

Sagittal spinal balance after anterior fusion in lumbar scoliosis

Balans strzałkowy w skoliozach lędźwiowych operowanych z dostępu przedniego

© J ORTHOP TRAUMA SURG REL RES 4 (16) 2009

Original article/Artykuł oryginalny

BARBARA JASIEWICZ, MACIEJ TĘSIOROWSKI, DANIEL ZARZYCKI, TOMASZ POTACZEK
Uniwersytet Jagielloński, Collegium Medicum, Katedra Ortopedii,
Klinika Ortopedii i Rehabilitacji
Kierownik Katedry i Kliniki: prof. dr hab. med. Daniel Zarzycki

Address for correspondence/Adres do korespondencji:
Barbara Jasiewicz
ul. Balzera 15, 34-500 Zakopane, Poland
tel.: (018) 20 120-61, e-mail: basiaj@klinika.net.pl

Statistic/Statystyka

Word count/Liczba słów	1031/966
Tables/Tabele	0
Figures/Ryciny	3
References/Piśmiennictwo	11

Received: 01.09.2009
Accepted: 28.09.2009
Published: 15.10.2009

Praca powstała w ramach programu
badawczego: NN 518412936

Summary

Introduction: Surgery in idiopathic scoliosis consists of triplanar deformity correction with simultaneous reconstruction of normal sagittal spinal alignment.

Aim: evaluation of spinal alignment in sagittal plane in patients with lumbar scoliosis, before and after modified anterior "bone-on-bone" fusion according to Gaines.

Material and methods: 23 patients with structural lumbar curve underwent anterior "bone-on-bone" fusion. Average lumbar curve angle was 61.0°, and thoracic angle was 45.3°. We assessed the proceedings of surgery, extent of fusion, and we analyzed the spinal alignment after operations. Mean follow up period was 2 years.

Results: Mean extent of fusion was 4.4 vertebra. The mean thoracic kyphosis was 24.3° after operation and 21.3° at control examination. The mean lumbar lordosis was 22.6° after surgery and 22.2° at control examination. The mean Th₁₀-L₂ angle, kyphotic after surgery, was 18.1° and did not change during follow up. Only in the group of 4 patients with double intervertebral cages, Th₁₀-L₂ angle decreased after surgery from 15.5° to 8.5° and 9° after follow up period.

Conclusion: Anterior fusion with two intervertebral cages in lumbar spine allows proper reconstruction of sagittal balance.

Key words: idiopathic scoliosis, anterior fusion, spinal balance

Streszczenie

Wstęp: Leczenie operacyjne w skoliozie idiopatycznej polega na trój płaszczyznowej korekcji deformacji kręgosłupa z jednoczesnym odtworzeniem prawidłowych krzywizn kręgosłupa również w płaszczyźnie strzałkowej.

Cel pracy: ocena położenia kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej u chorych ze skoliozą lędźwiową, przed i po leczeniu operacyjnym zmodyfikowaną techniką „kość na kość” wg Gainesa.

Materiał i metody: Materiał stanowi 23 chorych ze strukturalnym skrzywieniem w odcinku lędźwiowym operowanych z dostępu przedniego techniką „kość na kość”. Średni kąt skrzywienia w odcinku lędźwiowym wynosił 61,0°, a w odcinku piersiowym 45,3°. Oceniano przebieg i zakres zabiegu operacyjnego oraz analizowano balans kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej po leczeniu operacyjnym. Okres obserwacji wyniósł średnio 2 lata.

Wyniki: Zakres spondylodezy wynosił średnio 4,4 kręgów. Kifoza piersiowa po operacji wynosiła średnio 24,3° a po okresie obserwacji 21,3°. Lordoza lędźwiowa po operacji była równa średnio 22,6°, a po okresie obserwacji 22,2°. Kąt Th₁₀-L₂ po operacji był kifotyczny i wynosił 18,1°, i nie zmienił się w okresie obserwacji. Jedynie w grupie 4 chorych, u których zastosowano 2 koszyki międzytrzonowe, kąt Th₁₀-L₂ zmniejszył się po operacji z 15,5° do 8,5° i 9° po okresie obserwacji.

