

Ocena sprawności układu oddechowego po torakoplastyce u dziewcząt ze skoliozą

Assessment of Respiratory Function in Girls with Scoliosis after Thoracoplasty

Maria Laurentowska^{1(A,B,D,E,F)}, Maciej Głowacki^{2(A,D)}, Edyta Michalak^{1(B,D,F)},
Ewa Deskur-Śmielecka^{3(E)}, Aleksander Barinow-Wojewódzki^{4(B)},
Barbara Pospieszna^{1(C,E)}

¹ Zakład Fizjologii, Akademia Wychowania Fizycznego, Poznań

² Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej, Uniwersytet Medyczny, Poznań

³ Centrum Rehabilitacji Klinicznej, Akademia Wychowania Fizycznego, Poznań

⁴ Wielkopolskie Centrum Pulmonologii i Torakochirurgii, Poznań

¹ Division of Physiology, University School of Physical Education, Poznań

² Department of Pediatric Orthopedics and Traumatology, Poznan University of Medical Sciences, Poland

³ Clinical Rehabilitation Centre, University School of Physical Education, Poznań

⁴ Wielkopolska Region Centre of Pulmonology and Thoracic Surgery, Poznań

STRESZCZENIE

Wstęp. Celem badań była ocena sprawności funkcji układu oddechowego pacjentek leczonych operacyjnie z powodu skoliozy z zastosowaniem torakoplastyki w porównaniu z pacjentkami bez torakoplastyki poddanymi natomiast intensywnej rehabilitacji ruchowej.

Materiał i metody. Badaniami objęto dwie grupy pacjentek będących w tym samym okresie po zabiegu korekty skoliozy. Pierwszą grupę stanowiły dziewczęta, u których w czasie korekcy skoliozy metodą Cotrel-Dubouset dodatkowo wykonana została torakoplastyka polegająca na usunięciu, na szczycie garbu, zdeformowanych fragmentów sześciu żeber. W drugiej grupie badanych nie wykonano torakoplastyki, natomiast poddane one zostały 4-tygodniowej rehabilitacji ruchowej, której główną część stanowił trening wytrzymałościowy. W obu grupach dziewcząt wykonano w warunkach spoczynkowych badania spirometryczne. Ponadto w sposób pośredni wyznaczono maksymalny pobór tlenu.

Wyniki. Pacjentki poddane rehabilitacji uzyskały istotnie wyższe wartości szeregu parametrów spirometrycznych w porównaniu z grupą po torakoplastyce. Nie stwierdzono natomiast istotnej różnicy w kształtowaniu się wartości VO_{2max} , która wskazuje na dość dobrą wydolność ogólną.

Wnioski. Uzyskane wyniki badań dowodzą, że wieloaspektowa rehabilitacja ruchowa z ukierunkowaniem na trening wytrzymałościowy wywiera korzystny wpływ na funkcję układu oddechowego u pacjentek operowanych z powodu skoliozy, dlatego też powinien on być stosowany u chorych, u których dodatkowo zastosowano torakoplastykę.

Słowa kluczowe: skolioza, torakoplastyka, trening wytrzymałościowy, spirometria

SUMMARY

Background. The aim of the study was to assess pulmonary function in patients after spinal fusion combined with thoracoplasty in comparison with subjects in whom thoracoplasty was not performed, but who underwent intensive rehabilitation.

Material and methods. The study population consisted of two groups of adolescent girls about two years after surgical correction of scoliosis by Cotrel-Dubouset method. The subjects in the first group (thoracoplasty group) underwent spinal fusion in combination with thoracoplasty, which consisted in subperiosteal resection of deformed segments of six ribs on top of the rib hump. Patients in the second group (rehabilitation group) had no thoracoplasty, but participated in a 4-week rehabilitation programme based on endurance training. Pulmonary function was assessed in all subjects with resting spirometry. Additionally, maximal oxygen uptake was determined using an indirect method.

