomalnym recesywnym (cytowane za [28]).

Interesująca hipoteza w powstaniu skoliozy dotyczy zaburzeń w wytwarzaniu i oddziaływaniu melatoniny, której wpływ może być istotny ze względu na interakcję z kalmoduliną – białkiem wpływającym na kurczliwość mięśni szkieletowych. Według niektórych autorów jego poziom badany w obrębie płytek krwi był wyższy u chorych, u których doszło do istotnej, to znaczy przekraczającej 10°, progresji SI w ciągu roku poprzedzającego badanie [27].

Wzrasta liczba prac uwypuklających znaczenie zjawisk neurofizjologicznych zachodzących w ośrodkowym układzie nerwowym [57], a także roli czynników genetycznych i zaburzeń molekularnych [39].

Z punktu widzenia fizjoterapeuty można podsumować, że skolioza jest chorobą wieloukładową, która rozwija się według nieprawidłowych wzorców, o nie ustalonej jak dotąd etiologii.

1.4. Patomechanizm skolioz idiopatycznych piersiowych

Wobec nieznanej etiologii badacze koncentrują się nad drogami rozwoju SI. W trakcie rozwoju skoliozy idiopatycznej piersiowej najpierw obserwuje się zmniejszenie fizjologicznej kifozy piersiowej [20], co w praktyce klinicznej uwidacznia się pod postacią pleców płaskich. Zaburzenie fizjologicznych krzywizn strzałkowych, szczególnie kifozy piersiowej, wpływa niekorzystnie na statykę kręgosłupa, rozmieszczenie środka ciężkości ciała oraz ruchomość klatki piersiowej, a pośrednio na czynność układu oddechowego. Przodowygięcie kręgosłupa piersiowego zmienia się w skrzywienie boczne pod wpływem rotowania kręgów; na początkowym etapie nie występuje zmiana kształtu kręgów (torsja) a jedynie trójpłaszczyznowa zmiana ich przestrzennego ustawienia względem siebie. Zgodnie z obserwacjami rotacja osiowa kręgów jest największa na szczycie skrzywienia a kierunek zaburzeń torsyjnych jest przeciwny do kierunku rotacji i jest następstwem oporu tkanek otaczających kręgosłup wskutek jego obracania [37].

Na skutek nierównomiernego obciążania kręgów oraz zaburzenia procesów wzrostowych dochodzi do sklinowacenia kręgów, czego konsekwencją jest ich obniżenie po stronie wklęsłości wygięcia. Zjawisko to zgodne jest z prawem Delpecha-Wolffa [20]. W obrębie kręgosłupa najistotniejsze zmiany dotyczą kręgów na szczycie łuku skoliozy. W obrębie kręgu szczytowego wyrostek kolczysty zwraca się w kierunku wypukłości skrzywienia, wyrostek poprzeczny strony wypukłej ustawia się strzałkowo a strony wklęsłej czołowo. Nasada łuku strony wklęsłej staje się krótsza i cieńsza niż strony wypukłej, trzon kręgu natomiast ulega wydłużeniu w stronę wklęsłą [20]. Ostateczny kształt kręgosłupa jest wynikiem trójpłaszczyznowych przemieszczeń oraz zniekształceń wzrostowych. Zmiany kształtu w obrębie układu kostno-szkieletowego dotyczą również miednicy, która już w niewielkich kątowo skoliozach po stronie wypukłej skrzywienia ulega spłaszczeniu z obniżeniem talerza kości biodrowej i przesunięciem tej części miednicy ku przodowi [19].

1.5. Podział skolioz

Istnieje wiele podziałów skolioz ze względu na lokalizację, chronologię, wielkość kątową skrzywienia oraz etiologię. Najczęściej stosowanym i uznawanym przez większość badaczy i autorów jest podział na skoliozy czynnościowe i strukturalne według Cobba [40]. Skoliozy czynnościowe charakteryzuje nieutralone boczne wygięcie, niewielka wartość kątowa (poniżej 20°), brak zmian strukturalnych w kręgach pod postacią sklinowacenia w płaszczyźnie czołowej oraz torsji w płaszczyźnie poprzecznej. Skrzywienia czynnościowe (funkcjonalne) są skrzywieniami wtórnymi do przyczyny, która je wywołała. Ustępują po usunięciu czynnika przyczynowego. Zalicza się do nich na przykład skrzywienia w nierówności kończyn dolnych, skoliozy wywołane bólem w przebiegu rwy kulszowej i inne.

Skoliozy strukturalne zawierają w sobie skoliozy o znanej etiologii (20%) i o nieznanej etiologii (80%) [62]. Skoliozy strukturalne wykazują utrwalone zmiany w budowie lub ukształtowaniu poszczególnych kręgów, całego kręgosłupa oraz tułowia. Objawy w postaci rotacji, sklinowacenia kręgów oraz deformacji klatki piersiowej i miednicy widoczne są w badaniu klinicznym i radiologicznym.

Skoliozy strukturalne można podzielić na [41]:

- kostnopoходne, w tym: wrodzone, torakopoходne, układowe,
- neuropoходne: wrodzone, porażenne wiotkie, porażenne spastyczne, inne,
- mięśniowo pochodne: wrodzone, w przebiegu dystrofii mięśni, inne,
- idiopatyczne o nie ustalonej etiologii (około 80%).

Wśród skolioz idiopatycznych James wyróżnił [26]:

- A) wczesnodziecięce (rozpoznawane od urodzenia do końca 3. roku życia)
 - 1-ustępujące i 2-progresujące,
- B) dziecięce (rozpoznawane między 4. a 10. rokiem życia),
- C) dorastających (rozpoznawane powyżej 10. roku życia).

Ze względu na położenie kręgu szczytowego skrzywienia wyróżniono [19]:

- skoliozę szyjną (pomiędzy C1 a C6),
- skoliozę szyjno-piersiową (C7-T1),
- skoliozę piersiową (pomiędzy T2-T11),
- skoliozę piersiowo-lędźwiową (T12-L1),
- skoliozę lędźwiową (pomiędzy L2-L4),
- skoliozę lędźwiowo-krzyżową (L5-S1).

Skoliozy klasyfikuje się także biorąc pod uwagę liczbę łuków (skoliozy jedno-, dwu-, wielołukowe) jak również kierunek wypukłości (skoliozy prawo-, lewostronne).

1.6. Leczenie skolioz idiopatycznych

Leczenie zachowawcze

Cel leczenia zachowawczego sprowadza się do zahamowania progresji skrzywienia i stworzenia lepszych warunków do wzrastania kręgosłupa oraz klatki piersiowej.

W skoliozach niskostopniowych (10° - 24°) zasadniczym sposobem terapii jest stosowanie różnorodnych ćwiczeń korekcyjnych. Wątpliwości budzi polecane dawniej kształtowanie tak zwanego gorsetu mięśniowego. W świetle doniesień naukowych siła mięśni posturalnych u dzieci z bocznym skrzywieniem kręgosłupa jest na ogół większa niż u ich zdrowych rówieśników [50]. Biorąc pod uwagę trójpłaszczyznowy charakter deformacji zawierający w sobie element utraty fizjologicznej kifozy piersiowej - zarówno mobilizowanie kręgosłupa piersiowego w kierunku wyprostnym, jak i wzmacnianie mięśni prostujących grzbiet w odcinku piersiowym należy uznać za nielogiczne i nieuzasadnione [31, 39].

Spośród metod kinezyterapii na uwagę zasługują:

- metoda oparta na asymetrycznej mobilizacji klatki piersiowej i kręgosłupa w trzech symetrycznych pozycjach wyjściowych według Dobosiewicz; celem metody jest uzyskanie czynnej korekcji skrzywienia, mobilizacja poszczególnych segmentów ruchowych kręgosłupa, zwiększenie kifozy odcinka piersiowego kręgosłupa.

Cel ten realizowany jest poprzez :

- a) asymetryczną mobilizację klatki piersiowej i kręgosłupa w 3 symetrycznych pozycjach wyjściowych z wykorzystaniem bodźców proprio- i eksteroceptywnych,
- b) asymetryczną mobilizację klatki piersiowej i kręgosłupa oraz jej derotację w pozycji antygrawitacyjnej z korektą ustawienia miednicy przy zachowaniu symetrycznej pozycji wyjściowej,
- c) utrwalenie uzyskanej korekcji poprzez skurcz izometryczny mięśni w fazie wydłużonego wydechu.

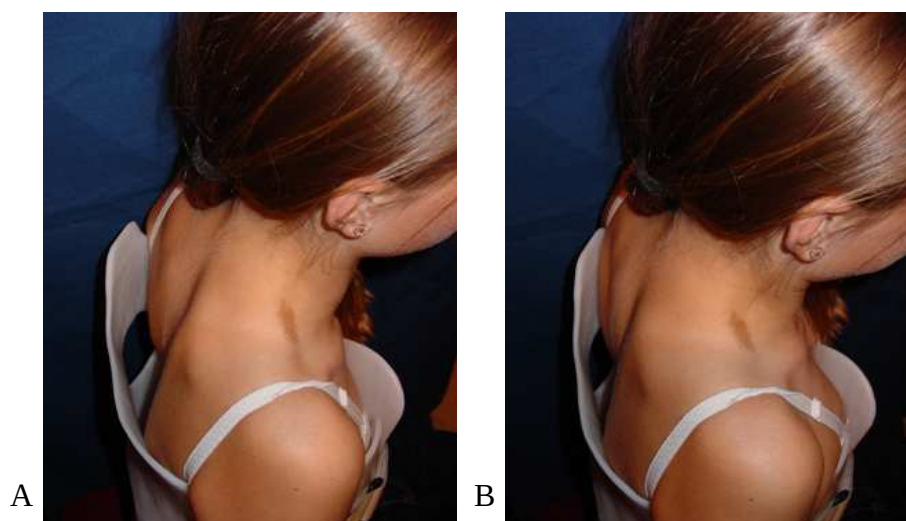
Ćwiczenia mobilizujące klatkę piersiową i kręgosłup poprzez asymetryczne oddychanie prowadzone są w klęku podpartym z symetrycznym ustawieniem obręczy barkowej i kończyn górnych oraz obręczy biodrowej i kończyn dolnych [12, 13, 16],

- metoda Lehnert - Schroth, opierająca się na asymetrycznych ruchach tułowia, głównie w płaszczyźnie czołowej, umożliwiającą uruchomienie żeber okolicy wklęsłej tułowia [42, 43],
- metoda FITS, zwracająca uwagę na terapię tkanek miękkich usuwającą przeszkody do korekcji oraz stosowanie trójpłaszczyznowych wzorców ruchowych [3],
- metoda SEAS oparta na ćwiczeniach stabilizujących kręgosłup w celu uniknięcia progresji skoliozy [58].

Progresja skoliozy i osiągnięcie przez nią 25° według Cobba u chorych niedojrzałych biologicznie, z ujemnym testem Rissera, jest wskazaniem do rozpoczęcia leczenia gorsetowego [20], którego celem jest:

- zatrzymanie progresji skoliozy lub zmniejszenie tempa narastania skrzywienia,
- zmniejszenie asymetrii klatki piersiowej,
- kształtowanie symetrii tułowia.

W ramach leczenia gorsetowego skolioz w Polsce, podobnie jak w innych krajach Unii Europejskiej, najbardziej rozpowszechnił się gorset Chêneau [32]. Mechanizm działania opiera się na zastosowaniu systemu wielokrotnych trójpunktowych układów sił korekcyjnych rozłożonych w trójwymiarowej przestrzeni, co jest zgodne z obecnym stanem wiedzy o trójpłaszczyznowym charakterze deformacji. Konstrukcja gorsetu ma na celu wyeliminowanie możliwości restrykcyjnego wpływu gorsetu na mechanikę klatki piersiowej oraz pojemność życiową płuc. Uzyskuje się to poprzez zastosowanie nacisku na tylny i przedni garb żebrowy (wzdłuż długiej osi elipsy sformowanej przez klatkę piersiową w przekroju poprzecznym) oraz pozostawienie wolnego miejsca nad obszarami wklęsłymi (wzdłuż krótkiej osi elipsy), rycina 1.1, [35].



Rycina 1.1. Konstrukcja gorsetu Cheneau zawiera w sobie element nacisku skierowanego na długą oś elipsy klatki piersiowej oraz pozostawienie przestrzeni wolnych naprzeciw wklęsłych obszarów klatki piersiowej ulokowanych na osi krótkiej. A. Pozycja swobodna. B. Pozycja pogłębionego wdechu powoduje wypełnienie pustych przestrzeni gorsetu nad zapadniętymi okolicami klatki piersiowej. Materiał Kliniki Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej w Poznaniu.

O powodzeniu leczenia gorsetowego decyduje przestrzeganie następujących zasad:

- 1) osiągnięcie w ciągu 2-3 pierwszych miesięcy wstępnej korekcji skoliozy w płaszczyźnie czołowej o około 50%,
- 2) przestrzeganie przez pacjenta czasu noszenia gorsetu,
- 3) połączenie prawidłowo dobranych ćwiczeń ze stosowaniem gorsetu.

Leczenie gorsetowe powinno być prowadzone do osiągnięcia dojrzałości kostnej. Zakończenie leczenia gorsetowego powinno odbywać się stopniowo. O sukcesie tej metody można mówić gdy nastąpiła stabilizacja rozwoju skoliozy.

Leczenie operacyjne

Wskazania do operacyjnej korekcji skoliozy należy dobierać indywidualnie biorąc pod uwagę:

- rodzaj skrzywienia,
- progresję skoliozy,
- duże wartości kątowe skoliozy przekraczające 50° według Cobba,
- niższe, sięgające 40° wartości Cobba ze współistniejącą znaczną hipokifozą kręgosłupa piersiowego,
- dużą asymetrię klatki piersiowej,
- zaburzenia neurologiczne i dolegliwości bólowe kręgosłupa [20].

Przed zabiegiem pacjent poddany jest kinezyterapii mającej na celu rozluźnienie i elongację kręgosłupa. Wykorzystuje się do tego autowyciąg [73]. Służy on także ocenie stopnia przystosowania się rdzenia kręgowego do przewidywalnej korekcji kręgosłupa [19]. Ważna jest nauka prawidłowego oddechu torem brzuszny i piersiowy, jak i ćwiczenia ogólnie-usprawniające.

Podstawowe metody leczenia operacyjnego to:

- korekcja skrzywienia z dostępu tylnego,
- korekcja skrzywienia z dostępu przedniego (przez klatkę piersiową lub przestrzeń zaotrzewnową),
- etapowa korekcja z dostępu tylnego.

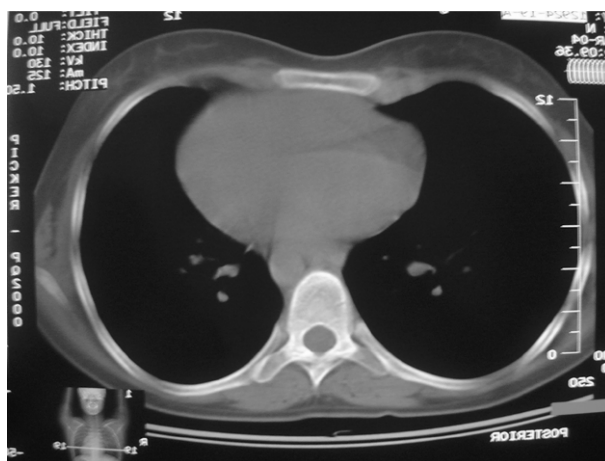
W dużym uproszczeniu istota leczenia operacyjnego z dostępu tylnego polega na korekcji skrzywienia poprzez zastosowanie systemu śrub lub haków mocowanych w nasadach, łukach i wyrostkach kręgów. Na tych elementach mocuje się pręty, na których dokonuje się korekcji skrzywienia poprzez obrót pręta, rozciąganie strony wklęsłej i kompresję strony wypukłej skrzywienia. Ostateczne usztywnienie (spondylodeza) uzyskiwane jest poprzez wytworzenie się bloku kostnego – w korekcjach z dostępu tylnego przy użyciu wszczepów kostnych (własnych lub

allogenicznych) umieszczanych wzdłuż całego zinstrumentowanego odcinka kręgosłupa, a w przypadku korekcji z dostępu przedniego w wyniku zrostu trzonów kręgowych, po uprzednim usunięciu krążków międzykręgowych [24].

1.7. Budowa i funkcja oddechowa klatki piersiowej

Klatka piersiowa jako całość

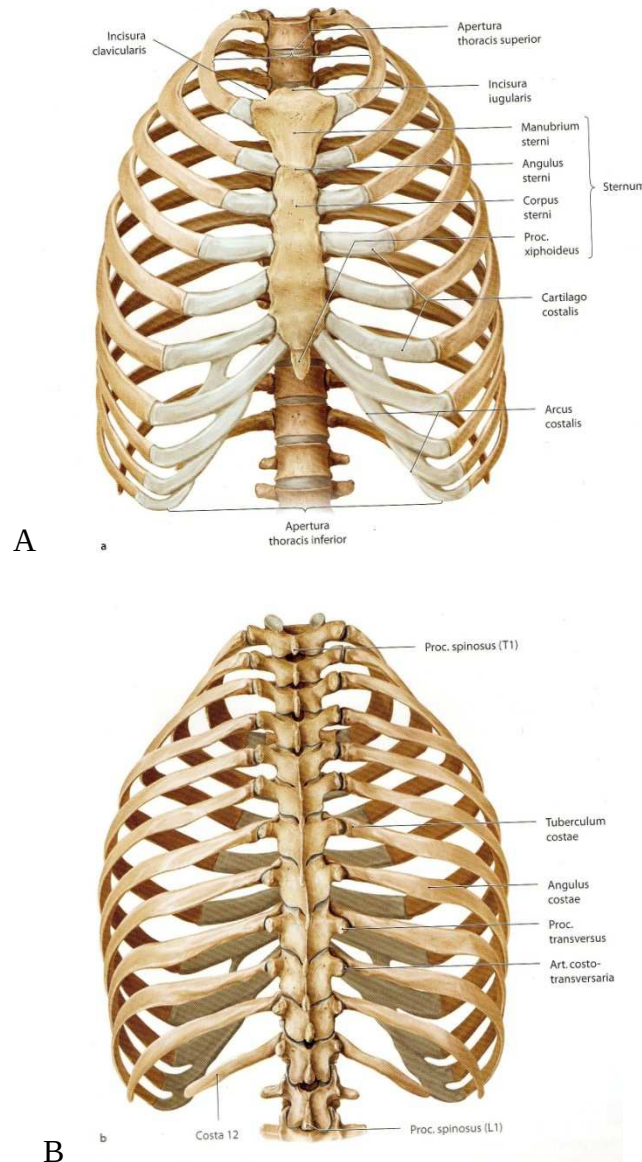
Klatka piersiowa ograniczona jest z tyłu częścią piersiową kręgosłupa, z boków żebrami a z przodu mostkiem. U zdrowego człowieka ma kształt zbliżony do ściętego stożka, który dodatkowo jest spłaszczony w kierunku od przodu ku tyłowi, co nadaje jej w przekroju poprzecznym kształt zbliżony do elipsy (rycina 1.2). Ściany klatki piersiowej są wypukłe i mają różną długość: najdłuższe są obie ściany boczne, krótsza ściana tylna obejmuje kręgosłup piersiowy i tylne części żeber, najkrótsza ściana przednia zbudowana jest z mostka i przymostkowych chrząstnych części żeber. Ściana tylna jest najmniej ruchoma. Kręgosłup piersiowy jest wygięty w płaszczyźnie strzałkowej w kierunku kifozy, co zwiększa pojemność klatki piersiowej. Równocześnie jest wpuklony w jamę klatki a tylne części żeber wypuklają się ku tyłowi; w ten sposób jama klatki piersiowej w przekroju poprzecznym ma kształt nerkowaty (rycina 1.2).



Rycina 1.2. Obraz klatki piersiowej w badaniu tomografii komputerowej dziecka bez skoliozy. Materiał Kliniki Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej w Poznaniu.

Klatka piersiowa jest najwęższa u góry, gdzie znajduje się jej wierzchołek, tak zwany otwór górny klatki piersiowej, ograniczony trzonem pierwszego kręgu piersiowego, pierwszymi żebrami i górnym brzegiem rąkojeści mostka. Ku dołowi

granicę klatki piersiowej stanowią: 12. kręg piersiowy, brzeg dolny żeber XI i XII, chrząstki żeber X – VII i wyrostek mieczykowy (rycina 1.3). Górna część klatki piersiowej jest zajęta przez jamę klatki piersiowej, a część dolna przez jamę brzuszną.

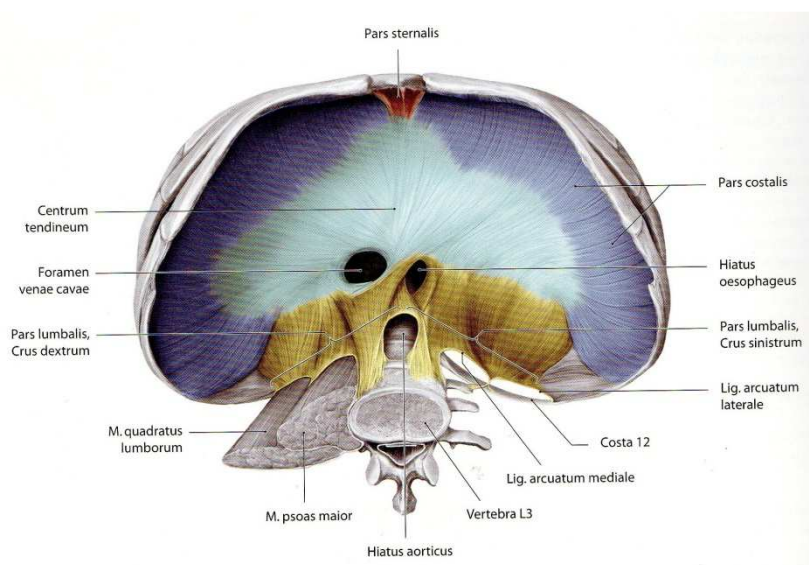


Rycina 1.3. Szkielet klatki piersiowej: A. widok z przodu, B. widok z tyłu (zmodyfikowane wg [60]).

Kształt klatki piersiowej zależy od płci i wieku. Mogą nań wpłynąć różne procesy chorobowe, między innymi skolioza. Kształt klatki piersiowej zmienia się także w zależności od fazy oddychania.

Ruchy oddechowe klatki piersiowej

Klatka piersiowa u zdrowej osoby podczas wdechu poszerza się i pogłębia, równocześnie unosząc się ku górze i uwypuklając. Podstawą aktu wdechu jest unoszenie się żeber, które powoduje powiększenie jamy klatki piersiowej. Ruch ten zwiększa wymiary strzałkowy i poprzeczny klatki piersiowej, a równocześnie obejmuje prostowanie piersiowego odcinka kręgosłupa. Natomiast wysokość jamy klatki piersiowej (wymiar podłużny) zmienia się głównie pod wpływem przepony, która podczas wdechu kurczy się i spłaszcza [4]. Przepona jest głównym mięśniem oddechowym. Jest to mięsień płaski, tworzący dwie kopuły wpuklające się do klatki piersiowej i połączone ze sobą środkiem ścięgnistym (rycina 1.4). Przepona przyczepia się do kręgów lędźwiowych i sześciu dolnych żeber oraz do wyrostka mieczykowego mostka. Skurcz tego mięśnia zachodzi pod wpływem nerwu przeponowego i powoduje obniżenie obu kopuł i przesunięcie środka ścięgnistego ku dołowi. Zwiększa to wymiar podłużny jamy klatki piersiowej i nieznacznie także wymiar poprzeczny poprzez działanie unoszące dolne żebra.

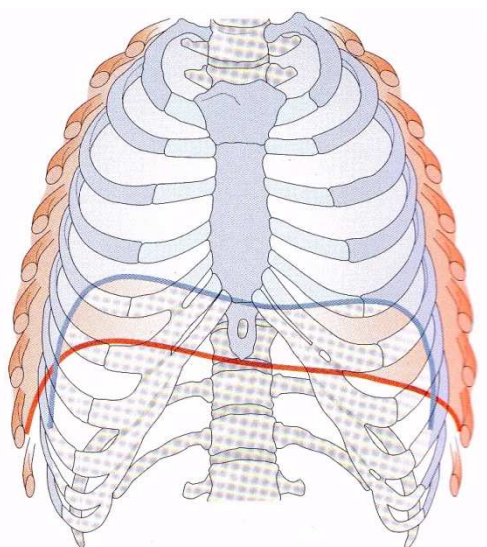


Rycina 1.4. Budowa przepony (zmodyfikowane wg [60]).

Zmiana kształtu klatki piersiowej w czasie oddychania zależy od udziału toru piersiowego i brzuszego. Ruchy przepony przy mieszanym torze oddychania zapewniają około 70% zmian objętości oddechowej płuc, a ruchy żeber – pozostałe 30%. Podczas spokojnego oddychania przepona przesuwa się o około 1,5 cm, podczas najgłębszego nawet o 10 cm. Zmiany wymiaru przednio-tylnego i poprzecznego klatki

piersiowej w czasie wdechu zachodzą głównie na skutek ruchu żeber do przodu i boku oraz przesunięcia mostka do przodu, w wyniku skurczu mięśni międzyżebrowych zewnętrznych (rycina 1.5) [29].