Wniosek: Spondylodeza przednia z użyciem dwóch koszyków międzytrzonowych w odcinku lędźwiowym pozwala na prawidłowe odtworzenie balansu strzałkowego.

Słowa kluczowe: skolioza idiopatyczna, spondylodeza przednia, balans kręgosłupa

INTRODUCTION

Scoliosis is a triplanar deformity that consists of: lateral curvature of spine in coronal plane, disturbances of normal sagittal alignment (kyphosis and lordosis) and torsion and rotation of vertebra. Curve magnitude more than $40^\circ - 45^\circ$ is an indication for surgery. The aim of treatment is to achieve stable correction of spinal deformity with establishing a harmonious sagittal contour. Sagittal decompensation is described as a "flat back" phenomenon (1).

Currently, the progress of spine surgery and implants has led to the development of numerous technical solutions and methods (2). In single-curve scoliosis, anterior instrumentation and fusion gained the first place, e.g. "bone-on-bone" technique acc. to Gaines (3,4).

The aim of this study is to evaluate the sagittal contour of spine in patients with lumbar scoliosis, before and after anterior fusion.

MATERIAL, METHODS

A total of 23 patients with structural lumbar scoliosis who underwent modified "bone-on-bone" anterior fusion were included in the study. There were 22 females and 1 male, with mean age at the time of surgery $17.9 \text{ years} \pm 6.1$ (11-36).

The mean preoperative lumbar Cobb angle was $61.0^\circ \pm 12.7$ (39-95), and thoracic angle: $45.3^\circ \pm 13.3$ (24-72). Mean lumbar and thoracic spinal elasticity was $54.4\% \pm 13.4$ (30-82) and $55.8\% \pm 14.7$ (29-76), respectively. Coronal balance was significantly incorrect in 4 cases (distance from central sacral line more than 2cm). Before surgery, the mean thoracic kyphosis was $25.9^\circ \pm 9.1$ (3-42), and lumbar lordosis was $39.5^\circ \pm 10.6$ (22-65). The mean value of $\text{Th}_{10}\text{-L}_2$ lateral angle was kyphotic and equaled $12.7^\circ \pm 7.6$ (1-28). The average Risser sign was 3.8 ± 1.6 (0-5).

Proceedings of surgery, extent of fusion and placement of intervertebral cages as well as spinal alignment after surgery were analyzed.

Mean follow up period was 2 years ± 1.1 (1-4,8).

RESULTS

Anterior instrumentation was performed according to Gaines with own modification using a single rod, single bicortical vertebral screws and in selected patients one or two intervertebral cages. The average number of fused levels was 4.4 vertebra ± 0.7 (3-6). Proximal fusion level was Th_{10} – in 1 case, Th_{11} – in 6, Th_{12} – in 12 cases and L_1 – in 4 cases. Distal level was either L_3 (17 patients) or L_4 (6 patients). Average number of used vertebral screws was 3.8 ± 0.5 (3-5). Operation time varied between 2.5h and 6h, mean $4.0 \text{ h} \pm 1.0$, and mean blood loss was $650 \text{ ml} \pm 351$ (100-1300).

WSTĘP

Boczne skrzywienie kręgosłupa (skolioza) to trój płaszczyznowa deformacja kręgosłupa polegająca na: bocznym wygięciu kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej, zaburzeniu prawidłowych krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej (kifoza i lordoza) oraz torsji i rotacji kręgów. Skrzywienie kręgosłupa przekraczające $40^\circ - 45^\circ$ jest wskazaniem do leczenia operacyjnego. Celem leczenia jest trwała korekta deformacji kręgosłupa z jednoczesnym odtworzeniem prawidłowych krzywizn kręgosłupa również w płaszczyźnie strzałkowej. Dekompensacja w tej płaszczyźnie strzałkowej jest opisywana jako zjawisko „flat back” (1).

Rozwój chirurgii kręgosłupa i technologii produkcji implantów doprowadził do mnogości rozwiązań technicznych (2). W skrzywieniach jednołukowych przeważają techniki z dostępu przedniego, np. technika „kość na kość” wg Gainesa (3,4).

Celem pracy jest ocena położenia kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej u chorych ze skoliozą lędźwiową, przed i po leczeniu operacyjnym techniką „kość na kość”.

