Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja
© MEDSPORTPRESS, 2009; 5(6); Vol. 11, 413-426

Nowe kryteria oceny radiologicznej wyników leczenia w skoliozie idiopatycznej

New Criteria of Radiological Assessment of Treatment Outcomes in Idiopathic Scoliosis

Barbara Jasiewicz[A,B,C,D], Daniel Zarzycki[D,F], Maciej Tęsiorowski[D,E,F], Tomasz Potaczek[D,E,F]

Klinika Ortopedii i Rehabilitacji, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński
Department of Orthopaedics and Rehabilitation, Jagiellonian University Medical College

STRESZCZENIE

Wstęp. Istotą leczenia operacyjnego w bocznym idiopatycznym skrzywieniu kręgosłupa jest korekcja skrzywienia, uzyskanie spondylodezy oraz odtworzenie prawidłowych krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej. Celem pracy jest opracowanie jednolitego sposobu oceny wyników leczenia w skrzywieniach idiopatycznych z uwzględnieniem nie tylko wielkości korekcji, ale i balansu w płaszczyźnie strzałkowej, jak i czołowej.

Materiał i metody. Analizę przeprowadzono na podstawie oceny retrospektywnej 150 chorych ze skoliozą idiopatyczną: 136 kobiet i 14 mężczyzn. Średni kąt skrzywienia wynosił w odcinku piersiowym 56,1°, a w lędźwiowym 51,2°. Wszyscy chorzy byli operowani z dostępu tylnego z użyciem instrumentarium derotacyjnego. Okres obserwacji był równy średnio 3,7 lat. Zastosowano własne radiologiczne kryteria oceny wyników leczenia odrębnie w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej, jak i w obu płaszczyznach łącznie.

Wyniki. Korekcja skrzywienia piersiowego wyniosła średnio 61,8%, lędźwiowego – 66,6%. Dobry wynik końcowy w płaszczyźnie czołowej zanotowano u 97 (65%), a zły u 53 (35%) chorych. W płaszczyźnie strzałkowej zaś dobry wystąpił u 112 (75%), zły u 38 (25%) chorych. Dobry wynik łączny stwierdzono u 76 (51%), zły u 24 (16%) chorych, niejednoznaczny u pozostałych 50 (33%). Czynniki ryzyka złego wyniku łącznego to: translacja kręgu szczytowego w odcinku lędźwiowym ≥35mm, kąt położenia L4>10° oraz kończenie instrumentowania na wysokości L3.

Wniosek. Proponowany system oceny wyniku leczenia operacyjnego skolioz jest jednoznaczny, zawiera on nie tylko wiadomość o wielkości korekcji, ale także ilościową ocenę kompensacji w dwóch płaszczyznach.

Słowa kluczowe: skolioza, leczenie operacyjne, dostęp tylny, kręgosłup

SUMMARY

Background. The aim of surgical treatment in idiopathic scoliosis is correction, solid fusion and restoration of normal sagittal alignment of the spinal curves. The goal of this paper is to formulate a new uniform approach to evaluation of treatment outcomes in idiopathic scoliosis patients, considering not only the degree of correction but also coronal and sagittal balance.

Material and methods. A retrospective analysis was performed of radiographs of 150 patients with idiopathic scoliosis (136 females and 14 males). The mean thoracic curve was 56.1o and mean lumbar curve was 51.2o. All patients underwent posterior fusion with derotational instrumentation. The follow-up period was 3.7 years. The authors used their own radiological criteria for assessing surgical treatment outcomes separately for the coronal and sagittal planes and in both planes collectively.

Results. The degree of correction achieved was 61.8% in the thoracic spine and 66.6% in the lumbar spine. Good coronal plane outcomes were achieved in 97 patients (65%), and poor outcomes were seen in 53 (35%) cases. Good sagittal plane outcomes were achieved in 112 cases (75%), with poor outcomes in 38 (25%) patients. Good composite outcomes were noted in 76 cases (51%), and poor composite outcomes were achieved in 24 patients (16%) with ambiguous outcomes in 50 (33%). Apical vertebral translation in lumbar spine ≥35 mm, L4 angle >10o and lower fusion end at the L3 level are risk factors for a poor outcome.

Conclusion. The proposed system for evaluation of radiological outcomes provides unequivocal results, not only accounting for the degree of correction, but also enabling quantitative evaluation of spinal balance in the coronal and sagittal planes.