Results. Spirometric parameters at rest were significantly higher in subjects participating in the rehabilitation program compared to the thoracoplasty patients. VO_{2max} values were similar in both groups, indicating relatively good exercise capacity.

Conclusions. Comprehensive motor rehabilitation based on endurance training has a favorable influence on pulmonary function in patients after surgical correction of scoliosis. A rehabilitation program should be included in the management of patients after spinal fusion combined with thoracoplasty.

Key words: scoliosis, thoracoplasty, endurance training, spirometry

WSTĘP

Skolioza idiopatyczna jest dość często występującą, u około 2-3% populacji, chorobą okresu rozwojowego. W dominującej liczbie przypadków ma ona łagodny przebieg [1,2]. W sytuacji jednak, gdy przybiera wyższe wartości kątowe wymaga leczenia operacyjnego, do którego głównym wskazaniem jest wartość kąta Cobba przekraczająca 45-50 stopni. Skrzywienie kręgosłupa, a także jego rotacja wzdłuż osi długiej pociągają za sobą znaczne zniekształcenie klatki piersiowej, w konsekwencji upośledzenie funkcji krążeniowo-oddechowych [3].

Młodociani chorzy podejmują decyzję o leczeniu operacyjnym głównie ze względów estetycznych, często w niedużym stopniu są świadomi odległych następstw choroby [4,5]. Zadowolenie z wyniku operacji skoliozy zależy głównie od stopnia uzyskanej korekcji skrzywienia. Podstawowe znaczenie dla tej grupy chorych ma poprawa morfologiczna, czyli zmniejszenie garbu żebrowego, przywrócenie symetrii ciała. Najczęściej stosowane leczenie operacyjne, oparte na założeniach Cotrel-Dubousset, w przypadku skolioz umiarkowanych pozwala na osiągnięcie dużej korekcji kręgosłupa, ale nie poprawia sylwetki pacjenta, pozostawiając bowiem mniejszą lub większą deformację żeber. Pierwszym, który dokonał podokostnowej resekcji żeber na szczycie garbu żebrowego, dla poprawy symetrii tułowia, był Volkmann, metodę współcześnie rozpropagował Steel, a jest ona z powodzeniem stosowana do dziś np. przez Wintera [6]. Autor ten podkreśla prostotę operacji torakoplastyki tj. podokostnowej resekcji fragmentów żeber o długości od 3 do 5 centymetrów na szczycie garbu, z wykorzystaniem ich fragmentów do spondylodezy tylnej [6]. Jak wynika z danych literaturowych uzyskany efekt poprawy sylwetki jest znaczny, a ewentualne komplikacje pooperacyjne są rzadkie [7]. Wśród nich najczęściej wymienia się: obniżenie wydolności oddechowej, która pomimo szybkiego zrostu żeber, przeciętych w czasie torakoplastyki, u osób dorosłych nigdy nie wraca do poziomu przedoperacyjnego [3,6]. Pozostaje jednak problem, w jakim stopniu torakoplastyka upośledza samą mechanikę oddychania u osób ze skoliozą w wieku dojrzewania doprowadzając do obniżenia ich ogólnej wydolności. W tym względzie doniesienia literaturowe nie są jednoznaczne [7,8].

Celem badań była ocena sprawności funkcji układu oddechowego pacjentek leczonych operacyjnie z powodu skoliozy z zastosowaniem torakoplastyki w porównaniu z pacjentkami bez torakoplastyki, poddanymi natomiast intensywnej rehabilitacji ruchowej.

BACKGROUND

Idiopathic scoliosis is a common disease of the developmental period, affecting about 2–3% of the adolescent population. In the majority of cases its course is mild [1,2]. In subjects with severe scoliosis surgery is necessary, and a Cobb angle exceeding 45–50° indicates the need for such treatment. Lateral thoracic spinal curvature, and a rotation of the spine along its long axis produce a significant deformity of the chest and impairment of cardiopulmonary function [3].