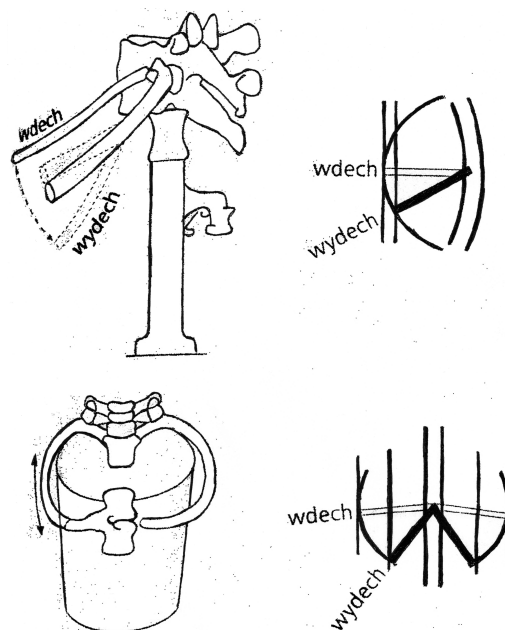
.



Rycina 1.5. Ustawienie przepony i żeber podczas pełnego wdechu i wydechu. Kolor niebieski – wydech, kolor czerwony - wdech (zmodyfikowane wg [60]).

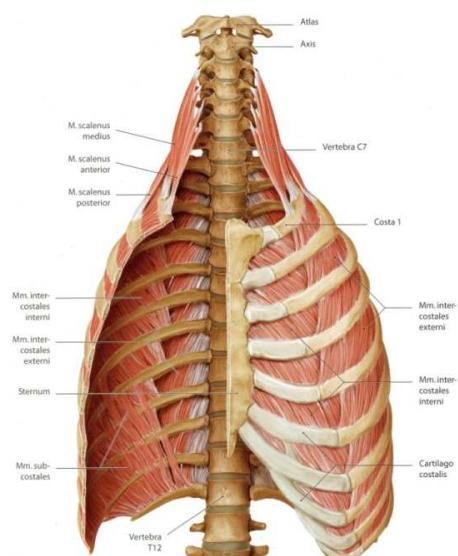
Wdechowe przesunięcia pierwszego i drugiego żebra zwiększają wymiar przednio – tylny klatki piersiowej, żeber III – IV – zarówno wymiar przednio – tylny, jak i poprzeczny, a żeber VII – X – tylko wymiar poprzeczny [4]. Ruchy żeber odbywają się wokół osi przebiegającej przez stawy: żebrowo-kręgowy (główkowo-trzonowy) i żebrowo-poprzeczny (guzkowo-poprzeczny). Ruch żebra odbywa się wokół osi obrotu łączącej te dwa stawy. Dodatkowo, żebro strony prawej i lewej są funkcjonalnie zespolone i wspólny ich ruch musi uwzględniać przebieg osi obrotu każdego z żeber. Ponieważ kąt pomiędzy osiami obrotu górnych żeber po prawej i lewej stronie klatki jest rozwarty, podczas podnoszenia się ich przy wdechu następuje także przesunięcie klatki do przodu i uniesienie mostka. Zwiększa się też wymiar przednio-tylny klatki piersiowej w wyniku skurczu mięśni międzyżebrowych zewnętrznych. W klasycznych podręcznikach anatomii ruchy górnych żeber podczas głębokich oddechów porównywano do ruchu ramienia pompy studziennej (rycina 1.6). W przypadku dolnych żeber kąt zawarty między osiami ich obrotu jest bardziej ostry, żebra są bardziej wygięte i biegną skośnie ku dołowi. Ruch wdechowy wywołany

skurczem mięśni międzyżebrowych zewnętrznych powoduje unoszenie wygiętego łuku żebra, co ma przypominać unoszenie rączki wiadra (rycina 1.6).



Rycina 1.6. Ruchy oddechowe górnych żeber można porównać do ruchu ramienia pompy studziennej, a ruchy dolnych żeber – do ruchu rączki wiadra (zmodyfikowane wg [29]).

Wydech jest głównie zjawiskiem biernym, polegającym na zmniejszeniu wszystkich wymiarów klatki piersiowej w wyniku biernego powrotu odkształconych podczas wdechu struktur sprężystych płuc i klatki piersiowej. Przyczyną jest ustanie aktywności mięśni wdechowych i działanie na klatkę piersiową siły ciężkości. W drugiej (końcowej) fazie wydechu czynne są mięśnie międzyżebrowe wewnętrzne i skośne brzucha, przebiegające ku dołowi i tyłowi. Drugą fazę wydechu, ze względu na udział tych mięśni, uważać można po części za akt czynny. Nasilone czynne wydechy obserwuje się zwłaszcza w czasie mówienia, śpiewu lub gry na instrumentach dętych. Natężony wydech wspomagany jest przez mięśnie wydechowe (rycina 1.7), których skurcz zmniejsza poprzeczny wymiar klatki piersiowej (na skutek obniżania dolnych żeber) oraz jej wymiar pionowy (na skutek przesunięcia przepony ku górze w wyniku wzrostu ciśnienia śródbrzusznego). W ten sposób mięśnie tłoczni brzusznej pokonują wdechowe ustawienie klatki piersiowej i, wspomagając siły retrakcji samych płuc, ułatwiają wydech.



Rycina 1.7. Mięśnie ściany klatki piersiowej widok z przodu (zmodyfikowane wg [60]).

Interesujące jest, jak wiele mięśni, na pozór niezaangażowanych w czynność oddychania, może wspomagać funkcję oddechową. Listę pomocniczych mięśni wdechowych, za Urbanowiczem [70], zawarto w tabeli 1.3, a mięśni wydechowych w tabeli 1.4. Należy zauważyć, że obecnie odchodzi się od jednoznacznego definiowania mięśni jako albo wdechowych, albo wydechowych, gdyż dla wielu z nich wykazano aktywność w obu fazach cyklu oddechowego.

Tabela 1.3. Zestawienie mięśni wdechowych zasadniczych i pomocniczych, według Urbanowicza [70]

NAZWA MIĘŚNI	DZIAŁANIE POWODUJĄCE WDECH
przepona	podczas skurczu wypuklenie kopuły przepony obniża się 2-4 cm lub nawet więcej; zwiększa to wymiar podłużny jamy klatki piersiowej co prowadzi do powiększenia jej pojemności i zmniejszenia w niej ciśnienia, powodując wypełnienie płuc powietrzem; przepona jest głównym mięśniem wdechowym
pochyle: - przedni - środkowy - tylny - najmniejszy	przy ustalonym kręgosłupie zwiększają pojemność klatki piersiowej unosząc żebra I i II ku górze
międzyżebrowe zewnętrzne	zwiększają pojemność klatki piersiowej unosząc żebra
międzyżebrowe wewnętrzne i najgłębsze (części występujące między chrząstkami żebrowymi)	zwiększają pojemność klatki piersiowej unosząc żebra

dźwigacze żeber - długie - krótkie	zwiększają pojemność klatki piersiowej unosząc żebra
mostkowo – sutkowo – obojczykowy	przy ustalonej głowie unosi mostek i ten sposób zwiększa pojemność klatki piersiowej
najszerszy grzbietu	przy ustalonych ramionach unosi dolne żebra
piersiowy większy	przy ustalonych ramionach unosi dolne żebra
piersiowy mniejszy	przy ustalonej łopatce unosi żebra od III-V
zębaty przedni	przy ustalonych ramionach unosi żebra
zębaty tylny górny	unosi żebra II-V
podobojczykowy	przy ustalonej obręczy barkowej unosi I żebro (działanie bardzo słabe)
mięśnie prostujące część piersiową kręgosłupa	powodują powiększenie pojemności klatki piersiowej przez jej wydłużenie

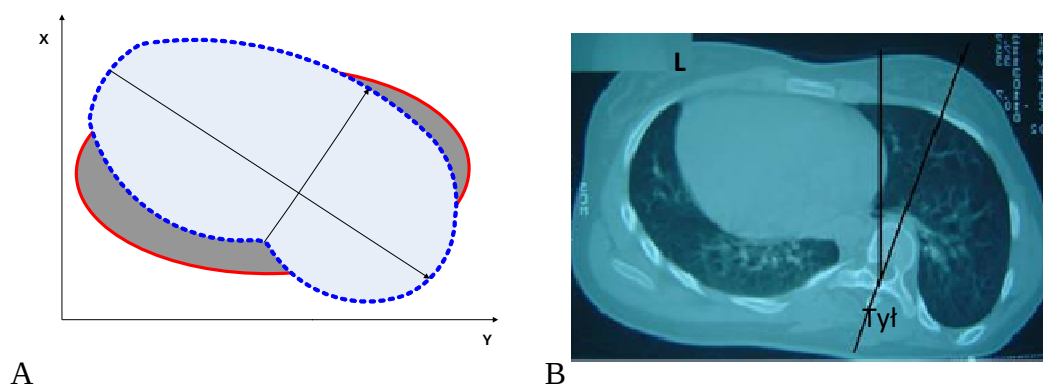
Tabela 1.4. Zestawienie mięśni wydechowych zasadniczych i pomocniczych, według Urbanowicza [70]

NAZWA MIĘŚNIA	DZIAŁANIE POWODUJĄCE WYDECH
skośny zewnętrzny brzucha	zgina kręgosłup do przodu i obniża klatkę piersiową; bierze udział w wytwarzaniu tłoczni brzusznej
skośny wewnętrzny brzucha	zgina kręgosłup do przodu i obniża klatkę piersiową; bierze udział w wytwarzaniu tłoczni brzusznej
poprzeczny brzucha	zwęża dolną część klatki piersiowej; bierze udział w wytwarzaniu tłoczni brzusznej
najszerszy grzbietu	przy ustalonym ramieniu brzeg boczny mięśnia uciska na żebra – współdziała przy wydechu
zębaty tylny dolny	obniża żebra i zmniejsza pojemność klatki piersiowej
międzyżebrowy wewnętrzny i najgłębszy (przyczepione do kostnych części żeber)	części umocowane do kostnych części żeber obniżają żebra – są więc mięśniami wydechowymi
podżebrowe	wspomagają działanie mięśni międzyżebrowych wewnętrznych
poprzeczny klatki piersiowej	obniżając żebra zmniejsza pojemność klatki piersiowej

1.8. Zniekształcenie klatki piersiowej w przebiegu skoliozy idiopatycznej

Skoliozy idiopatyczne występują najczęściej w części piersiowej kręgosłupa, a w ich przebiegu dochodzi do deformacji w obrębie klatki piersiowej. Z uwagi na spłaszczenie fizjologicznej kifozy kręgosłupa piersiowego, przednio-tylny wymiar klatki piersiowej ulega zmniejszeniu. Kręgi strukturalnego skrzywienia piersiowego ulegają rotacji wokół osi długiej i pociągają za sobą żebra. Skoliozy piersiowe skierowane są najczęściej wypukłością w stronę prawą, co oznacza, że patrząc „z góry”, stwierdza się kierunek rotacji kręgów zgodny z ruchem wskazówek zegara. W ten sposób dochodzi do przemieszczenia żeber w płaszczyźnie poprzecznej ciała, co powoduje powstanie na plecach garbu żebrowego (w skoliozie prawostronnej występuje po prawej stronie ciała). Równocześnie asymetria łuków żebrowych uwidacznia się z przodu pod postacią uwypuklenia łuku żebrowego po stronie przeciwnej do garbu żebrowego tylnego (po stronie lewej w skoliozie piersiowej prawostronnej).

Zdaniem Chêneau [35] klatka piersiowa uzyskuje kształt zbliżony do obróconej elipsy, której długa oś przebiega od tylnego do przedniego garbu żebrowego, a krótka oś przebiega od wklęsłości tylnej do przedniej, łącząc zapadnięte okolice (rycina 1.8.A). Do podobnych obserwacji prowadzą badania z użyciem tomografii komputerowej, których autorzy dodatkowo zwracają uwagę na zagadnienie utrudnionej ruchomości żeber z powodu przestrzennego przemieszczenia stawów żebrowo-kręgowych i żebrowo-poprzecznych (rycina 1.8.B) [31].



Rycina 1.8. A. Koncepcja klatki piersiowej, jako elipsy obróconej w stosunku do płaszczyzny czołowej o pewien kąt. Widok z góry. Obrisy miednicy zaznaczono ciągłą linią czerwoną, a obrisy klatki piersiowej linią kropkowaną. U osób zdrowych orientacja obu elips pokrywa się. X – przebieg płaszczyzny strzałkowej, Y – przebieg płaszczyzny czołowej, P – strona prawa, L – strona lewa.

B. Obraz zniekształcenia klatki piersiowej w tomografii komputerowej; przekrój wykonano na poziomie kręgu szczytowego skrzywienia piersiowego.

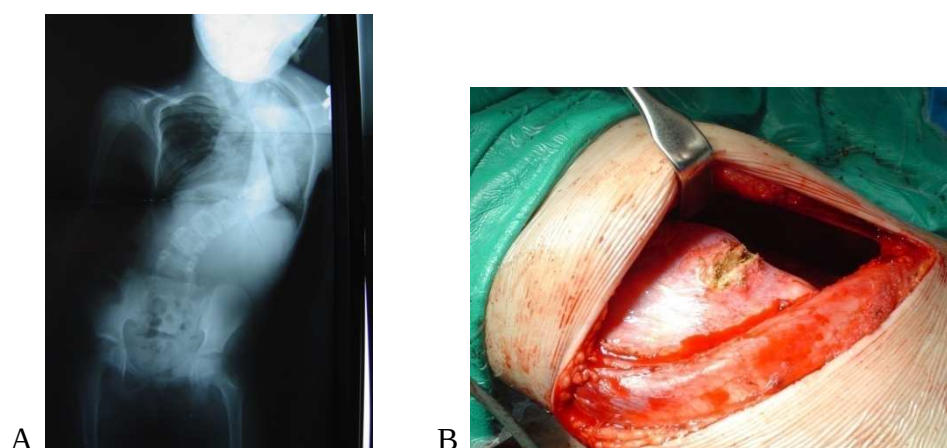
Materiał Kliniki Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej UM w Poznaniu.

Zgodnie z koncepcją Dubousseta [20] równolegle rozwijają się: trójpłaszczyznowa deformacja skoliozy (wygięcie w bok, hipokifoza, rotacja osiowa kręgów) oraz deformacja powiązanych z kręgosłupem części narządu ruchu. Z tego powodu należałoby oczekiwać, że stopień deformacji klatki piersiowej postępuje równolegle do stopnia skoliozy. Przykręgosłupowe odcinki żeber, które są ściśle powiązane z kręgami, ustawiają się równolegle do wyrostków poprzecznych. Oznacza to, że po wypukłej stronie skoliozy ustawiają się bardziej w płaszczyźnie strzałkowej, a po wklęsłej - w płaszczyźnie zbliżonej do czołowej [69]. Długość obwodu obręczy kostno-chrząstkowej nie ulega zmianie, co doprowadza do zniekształcenia jej obrysów (rycina 1.8.B).

Zniekształcenie klatki piersiowej pociąga za sobą skrócenie tkanek miękkich (powierzchniowej i głębokiej powięzi, mięśni międzyżebrowych, więzadeł, torebek stawów żebrowo-kręgowych i żebrowo-poprzecznych, przepony), a także deformację żeber. Po wypukłej stronie skoliozy części żebra leżące z tyłu, ale poza stawami żebrowo-poprzecznymi ulegają kątowemu zagięciu ku bokowi a następnie ku przodowi, co wytwarza garb żebrowy tylny. Trzony żeber zagięte pod ostrym kątem ustawiają się w płaszczyźnie zbliżonej do strzałkowej i równocześnie obniżają do dołu. W przedniej części klatki piersiowej żebra łagodnym łukiem zbliżają się do płaszczyzny czołowej. Przedni garb żebrowy powstaje po wklęsłej stronie skrzywienia w chrząstkach częściach żeber. Przyczyną tworzenia się tego garbu jest wysuwanie się żeber strony wklęsłej ku przodowi przy jednoczesnym zachowaniu ustawienia mostka w płaszczyźnie czołowej [69]. Po wypukłej stronie skrzywienia żebra ustawione są rozbieżnie, to znaczy odległość pomiędzy nimi ulega zwiększeniu. Po wklęsłej stronie skrzywienia – w związku ze zmniejszeniem przestrzeni pomiędzy poszczególnymi wyrostkami poprzecznymi – odległość pomiędzy żebrami ulega zmniejszeniu, żebra przylegają ściślej do siebie lub nawet wzajemnie na siebie zachodzą.

Przy daleko posuniętej rotacji kręgów szczytowych zniekształcenie ściany klatki piersiowej po wypukłej stronie skrzywienia narasta tak dalece, że żebra otaczają kręgosłup od tyłu. Pozostaje wtedy tylko wąska szczelina pomiędzy trzonami kręgów a żebrami (rycina 1.9.). Zniekształcenia te opisał Dubousset [14, 15], a w polskim piśmiennictwie, na długo przed nim, Tylman [68, 69]. Dodatkowo, Dubousset zwrócił uwagę na tak zwany garb kręgosłupowy wewnętrzny, znajdujący się w obrębie klatki

piersiowej, który jest wynikiem lordozy i rotacji kręgosłupa piersiowego. Uważa on, że w dużych skoliozach kręgosłup zagłębia się w klatkę piersiową. Taka sytuacja może doprowadzić do uciśnięcia narządów wewnętrznych. Deformacji klatki piersiowej towarzyszy zniekształcenie płuc, które doprowadza do upośledzonej wentylacji i przewlekłych zaburzeń w upowietrznieniu tkanki płucnej, prowadzących do rozwoju ognisk niedodmowych i nawracających infekcji. Zaburzenia te mogą, w pierwszym etapie, być przyczyną obniżenia wydolności fizycznej, w skrajnych przypadkach powodem wystąpienia serca płucnego, a w konsekwencji niewydolności krążenia [69].



Rycina 1.9. A. Obraz radiologiczny bardzo dużej skoliozy piersiowej prawostronnej u dziewczynki 8 letniej.
B. W trakcie operacji z dościa przedniego można zaobserwować, jak blisko ściany klatki piersiowej znajduje się kręgosłup, co świadczy o znacznym stopniu jego lordotyzacji i rotacji. Przestrzeń jamy klatki piersiowej zostaje znacznie ograniczona. Materiał Kliniki Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej UM w Poznaniu.

1.9. Nowoczesne techniki obrazowania kręgosłupa i klatki piersiowej w skoliozie

1.9.1. Tomografia komputerowa

Tomografia komputerowa (CT- ang. *computed tomography*) wykorzystuje promieniowanie rentgenowskie. Umożliwia warstwowe obrazowanie tułowia i uzyskanie trójwymiarowej rekonstrukcji. Ze względu na ograniczenie napromieniowania osoby badanej zazwyczaj wykonuje się przekroje tylko na poziomach kręgów granicznych, szczytowych oraz miednicy. Obecnie wzbogaca się

metodę CT za pomocą trójwymiarowej rekonstrukcji obrazu, aby zobrazować kręgosłup w sposób przestrzenny, wykryć zniekształcenia w obrębie kanału kręgowego, wady wrodzone kręgosłupa, ocenić jakość spondylodezy [20, 25, 33, 37].

1.9.2. Tomografia magnetycznego rezonansu jądrowego

Tomografia magnetycznego rezonansu jądrowego (MRI- ang. *magnetic resonance imaging*) jest nieinwazyjną metodą obrazowania uzyskującą przekrój przez określoną strukturę lub część ciała. Badanie nie może być wykonane w obecności implantów kręgosłupowych zawierających ferromagnetyki; implanty tytanowe nie stanowią przeszkody. Metoda ta ma zastosowanie w diagnostyce pacjentów ze skoliozą o nietypowym wzorze (na przykład skolioza piersiowa lewostronna), w diagnostyce skrzywień wrodzonych, w celu wykrycia wad układu nerwowego [30, 33, 72].

1.9.3. Topografia powierzchni ciała

Topografia powierzchni ciała (TPC) jest metodą polegającą na obrazowaniu i analizie zewnętrznych obrysów tułowia, najczęściej od strony grzbietu badanego. Opiera się na technikach fotogrametrycznych, czyli zajmujących się odtwarzaniem kształtów, rozmiarów i wzajemnego położenia obiektów na podstawie zdjęć fotograficznych. U dzieci ze skoliozą wykorzystuje się zależność pomiędzy skrzywieniem kręgosłupa a deformacją powierzchniową [8, 33]. Techniki fotogrametryczne są nieinwazyjne, bezpieczne i dokładne, można wśród nich wymienić: technikę mory (prążków interferencyjnych) oraz stereografię rastrową Formetic, obrazujące grzbiet badanej osoby. Układ czterech kamer (system Orten) pozwala na analizę trójpłaszczyznową całego tułowia. Umożliwia przestrzenne odwzorowanie ukształtowania całej sylwetki lub poszczególnych części ciała (tułów, kończyny). System Orten wykonuje trójwymiarowy cyfrowy model badanego obiektu na podstawie 4 ujęć zespolonych kamer w zakresie 360° [8].

1.10. Sposoby oceny kształtu i ruchomości klatki piersiowej w skoliozie idiopatycznej

Należy zauważyć, że o ile zniekształcenie samego kręgosłupa w skoliozie idiopatycznej zostało opisane w sposób wyczerpujący, zarówno przy użyciu badań klinicznych, jak i radiologicznych, tomografii komputerowej i rezonansu magnetycznego, o tyle opisy zniekształcenia klatki piersiowej są ubogie. Zazwyczaj ograniczają się do podania pojęcia garbu żebrowego i opisu jego kształtu w zależności od stopnia skrzywienia (łagodny, ostrokatowy, „żyletkowaty” itp.). Król w Ortopedii i Rehabilitacji pod redakcją Wiktora Degi (wydania z 1983 roku [40] i 1996 roku [41]) pisze, że „wskutek rotacji kręgów żebra przemieszczają się do tyłu po stronie wypukłości wygięcia, a do przodu po stronie wklęsłości” [40]. Tylman podaje bardziej rozbudowany opis, między innymi: „po wklęsłej stronie skrzywienia tylna ściana klatki piersiowej ulega zapadnięciu (*depressio thoracis*), a przednia jej część uwypukla się tworząc tzw. garb żebrowy przedni... Przedni garb żebrowy powstaje po wklęsłej stronie skrzywienia w chrzęstnych częściach żeber. Przyczyną tworzenia się tego garbu jest wysuwanie się żeber strony wklęsłej ku przodowi przy jednoczesnym zachowaniu ustawienia mostka w płaszczyźnie czołowej” [69]. Niewiele miejsca poświęcają temu zagadnieniu Żuk i Dziak: „W przedniej części klatki piersiowej wytwarza się po stronie wypukłej wgłębienie, a po stronie wklęsłej garb żebrowy przedni” [79]. Autorzy nie wspominają o sposobach zmierzenia asymetrii klatki piersiowej jako całości.