MATERIAŁ, METODYKA

Materiał stanowi 23 chorych ze strukturalnym skrzywieniem w odcinku lędźwiowym operowanych z dostępu przedniego zmodyfikowaną w naszym Ośrodku techniką „kość na kość” wg Gainesa. Było to 22 kobiety i 1 mężczyzna w wieku średnio $17,9 \text{ lat} \pm 6,1$ (11-36). Średni kąt skrzywienia w odcinku lędźwiowym wynosił $61,0^\circ \pm 12,7$ (39-95), a kąt w odcinku piersiowym – $45,3^\circ \pm 13,3$ (24-72). Elastyczność kręgosłupa na zdjęciu elongacyjnym była równa średnio $54,4\% \pm 13,4$ (30-82) w odcinku lędźwiowym i $55,8\% \pm 14,7$ (29-76) w odcinku piersiowym. Balans czołowy był wyraźnie zaburzony u 4 chorych (odchylenie od linii środkowej o ponad 2cm). Średnia wartość kifozy wynosiła przed operacją $25,9^\circ \pm 9,1$ (3-42), a średnia wartość lordozy – $39,5^\circ \pm 10,6$ (22-65). Kąt $\text{Th}_{10}\text{-L}_2$ na bocznym radiogramie był kifotyczny i wynosił średnio $12,7^\circ \pm 7,6$ (1-28). Test Rissera był równy średnio $3,8 \pm 1,6$ (0-5).

Oceniano przebieg zabiegu operacyjnego, zakres spondylodezy, położenie klatek międzytrzonowych oraz analizowano położenie kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej po leczeniu operacyjnym.

Okres obserwacji wyniósł średnio 2 lata $\pm 1,1$ (1-4,8).

WYNIKI

Zabieg operacyjny wykonywany był z dostępu przedniego, zgodnie z zasadami techniki wg Gainesa i modyfikacji własnej, stosując pojedynczy pręt oraz pojedyncze, bikortykalne śruby przeztrzonowe i dodatkowo u niektórych chorych jedną lub dwie klatki międzytrzonowe. Zakres spondylodezy wynosił średnio 4,4 kręgów $\pm 0,7$ (3-6). Górny koniec instrumentarium znajdował się na Th_{10} – w 1 przypadku, na Th_{11} – w 6, na Th_{12} – w 12 przypadkach oraz na L_1 – w 4 przypadkach. Instrumentarium kończyło się na L_3 (17 chorych) lub L_4 (6 cho-

Postoperatively mean lumbar Cobb angle decreased to $22^\circ \pm 12.9$ (0-65) with mean correction of $65.5\% \pm 12.8$ (44.8-100). After follow up period, mean lumbar angle was $24.9^\circ \pm 14.3$ (0-68), with final correction of $60.3\% \pm 17$ (28.4-100).

In non-fused thoracic spine, mean curve angle decreased after surgery up to $31.9^\circ \pm 14.9$ (8-60), with correction of $37.7\% \pm 17.7$ (15.6-66.7). During last examination average curve angle was $33.4^\circ \pm 12.4$ (12-55) with final correction of $28.1\% \pm 13.4$ (9.3 -55.6). After surgery coronal balance was transitionally disturbed in 7 patients, and remained improper only in 2 patients at the last examination.

Assessing the results in sagittal plane, mean thoracic kyphosis was $24.3^\circ \pm 9.4$ (5-42) after treatment, and it decreased slightly in follow up period up to $21.3^\circ \pm 9.2$ (6-42). Lumbar lordosis

Mean lumbar lordosis was $22.6^\circ \pm 10.5$ (-2-35) after surgery and did not change in follow up period with mean value of $22.2^\circ \pm 11.8$ (-5-40) at control examination. After surgery thoraco-lumbar junctional angle ($Th_{10}-L_2$ angle) was kyphotic and mean angle was $18.1^\circ \pm 11.0$ (2-42). It did not change significantly at follow up examination and equaled $18.1^\circ \pm 10.2$ (4-36). In the group comprising 15 patients without any intervertebral cages, $Th_{10}-L_2$ angle

rych). Użyto średnio 3,8 śrub trzonowych ± 0.5 (3-5). Czas operacji wynosił średnio 4,0 godziny ± 1.0 (2,5-6), a średnia strata krwi była równa $650\text{ml} \pm 351$ (100-1300).