Teenagers usually make the decision to undergo surgery for their scoliosis for esthetic reasons. Most of them are not aware of the long-term consequences of the disorder [4,5]. Satisfaction with the effects of operation depends mainly on the degree of correction of scoliosis achieved. An improved silhouette, resulting from correction of the rib hump and restoration of symmetry of the body, is the most important outcome for adolescents. The most popular technique of surgical treatment, based on the method of Cotrel-Dubousset, enables significant correction of the spinal curvature in subjects with moderate scoliosis. However, it does not bring about much improvement of the patient's silhouette, and various degrees of rib deformity remain. In order to achieve better trunk symmetry after the operation, Volkmann introduced the concept of subperiosteal rib resection on top of the rib hump. His method was further developed by Steel, and nowadays it is successfully used by Winter [6] and others. Winter emphasizes the simplicity of thoracoplasty, consisting in subperiosteal resection of 3–5 cm segments of ribs on top of the rib hump, the segments being then used in posterior spinal arthrodesis [6]. This method significantly improves the silhouette, and postoperative complications are rare, the most common being deterioration of pulmonary function [7]. Despite the fast union of the ribs cut during thoracoplasty, pulmonary function never returns to pre-operation levels in adult patients [3,6]. The question remains to what degree thoracoplasty impairs the mechanics of ventilation and thus decreases exercise capacity in adolescents with scoliosis. Earlier studies investigating this issue have produced conflicting results [7,8].

The aim of the study was to compare pulmonary function in two groups of surgically treated patients with scoliosis. In the first group spinal fusion was combined with thoracoplasty, and the subjects in the other group underwent intensive rehabilitation.

MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto 47 nastoletnich dziewcząt z idiopatyczną skoliozą leczoną operacyjnie, z zastosowaniem metody Cotrel Dubousset, na Oddziale Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu. Wszystkie badane były leczone z powodu prawostronnej skoliozy piersiowej. Wartość kąta wykrzywienia mierzona według Cobba wynosiła przed zabiegiem około 60°.

Wyodrębniono dwie grupy pacjentek, których charakterystyki antropometryczne przedstawiono w Tab. 1. Pierwszą grupę dziewcząt (25 osób) stanowiły pacjentki, u których w czasie korekcji skoliozy dodatkowo wykonana została torakoplastyka polegająca na usunięciu zdeformowanych fragmentów sześciu żeber na szczycie garbu. Osoby te nie uczestniczyły w żadnym programie rehabilitacji. W drugiej grupie pacjentek (22 osoby) nie wykonano zabiegu torakoplastyki. Pacjentki te natomiast poddane zostały 4-tygodniowej rehabilitacji ruchowej w Wojewódzkim Specjalistycznym Szpitalu Gruźlicy i Chorób Płuc w Ludwikowie koło Poznania. W skład programu rehabilitacji wchodziły następujące ćwiczenia:

- 3 razy w tygodniu 40-minutowy trening wytrzymałościowy na cykloergometrze (5-cio minutowa rozgrzewka, 30 minut wysiłku właściwego z intensywnością na poziomie indywidualnego progu wentylacyjnego oraz 5 minut jazdy bez obciążenia)
- 3 razy w tygodniu 40 minut gimnastyki ogólnorozwojowej
- 1 raz w tygodniu 45 minut pływania w basenie.

Projekt badawczy uzyskał zgodę terenowej Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym w Poznaniu.

Badania przeprowadzono w Zakładzie Fizjologii Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu, średnio 2,3 lata po zabiegu korekty skoliozy i dla drugiej grupy badanej przypadająco bezpośrednio po odbytym turnusie rehabilitacyjnym.

W obu grupach pacjentek, zgodnie ze standardową procedurą [9,10], w warunkach spoczynkowych, wykonano badania spirometryczne posługując się spirometrem przepływowym (KIT micro, Cosmed,

MATERIAL AND METHODS

The study population consisted of 57 adolescent girls operated on for scoliosis at the Department of Pediatric Orthopedic Surgery of Poznan University of Medical Sciences. All participants had undergone surgery for right-sided, severe thoracic idiopathic scoliosis (Cobb angle about 60°) 2.3 years before. All patients were treated using the method of Cotrel-Dubousset.