W dawnych podręcznikach, których autorzy opierali swoje spostrzeżenia na studiowaniu preparatów anatomicznych kręgosłupa, informacje dotyczące klatki piersiowej są szczątkowe, prawdopodobnie ze względu na mniejszą dostępność kompletnego szkieletu klatki piersiowej. Na przykład lakoniczny opis podaje James w fundamentalnym dziele „Scoliosis” [26]. Także współczesne podręczniki nie dostarczają informacji na temat zniekształcenia żeber w skoliozie, na przykład Dormans w wydanej w języku polskim „Ortopedii pediatricznej” (2005) o tym zagadnieniu nie wspomina [53]. Podobnie Herring w „Tachdjian’s Pediatric Orthopaedics” (2008), mimo, że skolioza zajmuje aż 148 stron trzypięciotomowego podręcznika, nie analizuje deformacji klatki piersiowej [23]. Wynika to, być może, z przekonania o wtórności deformacji klatki piersiowej w stosunku do deformacji kręgosłupa, a także z braku obiektywnych metod badania tego zniekształcenia. Znamienne jest, że w podręczniku

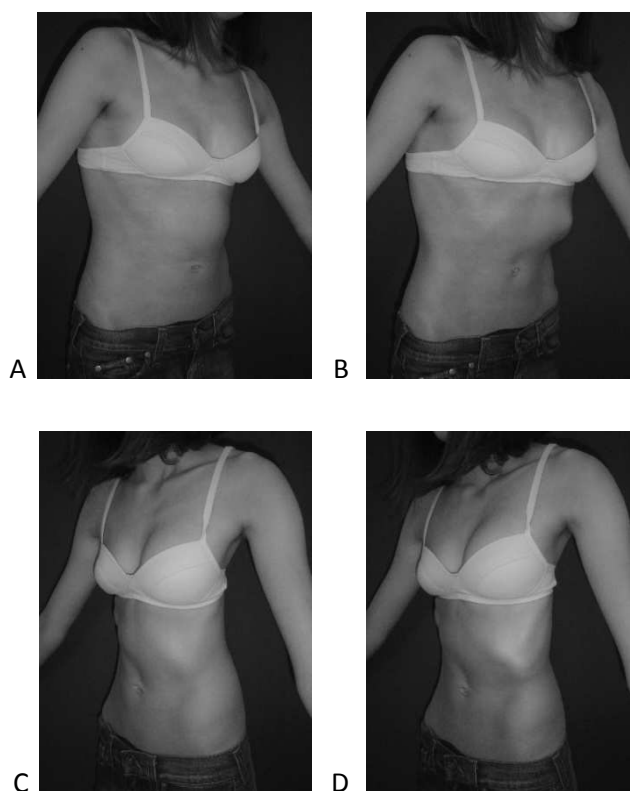
„Radiographic Measurement Manual” firmowanym przez amerykańskie Spinal Deformity Study Group (2008) z prezydentem Scoliosis Research Society, Lawrence Lenke na czele [51], omawia się około 40 parametrów wykreślanych na radiogramach skolioz idiopatycznych. Tylko jeden z nich, oceniający ustawienie barków w płaszczyźnie czołowej na podstawie linii łączącej oba obojczyki można uznać za pośrednio związany z kształtem klatki piersiowej. W badaniu klinicznym najbardziej rozpowszechnionym sposobem oceny zniekształcenia klatki piersiowej jest pomiar kąta rotacji tułowia przy użyciu skoliometru Bunnella [5] lub pomiar wysokości garbu przy użyciu linijki [79], wykonywane w pozycji skłonu do przodu, a więc w pozycji wymuszonego zgięcia kręgosłupa. Z kolei w badaniu skoliozy za pomocą techniki topografii powierzchni ciała [8] rejestruje się obraz powierzchni grzbietu w pozycji stojącej, jednak technika ta dostarcza informacji jedynie o tylnej powierzchni tułowia, nie przynosi danych o deformacji klatki piersiowej jako całości.

Badanie radiologiczne nie ukazuje trójpłaszczyznowej deformacji klatki piersiowej w sposób bezpośredni, gdyż jest badaniem jednopłaszczyznowym. Głównym parametrem oceniającym wielkość skrzywienia jest kąt Cobba [9], który opisuje stopień nachylenia dwóch kręgów: krańcowego górnego i krańcowego dolnego względem siebie. Istnieją ponadto dwa parametry radiologiczne: kąt rotacji osiowej kręgu szczytowego według Perdriolle’a [52] oraz różnica kąta żebrowo-kręgowego według Mehty [46], które są mierzone na zdjęciu radiologicznym przednio-tylnym, jednak odnoszą się do deformacji rotacyjnej kręgosłupa i klatki piersiowej, a zatem ich wartości mogłyby korelować z wartościami klinicznych parametrów opisujących zniekształcenie klatki piersiowej w skoliozie idiopatycznej.

Z praktyki fizjoterapeuty wynika, że zagadnienie deformacji klatki piersiowej stanowi przedmiot zainteresowania chorych, a wszelkie zmiany jej kształtu są obserwowane i wpływają na ogólną subiektywną ocenę wyniku leczenia skoliozy w stopniu nie mniejszym niż wyniki pomiarów kątów na zdjęciach rentgenowskich. Ponadto, wiele metod fizjoterapeutycznych stawia sobie za cel zmniejszenie garbu żebrowego oraz uwypuklenie zapadniętych okolic tułowia za pomocą specjalnie dobranych ćwiczeń. Także leczenie gorsetowe prowadzone według koncepcji Cheneau opiera się na próbie modelowania kształtu klatki piersiowej przy równoczesnym oddziaływaniu korekcyjnym na kręgosłup. Wymaga to posiadania narzędzi

umożliwiających obiektywną kontrolę przebiegu leczenia w zakresie kształtu klatki piersiowej. Fakt, że w dostępnych podręcznikach ortopedii nie podaje się sposobów pomiaru zniekształcenia klatki piersiowej w skoliozie idiopatycznej, skłania do podjęcia próby ilościowego oznaczenia tej deformacji.

Prostym sposobem ukazującym i dokumentującym zniekształcenie klatki piersiowej jest wykonanie fotografii tułowia pod różnymi kątami, co pomaga uwidocznąć deformację (rycina 1.10).



Rycina 1.10. Obraz kliniczny deformacji klatki piersiowej u chorej 16-letniej, ze skoliozą idiopatyczną piersiową prawostronną o wartości kąta Cobba 65°. Zdjęcia wykonano skośnie celem uwidocznienia różnicy w położeniu i kształcie żeber: A. skos prawy pozycja swobodna, B. skos prawy pogłębiony wdech, C. skos lewy pozycja swobodna, D. skos lewy pogłębiony wdech. Materiał Kliniki Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej UM w Poznaniu.

2. ZAŁOŻENIA I CELE PRACY

ZAŁOŻENIA PRACY

Obecnie stosowane sposoby pomiaru wielkości garbu żeberowego w skoliozie, przy użyciu skoliometru, goniometru lub innych przyrządów [49], dotyczą wyłącznie tylnej części klatki piersiowej, a zatem nie uwzględniają deformacji klatki piersiowej jako całości. Ponadto, obecnie stosowane metody oceny deformacji klatki piersiowej ograniczają się do jej oceny statycznej i nie uwzględniają ruchomości oddechowej.

Zniekształcenie przedniej części klatki piersiowej przybiera formę przeciwną do zniekształcenia części tylnej, to znaczy w skoliozie piersiowej prawostronnej wysunięciu ku tyłowi tylnych części żeber strony prawej odpowiada cofnięcie ich części przednich [79]; z kolei po stronie lewej tylne części żeber przesunięte są ku przodowi (zapadnięcie strony wklęsłej), a przednie części żeber wysunięte są ku przodowi, co nazywane jest niekiedy przednim garbem żeberowym [69, 71, 79]. Oglądana w płaszczyźnie poprzecznej (widok „z góry”) klatka piersiowa przyjmuje kształt zbliżony do elipsy, w której można wyróżnić oś długą i krótką. Elipsa ta jest obrócona swoją osią długą w płaszczyźnie poprzecznej o pewien kąt w stosunku do płaszczyzny czołowej ciała (rycina 1.8.A.).

Zakłada się, że analizowanie zniekształcenia klatki piersiowej jako całości jest uzasadnione, gdyż może dostarczyć nowych informacji o skoliozie jako deformacji nie tylko kręgosłupa, ale całego tułowia. Dla chorych ze skoliozą istotne znaczenie dla subiektywnej oceny własnego wyglądu ma nie tylko tylny garb żeberowy, ale także stopień asymetrii klatki piersiowej w jej części przedniej (wystający łuk żeberowy). Argumentem przemawiającym za prowadzeniem analizy zniekształcenia klatki piersiowej jako całości jest ponadto fakt, że może ona być dokonana w pozycji pionowej jako pozycji podstawowej dla funkcji człowieka (stojącej, siedzącej, w chodzie). Natomiast pozycja, w której u chorych ze skoliozą dokonuje się pomiaru wielkości garbu żeberowego (test Adamsa) nie jest pozycją funkcjonalną, lecz pozycją wymuszonego zgięcia kręgosłupa. Dodatkowo należy nadmienić, że dla celów analizy ruchomości oddechowej klatki piersiowej pomiary należy wykonywać w pozycji naturalnej pionowej.

Istnieje niedobór metod nieinwazyjnych a przy tym prostych w wykonaniu, służących do oceny zniekształcenia klatki piersiowej jako całości u dzieci ze skoliozą idiopatyczną. Opracowanie takiej metody, opartej o pomiary kliniczne i antropometryczne, mogłoby być pomocne w dokumentowaniu zniekształcenia i w monitorowaniu przebiegu leczenia. Fakt, że taka metoda nie wymagałaby użycia skomplikowanych i mało dostępnych technik obrazowania, stanowiłby o możliwości jej zastosowania w codziennej pracy lekarza i fizjoterapeuty.

CELE PRACY

1. Opracowanie techniki pomiaru deformacji klatki piersiowej u chorych ze skoliozą idiopatyczną, która uwzględnia zniekształcenie klatki piersiowej jako całości (jej części przedniej i tylnej) i zdefiniowanie parametrów przydatnych do oceny kształtu klatki piersiowej.
2. Porównanie kształtu klatki piersiowej dziewcząt ze skoliozą idiopatyczną piersiową prawostronną ze zgodną wiekowo grupą dziewcząt bez skoliozy.
3. Przeprowadzenie analizy kierunku i stopnia ruchomości oddechowej klatki piersiowej u dziewcząt ze skoliozą idiopatyczną piersiową.
4. Sprawdzenie, czy własne parametry antropometryczne i fotograficzne, opisujące deformację klatki piersiowej jako całości, wykazują powiązanie z wybranymi parametrami radiologicznymi.

HIPOTEZA BADAWCZA

Za pomocą prostych narzędzi badawczych, dostępnych dla fizjoterapeuty i lekarza zajmujących się leczeniem chorych ze skoliozą idiopatyczną, możliwe jest dokonanie pomiaru i opisanie deformacji klatki piersiowej jako całości, zarówno w pozycji spoczynkowej jak i w pozycji pogłębionego wdechu.

3. MATERIAŁ – BADANE DZIECI

Przebadalam 99 dziewcząt w wieku od 11 do 18 lat, w tym 49 dziewcząt ze skoliozą idiopatyczną (grupa badawcza) oraz 50 dziewcząt bez skoliozy (grupa kontrolna). Kryteria włączenia do grupy badawczej przedstawia tabela 3.1.

Tabela 3.1. Kryteria włączenia do grupy badawczej

Kryterium	
Płeć	Żeńska
Wiek	11-18 lat
Typ skoliozy	Idiopatyczna
Lokalizacja skoliozy	Piersiowa prawostronna lub podwójna: piersiowa prawostronna i lędźwiowa lewostronna
Wielkość skoliozy	Co najmniej 20° według Cobba
Inne	Zgoda na udział w badaniu

Kryteriami wyłączenia z grupy badawczej były: (1) wady w budowie klatki piersiowej (lejkowata, kurza), (2) przebyte operacje na klatce piersiowej, (3) stosowanie gorsetu korekcyjnego przez okres dłuższy niż 6 miesięcy – ze względu na możliwość modyfikacji kształtu klatki piersiowej [36].

Do grupy kontrolnej zakwalifikowałam 50 dziewcząt bez skoliozy, co stwierdziłam w oparciu o badanie testem Adamsa: kąt rotacji tułowia co najwyżej 6° według Bunnella [5].

Na prowadzenie badań uzyskałam zgodę Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, nr uchwały 1036/08. U wszystkich badanych osób uzyskałam zgodę rodziców na udział w badaniu (załącznik nr 1). Na prowadzenie badań uzyskałam dofinansowanie ze środków publicznych na naukę: grant promotorski Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego numer N N404 453837.

Charakterystykę obu grup przedstawia tabela 3.2.

Tabela 3.2. Charakterystyka grupy badawczej i kontrolnej oraz wyniki pomiarów antropometrycznych; istotność różnicy pomiędzy grupami weryfikowano testem t Studenta dla zmiennych niepowiązanych

	Grupa badawcza	Grupa kontrolna	Istotność różnicy
Liczba badanych	49	50	-
Wiek (lata)	14,2 ± 1,5 (11,3-17,7)	14,2 ± 1,3 (11,8-17,3)	NS p=0,86
Liczba miesięcy po I miesiączce (mies.)	20,8 ± 15,5 (0-55)	28,0 ± 21,5 (0-77)	NS p=0,10
Wzrost (cm)	161,0 ± 6,8 (143,0-176,0)	163,4 ± 6,6 (140,0-175,0)	NS p=0,08
Masa ciała (kg)	49,1 ± 8,8 (37,0-77,0)	52,5 ± 7,9 (29,0-77,0)	S p=0,046
Rozpiętość ramion (cm)	164,5 ± 6,8 (149,0-178,0)	162,4 ± 7,2 (139,0-174,0)	NS p=0,14
Obwód klatki piersiowej w spoczynku (cm)	69,8 ± 5,3 (60,0 – 88,0)	69,9 ± 6,2 (58,0 - 92,0)	NS p=0,75
Obwód klatki piersiowej na wdechu (cm)	73,5 ± 5,6 (64,0-92,0)	74,0 ± 5,7 (60,0-88,0)	NS p=0,67
Obwód bioder (cm)	86,0 ± 6,7 (76,0-108,0)	87,6 ± 6,6 (69,0-101,0)	NS p=0,24

Wartości liczbowe przedstawiono jako średnią ± odchylenie standardowe. W nawiasach podano wartość minimalną i maksymalną. S – różnica między grupą badawczą a kontrolną istotna statystycznie. NS – różnica nieistotna statystycznie.

Pomiędzy grupą badawczą a kontrolną nie stwierdziłam istotnej statystycznie różnicy w zakresie: wieku (p=0,86), stopnia dojrzałości ocenianego liczbą miesięcy, które upłynęły od pierwszej miesiączki (p=0,10), wzrostu (p=0,08), obwodu klatki piersiowej w pozycji spoczynkowej (p=0,75), obwodu klatki piersiowej w pozycji pogłębionego wdechu (p=0,67), obwodu bioder (p=0,24). W zakresie ciężaru ciała dziewczęta z grupy badawczej wykazywały nieco mniejsze wartości (p=0,046) w porównaniu do grupy kontrolnej. W oparciu o powyższą analizę uznałam obie grupy za porównywalne dla celów prowadzenia pomiarów antropometrycznych klatki piersiowej.

Dla grupy badawczej dane dotyczące wielkości skoliozy w badaniu radiologicznym oraz wartości kąta rotacji tułowia w badaniu skoliometrem Bunnella przedstawia tabela 3.3.

Tabela 3.3. Wartość kąta Cobba skoliozy piersiowej oraz kąta rotacji tułowia (KRT) w grupie badawczej (N=49)

Parametr	Kąt Cobba	KRT piersiowy proksymalny	KRT piersiowy główny	KRT lędźwiowy
średnia	49,6	7,9	14,0	7,4
odchylenie standardowe	23,4	4,9	5,9	4,4
minimum	20,0	0,0	7,0	5,0
maksimum	108,0	22,0	30,0	23,0

W grupie badawczej 20 dziewcząt miało kąt Cobba pomiędzy 20° a 39°, 13 kąt Cobba pomiędzy 40° a 60°, a 16 powyżej 60°. 7 dziewcząt było w początkowym okresie leczenia gorsetowego, a od jego rozpoczęcia do momentu badania upłynęło nie więcej niż 6 miesięcy. Pozostałe 42 dziewczęta nie były leczone w chwili badania.

4. METODYKA

4.1. Wywiad

U wszystkich badanych przeprowadziłam wywiad dotyczący wieku, daty wystąpienia pierwszej miesiączki, a w grupie badawczej dodatkowo ewentualnego leczenia gorsetem korekcyjnym.

4.2. Pomiary antropometryczne ogólne

Zastosowałam jednolitą kartę badania (załącznik nr 2). Wszystkie badania wykonałam osobiście. Wykonałam pomiary: masy ciała (z dokładnością do 1 kg), wzrostu w pozycji stojącej (z dokładnością do 1cm), rozpiętości ramion (z dokładnością do 1cm); obwód klatki piersiowej zmierzyłam na wysokości nasady wyrostka mieczykowatego w pozycji spoczynkowej i w pozycji pogłębionego wdechu (z dokładnością do 1cm); obwód bioder zmierzyłam na wysokości krętarzy większych kości udowych (z dokładnością do 1cm). Wyniki w postaci wartości średniej, odchylenia standardowego, minimum i maksimum, porównawczo dla grupy badawczej i kontrolnej przedstawione zostały w tabeli 3.2. Zamieściłam ją w rozdziale „Materiał” z uwagi na fakt, że dotyczy charakterystyki badanych osób i pozwala na stwierdzenie, że przystępując do właściwych badań dysponowałam porównywalnymi grupami. Dla każdego parametru zbadałam istotność statystyczną różnic pomiędzy średnimi.

4.3. Pomiar kąta rotacji tułowia skoliometrem Bunnella

Badanie przeprowadziłam zgodnie z zasadami podanymi przez Bunnella [5] u dziewcząt rozebranych do bielizny, stojących boso, w lekkim rozkroku (stopy rozstawione na szerokość bioder). Po złożeniu dłoni i uniesieniu kończyn górnych osoba badana wykonywała skłon, celując rękoma między stopy (test Adamsa). Obserwowałam plecy badanego w celu wyznaczenia pozycji, w której najbardziej uwidacznia się garb żebrowy lub wał lędźwiowy i przy użyciu skoliometru Bunnella dokonywałam pomiaru kąta rotacji tułowia (KRT). Pomiar KRT wykonałam na trzech poziomach [8]: (1) piersiowym proksymalnym, (2) piersiowym głównym i (3) lędźwiowym oraz dodatkowo (4) na kolcach biodrowych tylnych górnych. Skoliometr

przykładany był do pleców osoby badanej prostopadle do osi długiej kręgosłupa tak, aby 0° na podziałce znajdowało się nad wyrostkami kolczystymi. Oba końce skoliometru opierały się na skórze bez przyciskania go do ciała. Na wybranych poziomach dokonywałam odczytu wartości kąta rotacji tułowia (w stopniach, z dokładnością do 1 stopnia), korzystając z umieszczonej na przyrządzie skali (rycina 4.1). Dla każdego poziomu kręgosłupa obliczyłam wartość średnią KRT i odchylenie standardowe. Obliczyłam korelację pomiędzy wartością KRT na poziomie piersiowym głównym a wartościami pozostałych parametrów opisujących asymetrię klatki piersiowej.



Rycina 4.1. Sposób pomiaru kąta rotacji tułowia za pomocą skoliometru Bunnella na poziomie piersiowym głównym.

4.4. Pomiar deformacji klatki piersiowej cyrklem antropometrycznym Martina

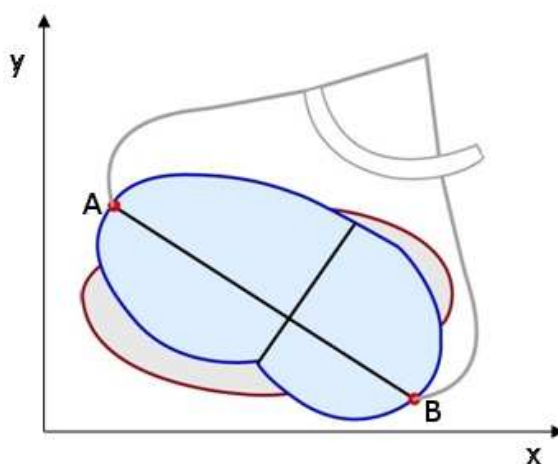
4.4.1. Wykonanie badania cyrklem

Pomiar stopnia deformacji klatki piersiowej wykonałam w pozycji stojącej za pomocą cyrkla antropometrycznego kabłąkowego Martina (rycina 4.2).



Rycina 4.2. Cyrkiel kabłąkowy Martina.

Osoba badana poinformowana została o technice badania. Następnie poprosiłam o rozebranie do bielizny górnej części ciała. Na ciele osoby badanej wyznaczyłam markerem punkty odpowiadające : kolcom biodrowym przednim górnym, dolnym łukom żebrowym, nasadzie wyrostka mieczykowatego. Zmierzyłam długości poprzecznych osi klatki piersiowej w ten sposób, że ramiona cyrkla przykładałam do klatki piersiowej do punktów wyznaczonych na tułowie, przestrzegając, aby każdorazowo oba punkty znajdowały się na tej samej wysokości (pomiar ściśle w płaszczyźnie poprzecznej ciała). Przesuwając ramiona cyrkla, odnajdywałam największy i najmniejszy wymiar poprzeczny klatki piersiowej zgodnie z opisaną we wstępie koncepcją klatki piersiowej jako elipsy obróconej w płaszczyźnie poprzecznej (rycina 4.3).



Rycina 4.3. Sposób przyłożenia cyrkla Martina dla pomiaru osi długiej i osi krótkiej klatki piersiowej w płaszczyźnie poprzecznej ciała. X- przebieg płaszczyzny czołowej, Y- przebieg płaszczyzny strzałkowej, linia niebieska – poprzeczny przekrój klatki piersiowej w skoliozie, linia czerwona poprzeczny przekrój klatki u osoby zdrowej.

Badanie zostało wykonane przy użyciu stanowiska do badania własnej konstrukcji (rycina 4.4.) składającego się z dwóch równoległych połączonych podstaw; na jednej z nich ustawiono statyw z zamontowanym na nim cyrklem kabłąkowym antropometrycznym Martina, połączonym z kątomierzem tarczowym. Na drugiej z podstaw zamocowano drugi kątomierz, a na nim krążek obrotowy, tak zwany twister sportowy, do którego zamontowany został wskaźnik służący do odczytu kąta alfa, (rycina 4.5.).



Rycina 4.4. Stanowisko do pomiaru długości osi klatki piersiowej cyrklem kabłąkowym Martina.



Rycina 4.5. Fragment stanowiska do pomiaru długości osi klatki piersiowej: podstawa - twister z zamontowanym kątomierzem.



Rycina 4.6. Sposób pomiaru długości osi klatki piersiowej cyrklem kabłąkowym Martina.

Osoba badana była ustawiona na krążku obrotowym boso, przodem do przyrządu pomiarowego. Przez ruch obracania osoby badanej na krążku w prawo lub w lewo ustawiałam ją w taki sposób, aby przyłożyć ramiona cyrkla kabłąkowego Martina do klatki piersiowej i zmierzyć długość osi długiej (L_D) przez obrót w jedną stronę i długość osi krótkiej (L_K) klatki piersiowej w płaszczyźnie poprzecznej ciała (z dokładnością do 1cm) przez obrót w drugą stronę. Pomiar został wykonany na dwóch równoległych poziomach: pierwszym na wysokości nasady wyrostka mieczykowatego (L_{DM} , L_{KM}) oraz drugim na wysokości dolnych łuków żebrowych ($L_{D\check{Z}}$, $L_{K\check{Z}}$) (ryc.4.6.). Pomiary zostały wykonane dwukrotnie: w pozycji spoczynkowej i na pogłębionym wdechu. Po wykonaniu pomiaru na jednym poziomie, ustawiałam ponownie cyrkiel korzystając z regulacji wysokości na statywie i dokonywałam pomiaru na drugim poziomie. Ponadto odczytałam kąt (alfa), o jaki badany został obrócony od ustawienia wyjściowego (od płaszczyzny czołowej), to znaczy kąt pomiędzy długą osią elipsy i płaszczyzną czołową. Kąt ten uznałam za miarę stopnia rotacji klatki piersiowej w płaszczyźnie poprzecznej, wokół pionowej osi obrotu, gdyż w warunkach prawidłowych wymiar maksymalny klatki piersiowej znajduje się ściśle w płaszczyźnie czołowej (rycina 4.3.).

4.4.2. Opracowanie wyników badania cyrklem Martina

Obliczyłam różnicę (ΔL) pomiędzy długością osi długiej i osi krótkiej $\Delta L = L_D - L_K$, istotność statystyczną różnicy pomiędzy średnimi dla obu osi, zarówno dla poziomu wyrostka mieczykowatego, jak i dla poziomu dolnych łuków żebrowych, w pozycji spoczynkowej i w pozycji pogłębionego wdechu. Następnie porównałam różnice ΔL stwierdzane w pozycji spoczynkowej z różnicami stwierdzanymi w pozycji pogłębionego wdechu celem sprawdzenia, czy wykonanie głębokiego wdechu zmniejsza czy zwiększa istniejącą asymetrię klatki piersiowej. W kolejnym etapie podobną analizę przeprowadziłam dla grupy kontrolnej celem wykrycia, czy u osób bez skoliozy występuje asymetria klatki piersiowej i czy ruch oddychania na nią wpływa. Następnie porównałam grupę badawczą z grupą kontrolną.

W kolejnym etapie obliczyłam korelację pomiędzy wartościami parametru ΔL a wartością parametru klinicznego: kąt rotacji tułowia Bunnella, oraz parametrów radiologicznych: kąt Cobba, kąt Perdriolle'a i kąt Mehty, a także parametru badania fotograficznego: różnica pola powierzchni ΔS_{P-L} . Podobnie, korelację z powyżej wymienionymi parametrami wyznaczyłam dla parametru: kąt alfa, to znaczy dla kąta pomiędzy osią długą elipsy klatki piersiowej a płaszczyzną czołową. Kąt alfa obliczyłam jako średnią arytmetyczną odpowiedniego kąta zmierzonego na poziomie wyrostka mieczykowatego oraz kąta zmierzonego na poziomie dolnych łuków żebrowych.