Bezpośrednio po operacji kąt skrzywienia w odcinku lędźwiowym zmniejszył się do $22^\circ \pm 12.9$ (0-65) i korekcja wyniosła średnio $65.5\% \pm 12.8$ (44,8-100). Po okresie obserwacji kąt skrzywienia był równy średnio $24.9^\circ \pm 14.3$ (0-68), a ostateczna korekcja wyniosła $60.3\% \pm 17$ (28,4-100). W nie zainstrumentowanym odcinku piersiowym kąt skrzywienia po operacji zmniejszył się do $31.9^\circ \pm 14.9$ (8-60), co dało korekcję $37.7\% \pm 17.7$ (15,6-66,7). Podczas ostatniej kontroli kąt skrzywienia wynosił średnio $33.4^\circ \pm 12.4$ (12-55), a ostateczna korekcja wyniosła $28.1\% \pm 13.4$ (9,3 -55,6). Balans czołowy po operacji był przejściowo zaburzony u 7 chorych, w podczas ostatniego badania – tylko u 2 chorych.

Oceniając wyniki w płaszczyźnie strzałkowej, kifoza po operacji wynosiła średnio $24.3^\circ \pm 9.4$ (5-42), by po okresie obserwacji nieznacznie się zmniejszyć do średnio $21.3^\circ \pm 9.2$ (6-42). Lordoza lędźwiowa po operacji była równa średnio $22.6^\circ \pm 10.5$ (-2-35), a po okresie obserwacji praktycznie nie uległa zmianie i wynosiła $22.2^\circ \pm 11.8$ (-5-40). Kąt przejścia piersiowo-lędźwiowego $Th_{10}-L_2$ po operacji był kifotyczny i wynosił $18.1^\circ \pm 11.0$ (2-42), i nie zmienił się istotnie podczas ostatnie-

Fig. 1. Patient B.A., age 21yrs; AP and lateral radiograms before treatment, and one year after surgery. Kyphosis in thoraco-lumbar junction, $Th_{10}-L_2$ angle = 19° , slight sagittal imbalance

Ryc. 1. Pacjentka B.A., wiek 21 lat; radiogramy AP i boczne przed leczeniem i po roku od operacji. Kifotyzacja przejścia piersiowo-lędźwiowego, kąt $Th_{10}-L_2$ = 19° , niewielkie zaburzenie balansu strzałkowego

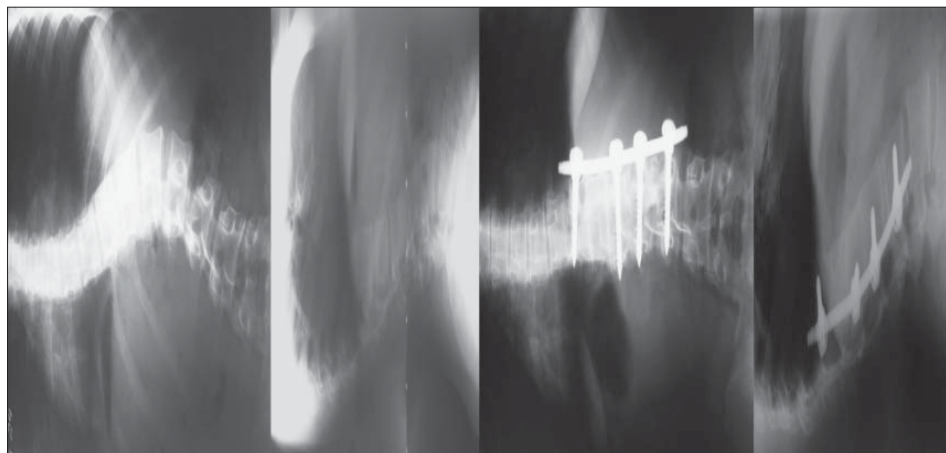
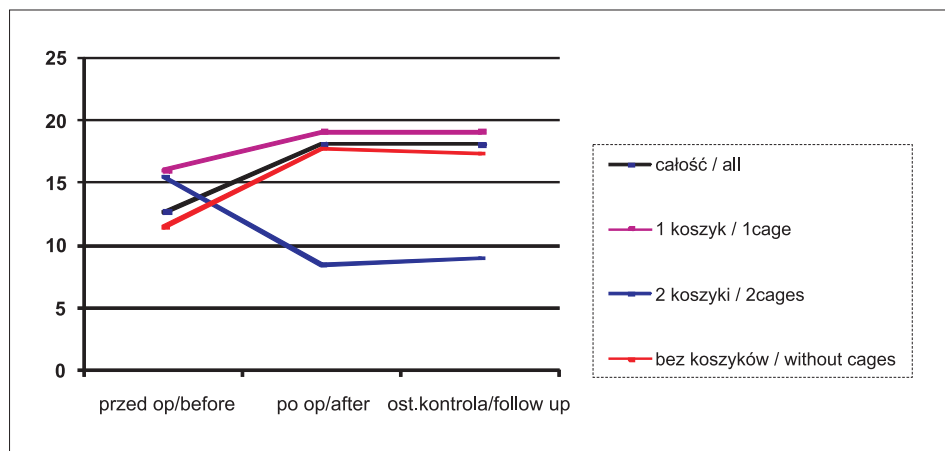