The participants were divided into two groups: a thoracoplasty group and a rehabilitation group. The anthropometric characteristics of both groups were similar (Tab. 1). In the first group (25 girls), spinal fusion was combined with thoracoplasty, which consisted in the removal of deformed segments of six ribs on top of the rib hump. Those patients did not participate in any rehabilitation program. Patients in the rehabilitation group (22 girls) did not undergo additional thoracoplasty during the operation. Directly before the assessment they underwent 4-week physical training in Stanislaw Staszic Regional Hospital of Tuberculosis and Lung Disease in Ludwikowo near Poznań. The rehabilitation program included:

- endurance training on a cycle ergometer for 40 minutes 3 times a week (5 minutes' warm-up, followed by 30 minutes of cycling with individualized work load at the ventilatory threshold level and 5 minutes' cool down without any resistance)
- calisthenics for 40 minutes 3 times a week
- swimming in a pool for 45 minutes once a week.

The study was approved by the Bioethical Review Committee of Poznan University of Medical Sciences.

The results were assessed at the Department of Physiology of the University School of Physical Education in Poznań after an average of 2.3 years following the scoliosis surgery. All participants underwent pulmonary function tests using a pneumotachometer (KIT micro, Cosmed, Italy) according to standard procedures [9,10]. Following precise instruction and demonstration, three different tests

Tab. 1. Charakterystyka antropometryczna badanych

Tab. 1. Anthropometric characteristics of study population

Grupa Group	Wiek (lata) Age (years)	Masa ciała (kg) Body mass (kg)	Wysokość (cm) Height (cm)
Grupa po torakoplastyce (n = 25) Thoracoplasty group (n = 25)	16,8 ± 1,74	55,2 ± 6,18	167,5 ± 5,82
Grupa rehabilitowana (n = 22) Rehabilitation group (n = 22)	15,8 ± 1,72	53,3 ± 6,05	165,6 ± 6,80

Italy). Po dokładnym poinstruowaniu i pokazie badane wykonywały 3 testy spirometryczne (badanie pojemności życiowej płuc, natężonej objętości wydechowej oraz maksymalnej dowolnej wentylacji minutowej płuc). Każdy z testów powtarzany był trzykrotnie. Do analizy wybierano najlepszy z uzyskanych wyników.

U badanych dziewcząt wyznaczono także, w sposób pośredni, w oparciu o metodę Åstrand-Ryhming, maksymalny pobór tlenu (VO_{2max}) [11].

Wyniki badań opracowano statystycznie przy użyciu programu komputerowego Statistica v. 6. Różnice między grupami badanych dziewcząt zostały zweryfikowane za pomocą testu Manna-Whitneya. Wszystkie wyniki badań przedstawiono w postaci średniej arytmetycznej oraz odchylenia standardowego.

WYNIKI

W Tab. 2 przedstawiono średnie wartości badanych parametrów spirometrycznych oraz maksymalnego poboru tlenu przeliczonego na kilogram masy ciała.

Grupa pacjentek poddanych rehabilitacji ruchowej w porównaniu z pacjentkami po torakoplastyce uzyskała istotnie statystycznie wyższe wartości pojemności życiowej płuc (VC), objętości zapasowej wdechowej (IRV), natężonej objętości wydechowej (FVC_{ex}), natężonej objętości wydechowej pierwszosekundowej (FEV₁), a także szczytowego przepływu wydechowego (PEF). Równocześnie w grupie pacjentek rehabilitowanych stwierdzono istotnie wy-

(Slow Vital Capacity, Forced Vital Capacity, Maximum Voluntary Ventilation) were carried out. Each person was asked to perform each test three times. The best result was used in further analyses.

Maximal oxygen uptake (VO_{2max}) was determined indirectly with the Åstrand-Ryhming nomogram [11].

Statistical analyses were performed using the Statistica v.6 software package. Differences between the groups were assessed with the Mann-Whitney test. All data were shown as mean \pm standard deviation.