4.5. Badanie fotograficzne tułowia porównawcze skośne prawe i lewe

4.5.1. Stanowisko do badania fotograficznego

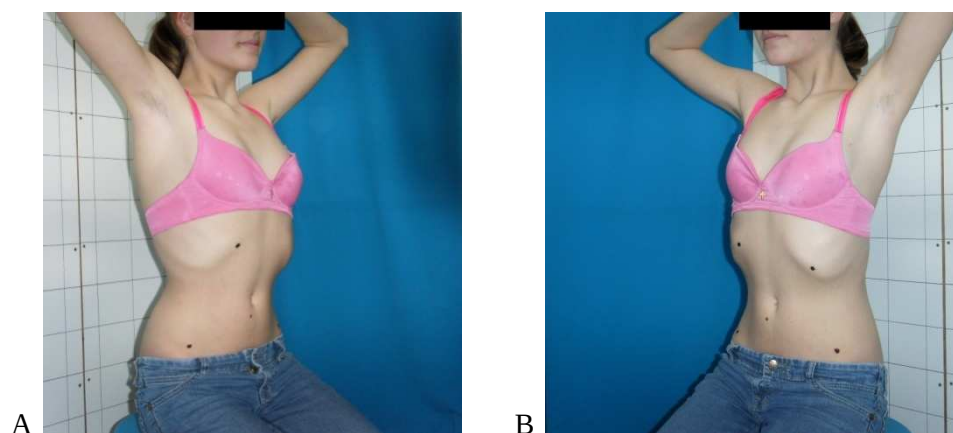
Celem oceny zniekształcenia klatki piersiowej zaprojektowałam i doprowadziłam do wykonania stanowiska przeznaczonego do wykonywania zdjęć fotograficznych cyfrowych tułowia porównawczych skośnych prawych i skośnych lewych pod kątem 45° . Stanowisko do wykonania badania składało się ze specjalnie przygotowanego arkusza, na którym rozrysowano kwadrat o boku 2 m, którego przekątne wyznaczały kąt 45° . W dwóch narożnikach kwadratu wyrysowano trójkąty równoboczne stanowiące miejsca do umieszczenia statywów aparatów fotograficznych. W tych miejscach zainstalowano trójkątne podstawy wykonane z płyty pilśniowej, posiadające otwory do nóżek statywów. Podstawy zostały tak umieszczone na arkuszu, aby środki trójkątów pokrywały się z przekątnymi kwadratu, zapewniając kąt wykonania fotografii 45° . Na obu statywach umieszczono 2 jednakowe aparaty fotograficzne cyfrowe. Ustawienie aparatów kontrolowane było przy użyciu poziomicy zamontowanych na statywach oraz pionu przechodzącego przez środek obiektywu, który pokrywał się z przekątną arkusza. Na środku arkusza, w miejscu przecięcia przekątnych kwadratu, postawiono krzesło. Tło stanowił drewniany parawan o niebieskim kolorze z umieszczoną podziałką w postaci kwadratów o boku 10 cm (rycina 4.7.).



Rycina 4.7. Stanowisko własnego pomysłu do wykonywania fotografii skośnych tułowia.
A. widok ogólny, B. sposób ustawienia podstaw aparatów fotograficznych.

4.5.2. Wykonanie badania fotograficznego

Do wykonania badania dziewczęta były rozebrane do bielizny, mogły pozostać w spodniach, o ile wyraźnie widoczne były kolce biodrowe przednie górne. Na tułowiu zaznaczałam kolce biodrowe przednie górne, wcięcie mostka i dolne łuki żebrowe. Badana osoba siadała na krześle przodem do aparatów fotograficznych w taki sposób, aby kończyny dolne były zgięte w stawach biodrowych do kąta mniejszego niż 90° a kolana opuszczone niżej w stosunku do bioder. Dłonie układała na głowie tak, aby ramiona były odwiedzione w stawach barkowych a łokcie skierowane na zewnątrz. Zdjęcie skośne prawe i lewe wykonywałam równocześnie (rycina 4.8.). Wykonywałam zdjęcia w dwóch pozycjach: spoczynkowej i przy pogłębionym wdechu.



Rycina 4.8. Fotografie klatki piersiowej pacjentki z grupy badawczej w pozycji pogłębionego wdechu: A. skos prawy, B. skos lewy.

4.5.3. Opracowanie wyniku badania fotograficznego

Uzyskane obrazy poddane zostały dalszemu opracowaniu w programie komputerowym. Wszystkie zdjęcia wykonane były w formacie .jpg, o rozdzielczości 2048 x 1536 pikseli. Dla każdego badanego wykonałam cztery zdjęcia przedstawiające pozycję swobodną i pogłębiony wdech z dwóch stron ich sylwetek, lewej i prawej. Korzystając z pomocy grafika komputerowego zdjęcia opracowałam cyfrowo w licencjonowanych programach Adobe Illustrator CS4 i Adobe Photoshop CS4. Wrysowano ręcznie kontur tułowia obejmujący klatkę piersiową, widzianą w projekcji skośnej pod kątem 45°, według punktów anatomicznych tułowia. Kontur zapisywany był w postaci powierzchni o kolorze białym na czarnym tle, w pliku formatu .png (rycina 4.9.).



Rycina 4.9. Widok konturu tułowia obejmującego klatkę piersiową (skos prawy) w postaci białej sylwetki na ciemnym tle.

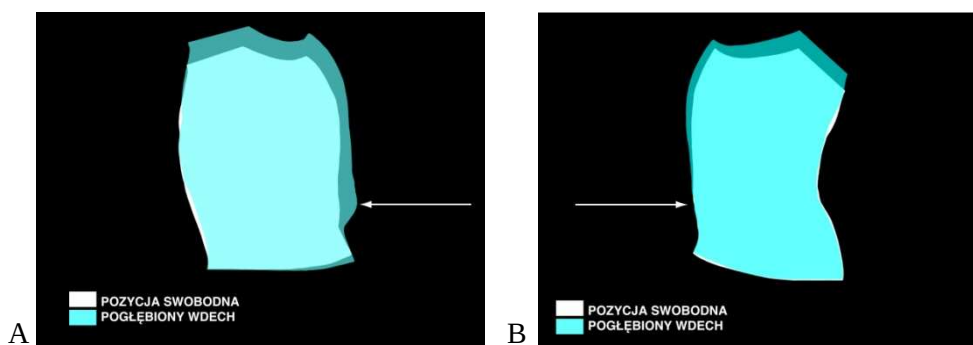
Dolną krawędź obrysu klatki piersiowej wyznaczyły wcześniej zaznaczone kolce biodrowe przednie górne, a górną krawędź końce mostkowe obojczyków. W programie graficznym ręcznie prowadziłam linię, zaczynając się od kolca biodrowego przedniego górnego, wzdłuż bocznego obrysu tułowia aż do dołu pachowego, a stamtąd do końca barkowego obojczyka, wzdłuż obojczyka do wcięcia szyjnego mostka, a następnie połączone zostały odpowiednie punkty z drugiej strony konturu klatki piersiowej, przy czym omijałam obrys piersi, żeby nie wprowadzać dodatkowego elementu wypukłości, co mogłoby wpłynąć na ocenę asymetrii samej klatki piersiowej. Tak otrzymany kontur tułowia był podstawą do obliczenia jego pola powierzchni oraz do graficznych prezentacji przy użyciu programu komputerowego

specjalnie napisanego w tym celu przez informatyka - grafika komputerowego. Program dokonywał obliczenia pola powierzchni w oparciu o liczbę białych pikseli na danym obrazie według wcześniej zaprogramowanych wzorów matematycznych. Do analizy w niniejszej pracy wybrałam parametr: pole powierzchni obrysu tułowia (S), mierzone osobno dla projekcji skośnej lewej (S_{LE}) i projekcji skośnej prawej (S_{PR}), a każdy z tych parametrów posiadał wartość zmierzoną w pozycji spoczynkowej (S_{LESP} i S_{PRSP}) oraz na pogłębionym wdechu (S_{LEWD} i S_{PRWD}). W dalszym etapie opracowania komputerowego możliwe było nałożenie na siebie obrysu tułowia skośnego prawego i lewego (rycina 4.10.).



Rycina 4.10. Efekt nałożenia na siebie obrazu skośnego prawego i lewego. Po nałożeniu można prześledzić, w jakich obszarach oba kontury pokrywają się, a w jakich są rozbieżne; jest to zarazem ilustracja parametru: różnica pola powierzchni (ΔS_{L-P}) konturu tułowia skośnego lewego (S_{LESP}) i skośnego prawego (S_{PRSP}).

Kolejnym sposobem analizy było nałożenie na siebie obrysu tułowia w pozycji spoczynkowej oraz w pozycji pogłębionego wdechu (rycina 4.11.). W ten sposób powstała możliwość analizy ruchomości oddechowej klatki piersiowej.



Rycina 4.11. Kontury uwidaczniające ruchomość oddechową klatki piersiowej. A. projekcja skośna prawa, B. projekcja skośna lewa. Kolorem białym zaznaczono pozycję spoczynkową a kolorem niebieskim pogłębiony wdech. Zwraca uwagę asymetria ruchu oddechowego na poziomie dolnych łuków żebrowych u osoby ze skoliozą: ruch wdechu odbywa się tylko w stronę lewą (A), a znikomy jest ruch w stronę prawą (B).

Do analizy statystycznej wybrałam następujące parametry:

(1) różnica pola powierzchni (ΔS_{L-P}) konturu tułowia skośnego lewego (S_{LESP}) i skośnego prawego (S_{PRSP}) w pozycji spoczynkowej (rycina 4.10.):

$$\Delta S_{L-P} = S_{LESP} - S_{PRSP}$$

W analizie użyłam wartości bezwzględnej różnicy pól powierzchni.

Dla grupy badawczej otrzymałam parametr $\Delta S_{L-P \text{ bad}}$ a dla kontrolnej $\Delta S_{L-P \text{ kont}}$.

(2) różnica pola powierzchni (ΔS_{PR}) konturu tułowia prawego na pogłębionym wdechu (S_{PRWD}) i konturu prawego w spoczynku (S_{PRSP}):

$$\Delta S_{PR} = S_{PRWD} - S_{PRSP}$$

Dla grupy badawczej otrzymałam parametr $\Delta S_{PR \text{ bad}}$ a dla kontrolnej $\Delta S_{PR \text{ kont}}$.

(3) różnica pola powierzchni (ΔS_{LE}) konturu tułowia lewego na pogłębionym wdechu (S_{LEWD}) i konturu lewego w spoczynku (S_{LESP}):

$$\Delta S_{LE} = S_{LEWD} - S_{LESP}$$

Dla grupy badawczej otrzymałam parametr $\Delta S_{LE \text{ bad}}$ a dla kontrolnej $\Delta S_{LE \text{ kont}}$.

Otrzymane obrazy posłużyły do jakościowej i ilościowej analizy zmiany kształtu klatki piersiowej w czasie oddychania u osób ze skoliozą w porównaniu do osób bez skoliozy.

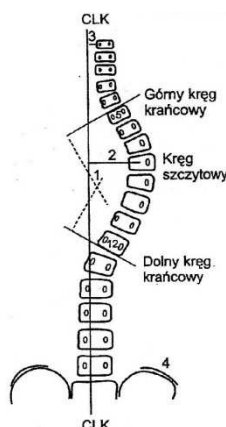
Ponadto wykonałam analizę statystyczną badając korelację pomiędzy wartościami pomiarów fotograficznych a wynikami badania cyrklem antropometrycznym Martina, a także wartościami parametrów radiologicznych: kąt Cobba, kąt rotacji osiowej Perdriolle'a i różnica kątów żebrowo-kręgowych według Mehty.

4.6. Badanie radiologiczne

Badanie radiologiczne, jako badanie inwazyjne nie było zlecane dla celów niniejszej pracy, a jedynie wykorzystałam dostępne w historiach chorób radiogramy. Pomiary radiologiczne były jedynymi pomiarami, których nie wykonałam samodzielnie; były one wykonane przez lekarza specjalistę w ortopedii (promotora). W grupie kontrolnej zdjęć rentgenowskich nie wykonywano.

4.6.1. Pomiar kąta Cobba

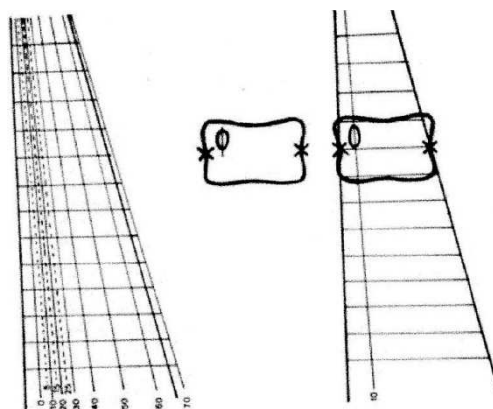
Na radiogramie kręgosłupa wykonanym w pozycji stojącej, w projekcji przednio-tylnej wykreślony został kąt Cobba [9] pomiędzy najbardziej nachylonymi kręgami skoliozy, kręgiem krańcowym górnym i kręgiem krańcowym dolnym, (rycina 4.12.).



Rycina 4.12. Sposób pomiaru kąta Cobba (zmodyfikowany wg [20]).

4.6.2. Pomiar kąta rotacji osiowej kręgu szczytowego metodą Perdriolle'a

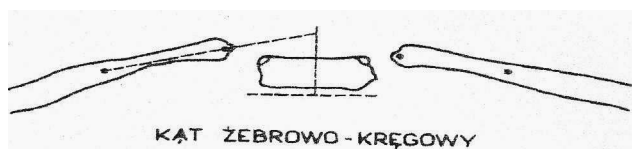
Do wyznaczenia kąta rotacji osiowej kręgu szczytowego skrzywienia piersiowego użyto torsjometru Perdriolle'a (rycina 4.13.). Wyznaczono boczne krawędzie trzonu w najbardziej wklęsłych miejscach oraz środek nasady łuku po wypukłej stronie skoliozy. Torsjometr przyłożono tak, aby jego skrajne linie znajdowały się ponad bocznymi krawędziami trzonu. Na podstawie linii przebiegającej przez środek nasady łuku odczytano kąt rotacji osiowej kręgu szczytowego według Perdriolle'a (kąt Perdriolle'a) [52].



Rycina 4.13. Torsjometr Perdriolle'a i sposób użycia [52].

4.6.3. Pomiar różnicy kątów żebrowo - kręgowych według Mehty

Kąt żebrowo-kręgowy (rycina 4.14.) został wyznaczony przez przecięcie prostej prostopadłej do dolnej płytki krańcowej kręgu szczytowego skoliozy piersiowej z prostą przeprowadzoną przez środek szyjki i głowy odpowiedniego żebra [20, 46]. Parametrem poddanym analizie była różnica kąta żebrowo kręgowego lewego i prawego (kąt Mehty).



Rycina 4.14. Radiologiczna ocena kąta żebrowo-kręgowego wg Mehty [20, 46].

4.6.4. Sposób analizy parametrów radiologicznych

Otrzymane wyniki pomiarów radiologicznych poddano analizie polegającej na zbadaniu korelacji pomiędzy parametrami radiologicznymi a: (1) parametrami badania klinicznego z użyciem skoliometru, (2) parametrami badania cyrklem antropometrycznym oraz (3) parametrami fotograficznymi.

4.7. Sposób opracowania wyników

4.7.1. Obliczenie błędu pomiaru i współczynnika zmienności w badaniu cyrklem Martina

W celu obliczenia błędu statystycznego pomiaru oraz współczynnika zmienności dla badania cyrklem wykonano pomiar cyrklem Martina dziesięciokrotnie u tej samej osoby, w odstępie jednodniowym.

4.7.2. Porównanie grupy badawczej i kontrolnej

Porównanie objęło wszystkie zmierzone parametry za wyjątkiem badania radiologicznego, którego w grupie kontrolnej nie wykonano.

4.7.3. Porównanie pozycji spoczynkowej i pozycji pogłębionego wdechu

Porównano wszystkie zmierzone parametry badania cyrklem antropometrycznym i badania fotograficznego. Przeanalizowano różnicę wartości, a także sposób, w jaki w przestrzeni zachodzi zmiana kształtu klatki piersiowej pomiędzy obiema pozycjami.

4.7.4. Badanie korelacji parametrów

Obliczono korelację pomiędzy parametrami opisującymi asymetrię klatki piersiowej: klinicznymi, antropometrycznymi, fotograficznymi i radiologicznymi. W szczególności własne parametry opisujące zniekształcenie klatki piersiowej (pomiar cyrklem i badanie fotograficzne) porównano z dotychczas istniejącymi parametrami, które w sposób pośredni mogą opisywać zniekształcenie klatki piersiowej w płaszczyźnie poprzecznej ciała (kąt Bunnella, kąt Perdriolle'a i kąt Mehty).

4.8. Metody statystyczne

Normalność rozkładu sprawdzono testem Kołmogorowa - Smirnova i Shapiro-Wilka. Dla porównywania średnich użyto testu t Studenta w przypadku rozkładu normalnego. W przypadku braku rozkładu normalnego stosowano dla zmiennych powiązanych test Wilcoxa a dla niepowiązanych test Manna-Whitneya. Korelacje badano obliczając współczynnik korelacji Pearsona lub Spearmana. Istotność statystyczną przyjęto na poziomie $p=0,05$.

5. WYNIKI

5.1. Wyniki badania skoliometrem

Wyniki badania skoliometrem przedstawiono w tabeli 5.1. W grupie badawczej wartości KRT były znamienne wyższe na każdym badanym poziomie kręgosłupa w stosunku do grupy kontrolnej.

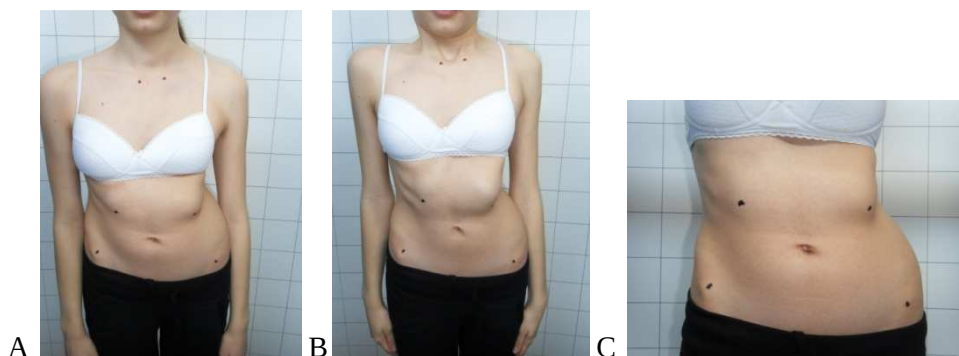
Tabela 5.1. Porównanie wartości kąta rotacji tułowia (KRT) w grupie badawczej i kontrolnej

Parametr	Grupa badawcza N=49	Grupa kontrolna N=50	Istotność różnicy
KRT poziom piersiowy proksymalny (°)	7,9 ± 4,9 (0,0-22,0)	1,2 ± 1,9 (0,0-5,0)	p<0,0001
KRT poziom piersiowy główny (°)	14,0 ± 5,9 (5,0-30,0)	2,0 ± 2,1 (0,0-6,0)	p<0,0001
KRT poziom lędźwiowy (°)	7,3 ± 4,4 (0,0-23,0)	3,2 ± 2,6 (0,0-6,0)	p<0,0001

Wartości liczbowe przedstawiono jako średnią ± odchylenie standardowe, w nawiasach podano wartość minimalną i maksymalną.

5.2. Wyniki badania cyrklem antropometrycznym Martina

Na rycinie 5.1 przedstawiłam obraz kliniczny 14-letniej dziewczyny ze skoliozą piersiową prawostronną. Kąt Cobba był największy w grupie badanej i wynosił 108°. Deformacja klatki piersiowej ma układ typowy dla skoliozy piersiowej i jest bardzo mocno zaznaczona.



Rycina 5.1. Pacjentka P.B., kąt Cobba skrzywienia piersiowego Th5-Th12 wynosi 108° .
 Typowa deformacja klatki piersiowej z widocznym garbem żebrowym przednim.
 A. Pozycja spoczynkowa. B. Głęboki wdech. C. Zbliżenie ukazujące asymetrię
 dolnych łuków żebrowych. Kropkami zaznaczono kolce biodrowe przednie górne
 oraz punkty służące do pomiaru cyrklem.

5.2.1. Obliczenie błędu pomiaru i współczynnika zmienności dla badania cyrklem antropometrycznym Martina

W tabeli 5.2 podałam wartości mierzonych parametrów antropometrycznych zbadanych u jednego pacjenta dziesięciokrotnie, w kolejnych dniach. Za miarę statystycznego błędu przyjął odchylenie standardowe próby- rozkład danych był rozkładem normalnym. W przypadku pomiarów cyrklem antropometrycznym błąd wynosił około 0,5 cm, jedynie w przypadku parametru: „długość osi długiej na poziomie wyrostka mieczykowatego w spoczynku” (L_{DM-SP}) sięgał 0,8 cm. Błąd statystyczny pomiaru kąta alfa przyjmował wartości $1,6^\circ$ (poziom $\bar{Z}$) i $2,4^\circ$ (poziom M). Współczynnik zmienności obliczony jako iloraz odchylenia standardowego i średniej wyrażony w procentach wynosił od 2,1% do 3,0% dla wartości liniowych (długości osi) oraz 5,2% i 7,6% dla wartości kątowych (alfa).

Tabela 5.2. Statystyczny błąd pomiaru i współczynnik zmienności dla badania cyrklem antropometrycznym

Data badania	L _D	L _D	L _K	L _K	A	L _D	L _D	L _K	L _K	A
	M	M	M	M	M	Ż	Ż	Ż	Ż	Ż
	SP	WD	SP	WD	SP	SP	WD	SP	WD	SP
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(°)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(°)
2010-08-16	23	25	21	25	30	20	24	16	20	30
2010-08-17	23	25	20	24	30	20	24	16	20	30
2010-08-19	24	26	21	25	30	20	24	17	21	30
2010-08-20	24	26	21	25	30	19	23	16	20	30
2010-08-21	23	26	20	25	30	20	24	17	21	30
2010-08-23	23	26	21	25	35	20	24	17	21	30
2010-08-25	24	27	20	25	35	19	23	17	21	30
2010-08-26	24	27	20	24	30	19	23	17	21	35
2010-08-27	24	27	20	24	35	19	23	17	21	30
2010-08-30	24	27	20	24	30	20	24	17	21	30
ŚREDNIA	23,6	26,2	20,4	24,6	31,5	19,6	23,6	16,7	20,7	30,5
SD	0,51	0,79	0,51	0,51	2,4	0,51	0,51	0,48	0,48	1,6
Współczynnik zmienności (%)	2,1	3,0	2,5	2,0	7,6	2,6	2,2	2,9	2,3	5,2

L_D - długość osi długiej, L_K - długość osi krótkiej, M – poziom wyrostka mieczykowatego, Ż – poziom dolnych łuków żebrowych, SP – pozycja spoczynkowa, WD – pozycja pogłębionego wdechu, A – kąt alfa, SD- odchylenie standardowe

5.2.2. Analiza asymetrii klatki piersiowej w badaniu cyrklem antropometrycznym – grupa badawcza

Wyniki pomiarów cyrklem antropometrycznym w grupie badawczej przedstawiono w tabeli 5.3. Na obu zbadanych poziomach (wyrostka mieczykowatego i dolnych łuków żebrowych) istniała statystycznie istotna różnica pomiędzy długościami obu osi klatki piersiowej. Potwierdziło to istnienie deformacji klatki piersiowej o kształcie elipsy, posiadającej oś długą i oś krótką.

Tabela 5.3. Porównanie długości obu osi klatki piersiowej w grupie badawczej, N=49

Parametr	Oś długa L_D (cm)	Oś krótka L_K (cm)	Różnica $\Delta L = L_D - L_K$ (cm)	Istotność
Poziom M pozycja spoczynkowa	22,4 ± 1,8 (19,0-27,0)	16,6 ± 2,1 (13,0-23,0)	5,8 ± 1,9 (2,0-9,0)	p<0,0001
Poziom M pogłębiony wdech	25,1 ± 1,9 (22,0-30,0)	19,3 ± 2,1 (15,0-26,0)	5,7 ± 1,9 (2,0-9,0)	p<0,0001
Poziom Ż pozycja spoczynkowa	19,7 ± 1,8 (17,0-26,0)	16,1 ± 1,5 (13,0-20,0)	3,6 ± 1,4 (1,0-7,0)	p<0,0001
Poziom Ż pogłębiony wdech	22,7 ± 2,0 (19,0-30,0)	18,6 ± 1,6 (15,0-24,0)	4,2 ± 1,7 (1,0-9,0)	p<0,0001

Wartości liczbowe przedstawiono jako średnią ± odchylenie standardowe, w nawiasach podano wartość minimalną i maksymalną. Poziom M – poziom wyrostka mieczykowatego, poziom Ż – poziom dolnych łuków żebrowych.