Fig. 2. The value of $Th_{10}-L_2$ angle depending on the presence of intervertebral cages

Ryc. 2. Wartość kąta $Th_{10}-L_2$ w zależności od obecności klatek międzytrzonowych



was the smallest at the beginning (11.4°) and increased after surgery to 17.7° and 17.3° after follow up period (fig.1). In the group comprising 4 patients with one intervertebral cage applied, initial $Th_{10}-L_2$ angle was bigger and amounted 16.0° . Surgery caused slight further kyphotisation up to 19.1° after operation and to 18.1° after follow up period. In the group comprising 4 patients with application of two intervertebral cages, mean $Th_{10}-L_2$ angle before surgery was 15.5° ; it decreased after operation up to 8.5° and to 9° after follow up period (fig.2).

DISCUSSION

Harmonious sagittal contour of spine is not easily defined due to great variability of kyphosis and lordosis in population (5). Kyphosis range from 20° to 45° is accepted to be normal by most researchers, and our results were within this range (6,7). Lumbar lordosis should be bigger than 20° according to Bernhardt and our results correspond with these data. However, most authors believe that Lower border of normal lordosis should be placed AT the level of 30° , and then only group with two cages are within normal range. Lumbar lordosis was smaller in the rest of patients, and it can predispose to back pain in the future. Thoraco-lumbar junction is an important region of spine, as a place where thoracic kyphosis changes into lumbar lordosis. Most authors agree that there is a strong correlation between sagittal imbalance i.e. "flat back" phenomenon and thoraco-lumbar junction kyphosis (8). Analyzing the position of each vertebra in sagittal plane, Bernhardt stated that in the area of $Th_{10}-L_2$ a small, few-degree kyphosis may exist (6). Rhee did not noted any significant changes in the value of $Th_{10}-L_2$ angle before and after anterior surgery, but in his patients' group these values even before treatment were correct (9). Increasing of kyphosis in the area of $Th_{10}-L_2$ after both anterior and posterior fusion were reported by Lowe. Bigger difference was observed in the group with postoperative sagittal imbalance and junctional kyphosis (at the end of instrumentation) (8). The value