RESULTS

The spirometric data and maximal oxygen uptake calculated per 1 kg of body mass are shown in Tab. 2.

The subjects in the rehabilitation group had significantly higher vital capacity (VC), inspiratory reserve volume (IRV), forced expiratory vital capacity (FVC_{ex}), forced expiratory volume in one second (FEV₁), and peak expiratory flow (PEF). The patients who underwent rehabilitation also had significantly higher vital capacity as a percentage of the predicted value (VC%_{pred.}), forced expiratory vital capacity as a percentage of the predicted value (FVC_{ex}%_{pred.}), and forced expiratory volume in

Tab. 2. Średnie wartości badanych parametrów spirometrycznych oraz maksymalnego poboru tlenu w obu badanych grupach
Tab. 2. Mean values of spirometric parameters and maximal oxygen uptake in study population

Parametry spirometryczne		Grupa po torakoplastyce	Grupa rehabilitowana
Spirometric parameters		Thoracoplasty group	Rehabilitation group
VC	L	2,44 \pm 0,418	3,08 \pm 0,425***
IRV	L	0,75 \pm 0,342	2,06 \pm 0,339***
ERV	L	1,02 \pm 0,284***	0,53 \pm 0,232
V _T	L	0,73 \pm 0,197***	0,50 \pm 0,233
V _E	L · min ⁻¹	12,28 \pm 4,524	10,88 \pm 6,802
BF	odd · min ⁻¹	16,81 \pm 4,227	21,35 \pm 6,069**
MVV	L · min ⁻¹	91,19 \pm 17,899	84,65 \pm 15,15
FVC _{ex}	L	2,03 \pm 0,414	3,93 \pm 5,972***
FEV ₁	L	1,76 \pm 0,508	2,52 \pm 0,334***
PEF	L · sek ⁻¹	3,20 \pm 1,718	5,81 \pm 0,888***
% _{nal} VC	%	66,58 \pm 10,308	83,18 \pm 12,331**
% _{nal} FVC _{ex}	%	55,90 \pm 11,761	73,86 \pm 12,147**
% _{nal} FEV ₁	%	54,70 \pm 15,802	80,82 \pm 11,923**
VO _{2max}	ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹	38,43 \pm 7,591	41,82 \pm 4,925

*** p < 0.001

** p < 0.01

ższe procentowe wartości należnych: pojemności życiowej płuc (%nal. VC), natężonej objętości wydechowej (%nal FVCex) i natężonej objętości wydechowej pierwszosekundowej (%nal FEV1). Uzyskane wyniki mogą świadczyć o większej sprawności mięśni oddechowych u pacjentek bez torakoplastyki. Jednakże nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy w kształtowaniu się maksymalnej dowolnej wentylacji minutowej płuc (MVV) w badanych grupach, która, jak wiadomo, zależy od siły mięśni oddechowych.

U pacjentek po torakoplastyce odnotowano natomiast istotnie statystycznie większą, w porównaniu z grupą rehabilitowaną, objętość oddechową (Vt) przy równocześnie statystycznie mniejszej liczbie oddechów przypadających na minutę (BF). W efekcie uzyskane wartości spoczynkowej wentylacji minutowej płuc (VE) nie różnią się między sobą istotnie w obu analizowanych grupach. Nie mniej koszt energetyczny pracy mięśni oddechowych w grupie dziewcząt po torakoplastyce będzie zapewne mniejszy, a zatem praca ta będzie bardziej ekonomiczna.

Porównując obie grupy badanych pacjentek nie stwierdzono istotnej różnicy w kształtowaniu się wartości maksymalnego poboru tlenu. W obu przypadkach wartość ta wskazuje na dość dobrą wydolność ogólną badanych dziewcząt.