Porównanie długości osi klatki piersiowej pomiędzy pozycją spoczynkową a pozycją pogłębionego wdechu wykazało, że na poziomie wyrostka mieczykowatego długość osi długiej z wartości średniej 22,4 cm wzrastała do 25,1 cm, a długość osi krótkiej z 16,6 cm do 19,3 cm, różnice były istotne statystycznie (p<0,0001). Natomiast na poziomie dolnych łuków żebrowych długość osi długiej w pozycji spoczynkowej wynosiła 19,7 cm, a przy pogłębionym wdechu 22,7 cm, a dla osi krótkiej odpowiednio 16,1 i 18,6 cm; różnice były istotne statystycznie (p<0,0001). Oznacza to, że podczas wykonywania pogłębionego wdechu klatka piersiowa ulegała powiększeniu w obu mierzonych kierunkach (wzdłuż osi długiej i wzdłuż osi krótkiej).

Porównanie różnic $\Delta L = L_D - L_K$ w długościach obu osi klatki piersiowej pomiędzy pozycją spoczynkową a pozycją pogłębionego wdechu wykazało, że wykonanie pogłębionego wdechu u dzieci ze skoliozą nie powodowało zmiany stopnia asymetrii klatki piersiowej, gdy pomiar wykonano na poziomie wyrostka mieczykowatego: różnica w spoczynku 5,8 cm, różnica przy wdechu 5,7 cm, p=0,498. Natomiast wykonanie głębokiego wdechu powodowało istotne zwiększenie asymetrii klatki piersiowej na poziomie dolnych łuków żebrowych (w spoczynku 3,6 cm, na wdechu 4,2 cm, p=0,0003).

5.2.3. Analiza asymetrii klatki piersiowej w badaniu cyrklem antropometrycznym – grupa kontrolna

Wyniki pomiarów cyrklem w grupie dziewcząt bez skoliozy przedstawiono w tabeli 5.4. W grupie dziewcząt bez skoliozy klatka piersiowa była symetryczna, a długości obu osi klatki piersiowej były sobie równe: w tabeli 5.4. współczynnik istotności statystycznej p przyjmuje wartości bliskie jedności. Z tego powodu w odniesieniu do grupy kontrolnej nie posługiwałam się pojęciami osi długiej i osi krótkiej, ale pojęciami osi skośnej lewej i osi skośnej prawej, przy czym przyjął, że oś skośna lewa osób zdrowych jest odpowiednikiem osi długiej u dziewcząt ze skoliozą, a oś skośna prawa jest odpowiednikiem osi krótkiej (por. rycina 4.3).

Tabela 5.4. Porównanie długości osi klatki piersiowej w grupie kontrolnej w badaniu cyrklem antropometrycznym (N=50)

Parametr	Oś skośna lewa (cm)	Oś skośna prawa (cm)	Różnica (cm)	Istotność różnicy
Poziom M pozycja spoczynkowa	21,7 ± 1,8 (18,0-25,0)	21,7 ± 1,8 (18,0-25,0)	0,0 ± 0,1 (0,0-1,0)	p=0,9548
Poziom M pogłębiony wdech	24,4 ± 1,9 (20,0-29,0)	24,4 ± 1,9 (20,0-29,0)	0,0 ± 0,0 (0,0-0,0)	p=0,9999
Poziom Ż pozycja spoczynkowa	18,6 ± 1,9 (15,0-23,0)	18,6 ± 1,9 (15,0-23,0)	0,0 ± 0,2 (0,0-1,0)	p=0,9159
Poziom Ż pogłębiony wdech	21,3 ± 2,0 (17,0-26,0)	21,2 ± 2,1 (17,0-26,0)	0,0 ± 0,2 (0,0-1,0)	p=0,9227

Wartości liczbowe przedstawiono jako średnią ± odchylenie standardowe, w nawiasach podano wartość minimalną i maksymalną. Poziom M – poziom wyrostka mieczykowatego, poziom Ż – poziom dolnych łuków żebrowych.

W czasie wykonywania głębokiego wdechu wszystkie badane wymiary klatki piersiowej ulegały zwiększeniu. Różnica pomiędzy pozycją spoczynkową a pozycją pogłębionego wdechu wynosiła na poziomie wyrostka mieczykowatego 2,7 cm i nie była istotnie różna niż różnica na poziomie dolnych łuków żebrowych (2,6 cm). Wdechowe rozszerzanie się klatki piersiowej przebiegało harmonijnie zarówno w jej części górnej jak i dolnej. Ponadto, porównanie symetrii osi klatki piersiowej w pozycji spoczynkowej i w pozycji pogłębionego wdechu wykazało, że ruch oddechowy odbywał się symetrycznie a pozycja pogłębionego wdechu nie powodowała u dzieci

zdrowych powstania asymetrii klatki piersiowej na poziomie wyrostka mieczykowatego ani na poziomie dolnych łuków żebrowych ($p=0,9971$).

5.2.4. Porównanie grupy badawczej i kontrolnej w zakresie badania cyrklem

Wyniki pomiarów w grupie badawczej i kontrolnej zestawiono w tabeli 5.5. Długość osi długiej dziewcząt ze skoliozą zestawiono z długością osi skośnej lewej dziewcząt zdrowych, a długość osi krótkiej dziewcząt ze skoliozą zestawiono z długością osi skośnej prawej u dziewcząt zdrowych.

Tabela 5.5. Porównanie wyników pomiarów cyrklem w grupie badawczej i kontrolnej

Parametr	Grupa badawcza N=49	Grupa kontrolna N=50	Istotność różnicy
Badanie cyrklem antropometrycznym na poziomie wyrostka mieczykowatego (cm)			
Długość osi długiej/skośnej lewej pozycja spoczynkowa	22,4 ± 1,8 (19,0-27,0)	21,7 ± 1,8 (18,0-25,0)	$p=0,0452$
Długość osi długiej/skośnej lewej pogłębiony wdech	25,1 ± 1,9 (22,0-30,0)	24,3 ± 1,9 (20,0-29,0)	$p=0,058$
Długość osi krótkiej/skośnej prawej pozycja spoczynkowa	16,6 ± 2,1 (13,0-23,0)	19,6 ± 2,6 (14,0-25,0)	$p<0,0001$
Długość osi krótkiej/skośnej prawej pogłębiony wdech	19,3 ± 2,1 (15,0-26,0)	22,4 ± 2,7 (18,0-29,0)	$p<0,0001$
Badanie cyrklem antropometrycznym na poziomie dolnych łuków żebrowych (cm)			
Długość osi długiej/skośnej lewej pozycja spoczynkowa	19,7 ± 1,8 (17,0-26,0)	18,5 ± 1,9 (15,0-23,0)	$p=0,0029$
Długość osi długiej/skośnej lewej pogłębiony wdech	22,7 ± 2,0 (19,0-30,0)	21,3 ± 2,0 (17,0-26,0)	$p=0,0005$
Długość osi krótkiej/skośnej prawej pozycja spoczynkowa	16,1 ± 1,5 (13,0-20,0)	17,4 ± 2,1 (14,0-21,0)	$p=0,0004$
Długość osi krótkiej/skośnej prawej pogłębiony wdech	18,6 ± 1,6 (15,0-24,0)	20,1 ± 2,3 (16,0-24,0)	$p=0,0002$

Wartości liczbowe przedstawiono jako średnią ± odchylenie standardowe, w nawiasach podano wartość minimalną i maksymalną. W grupie badawczej zmierzono oś długą i oś krótką. W grupie kontrolnej zmierzono oś skośną prawą i lewą. Oś skośną lewą przyjęto za odpowiednik osi długiej a oś skośną prawą za odpowiednik osi krótkiej.

Stwierdziłam, że u dziewcząt ze skoliozą jeden z wymiarów poprzecznych klatki piersiowej, nazywany przeze mnie osią długą był znacząco większy, a drugi wymiar poprzeczny (oś krótka) był znacząco mniejszy, niż odpowiednie wymiary klatki piersiowej w grupie kontrolnej. Ponadto stwierdziłam, że zasadniczą zmianą patologiczną w grupie dziewcząt ze skoliozą, widoczną szczególnie w pomiarze na wysokości wyrostka mieczykowatego, było skrócenie osi krótkiej (o 3,0 cm i 3,1 cm w porównaniu z grupą kontrolną), a nie wydłużenie osi długiej (o 0,7 i 0,8 cm). Oznacza to, że w skoliozie piersiowej, mimo istnienia garbu żeberowego w tylnej części tułowia oraz wypukłego przedniego garbu żeberowego, mamy do czynienia w większym stopniu z zapadnięciem się wklęsłych okolic klatki piersiowej, niż z jej powiększeniem w okolicach wypukłych.

5.2.5. Porównanie pozycji spoczynkowej i pozycji pogłębionego wdechu

Zestawienie wymiarów klatki piersiowej dla grupy badawczej przedstawiono w tabeli 5.6, a dla grupy kontrolnej w tabeli 5.7. Należy zauważyć, że dane liczbowe z tabeli 5.6 odpowiadają danym z tabeli 5.3, natomiast dane z tabeli 5.7 odpowiadają danym z tabeli 5.4. Zostały one ponownie zamieszczone w innym układzie, celem przeprowadzenia nowej analizy statystycznej, porównującej wartości w spoczynku z wartościami w pozycji pogłębionego wdechu. Analiza wykazała statystycznie istotne różnice w wielkościach wszystkich badanych parametrów pomiędzy pozycją spoczynkową a pozycją pogłębionego wdechu, za wyjątkiem parametru „różnica długości osi na poziomie wyrostka mieczykowatego”, co opisałam powyżej w rozdziale 5.2.2.

Tabela 5.6. Porównanie pozycji spoczynkowej i pogłębionego wdechu w grupie badawczej, N=49

Parametr	Pozycja spoczynkowa	Pogłębiony wdech	Istotność różnicy
Badanie cyrklem antropometrycznym na poziomie wyrostka mieczykowatego			
Długość osi długiej (cm)	22,4 ± 1,8 (19,0-27,0)	25,1 ± 1,9 (22,0-30,0)	p<0,0001
Długość osi krótkiej (cm)	16,6 ± 2,1 (13,0-23,0)	19,3 ± 2,1 (15,0-26,0)	p<0,0001

Różnica długości osi (cm)	5,8 ± 1,9 (2,0-9,0)	5,7 ± 1,9 (2,0-9,0)	p=0,498
Badanie cyrklem antropometrycznym na poziomie łuków żebrowych			
Długość osi długiej (cm)	19,7 ± 1,8 (17,0-26,0)	22,7 ± 2,0 (19,0-30,0)	p<0,0001
Długość osi krótkiej (cm)	16,1 ± 1,5 (13,0-20,0)	18,6 ± 1,6 (15,0-24,0)	p<0,0001
Różnica długości osi (cm)	3,6 ± 1,5 (1,0-7,0)	4,2 ± 1,7 (1,0-9,0)	p=0,0003

Tabela 5.7. Porównanie pozycji spoczynkowej i pogłębionego wdechu w grupie kontrolnej, N=50

Parametr	Pozycja spoczynkowa	Pogłębiony wdech	Istotność różnicy
Badanie cyrklem antropometrycznym na poziomie wyrostka mieczykowatego			
Długość osi skośnej lewej(cm)	21,7 ± 1,8 (18,0-25,0)	24,4 ± 1,9 (20,0-29,0)	p<0,0001
Długość osi skośnej prawej (cm)	21,7 ± 1,8 (18,0-25,0)	24,4 ± 1,9 (20,0-29,0)	p<0,0001
Badanie cyrklem antropometrycznym na poziomie łuków żebrowych			
Długość osi skośnej lewej (cm)	18,6 ± 1,9 (15,0-23,0)	21,3 ± 2,0 (17,0-26,0)	p<0,0001
Długość osi skośnej prawej (cm)	18,6 ± 1,9 (15,0-23,0)	21,2 ± 2,1 (17,0-26,0)	p<0,0001

5.2.6. Analiza kąta alfa w grupie badawczej

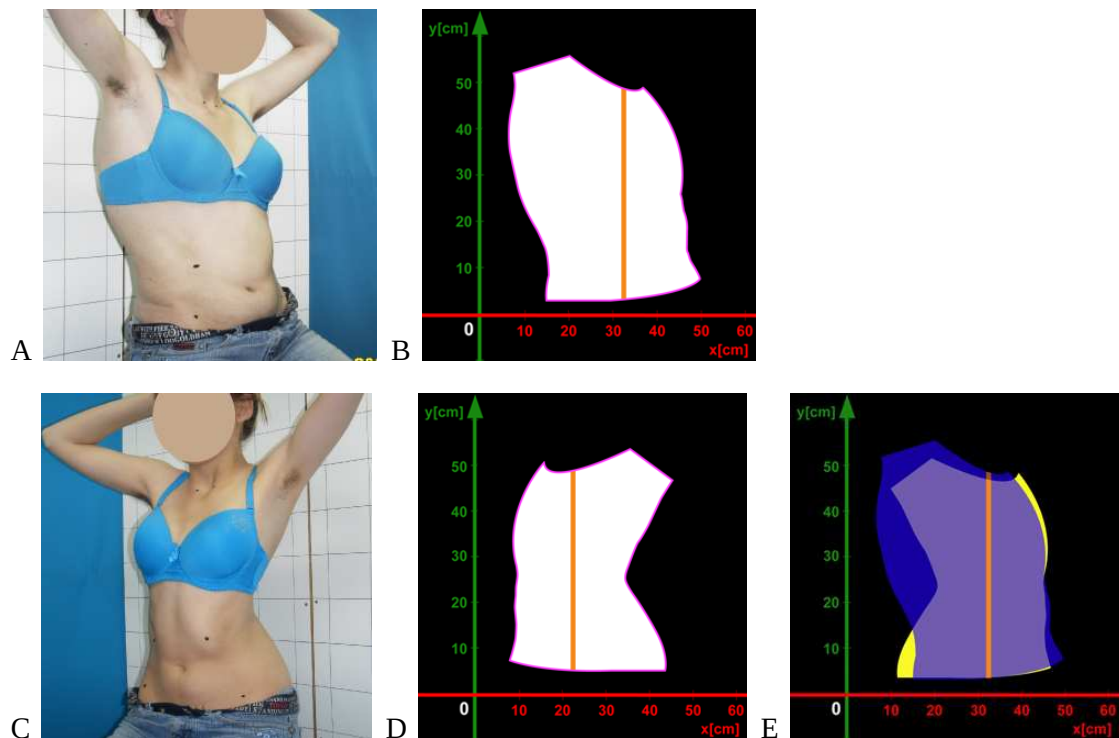
Zmierzyłam kąt zawarty pomiędzy długą osią klatki piersiowej a płaszczyzną czołową (rycina 4.3), uznany przeze mnie za parametr opisujący deformację klatki piersiowej w skoliozie, ze względu na fakt, że u osób zdrowych najdłuższa poprzeczna oś klatki piersiowej znajduje się ściśle w płaszczyźnie czołowej. Kąt wynosił na poziomie wyrostka mieczykowatego od 28° do 40°, średnia 33,2° ± 9,2°, natomiast na poziomie dolnych łuków żebrowych wynosił od 21° do 40°, średnia 35,6° ± 8,6°. Pomiedzy obu parametrami występowała korelacja (r=0,39) istotna statystycznie

($p=0,005$). Z obu parametrów obliczyłam średnią arytmetyczną (kąt alfa), którą potem korelowałam z innymi parametrami. Otrzymałam wartość kąta $\alpha = 33,8^\circ \pm 6,5^\circ$.

5.3. Wyniki badania fotograficznego

5.3.1. Wyniki badania fotograficznego – grupa badawcza

W tabeli 5.8 podano pole powierzchni konturu tułowia, wyrażone w pikselach dla ujęcia skośnego prawego i lewego, w grupie dziewcząt z prawostronną skoliozą piersiową. Porównanie pola powierzchni strony prawej i lewej ujęto w wierszach, a porównanie pomiędzy pozycją spoczynkową a pozycją pogłębionego wdechu ujęto w kolumnach. U wszystkich badanych stwierdziłam, że pole skosu prawego było większe niż skosu lewego, a różnica była istotna statystycznie. Potwierdza to istnienie asymetrii tułowia o opisanym wzorze w grupie dziewcząt ze skoliozą idiopatyczną (rycina 5.2).

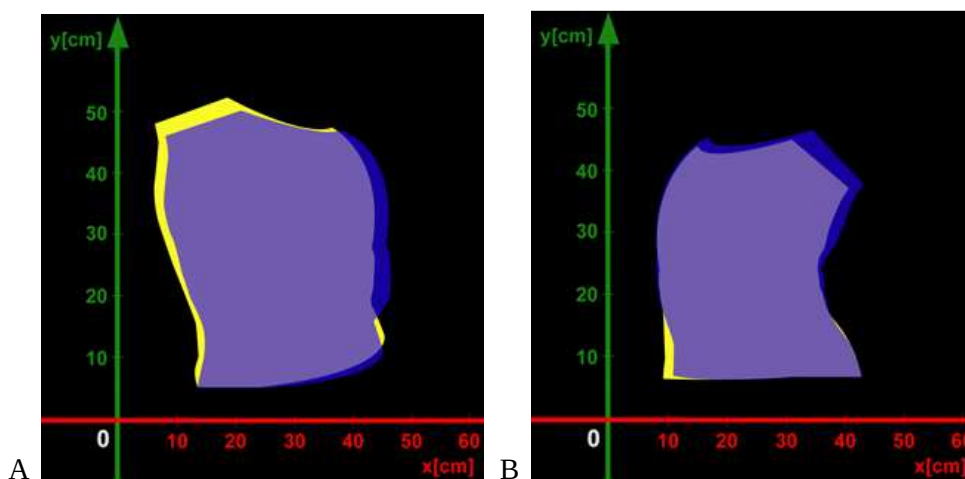


Rycina 5.2. Kontury tułowia odtworzone z fotografii skośnej pod kątem 45° u pacjentki ze skoliozą piersiową prawostronną o kącie Cobba 80° . A. fotografia skos prawy, B. kontur tułowia skos prawy, C. fotografia skos lewy, D. kontur tułowia skos lewy, E. nałożone na siebie oba kontury, z których jeden odwrócono (wykonując odbicie poziome lewo-prawo), aby lepiej ukazać znaczną różnicę w obrysach tułowia między oboma ujęciami.

Tabela 5.8. Porównanie pola powierzchni skośnego obrysu tułowia sfotografowanego pod kątem 45° ze strony prawej i lewej, oraz porównanie pola powierzchni w spoczynku i na wdechu, grupa badawcza, N=49

Parametr	Pole powierzchni skos prawy (kilopiksele)	Pole powierzchni skos lewy (kilopiksele)	Istotność różnicy skos prawy-lewy
Pozycja spoczynkowa	373,1 ± 51,2 (282,4-496,3)	357,8 ± 48,5 (343,8-371,7)	p=0,0011
Pogłębiony wdech	394,2 ± 57,1 (301,1-562,0)	383,1 ± 58,0 (366,5-399,8)	p=0,0183
Istotność różnicy: spoczynek – wdech	p<0,0001	p<0,0001	

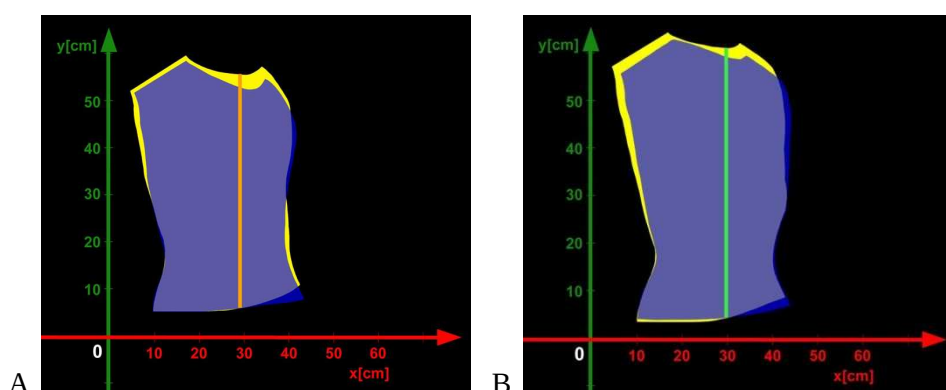
Podczas wykonywania wdechu pole powierzchni konturu tułowia zwiększało się w sposób znaczący statystycznie. Na obrazie skośnym prawym (rycina 5.3.A) obserwowałam ruch oddechowy przede wszystkim w postaci wysunięcia do przodu łuków żebrowych, czego nie obserwowałam na obrazie skośnym lewym (rycina 5.3.B).



Rycina 5.3. Fotografia skośna 45° przetworzona komputerowo pacjentki ze skoliozą piersiową prawostronną o kącie Cobba 70°. Kolorem żółtym zaznaczono pozycję spoczynkową, a niebieskim - głęboki wdech. A. skos prawy, B. skos lewy. Zwraca uwagę inny, niż w grupie kontrolnej, sposób wdechowego poszerzania się klatki piersiowej, a także asymetria ruchu oddechowego.

5.3.2. Wyniki badania fotograficznego – grupa kontrolna

W tabeli 5.9 podano wartości mierzonych parametrów fotograficznych u dziewcząt bez skoliozy idiopatycznej. Porównanie pola powierzchni konturu tułowia skośnego prawego i lewego ujęto w wierszach, a porównanie wartości pola powierzchni konturu tułowia w pozycji spoczynkowej i na pogłębionym wdechu ujęto w kolumnach. Pole powierzchni konturu tułowia lewego nie różniło się od pola konturu prawego (wysokie wartości współczynnika p), rycina 5.4.

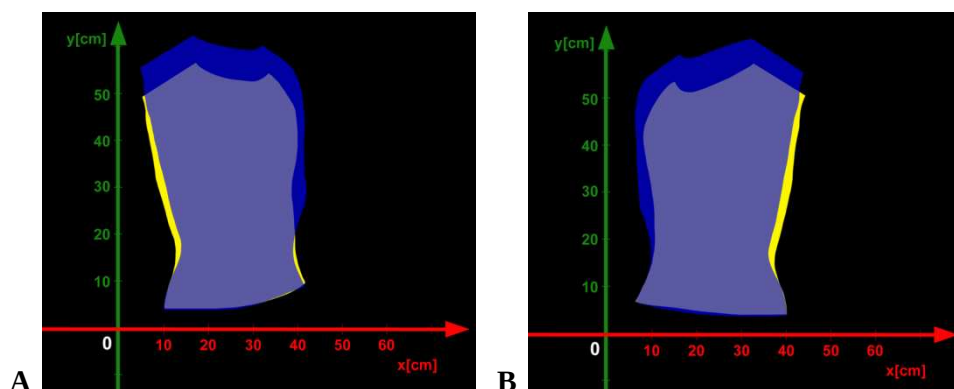


Rycina 5.4. W grupie kontrolnej nałożone na siebie kontury tułowia (kontur skośny prawy i kontur skośny lewy) pokrywały się, a ich pola powierzchni nie różniły od siebie w sposób statystycznie istotny. A. pozycja spoczynkowa, B. pozycja pogłębionego wdechu. Kolor żółty- skos prawy, kolor niebieski – skos lewy.

Tabela 5.9. Pole powierzchni skośnego konturu tułowia prawego w stosunku do lewego (wiersze) oraz pole powierzchni konturu tułowia w spoczynku w stosunku do pogłębionego wdechu (kolumny) w grupie kontrolnej, N=50

Parametr	Pole powierzchni skos prawy (kilopiksele)	Pole powierzchni skos lewy (kilopiksele)	Istotność różnicy: skos prawy – lewy
Pozycja spoczynkowa	374,0± 52,2 (249,5-516,8)	375,6± 55,1 (259,0-530,2)	p=0,8858
Pogłębiony wdech	398,4± 54,3 (267,3-513,1)	403,1± 58,7 (258,6-544,3)	p=0,6776
Istotność różnicy: spoczynek – wdech	p<0,0001	p<0,0001	

Podczas wykonywania wdechu pole powierzchni konturu tułowia u osób zdrowych zwiększało się w sposób znaczący statystycznie, przy czym kierunek powiększania się klatki piersiowej różnił się istotnie w stosunku do dzieci ze skoliozą. W grupie kontrolnej obserwowałam ruch klatki piersiowej skierowany ku górze (rycina 5.5), który u osób ze skoliozą był znacznie ograniczony (por. rycina 5.3).



Rycina 5.5. Ruch oddechowy klatki piersiowej u osoby bez skoliozy. A. skos prawy. B. skos lewy. Kolorem żółtym zaznaczono pozycję spoczynkową, a niebieskim pogłębiony wdech. Wdechowa ekspansja klatki piersiowej odbywa się w jej części górnej i jest skierowana ku górze.

5.3.3. Porównanie grupy badawczej i kontrolnej w zakresie badania fotograficznego

W tabeli 5.10 porównano miarę asymetrii tułowia, jaką jest różnica pola powierzchni konturu tułowia skośnego prawego i lewego, stwierdzając istotnie większą asymetrię w grupie dziewcząt ze skoliozą. Ponadto porównano różnicę pól powierzchni w spoczynku i na wdechu, stwierdzając, że wielkość zmiany obrysu tułowia pomiędzy tymi dwiema pozycjami była taka sama w grupie badawczej jak w grupie kontrolnej.