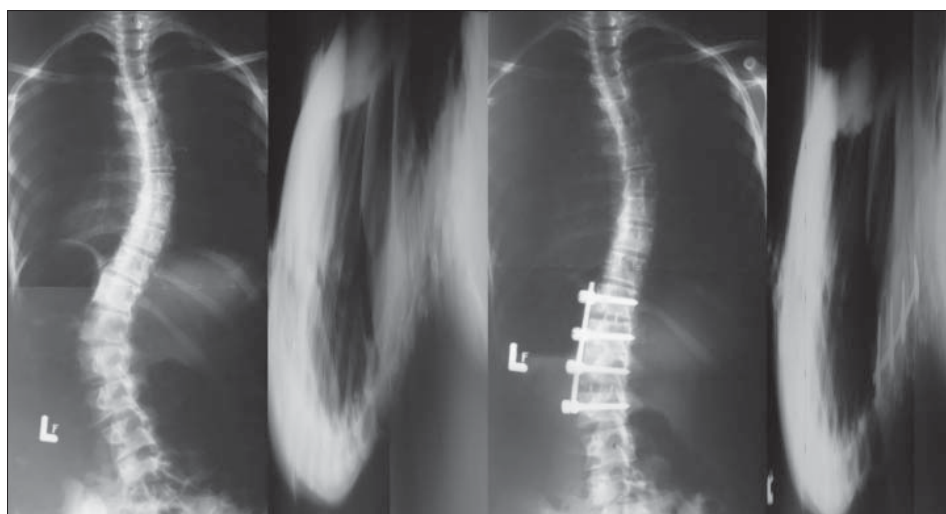
go badania: $18.1^\circ \pm 10.2$ (4-36). W grupie 15 chorych, u których nie zastosowano klatek międzytrzonowych, kąt $Th_{10}-L_2$ początkowo był najmniejszy i wynosił przed operacją 11.4° , aby po operacji zwiększyć się do 17.7° i 17.3° po okresie obserwacji (ryc.1). W grupie 4 chorych, u których zastosowano 1 koszyk międzytrzonowy wyjściowy kąt $Th_{10}-L_2$ był wyższy i wynosił 16.0° . Operacja spowodowała niewielką dalszą kifotyzację do 19.1° po operacji i 18.1° po okresie obserwacji. W grupie 4 chorych, u których zastosowano 2 koszyki międzytrzonowe, kąt $Th_{10}-L_2$ przed leczeniem wynosił średnio 15.5° , aby zmniejszyć się po operacji do 8.5° i 9° po okresie obserwacji (ryc.2).

DYSKUSJA

Prawidłowe położenie kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej nie jest łatwo definiowane ze względu na dużą zmienność wielkości kifozy i lordozy w populacji (5). Kifoza w zakresie $20-45^\circ$ jest przez większość autorów uważana za prawidłową, i w tych granicach mieściły się uzyskane wyniki (6,7). Lordoza lędźwiowa wg Bernhardta powinna być większa od 20° , i średnie wyniki korelują z tymi danymi, ale większość autorów uważa, że dolna granica lordozy powinna być na 30° , i wtedy tylko grupa z dwoma koszykami międzytrzonowymi mieści się w prawidłowym zakresie. U pozostałych chorych lordoza lędźwiowa była mniejsza, co może w przyszłości predysponować do bólów krzyża. Ważnym miejscem w kręgosłupie jest przejście piersiowo-lędźwiowe. Jest to miejsce, gdzie kifoza piersiowa zmienia się w lordozę lędźwiową. Większość autorów jest zgodna, że istnieje ścisła korelacja między dysbalansem strzałkowym, tzw. zjawiskiem „flat back” a kifozą przejścia piersiowo-lędźwiowego (8). Bernhardt analizując położenie każdego kręgu w płaszczyźnie strzałkowej stwierdził, że w zakresie $Th_{10}-L_2$ istnieje prawidłowo niewielka, kilkustopniowa kifoza (6). Rhee nie zanotował istotnych różnic w wartości kąta $Th_{10}-L_2$ przed i po operacji z dostępu przedniego, ale w jego grupie chorych wartości te już

Fig. 3. Patient N.I, age 16yrs, AP and lateral radiograms before treatment and 1 year after surgery. $Th_{10}-L_2$ angle $=8^\circ$, good sagittal alignment

Ryc. 3. Pacjentka N.I, wiek 16 lat, radiogramy AP i boczne przed leczeniem, po operacji i po roku. Kąt $Th_{10}-L_2 = 8^\circ$, dobry balans strzałkowy



of thoraco-lumbar junction angle increased also in this study, especially in patients without intervertebral cages. It seems that stabilization of Th₁₀-L₂ angle can be achieved by use of one intervertebral cage. Improving improper preoperative value of the angle is possible only when two lordotic cages are applied, similarly to results of Sweet (10) (fig.3). „Flat back” and anteriorly shifted lateral spine axis can lead to early low back pain, especially in the cases of long fusion in lumbar spine. Jonge describes this pain as being secondary to fatigue of hip and low back extensor muscles which become overactive during maintaining an upright posture (11). That is why not only maximal coronal correction, but precise restoration of proper sagittal spinal alignment seems to be particularly important.