DYSKUSJA

W ostatnim okresie połączenie operacji skoliozy z torakoplastyką stanowi najbardziej akceptowaną opcję leczenia wśród młodzieży objętej tym schorzeniem [3]. Szereg prac przedstawia ocenę zmian funkcji płuc po tego typu zabiegach chirurgicznych opisując istotny spadek wartości parametrów spirometrycznych w krótkim okresie po zabiegu, albowiem stopniowo postępujący wzrost żeber nie pozwala na odzyskanie prawidłowej czynności oddechowej, we wczesnym okresie pooperacyjnym [3,6]. Jeżeli chodzi o dłuższy czas od operacji to tutaj zdania autorów są podzielone i wskazują zarówno na brak zmian, jak i spadek wartości parametrów spirometrycznych oceniających funkcję płuc [3,12,13,14,15].

Niektóre dane literaturowe, opierając się na wynikach długofalowych badań donoszą, że rodzaj zastosowanej procedury operacyjnej istotnie wpływa na funkcję płuc w okresie odległym od operacji [8]. Wyniki powyższych badań wskazują, że korzystniejsze wartości parametrów spirometrycznych uzyskują pacjenci, u których nie stosowano torakoplastyki [8]. Podobnie w badaniach własnych grupa dziewcząt, u której zastosowano torakoplastykę uzyskała w większości przypadków istotnie niższe wartości param-

one second as a percentage of the predicted value (FEV1%pred.). These results suggest better capacity of the respiratory muscles in patients who had not undergone thoracoplasty. However, maximal voluntary ventilation (MVV), a parameter that depends on respiratory muscle force, did not differ between the thoracoplasty group and the rehabilitation group.

The patients after thoracoplasty had significantly higher tidal volume (Vt) and significantly lower breathing frequency (BF). In consequence, resting ventilation (VE) did not differ between the two groups. However, the energy cost of respiratory muscle work was probably lower in patients after thoracoplasty, and thus respiratory muscle work was more economical in this group.

The values of maximal oxygen uptake did not differ between the two groups, indicating relatively good exercise capacity.

DISCUSSION

Among adolescents with thoracic scoliosis, surgical correction combined with thoracoplasty is the most acceptable therapeutic option [3]. Pulmonary function in patients who underwent such treatment has been widely investigated. It has been found that spirometric parameters deteriorate shortly after the operation, because slow union of ribs does not allow restoration of pulmonary function in the early postoperative period [3,6]. Data concerning the late postoperative period are conflicting. Some authors found no change in pulmonary function, while others observed a decrease in spirometric parameters in comparison with the preoperative values [3,12,13,14,15].

Data from studies with long-term follow-up suggest that the type of operation may significantly influence pulmonary function after surgical correction of scoliosis [8]. It has been found that patients in whom spinal fusion was combined with thoracoplasty had lower values of spirometric parameters than subjects in whom thoracoplasty was not performed [8]. In accordance with the results obtained by Kim et al. [8], we observed significantly lower values of spirometric parameters in girls after

trów spirometrycznych w porównaniu z pacjentkami, u których torakoplastyki nie stosowano, a poddano je natomiast intensywnej rehabilitacji. Należy jednak zauważyć, że mimo to zdolność wysiłkowa obu obserwowanych grup pacjentek jest podobna, na co wskazuje uzyskana przez nie wielkość maksymalnego poboru tlenu. Wartość ta jest porównywalna z wielkościami uzyskiwanymi przez zdrowe dziewczęta w podobnym wieku. Układ oddechowy jest jednym z wielu czynników, które decydują o wartości maksymalnego poboru tlenu, a zatem o wydolności fizycznej. Jednakże u osób ze schorzeniami układu oddechowego wydolność, a zatem i zdolność do wysiłków fizycznych, może być znacznie obniżona. Skolioza powodując deformację klatki piersiowej przyczynia się do poważnych niekorzystnych zmian w funkcji płuc [16]. Te niekorzystne efekty mogą być minimalizowane poprzez odpowiednią interwencję. Poza regularnym stosowaniem testów oceniających funkcję płuc istnieje potrzeba intensywnej rehabilitacji tej grupy chorych. Jest to istotne tym bardziej, że u chorych ze skoliozą na wydolność ogólną negatywnie wpływa nie tylko deformacja żeber i kręgow, ale także wtórne zaburzenia w układzie mięśniowo-więzadłowym [17]. Prace Leong i wsp., a także Kotani i wsp. wskazują dodatkowo na zmniejszoną ruchomość klatki piersiowej, jej sztywność u chorych ze skoliozą idiopatyczną [18,19]. W tym kontekście istotne jest, że szereg autorów stwierdza korzystny wpływ ćwiczeń rehabilitacyjnych u chorych na skoliozę zarówno na wskaźniki wentylacyjne płuc, jak i na wydolność ogólną ustroju [14,20,21]. Konieczne wydaje się także stosowanie procesu rehabilitacji ruchowej u pacjentów, u których równocześnie z korektą skoliozy dokonano torakoplastyki. Szczególnie korzystny, poza ćwiczeniami oddechowymi, wydaje się być optymalnie dozowany wysiłek ogólnoustrojowy. Pozwala on bowiem na poprawę sprawności wzajemnie ze sobą powiązanych różnych funkcji ustrojowych.