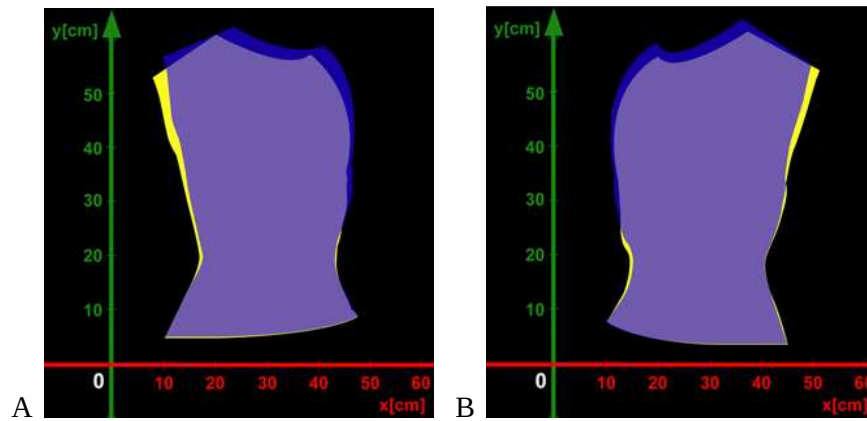
Tabela 5.10. Porównanie grupy badawczej z kontrolną w zakresie parametrów badania fotograficznego

Parametr	Grupa badawcza N=49	Grupa kontrolna N=50	Istotność różnicy
Porównanie różnic pola powierzchni skosu prawego i skosu lewego			
$\Delta S_{L-P} = S_{LESP} - S_{PRSP}$	25,3 ± 24,4 (1,1-99,1)	16,6 ± 10,7 (0,9-44,0)	p=0,0181
Porównanie różnic między pozycją spoczynkową i pozycją pogłębionego wdechu			
$\Delta S_{PR} = S_{PRWD} - S_{PRSP}$	22,9 ± 14,8 (0,0-91,8)	24,7 ± 12,8 (0,0-66,4)	p=0,5225
$\Delta S_{LE} = S_{LEWD} - S_{LESP}$	25,4 ± 15,3 (1,6-77,2)	27,5 ± 13,8 (0,4-71,4)	p=0,4632

Wartości liczbowe przedstawiono jako średnią ± odchylenie standardowe, w nawiasach podano wartość minimalną i maksymalną.

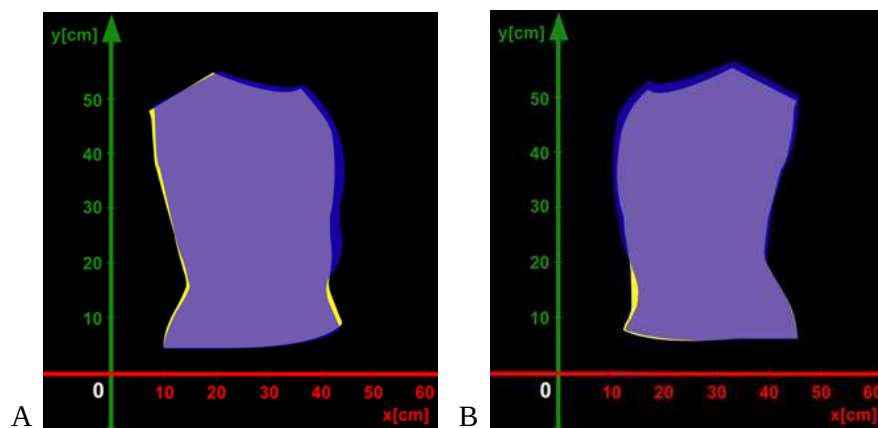
5.3.4. Analiza opisowa badania fotograficznego

Badanie fotograficzne okazało się bardzo przydatne do zrozumienia, jak wygląda deformacja klatki piersiowej oraz jak odbywa się ruch oddechowy u dzieci ze skoliozą idiopatyczną. U dzieci zdrowych można było zaobserwować zmianę pomiędzy pozycją spoczynkową a pozycją pogłębionego wdechu, polegającą przede wszystkim na zwiększeniu wymiaru podłużnego klatki, odprostowaniu kręgosłupa piersiowego i uniesieniu górnego obrysu klatki w sposób uwidoczniiony na rycinie 5.5. U części z dzieci z grupy kontrolnej stwierdziłam niewielki stopień ruchomości oddechowej klatki piersiowej, nieuzasadniony istnieniem strukturalnej deformacji kręgosłupa lub klatki piersiowej, który ilustruje ryc. 5.6.



Rycina 5.6. Osoba z grupy kontrolnej wykazująca mniejszą niż przeciętna ekspansję oddechową klatki piersiowej (por. z ryciną 5.5). A. skos prawy, B. skos lewy. Kolor żółty – pozycja spoczynkowa, kolor niebieski – głęboki wdech.

Zaobserwowałam także, że u dziewcząt z niewielkimi skoliozami (około 30° kąta Cobb'a) zaburzenie sposobu oddychania było jeszcze niewielkie w porównaniu ze skoliozami powyżej kąta Cobb'a 50° . Zaznaczała się tendencja do mniejszego powiększania wymiaru pionowego na rzecz wymiaru poprzecznego klatki piersiowej (rycina 5.7).



Rycina 5.7. Osoba z grupy badawczej ze skoliozą 35° , wykazująca początkowy stopień zaburzenia ruchu oddechowego klatki piersiowej (por. z ryciną 5.3). A. skos prawy, B. skos lewy. Kolor żółty – pozycja spoczynkowa, kolor niebieski – głęboki wdech.

Największe zaburzenia ruchu klatki piersiowej w czasie oddychania były widoczne w grupie dziewcząt z dużymi skoliozami, u których obserwowałam znikomy ruch unoszący klatkę piersiową, natomiast zwiększał się zakres ruchu poziomego, w osi

poprzecznej. Ten rodzaj ruchu oddechowego był szczególnie dobrze widoczny na skośnych fotografiach tułowia.

5.4. Badanie korelacji pomiędzy parametrami klinicznymi, antropometrycznymi i fotograficznymi w grupie dziewcząt ze skoliozą

Wychodząc z założenia, że mierzone przeze mnie parametry antropometryczne i fotograficzne odzwierciedlają stopień zniekształcenia klatki piersiowej, zbadałam wzajemne korelacje pomiędzy parametrami klinicznymi, antropometrycznymi i fotograficznymi, i przedstawiłam je w tabeli 5.11.

Tabela 5.11. Wzajemne korelacje pomiędzy parametrami klinicznymi (KRT), antropometrycznymi ($\Delta L = L_D - L_K$, kąt alfa) i fotograficznymi (ΔS_{L-P})

Parametr	$\Delta L = L_D - L_K$ poziom M	$\Delta L = L_D - L_K$ poziom Ż	Kąt alfa	ΔS_{L-P}
KRT	$r=0,26$	$r=0,10$	$r=0,08$	$r=0,53$
Bunnell	$p=0,07$	$p=0,49$	$p=0,58$	$p<0,0001$
$\Delta L = LD - LK$ poziom M	X	$r=0,32$ $p=0,0258$	$r=-0,02$ $p=0,89$	$r=0,09$ $p=0,54$
$\Delta L = LD - LK$ poziom Ż	X	X	$r=0,06$ $p=0,69$	$r=-0,03$ $p=0,84$
Kąt Alfa	X	X	X	$r=0,02$ $p=0,89$

Kolorem czerwonym zaznaczono zależności istotne statystycznie.

Stwierdziłam znamienne korelację pomiędzy różnicą długości osi długiej i osi krótkiej na poziomie wyrostka mieczykowatego i tą samą różnicą zmierzoną na poziomie łuków żebrowych. Wystąpiła wysoka istotna statystycznie korelacja ($r=0,53$) pomiędzy wartością kąta rotacji tułowia (KRT) mierzonego skoliometrem a różnicą pola powierzchni ΔS_{L-P} skosu prawego i lewego. Nie stwierdziłam korelacji kąta alfa z innymi badanymi parametrami.

W tabeli 5.12 zawarłam wyniki badania korelacji pomiędzy parametrami klinicznymi, antropometrycznymi i fotograficznymi, a parametrami radiologicznymi.

Tabela 5.12. Korelacja pomiędzy parametrami klinicznymi (KRT), antropometrycznymi ($\Delta L = L_D - L_K$, kąt alfa) i fotograficznymi (ΔS_{L-P}) a parametrami badania radiologicznego

Parametr	KRT Bunnell	$\Delta L = LD - LK$ poziom M	$\Delta L = LD - LK$ poziom Ż	Kąt alfa	ΔS_{L-P}
kąt Cobba	$r=0,77$ $p<0,0001$	$r=0,23$ $p=0,12$	$r=0,17$ $p=0,26$	$r=0,02$ $p=0,92$	$r=0,65$ $p<0,0001$
kąt Perdriolle'a	$r=0,71$ $p<0,0001$	$r=0,16$ $p=0,30$	$r=-0,05$ $p=0,75$	$r=0,01$ $p=0,99$	$r=0,63$ $p<0,0001$
kąt Mehty	$r=0,83$ $p<0,0001$	$r=0,32$ $p=0,0377$	$r=0,21$ $p=0,17$	$r=0,01$ $p=0,96$	$r=0,74$ $p<0,0001$

Kolorem czerwonym zaznaczono zależności istotne statystycznie.

Stwierdziłam, że kąt rotacji tułowia (KRT) oraz różnica pola powierzchni obrysu tułowia skośnego prawego i lewego (ΔS_{L-P}) były dwoma parametrami, które wykazywały wysoką dodatnią korelację z analizowanymi parametrami radiologicznymi (kąt Cobba, kąt Perdriolle'a, kąt Mehty). Wartości współczynników korelacji r wynosiły od 0,63 do 0,83. Natomiast parametry uzyskane z badania cyrklem antropometrycznym nie wykazywały korelacji z parametrami radiologicznymi.

6. DYSKUSJA

Przedstawiony w niniejszej pracy sposób analizy deformacji klatki piersiowej w przebiegu idiopatycznej skoliozy piersiowej może być uważany za oryginalny, gdyż w dostępnym piśmiennictwie nie znalazłam publikacji dotyczących kliniczno-antropometrycznej lub fotograficznej oceny dokonywanej u dzieci ze skoliozą w sposób zbliżony do wykonanego w tej pracy. Zastanawiając się nad przyczyną tej sytuacji można domniemywać, że, po pierwsze, w dobie nowoczesnych zaawansowanych technicznie metod obrazowania tradycyjne metody badania lekarskiego i fizjoterapeutycznego traktowane są jako drugorzędne. Po drugie, większość badaczy uważa deformację klatki piersiowej za pochodną skrzywienia kręgosłupa i zajmuje się analizowaniem samego kręgosłupa. Na przykład w fundamentalnym dziele „Etiology of Adolescent Idiopathic Scoliosis” pod redakcją Burwella [6] spośród 24 rozdziałów omawiających bieżący stan wiedzy w tej dziedzinie, między innymi: „Role of genetic factors” [47], „Osteopenia” [10], „Heuter-Volkman Effect” [63], „The Role of Intervertebral Disc” [65], „Skeletal Growth” [21], „The Role of Melatonin and Growth Factors” [54], „Skeletal Muscle and Platelet Abnormalities” [45], „Neural Mechanisms” [17], „Postural Control” [74], „The Brain Stem” [66] i inne, znajduje się tylko jeden rozdział „The Thoracospinal Concept” autorstwa Sevastika [61], w którym autor wysunął hipotezę o pierwotnej roli asymetrii w obrębie klatki piersiowej. W pewnym stopniu tłumaczy to brak zainteresowania bardziej szczegółową analizą deformacji klatki piersiowej. Podejmując własne badania nie kierowałam się żadną koncepcją etiopatogenetyczną, a jedynie uznałam, że sposób, w jaki oceniana jest deformacja klatki piersiowej u chorych ze skoliozą idiopatyczną może zostać wzbogacony i uzupełniony poprzez użycie nowych technik pomiaru.

Wykonanie badania nie przedstawiało trudności technicznych, było poprzedzone ogólnym badaniem ortopedycznym. Starałam się, aby osoba badana dopełniła warunków postawy swobodnej oraz wykonała głęboki swobodny wdech. Zaobserwowałam, że dziewczęta często oddychały torem brzuszny, a niektóre miały początkowo trudności z wykonaniem oddechu torem piersiowym. Według mojej obserwacji nie wynikało to z zablokowania czy ograniczenia ruchu klatki piersiowej, a z nawyku oddychania torem brzuszny połączonego z nawykiem złej postawy, który prawdopodobnie mógł być spowodowany długim przebywaniem w pozycji siedzącej

(zajęcia szkolne, czas spędzony przed komputerem). Tor oddychania poprawiał się po wytłumaczeniu, że wdech odbywać powinien się przez nos. Nie starałam się zmieniać sposobu oddychania osoby badanej. W ten sposób w trakcie badania mogła ujawnić się rzeczywista deformacja klatki piersiowej oraz jak wpływała ona na ruchomość oddechową.

Jedną z trudności napotkanych przy wykonywaniu badań był brak w dostępnym piśmiennictwie gotowych parametrów opisujących deformację klatki piersiowej jako całości. Z tego powodu konieczne było zaproponowanie własnych parametrów, którymi były: długości obu osi elipsy klatki piersiowej w badaniu cyrklem antropometrycznym, kąt pomiędzy osią długą a płaszczyzną czołową oraz różnica pola powierzchni skośnego obrysu tułowia w badaniu fotograficznym. Parametry te wybrałam jako proste w pomiarze i przydatne w analizie po uprzednim przetestowaniu większej liczby parametrów długościowych i powierzchniowych, których opis w pracy pominięto. Z klasycznych parametrów badania ortopedycznego skoliozy zastosowałam pomiar kąta rotacji tułowia za pomocą skoliometru.

Stosując własną technikę pomiaru potwierdziłam znany wcześniej fakt, że u dzieci ze skoliozą idiopatyczną piersiową prawostronną występuje charakterystyczne zniekształcenie klatki piersiowej w postaci wysunięcia lewego łuku żebrowego ku przodowi i jednoczesnego wysunięcia tylnego garbu żebrowego. Mimo, że opis tego zniekształcenia znajduje się w podręcznikach ortopedii, nie spotkałam danych na temat próby pomiaru stopnia zniekształcenia klatki piersiowej jako całości. Z tego powodu trudno jest dyskutować na temat własnych wyników w oparciu o piśmiennictwo.

Analizując powstanie zniekształcenia klatki piersiowej można rozważać je jako wyraz obrócenia się kręgów wygięcia pierwotnego skoliozy, a w ślad za nimi żeber. Ruch ten odbywa się zasadniczo w płaszczyźnie poprzecznej ciała. Traktowałam klatkę piersiową w płaszczyźnie poprzecznej jako mającą kształt elipsy, która swoją długą osią skierowana jest pod pewnym kątem w stosunku do płaszczyzny czołowej, podczas gdy w warunkach prawidłowych klatka piersiowa swoim najdłuższym wymiarem znajduje się dokładnie w płaszczyźnie czołowej. W tak rozumianej elipsie zmierzyłam długość osi długiej i krótkiej oraz wyznaczyłam kąt pomiędzy długą osią a płaszczyzną czołową (kąt α). Przystępując do badań uważałam, że kąt α można, z uproszczeniem,

interpretować jako kąt, o który obraca się klatka piersiowa w czasie, gdy podąża za rotującym się kręgosłupem. W trakcie badań stwierdziłam brak korelacji między kątem alfa, a innymi parametrami powiązanymi z rotacją osiową kręgów (kąt Perdriolle'a, kąt Mehty, kąt rotacji tułowia Bunnella). Ponadto zauważyłam, że rozrzut wartości kąta alfa był niewielki. Potwierdziły to obserwacje kliniczne, zgodnie z którymi lokalizacja tylnego i przedniego garbu żebrowego była u różnych chorych podobna, niezależnie od stopnia skoliozy. Z praktyki klinicznej wiadomo, że nie obserwuje się zmiany lokalizacji garbu żebrowego wraz z progresją skoliozy, a jedynie jego powiększanie się. Wydaje się zatem, że sama budowa klatki piersiowej jest jednym z czynników determinujących lokalizację przedniego i tylnego garbu żebrowego. Z klasycznych polskich publikacji ortopedycznych wiemy [69, 71], że nie tylko ruch obrotu kręgów, ale i siły działające w kierunku przeciwnym odpowiadają za ostateczny kształt klatki piersiowej. Należy nadmienić, że o ile w piśmiennictwie spotyka się rozważania patomechaniczne nad wpływem sił rotujących kręgi na powstawanie patologicznych skrzywień kręgosłupa [48] lub na miednicę [69], niewiele jest doniesień rozważających wpływ takich sił na klatkę piersiową. Na tym tle wyróżniają się klasyczne prace Wejsfloga z lat pięćdziesiątych ubiegłego stulecia, który opisywał „charakterystyczne dla torsji klatki piersiowej zniekształcenia pod postacią wydłużenia jej wzdłuż przekątnej większej oraz spłaszczenia wzdłuż przekątnej mniejszej” i przedstawiał jej ostateczny kształt jako wyraz działania „sił skręcających udzielonych przez kręgosłup i sił odkręcających występujących jako reakcje mięśni ustalających klatkę piersiową od przodu i boków” [71].

U wszystkich dziewcząt z grupy badawczej wystąpiła istotna statystycznie różnica między długością obu osi klatki piersiowej. Interesujące było, że wykonanie pogłębionego wdechu powodowało u dziewcząt ze skoliozą istotne zwiększenie asymetrii klatki piersiowej na poziomie dolnych łuków żebrowych ($p=0,0003$), ale nie na poziomie wyrostka mieczykowatego ($p=0,498$). To zjawisko może być uwzględniane przy stosowaniu ćwiczeń mających zmniejszyć zniekształcenie klatki piersiowej za pomocą czynnych asymetrycznych ruchów oddechowych, takich, jakie proponuje na przykład metoda Dobosiewicz [13].

Do badania za pomocą cyrkla wybrałam dwa poziomy: poziom wyrostka mieczykowatego (poziom M) i poziom dolnych łuków żebrowych (poziom Ż), gdyż z obserwacji klinicznej wynikało, że największa deformacja tylnej strony klatki (garb żebrowy) występuje na poziomie M, a największa deformacja przedniej strony klatki (przedni garb żebrowy) występuje na poziomie Ż. Oznacza to, że teoretycznie, w trójwymiarowej przestrzeni, możliwe jest wykreślenie jeszcze dłuższej (najdłuższej) osi klatki piersiowej biegnącej od centrum tylnego garbu żebrowego do centrum przedniego garbu żebrowego. Tak wyobrażona oś biegnie nieco skośnie ku dołowi w kierunku od tyłu do przodu. Jej wyznaczenie, trudne do wykonania przy użyciu technik zaproponowanych w niniejszej pracy, byłoby możliwe przy użyciu nowoczesnych zestawów do wielopłaszczyznowego odzwierciedlenia kształtu tułowia opartych o techniki topografii powierzchni ciała.

Pozycja siedząca do wykonania badania fotograficznego uwzględniała zgięcie kończyn dolnych w stawach biodrowych poniżej 90° . W ten sposób starałam się zapewnić prawidłową, a przy tym swobodną sylwetkę, z zachowaniem fizjologicznych krzywizn: lordozy lędźwiowej i kifozy piersiowej a ponadto z wyeksponowaniem kolców biodrowych przednich górnych, które były punktami ograniczającymi dolny obrys tułowia. Analizując przydatność badania fotograficznego należy wskazać, że wykazało ono zalety zarówno w zakresie ilościowej analizy stopnia deformacji klatki piersiowej, wykazując wysoką korelację z parametrami radiologicznymi, było też przydatne do analizy jakościowej, wskazując precyzyjnie okolice największej asymetrii klatki piersiowej oraz zmianę tej asymetrii w ruchu oddechowym. W obrazie nałożenia skosu lewego na prawy dobrze widać było deformację, natomiast w obrazie nałożenia wdechu na pozycję spoczynkową można było obserwować zmienność kształtu klatki piersiowej w ruchu oddechowym. Ponadto, jako zaletę badania fotograficznego należy wymienić, że umożliwia wykonanie dokumentacji kształtu tułowia, a przez to być wykorzystane do śledzenia progresji lub postępów terapii w odniesieniu do leczenia nieoperacyjnego i operacyjnego. Z tego powodu można uznać badanie fotograficzne za badanie uzupełniające w stosunku do innych badań (skoliometrem, cyrklem lub techniką topografii powierzchni ciała). Warunkiem przydatności fotografii jest wykonanie jej w opisany sposób, to znaczy jednocześnie w projekcji skośnej pod kątem 45° z lewej i z prawej strony. Należy zauważyć, że pole powierzchni mierzone na

fotografiach cyfrowych obejmowało nie tylko obszar klatki piersiowej, ale także jamy brzusznej. Stąd zmiany w polu powierzchni związane z ruchem oddechowym były niewielkie, jednak na tyle wyraźne, żeby uzyskać istotność statystyczną. W przyszłości można rozważać wybór innych wskaźników, na przykład wymiarów liniowych (wysokość, przekątna), które być może okazałyby się jeszcze bardziej czułe i specyficzne dla oddania ruchów oddechowych klatki piersiowej. Z drugiej strony, badanie cyrklem antropometrycznym wykazało w niniejszej pracy zalety, które uzupełniły badanie fotograficzne. Polegały one na tym, że badanie cyrklem było jakby przedłużeniem badania klinicznego, zapewniało kontakt fizjoterapeuty z chorym, fachowy nadzór nad pozycją badania i możliwość uniknięcia błędów grubych. Ponadto, inne badanie nie dawało takiej możliwości bezpośredniej obserwacji, jak ruchy oddechowe wpływają na kształt klatki piersiowej.

Dziewczęta bez skoliozy wykazywały symetryczny kształt klatki piersiowej w badaniu cyrklem oraz nieznaczne asymetrie w badaniu skoliometrem i badaniu fotograficznym. Grupa kontrolna została dobrana w taki sposób, aby umożliwić bezpośrednie porównanie pomiarów. Dzięki temu udało się wykazać, że nieprawidłowość kształtu klatki piersiowej w skoliozie piersiowej polega w większym stopniu na zapadnięciu pewnych jej okolic, niż na uwypukleniu innych. Koresponduje to z obserwacjami Dubousseta [14,15] i Wintera i wsp. [75] o szkodliwej lordotyzacji kręgosłupa piersiowego powiązanej ze zmniejszeniem objętości klatki piersiowej.

Jakościowa analiza fotografii grupy kontrolnej wykazała, że oddychanie w tej grupie polegało przede wszystkim na uniesieniu całej klatki piersiowej górę i zwiększeniu jej parametru wysokościowego. W grupie skolioz nie obserwuje się tak widocznej zmiany wysokości klatki, częściej występuje ekspansja żeber w płaszczyźnie poprzecznej, szczególnie do przodu po stronie lewej. Ponadto, zakres ruchu oddechowego jest mniejszy. Wydaje się, że u osób zdrowych, z uwagi na istnienie fizjologicznej kifozy kręgosłupa piersiowego, podczas wdechu występuje prostowanie się kręgosłupa i zwiększanie wymiaru wysokościowego klatki piersiowej. Natomiast u osób ze skoliozą fizjologiczna kifoza piersiowa jest zmniejszona lub zniesiona i możliwość powiększania parametru wysokościowego klatki zostaje znacznie ograniczona. Obserwacja ta stanowi kolejny przyczynek do podkreślenia znaczenia

fizjologicznych krzywizn kręgosłupa oraz roli ćwiczeń oddechowych w skoliozach. O roli fizjologicznej kifozy piersiowej w skoliozie donosiły Szopa i Domagalska, analizując związek wskaźników charakteryzujących kifozę piersiową z parametrami cechującymi ruchomość klatki piersiowej. Stwierdziły, że zmniejszaniu się kifozy piersiowej towarzyszyło ograniczenie ruchomości dolnych żeber klatki piersiowej oraz jej ruchomości po stronie wypukłości skrzywienia [64]. Prowadząc badania stwierdziłam, że nie wszystkie badane dziewczęta, zarówno w grupie badawczej jak i kontrolnej, potrafiły wykonać prawidłowo wdech i wydech. Obserwowałam zbyt płytkie ruchy oddechowe, a czasem przewagę toru brzuszego nad piersiowym. Wymagało to udzielenia instruktażu i obserwacji w czasie wykonywania badania.