CONCLUSION

Anterior fusion with two intervertebral cages in lumbar spine allows proper reconstruction of sagittal balance.

przed operacją były prawidłowe (9). Lowe zanotował zwiększenie kifozy w zakresie Th₁₀-L₂ po operacji zarówno z dostępu przedniego jak i tylnego. Większą różnicę zaobserwował on w grupie z pooperacyjnym zaburzeniem balansu strzałkowego i kifozą połączeniową (na granicy instrumentarium) (8). Wartość kąta przejścia piersiowo-lędźwiowego w naszym materiale także wzrosła, zwłaszcza w grupie bez koszyków trzonowych. Wydaje się, że stabilizację kąta Th₁₀-L₂ można uzyskać poprzez zamonowanie 1 koszyka. Poprawienie nieprawidłowej wartości przedoperacyjnej kąta jest możliwe tylko poprzez zastosowanie dwóch koszyków lordotyzujących, co jest zgodne z wynikami Sweet'a (10) (ryc.3). „Flat back” i przesunięcie osi bocznej kręgosłupa do przodu może powodować wczesne bóle krzyża, zwłaszcza przy dłuższej spondylodezie w odcinku lędźwiowym. Ból ten jest wg Jonge wtórny do zmęczenia mięśni prostowników biodra i grzbietu, które są przeciążone podczas utrzymywania pozycji pionowej (11). Dlatego wydaje się szczególnie istotne pieczołowite odtworzenie prawidłowych krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej, a nie tylko maksymalna korekcja skrzywienia.

WNIOSEK

Spondylodeza przednia z użyciem dwóch koszyków międzytrzonowych w odcinku lędźwiowym pozwala na prawidłowe odtworzenie balansu strzałkowego.

References/Piśmiennictwo:

1. Margulies JY, Floman Y, Robin GC i wsp.: An algorithm for selection of instrumentation levels in scoliosis. *Eur Spine J* 1998;7:88-94.
2. Betz RR, Shufflebarger H: Anterior versus posterior instrumentation for the correction of thoracic idiopathic scoliosis. *Spine* 2001;26(9):1095-1100.
3. Lowe TG, Betz R, Lenke L i wsp.: Anterior single-rod instrumentation of the thoracic and lumbar spine: saving levels. *Spine* 2003;28(20S):S208-S216.
4. Zarzycki D, Winiarski A, Makiela G, Radło P, Rymarczyk A, Kaliciński M: Wczesne wyniki operacyjnego leczenia skolioz metodą spondylodezy przedniej międzytrzonowej „kość na kość”. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2005;7(2):137-142.
5. Kotwicki T: Sagittal and transversal plane deformity in thoracic scoliosis. *Stud Health Technol Inform* 2002;91:251-256.
6. Bernhardt M, Bridwell KH: Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction. *Spine* 1989;14(7):717-721.
7. Bridwell KH, Betz R, Capelli AM i wsp.: Sagittal plane analysis in idiopathic scoliosis patients treated with Cotrel-Dubousset instrumentation. *Spine* 1990;15(9):921-926.
8. Lowe TG, Lenke L, Betz R i wsp.: Distal junctional kyphosis of adolescent idiopathic thoracic curves following anterior or posterior instrumented fusion: incidence, risk factors, and prevention. *Spine* 2006;31(3):299-302.
9. Rhee JM, Bridwell KH, Won DS i wsp.: Sagittal plane analysis of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 2002;27(21):2350-2356.
10. Sweet FA, Lenke LG, Bridwell KH i wsp.: Prospective Radiographic and clinical outcomes and complications of single solid rod instrumented anterior spinal fusion in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 2001;26(18):1956-1965.
11. Jonge T, Dubousset JF, Illes T: Sagittal plane correction in idiopathic scoliosis. *Spine* 2002;27(7):754-761.