WNIOSKI

1. W okresie ponad dwóch lat po operacji skoliozy wieloaspektowa rehabilitacja ruchowa wywiera korzystny wpływ na funkcję układu oddechowego.
2. Wykonanie dodatkowo plastyki żeber, oprócz pożądanego efektów wizualnych, powoduje usprawnienie spoczynkowej wentylacji minutowej płuc.
3. U pacjentów po torakoplastyce wydaje się jednak być konieczny trening rehabilitacyjny o charakterze wytrzymałościowym w celu zwiększenia sprawności mięśni oddechowych.

thoracoplasty in comparison with their peers who had had no thoracoplasty, but who had participated in an intensive rehabilitation program. It should be emphasized, however, that exercise capacity was similar in both groups, as indicated by similar values of maximal oxygen uptake. Maximal oxygen uptake in our study population was similar to that found in healthy girls of the same age. Despite the lack of endurance training, lower capacity of respiratory system in patients after thoracoplasty did not contribute to overall physical capacity impairment.

The pulmonary system is one of many factors determining maximal oxygen uptake and, consequently, exercise capacity. In subjects with pulmonary disease, exercise capacity may be considerably decreased. Scoliosis is associated with chest deformation, and leads to important, unfavorable changes in pulmonary function [16]. The impaired exercise capacity in subjects with scoliosis results not only from chest deformation, but also from secondary changes in muscles and ligaments [17]. Moreover, Leong et al., as well as Kotani et al. found decreased chest mobility and increased chest rigidity in patients with idiopathic scoliosis [18,19]. It is well documented that rehabilitation improves respiratory parameters and exercise capacity in subjects with scoliosis. In order to minimize the detrimental effect of scoliosis on pulmonary function and exercise capacity, management in such patients should include systematic assessment of pulmonary function and intensive rehabilitation [14,20,21]. Moreover, it seems necessary that patients after surgical correction of scoliosis combined with thoracoplasty undergo rehabilitation. In addition to respiratory exercises, a rehabilitation program for patients after spinal fusion should include adequate loads of endurance training.

CONCLUSION

1. The comprehensive rehabilitation after surgical correction of scoliosis has a favorable effect on pulmonary function.
2. Thoracoplasty performed at the same time as spinal fusion significantly improves the silhouette and increases resting minute ventilation.
3. In order to improve respiratory muscle capacity, patients after thoracoplasty should participate in a rehabilitation program based on endurance training.