W badaniu radiologicznym użyłam trzech parametrów: kąt Cobba, kąt Perdriolle'a, kąt Mehty. Wybór powyższych parametrów podyktowany był faktem, że w pośredni sposób każdy z nich może być powiązany ze zniekształceniem klatki piersiowej. Kąt Cobba wyraża stopień deformacji kręgosłupa, za którym ma podążać klatka piersiowa. Kąt Perdriolle'a wyraża stopień rotacji kręgów budujących skoliozę, a więc i pośrednio stopień rotacji klatki piersiowej. Kąt Mehty zależy od asymetrii układu żeber strefy szczytowej skoliozy, czyli od deformacji klatki piersiowej. Kąt Mehty został początkowo opisany dla celów różnicowania pomiędzy skoliozami wczesnodziecięcymi progresującymi i ustępującymi [46]. Inni autorzy zwrócili jednak uwagę, że kąt ten pośrednio odzwierciedla deformację klatki piersiowej [67]. W niniejszej pracy stwierdziłam bardzo wysoką korelację między kątem Mehty a kątem rotacji tułowia Bunnella ($r=0,83$) oraz między kątem Mehty a różnicą pola powierzchni tułowia skośnego prawego i lewego w badaniu fotograficznym ΔS_{L-P} ($r=0,74$), a także korelację o przeciętnej sile między kątem Mehty a różnicą długości osi długiej i krótkiej w pomiarze cyrklem na poziomie wyrostka mieczykowatego ($r=0,32$). Potwierdza to obserwacje Thulborne'a i Gillespiego [67] i oznacza, że kąt Mehty można uważać za parametr przydatny nie tylko do jego pierwotnego zastosowania prognostycznego w skrzywieniach wczesnodziecięcych, ale także do oceny stopnia deformacji klatki piersiowej w skoliozie.

Erkula i wsp. badali wartości rotacji kręgów mierzone w badaniu radiologicznym i tomokomputerowym w odniesieniu do okolicy grzbietu, która wykazywała największą wartość kąta rotacji tułowia w badaniu skoliometrem.

Autorzy ci nie stwierdzili silnej korelacji pomiędzy wielkością deformacji klatki piersiowej (garbu żeberowego) a kątem Cobba i kątem rotacji osiowej kręgu [18]. Thulbourne i Gillespie w skoliozach o małej wartości katowej nie znaleźli istotnego związku pomiędzy wielkością garbu żeberowego ocenianego w skłonie a wartością kąta rotacji osiowej [67]. Obserwacje te są zgodne z własnymi obserwacjami [38, 78], że u dzieci z niskostopniową skoliozą (nie przekraczającą 20° według Cobba) może występować nieproporcjonalnie duża asymetria tułowia z pojawieniem się garbu żeberowego tylnego, widoczna przede wszystkim podczas wykonania skłonu w badaniu testem Adamsa, podczas gdy w pozycji stojącej „przedni garb żeberowy” po lewej stronie widoczny jest podczas wykonania głębokiego wdechu. Natomiast w badanej w tej pracy grupie 49 dziewcząt ze skoliozą powyżej 20° kąta Cobba stwierdziłam, że kąt rotacji tułowia (KRT) oraz różnica pola powierzchni obrysu tułowia skośnego prawego i lewego (ΔS_{L-P}) wykazywały wysoką dodatnią korelację z parametrami radiologicznymi (kąt Cobba, kąt Perdriolle’a, kąt Mehty). Korelacja taka nie wystąpiła dla badania cyrklem, co może oznaczać, że badanie cyrklem niesie nowe informacje o zniekształceniu klatki piersiowej i wymaga dalszych badań.

Aaro i Dahlborn [1, 2] jako pierwsi opisali zastosowanie tomografii komputerowej do pomiaru zniekształcenia klatki piersiowej, wprowadzili parametry liniowe i katowe wykreślane na tomogramach. Ustosunkowując się do ewentualnej krytyki zastosowanych w niniejszej pracy prostych technik badawczych w okresie coraz większego rozpowszechnienia tomografii komputerowej i magnetycznego rezonansu jądrowego należy uwzględnić, że nowoczesne badania diagnostyczne wykonywane są w pozycji leżącej, w której klatka piersiowa nie ma swobodnego kształtu, występuje też bezpośredni nacisk na garb żeberowy. Badań tych nie wykonuje się zazwyczaj w sposób dynamiczny, umożliwiając śledzenie ruchomości oddechowej klatki piersiowej. Do nielicznych należą doniesienia wykorzystujące systemy optyczne analizy ruchu oparte o układ kamer do celów badania ruchów klatki piersiowej [44]. W oparciu o tę metodykę Leong i wsp. stwierdzili istotne zmniejszenie ruchomości klatki piersiowej i kręgosłupa u chorych ze skoliozą w porównaniu z grupą kontrolną [44].

Możliwość użycia cyrkla antropometrycznego w skoliozie podają Żuk i Dziak za Wejsflogiem: „Mierzmy długość garbu, szerokość w środkowym jego odcinku i wysokość za pomocą cyrkla” [79]. Należy zauważyć, że dotyczyło to pomiaru wielkości

tylnego garbu żebrowego, nie proponowano natomiast zbadania cyrklem wymiarów klatki piersiowej jako całości. Również nie proponowano użycia cyrkla do badania ruchomości oddechowej klatki piersiowej. W tym celu autorzy najczęściej proponują posłużenie się taśmą centymetrową [49]. Należy zwrócić uwagę, że sposób ten jest mało przydatny w sytuacji skoliozy, gdy zależy nam na wykryciu i zmierzeniu asymetrycznego kierunku ruchu klatki piersiowej. W zbadanej przeze mnie grupie dziewcząt nie wystąpiły różnice w obwodzie klatki piersiowej pomiędzy grupą badawczą a kontrolną, zarówno w pozycji spoczynkowej jak i na pogłębionym wdechu, zatem sposób z miarą centymetrową może być mylący. Jednocześnie udało się wykazać nierównomierną oddechową ekspansję klatki piersiowej w przestrzeni, polegającą na nadmiernym uwypuklaniu się okolicy wypukłej. Wydaje się zatem, że zastosowane w pracy pomiary ruchomości oddechowej, umożliwiające rozdzielenie ruchu części wypukłych i wklęsłych (zmiany oddechowe długości osi długiej i osi krótkiej) mogą być wzbogaceniem klasycznego sposobu badania ruchomości oddechowej klatki piersiowej taśmą centymetrową [77].

7. WNIOSKI

1. W idiopatycznej skoliozie piersiowej rozwija się charakterystyczne zniekształcenie klatki piersiowej w kształcie obróconej elipsy, które może zostać zmierzone za pomocą prostych narzędzi badawczych: cyrkla antropometrycznego i fotografii w projekcjach skośnych.
2. U chorych ze skoliozą jedna z osi poprzecznych klatki piersiowej wykazuje nadmierną a druga zbyt małą długość, przy czym dominujące jest zapadnięcie klatki piersiowej wzdłuż tak zwanej osi krótkiej.
3. Wdech symetrycznie rozszerza klatkę piersiową u osób zdrowych, podczas gdy u osób ze skoliozą piersiową powoduje narastanie asymetrii na poziomie dolnych łuków żebrowych.
4. Parametr oceny fotograficznej wykazywał silną korelację z parametrami radiologicznymi, i z uwagi na jego nieinwazyjność może znaleźć zastosowanie kliniczne.

8. PIŚMIENNICTWO

1. Aaro S., Dahlborn M.: The longitudinal axis rotation of the apical vertebra, the vertebral, spinal and rib cage deformity in idiopathic scoliosis studied by computer tomography. *Spine* 1981; 6: 567-572.
2. Aaro S., Dahlborn M.: Estimation of vertebral rotation and the spinal and rib cage deformity in scoliosis by computer tomography. *Spine* 1981; 6: 460-467.
3. Białek M., M'hango A.: Complex diagnostic and therapy of spinal curvatures and scoliosis according to FITS concept (Functional Individual Therapy of Scoliosis) [w:] The role of osteopathy and manual therapy in the treatment of soft tissue, red. Majchrzycki M., Warzecha D., Kocur P. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Medycznego, Poznań 2010: 96-109.
4. Bunnell W.: An objective criterion for scoliosis screening. *J. Bone Joint Surg.* 1984; 66-A: 1381-1387.
5. Bunnell W.: An objective criterion for scoliosis screening. *J. Bone Joint Surg.* 1984; 66-A: 1381-1387.
6. Bochenek A., Reicher M.: Anatomia człowieka. PZWL Warszawa 1990, tom I: 291-297.
7. Chowańska J.: Wykorzystanie metody topografii powierzchni ciała oraz skoliometru do badań przesiewowych dzieci szkolnych w kierunku wykrywania skoliozy idiopatycznej. Rozprawa doktorska, Poznań 2011.
8. Cobb J.R.: Outline for the study of scoliosis. *Amer. Acad. Orthop. Lectures* 1948: 261.

9. Cheng J.C.Y.: Osteopenia. [w:] Burwell R.G., Dangerfield P.H., Lowe T.G., Margulies J.Y. (red.): Etiology of adolescent idiopathic scoliosis. Spine: State of the Art Reviews. Hanley & Belfus, Philadelphia 2000: 339-348.
10. De Mauroy J.C.: Idiopathic scoliosis and chaos. Stud. Health Inform. Technol. 2008; 135: 53-57.
11. Dobosiewicz K.: Rola ćwiczeń asymetrycznych w zachowawczym leczeniu bocznych idiopatycznych skrzywień kręgosłupa. Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol. 1996; 6 (supl.4B): 109-111.
12. Dobosiewicz K.: Boczne idiopatyczne skrzywienia kręgosłupa. Wydawnictwo Śląskiej Akademii Medycznej, Katowice 1997; 8: 61-65.
13. Dubousset J.: Internal rib hump. Proceedings of the Meeting of the International Research Society on Spinal Deformities. Clermont-Ferrand, 26-30.05.2000.
14. Dubousset J., Wicart Ph., Pomero V., Barois A., Estournet B.: Spinal penetration index: new three-dimensional quantified reference for lordoscoliosis and other spinal deformities. J. Orthop. Sci. 2003; 8: 41-49.
15. Durmała J., Dobosiewicz K., Kotwicki T., Jendrzejek H.: Wpływ asymetrycznej mobilizacji tułowia na wartość kąta Cobba i rotacji w przypadkach skolioz idiopatycznych u dzieci i młodzieży. Ortop. Traumat. Rehabil. 2003; 5: 80-85.
16. Edgar M.: Neural mechanisms in the etiology of idiopathic scoliosis. [w:] Burwell R.G., Dangerfield P.H., Lowe T.G., Margulies J.Y. (red.): Etiology of adolescent idiopathic scoliosis. Spine: State of the Art Reviews. Hanley & Belfus, Philadelphia 2000: 459-468.
17. Erkula G., Sponseller P.D., Kiter A. E.: Rib deformity in scoliosis. Eur. Spine J. 2003; 12: 281-287.

18. Głowacki M.: Wartość wybranych czynników prognostycznych w leczeniu operacyjnym skoliozy idiopatycznej. Ośrodek Wydawnictw Naukowych, Poznań 2002.
19. Głowacki M., Kotwicki T., Pucher A.: Skrzywienie kręgosłupa. [w:] Wiktora Degi Ortopedia i Rehabilitacja, red. Marciniak W., Szulc A. PZWL Warszawa 2003: 68-111.
20. Goldberg C.J.: Skeletal growth. [w:] Burwell R.G., Dangerfield P.H., Lowe T.G., Margulies J.Y. (red.): Etiology of adolescent idiopathic scoliosis. Spine: State of the Art Reviews. Hanley & Belfus, Philadelphia 2000: 401-410.
21. Grivas T.B., Dantas S.D., Polyzois B.D., Samelis P.: The double rib contour sign (DRCS) in lateral spinal radiographs. Aetiologic implications for scoliosis. Stud. Health Technol. Inform. 2002; 88: 38-41.
22. Herring J.A.(red.): Tachdjian's pediatric orthopedics. Saunders 2008: 265-412.
23. Inglot G., Snela S., Panasiuk L.: Skoliozy idiopatyczne. Probl. Med. Rodz. 2007; 3: 47-52.
24. Ishibashi H., Ohta S., Hirose M., Nakajima N.: Benefit of three-dimensional computed tomography for traumatic rib fracture: easy to detect and explain rib fractures. Eur. J. Card. Thor. Surg. 2008; 34: 449.
25. James J.I.P.: Scoliosis. Churchill Livingstone 1967: 38-61.
26. Kindsfater K., Lowe T.G., Lawellin D.: Levels of platelets calmodulin for the prediction of progression and severity of adolescent idiopathic scoliosis. J. Bone Joint Surg. 1994; 76-A: 1186-1192.

27. Kiwerski J.: Rehabilitacja medyczna. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2005: 321-323.
28. Konturek S.: Fizjologia człowieka. Wrocław 2007: 378-381.
29. Kotani T., Minami S., Takahashi K., Isobe K. Nakata Y., Takaso M., Inoue M., Maruta T., Akazawa T., Ueda T., Moriya H.: An analysis of chest wall and diaphragm motions in patients with idiopathic scoliosis using dynamic breathing MRI. Spine 2004; 29: 298-302.
30. Kotwicki T., Szulc A., Dobosiewicz K., Rapała K.: Patomechanizm progresji skolioz idiopatycznych – znaczenie fizjologicznej kifozy piersiowej. Ortop. Traumat. Rehabilit. 2002; 4: 758-765.
31. Kotwicki T., Szulc A., Czekalska M., Piskorski Z.: Gorset Chêneau-Toulouse-Munster. Post. Rehab. 2002; 16: 95-101.
32. Kotwicki T.: Evaluation of scoliosis today. Examination, X-rays and beyond. Disabil. Rehabilit. 2008; 30: 742-751.
33. Kotwicki T.: Analiza morfologiczna skolioz idiopatycznych jako podstawa wczesnego rozpoznawania i leczenia. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Medycznego, Poznań 2008.
34. Kotwicki T., Chêneau J.: Biomechanical action of a corrective brace on thoracic idiopathic scoliosis: Chêneau 2000 orthosis. Disabil. Rehabilit. 2008; 3: 1-8.
35. Kotwicki T., Kinel E., Stryła W., Szulc A.: Discrepancy in clinical versus radiological parameters describing deformity due to brace treatment for moderate idiopathic scoliosis. Scoliosis 2007; 2: 18.

36. Kotwicki T., Napiontek M.: Intravertebral deformation in idiopathic scoliosis. A transverse plane computer tomographic study. *J. Pediatr. Orthop.* 2008; 28: 225-229.
37. Kotwicki T., Zielińska-Kaszubowska I., Szulc A., Samborski W.: Simple technique to evaluate thorax asymmetry in scoliosis: clinical usefulness to assess deformity and mobility. *Stud. Health Technol. Inform.* 2010; 158: 24-28.
38. Kotwicki T., Janusz P., Rusin B., Andrusiewicz M., Szulc A.: Genetyczne i molekularne uwarunkowania skoliozy idiopatycznej. [w:] Huber J., Wytrążek M., Kabsch A. (red.) *Kierunki rozwoju neurofizjologii klinicznej, fizjoterapii i terapii manualnej.* Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Medycznego, Poznań 2010.
39. Król J.: Boczne skrzywienie kręgosłupa [w:] *Ortopedia i Rehabilitacja*, red. Dega W. PZWL, Warszawa 1983: 406-407.
40. Król J., Pucher A.: Skrzywienie kręgosłupa [w:] *Ortopedia i Rehabilitacja*, red. Dega W., Senger A. PZWL Warszawa 1996: 484-485.
41. Lehnert-Schroth C.: Introduction to the three-dimensional scoliosis treatment according to Schroth. *Physiotherapy* 1992; 78: 2-7.
42. Lehnert-Schroth C.: Three-dimensional treatment for scoliosis. Urban & Fischer Verlag Elsevier 2007: 81-139.
43. Leong J.C.Y., Lu W.W., Luk K.D., Karlberg E.M.: Kinematics of the chest cage and spine during breathing in healthy individuals and in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 1999; 24: 1310-1314.
44. Lowe T.G.: Skeletal muscle and platelet abnormalities in adolescent idiopathic scoliosis. [w:] Burwell R.G., Dangerfield P.H., Lowe T.G.,

Margulies J.Y. (red.): Etiology of adolescent idiopathic scoliosis. Spine: State of the Art Reviews. Hanley & Belfus, Philadelphia 2000: 441-446.

45. Mehta M.: The rib-vertebra angle in the early diagnosis between resolving and progressive infantile scoliosis. J. Bone Joint Surg. 1972; 54-B: 230-243.
46. Miller N.H.: The role of genetic factors in the etiology of idiopathic scoliosis. [w:] Burwell R.G., Dangerfield P.H., Lowe T.G., Margulies J.Y. (red.): Etiology of adolescent idiopathic scoliosis. Spine: State of the Art Reviews. Hanley & Belfus, Philadelphia 2000: 313-317.
47. Mroczkowski A., Jaskólski E.: Wpływ sił rotujących kręgi na powstawanie patologicznych krzywizn kręgosłupa. Fizjot. Pol. 2007; 7: 80-86.
48. Niedbała E.: Poziom wybranych wskaźników antropometrycznych i spirometrycznych u dzieci ze skoliozą I stopnia. Med. Sport: 2008; 2: 99-107.
49. Nowotny-Czupryna O., Nowotny J., Kowalczyk B.: Postawa ciała a siła mięśni posturalnych u dzieci i młodzieży z bocznym skrzywieniem kręgosłupa. Fizjoterapia 2006; 14: 15-22.
50. O'Brien M.F., Kuklo T.R., Blanke K.M., Lenke L.G.: Radiographic measurement manual. Medtronic 2008: 47-70.
51. Perdriolle R.: La scoliose. Son etude tridimensionnelle. Maloine, Paris 1979: 22-48.
52. Pierz K.A., Dormans J.P. : Wady kręgosłupa [w:] Ortopedia pediatria, red. Dormans J.P., Elsevier 2005: 300-307.
53. Reinker K.A.: The role of melatonin and growth factors in the etiology of idiopathic scoliosis. [w:] Burwell R.G., Dangerfield P.H., Lowe T.G.,

- Margulies J.Y. (red.): Etiology of adolescent idiopathic scoliosis. Spine: State of the Art Reviews. Hanley & Belfus, Philadelphia 2000: 431-440.
54. Riseborough E.J., Wynne-Davies R: A genetic survey of idiopathic scoliosis in Boston, Massachusetts. J. Bone Joint Surg. 1973; 55-A: 974-982.
55. Roaf R.: The basic anatomy of scoliosis. J. Bone Joint Surg. 1966; 48-B: 786-792.
56. Rogala P.: Aspekty neurologiczne etiopatogenezy młodzieńczej skoliozy idiopatycznej w oparciu o badanie kliniczne, radiologiczne i neurofizjologiczne. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Medycznego, Poznań 2010.
57. Romano M., Negrini A., Parzini S., Negrini S.: Scientific Exercises Approach to Scoliosis (SEAS): efficacy, efficiency and innovation. Stud. Health Technol. Inform. 2008; 135: 191-207.
58. Scoliosis Research Society Educational Materials. Dokument elektroniczny: [www.srs.org], dostęp 26.04.2011.
59. Schuenke M., Schulte E., Schumacher U.: Thieme atlas of anatomy. Thieme Stuttgart New York 2006: 106, 133, 134
60. Sevastik J.A: The thoracospinal concept of the etiopathogenesis of idiopathic scoliosis [w:] Burwell R.G., Dangerfield P.H., Lowe T.G., Margulies J.Y. (red.): Etiology of adolescent idiopathic scoliosis. Spine: State of the Art Reviews. Hanley & Belfus, Philadelphia 2000: 391-400.
61. Skwarcz A., Majcher P.: Rehabilitacja w bocznych skrzywieniach kręgosłupa. [w:] Rehabilitacja medyczna, red. Kwolek A.W., Urban & Partner Wrocław 2003: 193-207.

62. Stokes I.A.F.: Heuter-Volkman effect. [w:] Burwell R.G., Dangerfield P.H., Lowe T.G., Margulies J.Y. (red.): Etiology of adolescent idiopathic scoliosis. Spine: State of the Art Reviews. Hanley & Belfus, Philadelphia 2000: 349-358.
63. Szopa A., Domagalska M.: Ruchomość klatki piersiowej a postawa ciała dzieci i młodzieży. [w:] Dysfunkcje kręgosłupa, diagnostyka i terapia. red. Nowotny J. Akademia Wychowania Fizycznego Katowice 1993: 281-294.
64. Taylor T.K.F., Melrose J.: The role of the intervertebral disc in adolescent idiopathic scoliosis. [w:] Burwell R.G., Dangerfield P.H., Lowe T.G., Margulies J.Y. (red.): Etiology of adolescent idiopathic scoliosis. Spine: State of the Art Reviews. Hanley & Belfus, Philadelphia 2000: 359-370.
65. Taylor T.K.F.: The brain stem and adolescent idiopathic scoliosis: a hypothesis. [w:] Burwell R.G., Dangerfield P.H., Lowe T.G., Margulies J.Y. (red.): Etiology of adolescent idiopathic scoliosis. Spine: State of the Art Reviews. Hanley & Belfus, Philadelphia 2000: 477-482.
66. Thulbourne T., Gillespie R.: The rib hump in idiopathic scoliosis. J. Bone Joint Surg. 1976; 58-B; 64-71.
67. Tylman D.: Rotacja i torsja kręgów w skoliozie. Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol. 1973; 38: 151-158.
68. Tylman D.: Patomechanika bocznych skrzywień kręgosłupa. Wyd. Severus Warszawa 1995: 93-136.
69. Urbanowicz Z.: Mała encyklopedia anatomii człowieka. Wyd. Czelej, Lublin 2003: 314-315.
70. Wejsflog G.: Uwagi na temat patomechaniki bocznych skrzywień kręgosłupa. Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol. 1956; 21: 31-39.

71. Wever D.J., Veldhuizen A.G., Klein J.P., Webb P.J., Nijenbanning G., Cool J.C., Horn J.R.: A biomechanical analysis of the vertebral and rib deformities in structural scoliosis. *Eur. Spine J.* 1999; 8: 252-260.
72. Wierusz L., Kotwicki A.: Autowyciąg w przygotowaniu przedoperacyjnym skolioz. Materiały XXI Zjazdu naukowego Polskiego Towarzystwa Ortopedycznego i Traumatologicznego Gdańsk 1976. PZWL Warszawa 1977: 189-191.
73. Williamson J.B.: Postural control. [w:] Burwell R.G., Dangerfield P.H., Lowe T.G., Margulies J.Y. (red.): Etiology of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine: State of the Art Reviews.* Hanley & Belfus, Philadelphia 2000: 469-478.
74. Winter R.B., Lovell W.W., Moe J.H.: Excessive thoracic lordosis and loss of pulmonary function in patients with idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.* 1975; 57-A: 972-977.
75. Wood K.B., Schendel M.J., Dekutoski M.B., Boachie-Adjei O., Heithoff K.H.: Thoracic volume changes in scoliosis surgery. *Spine* 1996; 21: 718-723.
76. Zielińska-Kaszubowska I., Kotwicki T., Szulc A.: Nieinwazyjna technika oceny zniekształcenia klatki piersiowej w młodzieńczej idiopatycznej skoliozie. *Medycyna Manualna* 2009; 13: 64-69.
77. Zielińska-Kaszubowska I., Kotwicki T., Szulc A.: Znacznego stopnia deformacja klatki piersiowej u chorych z niskostopniową skoliozą idiopatyczną – opis przypadków. *Rehab. Prakt.* 2010; 2: 28-30.
78. Żuk T., Dziak A.: Propedeutyka ortopedii. PZWL, Warszawa 1977: 135-143.

9. STRESZCZENIE

Obecnie stosowane sposoby pomiaru wielkości garbu żebrowego w skoliozie, przy użyciu skoliometru, goniometru lub innych przyrządów, dotyczą wyłącznie tylnej części klatki piersiowej i nie uwzględniają deformacji klatki piersiowej jako całości, ani jej ruchomości oddechowej. Uwypuklenie garbu żebrowego z tyłu oraz przedniego garbu żebrowego nadaje klatce piersiowej kształt zbliżony do elipsy, której długa oś tworzy z płaszczyzną czołową kąt. Założono, że analizowanie zniekształcenia klatki piersiowej jako całości może dostarczyć nowych informacji o skoliozie jako deformacji całego tułowia, przy czym analiza powinna być dokonana w pozycji pionowej jako

podstawowej dla funkcji człowieka. Istnieje niedobór metod nieinwazyjnych a przy tym prostych w wykonaniu, służących do oceny zniekształcenia klatki piersiowej jako całości u dzieci ze skoliozą idiopatyczną.

Celem pracy było (1) opracowanie techniki pomiaru deformacji klatki piersiowej u chorych ze skoliozą idiopatyczną, która uwzględnia zniekształcenie klatki piersiowej jako całości (jej części przedniej i tylnej) i zdefiniowanie parametrów służących do oceny kształtu klatki piersiowej, (2) porównanie zniekształcenia klatki piersiowej u dziewcząt ze skoliozą idiopatyczną piersiową prawostronną ze zgodną wiekowo grupą dziewcząt bez skoliozy, (3) zbadanie kierunku i stopnia ruchomości oddechowej klatki piersiowej u dziewcząt ze skoliozą idiopatyczną piersiową oraz (4) sprawdzenie, czy własne parametry antropometryczne i fotograficzne, opisujące deformację klatki piersiowej jako całości, wykazują powiązanie z wybranymi parametrami radiologicznymi.