PIŚMIENICTWO / REFERENCES

1. Dobosiewicz K. Boczne idiopatyczne skrzywienie kręgosłupa. Śląska Akademia Medyczna Katowice, 1997.
2. Goldberg C, Moore D, Fogarty E, Dowling F. Left thoracic curve patterns and their association with disease. *Spine* 1999; 24(12): 1228-1233.
3. Lenke LG, Bridwell KH, Blanke K, Baldus C. Analysis of pulmonary function and chest cage dimension changes after thoracoplasty in idiopathic scoliosis. *Spine* 1995; 20:1343-1350.
4. Haher T, Merola A, Zipnick R, Gorup J, Mannor D, Orchowki J. Meta-analysis of surgical outcome in adolescent idiopathic scoliosis. A 35-year English literature review of 11000 patients. *Spine* 1995; 20:1574-1584.
5. Haher T, Gorup J, Shin T. i wsp. Results of Scoliosis Research Society instrument for evaluation of surgical outcome in adolescent idiopathic scoliosis. A multicenter study of 244 patients. *Spine* 1999; 24: 1435-1443.
6. Winter RB. Flail Chest Secondary to Excessive Rib Resection Idiopathic Scoliosis *Spine* 2002; 27:668-670.
7. Steel HH. Rib resection and spine fusion in correction of convex deformity in scoliosis. *J Bone Joint Surg* 1983; 65-A (7):920-925.
8. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, Kim KL, Steger-May K. Pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis relative to the surgical procedure. *J Bone Joint Surg* 2005; 87(7): 1534-1541.
9. Standardized Lung Function Testing: Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1993; Suppl 6; 16.
10. Standardization of Spirometry: 1994 Update. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 52: 1107-1136.
11. Åstrand P, Ryhming I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *J Appl Physiol* 1954; 9: 2-8.
12. Chen SH, Huang TJ, Lee YY, Hsu R.W. Pulmonary function after thoracoplasty in adolescent idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Relat Res* 2002; 399: 152-161.
13. Kumano K, Tsuyama N. Pulmonary function before and after surgical correction of scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 1982; 64:242-248.
14. Dos Santos Alves VL, Stribulov R, Avanzi O. Impact of physical rehabilitation program on the respiratory function of adolescents with idiopathic scoliosis. *Chest* 2006; 130(2):500-505.
15. Vedantam R, Lenke LG, Bridwell KH, Haas J, Linville DA. A prospective evaluation of pulmonary function in patients with adolescent idiopathic scoliosis relative to the surgical approach used for spinal arthrodesis. *Spine* 2000; 25: 82-90.
16. Koumbourlis AC. Scoliosis and the respiratory system. *Ped Respir Rev* 2006; 7: 152-160.
17. Wever DJ, Veldhuizen AG, Klein JP. i wsp. A biomechanical analysis of the vertebral and rib deformities in structural scoliosis. *Euro Spine J* 1999; 8:252-260.
18. Kotani T, Minami S, Takahashi K. i wsp. An analysis of Chest Wall and Diaphragm Motions in Patients With Idiopathic Scoliosis Using Dynamic Breathing MRI. *Spine* 2004; 29:298-302.
19. Leong JCY, Lu WW, Luk KDK, Karlberg E.M. Kinematics of the Chest Cage and Spine During Breathing in Healthy Individuals and in Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* 1999; 24:1310-1315.
20. Athanasopoulos S, Paxinos T, Tsafantakis E, Zachariou K, Chatziconstantinou S. The effect of aerobic training in girls with idiopathic scoliosis. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 1999; 9(1): 36-40.
21. Żaba R. Wpływ intensywnego usprawniania ruchowego i ćwiczeń oddechowych na wskaźniki wentylacyjne płuc u dzieci ze skoliozą idiopatyczną I-go stopnia. *Przegląd Lekarski* 2003; 60 (supl. 6): 73-75.

Liczba słów/Word count: 3813

Tabele/Tables: 2

Ryciny/Figures: 0

Piśmiennictwo/References: 21

*Adres do korespondencji / Address for correspondence**dr hab. Maria Laurentowska, prof. AWF w Poznaniu**Zakład Fizjologii, Akademia Wychowania Fizycznego, e-mail: laurentowska@awf.poznan.pl**61-871 Poznań, ul. Królowej Jadwigi 27/39, tel. (0-61) 835-51-95, fax: (0-61) 833-00-87**Otrzymano / Received**12.09.2009 r.**Zaakceptowano / Accepted**13.11.2009 r.*