Przebadano 99 dziewcząt w wieku od 11 do 18 lat, w tym 49 dziewcząt ze skoliozą idiopatyczną (grupa badawcza) o kącie Cobba co najmniej 20° oraz 50 dziewcząt bez skoliozy (grupa kontrolna). Pomiedzy grupą badawczą a kontrolną nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy w zakresie: wieku ($p=0,86$), stopnia dojrzałości ocenianego liczbą miesięcy, które upłynęły od pierwszej miesiączki ($p=0,10$), wzrostu ($p=0,08$), obwodu klatki piersiowej w pozycji spoczynkowej ($p=0,75$), obwodu klatki piersiowej w pozycji pogłębionego wdechu ($p=0,67$), obwodu bioder ($p=0,24$). W zakresie ciężaru ciała dziewczęta z grupy badawczej wykazywały nieco mniejsze wartości ($p=0,046$) w porównaniu do grupy kontrolnej. W oparciu o powyższą analizę uznano obie grupy za porównywalne dla celów prowadzenia pomiarów antropometrycznych klatki piersiowej.

U wszystkich badanych przeprowadzono badanie antropometryczne ogólne, badanie skoliometrem, badanie cyrklem antropometrycznym według własnego protokołu oraz badanie fotograficzne na stanowisku własnego pomysłu. Przykładając ramiona cyrkla kabłkowego Martina do klatki piersiowej mierzono długość osi długiej (L_D) i długość osi krótkiej (L_K) klatki piersiowej w płaszczyźnie poprzecznej ciała, na dwóch równoległych poziomach: pierwszym na wysokości nasady wyrostka mieczykowatego (L_{DM} , L_{KM}) oraz drugim na wysokości dolnych łuków żebrowych

($L_D\dot{Z}$, $L_K\dot{Z}$), dwukrotnie: w pozycji spoczynkowej i na pogłębionym wdechu. Odczytano kąt alfa między długą osią elipsy i płaszczyzną czołową. Na specjalnym stanowisku wykonano fotografie cyfrowe tułowia w pod kątem 45° , za pomocą programu komputerowego obliczono pole powierzchni, a korzystając z funkcji programu nakładano na siebie skos prawy i lewy oraz pozycję spoczynkową i głęboki wdech aby przeanalizować deformację klatki piersiowej i jej ruchomość oddechową. W grupie badawczej dysponowano radiogramami kręgosłupa, na których wykreślono kąt Cobba, kąt rotacji osiowej kręgu szczytowego według Perdriolle'a oraz różnicę kątów żebrowo-kręgowych według Mehty.

Stwierdzono statystycznie istotne różnice pomiędzy długościami obu osi klatki piersiowej, co potwierdziło istnienie deformacji klatki piersiowej o kształcie elipsy, posiadającej oś długą i oś krótką. Podczas wykonywania pogłębionego wdechu klatka piersiowa ulegała powiększeniu w obu mierzonych kierunkach (wzdłuż osi długiej i wzdłuż osi krótkiej). Wykonanie pogłębionego wdechu u dzieci ze skoliozą nie powodowało zmiany stopnia asymetrii klatki piersiowej, gdy pomiar wykonano na poziomie wyrostka mieczykowatego: różnica w spoczynku 5,8 cm, różnica przy wdechu 5,7 cm, $p=0,498$. Natomiast wykonanie głębokiego wdechu powodowało istotne zwiększenie asymetrii klatki piersiowej na poziomie dolnych łuków żebrowych (w spoczynku 3,6 cm, na wdechu 4,2 cm, $p=0,0003$). W grupie dziewcząt bez skoliozy klatka piersiowa była symetryczna, a długości obu osi klatki piersiowej były sobie równe. W czasie wykonywania głębokiego wdechu wszystkie badane wymiary klatki piersiowej ulegały zwiększeniu. Różnica pomiędzy pozycją spoczynkową a wdechową wynosiła na poziomie wyrostka mieczykowatego 2,7 cm i nie była istotnie różna niż różnica na poziomie dolnych łuków żebrowych (2,6 cm). Wdechowe rozszerzanie się klatki piersiowej przebiegało harmonijnie zarówno w jej części górnej jak i dolnej. Ponadto, porównanie symetrii osi klatki piersiowej w pozycji spoczynkowej i w pozycji pogłębionego wdechu wykazało, że ruch oddechowy odbywał się symetrycznie a pozycja pogłębionego wdechu nie powodowała u dzieci zdrowych powstania asymetrii klatki piersiowej na poziomie wyrostka mieczykowatego ani na poziomie dolnych łuków żebrowych. Zasadniczą zmianą patologiczną w grupie dziewcząt ze skoliozą, widoczną szczególnie w pomiarze na wysokości wyrostka mieczykowatego, było skrócenie osi krótkiej (o 3,0 cm i 3,1 cm w porównaniu z grupą kontrolną), a nie

wydłużenie osi długiej (o 0,7 i 0,8 cm). Oznacza to, że w skoliozie piersiowej, mimo istnienia garbu żeberowego w tylnej części tułowia oraz wypukłego przedniego garbu żeberowego, występuje w większym stopniu zapadnięcie się wklęsłych okolic klatki piersiowej, niż jej powiększenie w okolicach wypukłych. Największe zaburzenia ruchu klatki piersiowej w czasie oddychania były widoczne w grupie dziewcząt z dużymi skoliozami, u których obserwowano znikomy ruch unoszący klatkę piersiową, natomiast zwiększał się zakres ruchu poziomego, w osi poprzecznej. Ten rodzaj ruchu oddechowego był szczególnie dobrze widoczny na skośnych fotografiach tułowia.

Wnioski: (1) W idiopatycznej skoliozie piersiowej rozwija się charakterystyczne zniekształcenie klatki piersiowej w kształcie obróconej elipsy, które może zostać zmierzone za pomocą prostych narzędzi badawczych: cyrkla antropometrycznego i fotografii w projekcjach skośnych. (2) U chorych ze skoliozą jedna z osi poprzecznych klatki piersiowej wykazuje nadmierną a druga zbyt małą długość, przy czym dominujące jest zapadnięcie klatki piersiowej wzdłuż tak zwanej osi krótkiej. (3) Wdech symetrycznie rozszerza klatkę piersiową u osób zdrowych, podczas gdy u osób ze skoliozą piersiową powoduje narastanie asymetrii na poziomie dolnych łuków żeberowych. (4) Parametr oceny fotograficznej wykazywał silną korelację z parametrami radiologicznymi i z uwagi na jego nieinwazyjność może znaleźć zastosowanie kliniczne.

SUMMARY

Currently used methods of measuring the rib deformity in idiopathic scoliosis, like the use of a scoliometer, goniometer or other instruments, concern only the back of the trunk so they do not take into account the deformation of the thorax as a whole. Also, the respiratory mobility of the chest cannot be assessed. The rib prominence or the so called rib hump appear both on posterior and on anterior side of the trunk, on the opposite sides. Such a distribution of rib prominences and rib depressions gives to the thorax a shape resembling an ellipse which long axis creates an angle alpha with the

frontal plane. It was assumed that the analysis of the distortion of the thorax as a whole might provide new information about idiopathic scoliosis which is essentially a deformation of the entire trunk. It is to underline that the analysis should be done in vertical position which is the basic one for human functioning. There is a shortage of non-invasive and simple methods for the assessment of the thorax deformation in children with idiopathic scoliosis.

The aim of this study was (1) to develop a technique for measurement of the thorax deformation in patients with idiopathic scoliosis, which takes into account the distortion of the thorax as a whole (the front and back) and to define the parameters evaluating the shape of the rib cage, (2) to compare the thorax deformity in girls with right-sided thoracic idiopathic scoliosis to non-scoliotic girls at the same age, (3) to examine the direction and value of thorax respiratory motility in girls with thoracic idiopathic scoliosis (4) to check the correlation between selected radiological parameters and the anthropometric or photographic parameters describing the deformation of the thorax as a whole.

99 girls were examined, aged 11 to 18 years, including 49 girls with idiopathic scoliosis (study group) with a Cobb angle of at least 20° and 50 girls without scoliosis (control group). There was no statistically significant difference between the study group and control group in terms of: age ($p = 0.86$), level of maturity based on the number of months that have elapsed since menarche ($p = 0.10$), height ($p = 0.08$), chest circumference at rest ($p = 0.75$), chest circumference during deep inhalation ($p = 0.67$), hips circumference ($p = 0.24$). In terms of the body weight the girls of the research group showed slightly lower values ($p = 0.046$) compared to the control group. Based on this analysis, both groups were approved as comparable for anthropometric measurements of the thorax.

All subjects were assessed according to: general anthropometric examination, scoliometer examination, anthropometric caliper examination based on my own protocol and a photographic survey in the station of my own invention. The length of long (L_D) and short axis (L_K) of the thorax in the transverse plane of the body were measured on two parallel levels with the use of the Martin caliper: the first at the level of the xiphoid process (L_{DM} , L_{KM}) and the second at lower costal arches level ($L_{D\check{Z}}$,

$L_K\dot{Z}$). It was measured twice: during the resting position and the deep inhalation. The alpha angle between the long axis of the ellipse and the frontal plane was measured. Digital photos of the trunk were taken at the angle of 45° with the use of the special photo station. Using the computer program the surface area values were calculated. Using the software, right and left oblique trunk images were analyzed. The images at deep breath and the images at resting position were superimposed to analyze the change of the deformation of the thorax due to its respiratory motion. The X-rays of the study group were available. The Cobb angle, the angle of axial rotation of the apical vertebra according to Perdiolle and the difference between the costo-vertebral angles according to Mehta were drawn on those radiograms.

In the study group, statistically significant differences between the lengths of the two axes of the thorax were noted, which confirmed the existence of thorax deformity in the shape of an ellipse, which has a long and short axis. When performing deep inspiration, the thorax diameter was increasing in both measured directions (along the long axis and short axis). Deep inspiration in children with scoliosis did not cause any change of the degree of the thorax asymmetry, when the measurement was taken at the xiphoid process level: the difference at rest was 5.8 cm, the difference during inhale was 5.7 cm, $p = 0.498$. However, the deep inspiration caused a significant increase in the asymmetry of the thorax at the level of the lower costal arches (3.6 cm at rest versus 4.2 cm during inspiration, $p = 0.0003$). In the group of girls without scoliosis the thorax was symmetrical, and the length of both axes of the thorax was equal. During deep breath, all tested values increased. The difference between the resting and inspiratory position was 2.7 cm at the level of the xiphoid process and was not significantly different from the difference at the level of the lower costal arches (2.6 cm). Inspiratory thorax expansion proceeded harmoniously in both the upper and the lower part. In addition, a comparison of the thorax symmetry in the rest position and in the deep inhalation position revealed that the respiratory motion was made symmetrically and deep inhalation position did not cause the creation of asymmetry in healthy children neither at the level of xiphoid process nor at the lower-costal arches' level. Among the girls with scoliosis the basic change, visible especially during measurement at the xiphoid process level was a short axis shortening (by 3.0 cm and 3.1 cm compared with the control group), rather than a long axis extension (by 0.7, and 0.8 cm). It means that in

the thoracic scoliosis, there is a greater degree of a collapse of the concave areas of the chest, than there is the increase in the convex areas, despite the existence of anterior and posterior rib humps. The most important disturbances of the thorax movements during respiration were noticed in a group of girls with high Cobb angle scoliosis. In this group I observed minimal thorax rising movement, whereas increased range of horizontal motion in the transverse axis. This type of respiratory movement was particularly well visible in an oblique photographs of the trunk.

Conclusions: (1) In thoracic idiopathic scoliosis a characteristic distortion of the chest develops, which is in the shape of the rotated ellipse. It can be measured using simple survey tools: anthropometry calipers and oblique projections photography. (2) In patients with thoracic scoliosis one of the transverse thoracic axis shows excessive length and the second one is too short while the thorax depression along the so-called short axis is dominant. (3) The inhale expands the thorax symmetrically in normal subjects, while in patients with thoracic scoliosis inhalation causes an increase of asymmetry at the level of the lower costal arches. (4) Photographic evaluation parameters revealed a strong correlation with radiological parameters, and due to its non-invasive character they might be clinically useful.

SPIS RYCIN

- Rycina 1.1.** Konstrukcja gorsetu Cheneau zawiera w sobie element nacisku skierowanego na długą oś elipsy klatki piersiowej oraz pozostawienie przestrzeni wolnych naprzeciw wklęsłych obszarów klatki piersiowej ulokowanych na osi krótkiej. A. Pozycja swobodna. B. Pozycja pogłębionego wdechu powoduje wypełnienie pustych przestrzeni gorsetu nad zapadniętymi okolicami klatki piersiowej. Materiał Kliniki Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej w Poznaniu.
- Rycina 1.2.** Obraz klatki piersiowej w badaniu tomografii komputerowej dziecka bez skoliozy. Materiał Kliniki Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej w Poznaniu.
- Rycina 1.3.** Szkielet klatki piersiowej: A widok z przodu, B widok z tyłu (zmodyfikowane wg [60]).
- Rycina 1.4.** Budowa przepony (zmodyfikowane wg [60]).
- Rycina 1.5.** Ustawienie przepony i żeber podczas pełnego wdechu i wydechu. Kolor niebieski – wydech, kolor czerwony - wdech (zmodyfikowane wg [60]).
- Rycina 1.6.** Ruchy oddechowe górnych żeber można porównać do ruchu ramienia pompy studziennej, a ruchy dolnych żeber – do ruchu rączki wiadra (zmodyfikowane wg [29]).
- Rycina 1.7.** Mięśnie ściany klatki piersiowej widok z przodu (zmodyfikowane wg [60]).
- Rycina 1.8.** A. Koncepcja klatki piersiowej, jako elipsy obróconej w stosunku do płaszczyzny czołowej o pewien kąt. Widok z góry. Obrys miednicy zaznaczono ciągłą linią czerwoną, a obrys klatki piersiowej linią kropkowaną. U osób zdrowych orientacja obu elips pokrywa się. X – przebieg płaszczyzny strzałkowej, Y –

przebieg płaszczyzny czołowej, P – strona prawa, L – strona lewa. B. Obraz zniekształcenia klatki piersiowej w tomografii komputerowej; przekrój wykonano na poziomie kręgu szczytowego skrzywienia piersiowego. Materiał Kliniki Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej UM w Poznaniu.

Rycina 1.9. A. Obraz radiologiczny bardzo dużej skoliozy piersiowej prawostronnej u dziewczynki 8-letniej. B. W trakcie operacji z dojsia przedniego można zaobserwować, jak blisko ściany klatki piersiowej znajduje się kręgosłup, co świadczy o znacznym stopniu jego lordotyzacji i rotacji. Przestrzeń jamy klatki piersiowej zostaje znacznie ograniczona. Materiał Kliniki Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej UM w Poznaniu.

Rycina 1.10. Obraz kliniczny deformacji klatki piersiowej u chorej 16-letniej, ze skoliozą idiopatyczną piersiową prawostronną o wartości kąta Cobba 65°. Zdjęcia wykonano skośnie celem uwidocznienia różnicy w położeniu i kształcie żeber: A. skos prawy pozycja swobodna, B. skos prawy pogłębiony wdech, C. skos lewy pozycja swobodna, D. skos lewy pogłębiony wdech. Materiał Kliniki Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej UM w Poznaniu.

Rycina 4.1. Sposób pomiaru kąta rotacji tułowia za pomocą skoliometru Bunnella na poziomie piersiowym głównym.

Rycina 4.2. Cyrkiel kabłąkowy Martina.

Rycina 4.3. Sposób przyłożenia cyrkla Martina dla pomiaru osi długiej i osi krótkiej klatki piersiowej w płaszczyźnie poprzecznej ciała. X- przebieg płaszczyzny czołowej, Y- przebieg płaszczyzny strzałkowej, linia niebieska – poprzeczny przekrój klatki piersiowej w skoliozie, linia czerwona poprzeczny przekrój klatki u osoby zdrowej.

Rycina 4.4. Stanowisko do pomiaru długości osi klatki piersiowej cyrklem kabłąkowym Martina .

- Rycina 4.5.** Fragment stanowiska do pomiaru długości osi klatki piersiowej: podstawa - twister z zamontowanym kątomierzem.
- Rycina 4.6.** Sposób pomiaru długości osi klatki piersiowej cyrklem kabłąkowym Martina.
- Rycina 4.7.** Stanowisko własnego pomysłu do wykonywania fotografii skośnych tułowia. A. widok ogólny, B. sposób ustawienia podstaw aparatów fotograficznych
- Rycina 4.8.** Fotografie klatki piersiowej pacjentki z grupy badawczej w pozycji pogłębionego wdechu: A skos prawy, B skos lewy.
- Rycina 4.9.** Widok konturu tułowia obejmującego klatkę piersiową (skos prawy) w postaci białej sylwetki na ciemnym tle.
- Rycina 4.10.** Efekt nałożenia na siebie obrazu skośnego prawego i lewego. Po nałożeniu można prześledzić, w jakich obszarach oba kontury pokrywają się, a w jakich są rozbieżne; jest to zarazem ilustracja parametru: różnica pola powierzchni (ΔS_{L-P}) konturu tułowia skośnego lewego (S_{LESP}) i skośnego prawego (S_{PRSP}).
- Rycina 4.11.** Kontury uwidaczniające ruchomość oddechową klatki piersiowej. A. projekcja skośna prawa, B. projekcja skośna lewa. Kolorem białym zaznaczono pozycję spoczynkową a kolorem niebieskim pogłębiony wdech. Zwraca uwagę asymetria ruchu oddechowego na poziomie dolnych łuków żebrowych u osoby ze skoliozą: ruch wdechu odbywa się tylko w stronę lewą (A), a znikomy jest ruch w stronę prawą (B).
- Rycina 4.12.** Sposób pomiaru kąta Cobba (zmodyfikowany wg [20]).
- Rycina 4.13.** Torsjometr Perdriolle'a i sposób jego użycia [52].
- Rycina 4.14.** Radiologiczna ocena kąta żebrowo-kręgowego wg Mehty [20, 46].

- Rycina 5.1.** Pacjentka P.B., kąt Cobba skrzywienia piersiowego Th5-Th12 wynosi 108° . Typowa deformacja klatki piersiowej z widocznym garbem żebrowym przednim. A. Pozycja spoczynkowa. B. Głęboki wdech. C. Zbliżenie ukazujące asymetrię dolnych łuków żebrowych. Kropkami zaznaczono kolce biodrowe przednie górne oraz punkty służące do pomiaru cyrklem.
- Rycina 5.2.** Kontury tułowia odtworzone z fotografii skośnej pod kątem 45° u pacjentki ze skoliozą piersiową prawostronną o kącie Cobba 80° . A. fotografia skos prawy, B. kontur tułowia skos prawy, C. fotografia skos lewy, D. kontur tułowia skos lewy, E. nałożone na siebie oba kontury, z których jeden odwrócono (wykonując odbicie poziome lewo-prawo), aby lepiej ukazać znaczną różnicę w obrysach tułowia między oboma ujęciami.
- Rycina 5.3.** Fotografia skośna 45° przetworzona komputerowo pacjentki ze skoliozą piersiową prawostronną o kącie Cobba 70° . Kolorem żółtym zaznaczono pozycję spoczynkową, a niebieskim - głęboki wdech. A. skos prawy, B. skos lewy. Zwraca uwagę inny, niż w grupie kontrolnej, sposób wdechowego poszerzania się klatki piersiowej, a także asymetria ruchu oddechowego.
- Rycina 5.4.** W grupie kontrolnej nałożone na siebie kontury tułowia (kontur skośny prawy i kontur skośny lewy) pokrywały się, a ich pola powierzchni nie różniły od siebie w sposób statystycznie istotny. A. pozycja spoczynkowa, B. pozycja pogłębionego wdechu. Kolor żółty- skos prawy, kolor niebieski – skos lewy.
- Rycina 5.5.** Ruch oddechowy klatki piersiowej u osoby bez skoliozy. A. skos prawy. B. skos lewy. Kolorem żółtym zaznaczono pozycję spoczynkową, a niebieskim pogłębiony wdech. Wdechowa ekspansja klatki piersiowej odbywa się w jej części górnej i jest skierowana ku górze.

- Rycina 5.6.** Osoba z grupy kontrolnej wykazująca mniejszą niż przeciętna ekspansję oddechową klatki piersiowej (por. z ryciną 5.5).
A. skos prawy, B. skos lewy. Kolor żółty – pozycja spoczynkowa, kolor niebieski – głęboki wdech.
- Rycina 5.7.** Osoba z grupy badawczej ze skoliozą 35°, wykazująca początkowy stopień zaburzenia ruchu oddechowego klatki piersiowej (por. z ryciną 5.3). A. skos prawy, B. skos lewy. Kolor żółty – pozycja spoczynkowa, kolor niebieski – głęboki wdech.

SPIS TABEL

- Tabela 1.1.** Częstość występowania skolioz idiopatycznych u dziewcząt i chłopców według Weinstein, (cytowane za [20])
- Tabela 1.2.** Ryzyko progresji skoliozy idiopatycznej (w %) w zależności od wartości kątowej i od wieku w chwili wykrycia skrzywienia według Nachemsona i wsp., (cytowane za [20])
- Tabela 1.3.** Zestawienie mięśni wdechowych zasadniczych i pomocniczych, według Urbanowicza [70]
- Tabela 1.4.** Zestawienie mięśni wydechowych zasadniczych i pomocniczych, według Urbanowicza [70]
- Tabela 3.1.** Kryteria włączenia do grupy badawczej
- Tabela 3.2.** Charakterystyka grupy badawczej i kontrolnej oraz wyniki pomiarów antropometrycznych; istotność różnicy pomiędzy grupami weryfikowano testem t Studenta dla zmiennych niepowiązanych
- Tabela 3.3.** Wartość kąta Cobba skoliozy piersiowej oraz kąta rotacji tułowia (KRT) w grupie badawczej, N=49
- Tabela 5.1.** Porównanie wartości kąta rotacji tułowia (KRT) w grupie badawczej i kontrolnej
- Tabela 5.2.** Statystyczny błąd pomiaru i współczynnik zmienności dla badania cyrklem antropometrycznym
- Tabela 5.3.** Porównanie długości obu osi klatki piersiowej w grupie badawczej, N=49
- Tabela 5.4.** Porównanie długości osi klatki piersiowej w grupie kontrolnej w badaniu cyrklem antropometrycznym, N=50

- Tabela 5.5.** Porównanie wyników pomiarów cyrklem w grupie badawczej i kontrolnej
- Tabela 5.6.** Porównanie pozycji spoczynkowej i pogłębionego wdechu w grupie badawczej, N=49
- Tabela 5.7.** Porównanie pozycji spoczynkowej i pogłębionego wdechu w grupie kontrolnej, N=50
- Tabela 5.8.** Porównanie pola powierzchni skośnego obrysu tułowia sfotografowanego pod kątem 45° ze strony prawej i lewej, oraz porównanie pola powierzchni w spoczynku i na wdechu, grupa badawcza, N=49
- Tabela 5.9.** Pole powierzchni skośnego konturu tułowia prawego w stosunku do lewego (wiersze) oraz pole powierzchni konturu tułowia w spoczynku w stosunku do pogłębionego wdechu (kolumny) w grupie kontrolnej, N=50
- Tabela 5.10.** Porównanie grupy badawczej z kontrolną w zakresie parametrów badania fotograficznego
- Tabela 5.11.** Wzajemne korelacje pomiędzy parametrami klinicznymi (KRT), antropometrycznymi ($\Delta L = L_D - L_K$, kąt alfa) i fotograficznymi (ΔS_{L-P})
- Tabela 5.12.** Korelacja pomiędzy parametrami klinicznymi (KRT), antropometrycznymi ($\Delta L = L_D - L_K$, kąt Alfa) i fotograficznymi (ΔS_{L-P}) a parametrami badania radiologicznego

ZAŁĄCZNIK 1

OŚWIADCZENIE BADANEGO **(zgoda na udział w badaniach)**

Nazwisko i imię osoby badanej.....
..... Lat.....

Adres:
.....

Temat badań: *Zniekształcenie i ruchomość oddechowa klatki piersiowej u dzieci ze skoliozą idiopatyczną.*

Niniejszym oświadczam, że zostałem/am szczegółowo poinformowany/na o sposobie przeprowadzenia badań z udziałem mojego dziecka. Rozumiem, na czym polegają badania i do czego potrzebna jest moja zgoda.

Zostałem/am poinformowany/na, że mogę odmówić uczestnictwa mojego dziecka w badaniach w trakcie trwania realizacji projektu badawczego.

Wyrażam świadomą zgodę na uczestnictwo w badaniach:

.....
podpis badacza

.....
podpis rodzica - opiekuna

....., data

ZAŁĄCZNIK 2

L.p.	Nazwisko i imię	Data urodzenia	Data badania	Data I. miesiączki	Wzrost (cm)	Wzrost w pozycji siedzącej (cm)	Masa ciała (kg)	Obwód klatki piersiowej w pozycji spoczynkowej	Obwód klatki piersiowej na pogłębionym wdechu	Obwód bioder	Rozpiętość ramion	Typ skoliozy	Kąt Cobba Th	Kąt Cobba L	Test Rissera	Skoliometr
1.																
2.																
3.																
4.																
5.																
6.																
7.																
8.																
9.																
10.																
11.																
12.																
13.																
14.																
15.																
16.																
17.																