Key words: scoliosis, surgery, posterior approach, spine

WSTĘP

Boczne skrzywienie kręgosłupa, jako trójpłaszczyznowa deformacja kręgosłupa, powoduje zmianę sylwetki ciała i zaburzenie symetrii w zakresie położenia barków, łopatek, kształtu klatki piersiowej i talii oraz miednicy. Ciało ludzkie ma tendencje do wyrównania osi kręgosłupa – jest to kompensacja. W skoliozie dzieje się to poprzez wytwarzanie skrzywień wyrównawczych lub poprzez zmiany ustawienia miednicy i kończyn dolnych. Idealnie jest, gdy klatka piersiowa jest dokładnie nad miednicą, a pion spuszczony z guzowatości potylicznej pada na środek powierzchni ograniczonej przez stopy. Taka liniowa kompensacja występuje tylko w niewielkiej grupie chorych z bocznym skrzywieniem kręgosłupa [1].

Prawidłowy kręgosłup w płaszczyźnie czołowej jest prosty, a linia pionowa wykreślona ze szczytu zęba obrotnika na radiogramie przednio-tylnym w pozycji stojącej dochodzi do wyrostka kolczystego pierwszego kręgu krzyżowego (+/- 1cm). Prawidłowe położenie kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej nie jest już tak łatwo definiowane ze względu na występującą w populacji dużą zmienność wielkości kifozy i lordozy. Linia pionowa spuszczona ze środka trzonu siódmego kręgu szyjnego przechodzi przez tylno-górny kąt trzonu S1 lub inaczej – przechodzi przez trzon S2. Kifoza piersiowa ze szczytem na wysokości Th6-8, bywa mierzona w różnych zakresach, podobnie jak lordoza – mierzona zwykle w zakresie L1-L5. Ważnym elementem oceny kompensacji w tej płaszczyźnie jest ocena przejścia piersiowo-lędźwiowego Th12-L2, który to odcinek powinien być prosty lub nieznacznie lordotyczny (średnio 3° lordozy wg Bernhardta) [2].

Celem pracy jest opracowanie jednolitego sposobu oceny wyników leczenia operacyjnego w skoliozie z uwzględnieniem balansu w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej, a nie tylko wielkości korekcji.

MATERIAŁ I METODY

Analizę przeprowadzono na podstawie oceny retrospektywnej 150 chorych ze skoliozą idiopatyczną: 136 kobiet i 14 mężczyzn. Zostały opracowane szczegółowe kryteria kwalifikujące pacjenta do ocenianej grupy tak, aby zebrane dane były maksymalnie jednorodne: skolioza idiopatyczna, wg klasyfikacji Lenke typ 1,3,5 lub 6; dojrzałość kostna wg testu Rissera – stopień 2 lub wyższy; operacyjna korekcja skrzywienia z dostępu tylnego z użyciem instrumentarium derotacyjnego jako pierwotny zabieg na kręgosłupie.

Wśród 150 chorych było 136 płci żeńskiej i 14 męskiej. Wiek w chwili rozpoznania skrzywienia krę-

BACKGROUND

A three-dimensional spinal deformity, scoliosis affects the posture and causes asymmetry of the shoulders, scapulae, the shape of the thorax and waist, and the pelvis. The human body has a tendency to align the spinal axis as compensation. In scoliosis, compensation is achieved through the formation of compensatory curves or through changes in the alignment of the pelvis and the lower extremities. Ideally, the thorax should be positioned exactly above the pelvis and a plumb line from the occipital protuberance should reach the centre of the area limited by the feet. Such linear compensation is present only in a small group of patients with lateral spinal curvatures [1].

A normal spine is straight in the coronal plane and a vertical line drawn from the apex of the odontoid process of the axis on a standing AP radiograph intersects with the spinous process of the first sacral vertebra (+/- 1cm). The anatomical location of the spine in the sagittal plane is not as easy to define due to a considerable variability in the degree of kyphosis and lordosis in the population. A vertical line drawn from the centre of the seventh cervical vertebra intersects with the posterosuperior angle of the S1 vertebral body or passes through the S2 vertebral body. A thoracic kyphosis with the apex at Th6-8 is measured in different ranges, just like lordosis, which is usually measured in the range of L1-L5. The evaluation of the thoracolumbar transition (Th12-L2), which should be straight or slightly lordotic (a mean of 3° of lordosis according to Bernhardt) is an important element of compensation assessment in this plane [2].

The goal of this paper is to formulate a new uniform approach to evaluation of treatment outcomes in scoliosis patients, considering not only the degree of correction but also coronal and sagittal balance.

MATERIAL AND METHODS

A retrospective analysis was performed of radiographs of 150 patients with idiopathic scoliosis (136 females and 14 males). Detailed enrolment criteria were elaborated to ensure maximum homogeneity of the data. The criteria were as follows: idiopathic scoliosis (Lenke type 1, 3, 5 or 6); Risser grading of skeletal maturity: grade 2 or more; posterior surgical correction of the curve with derotational instrumentation as primary spinal surgery.

The cohort consisted of 150 patients, including 136 females and 14 males. Age at diagnosis of spinal curvature ranged from 2 to 18 years, mean 9.3 ± 3.3

gosłupa wahał się od 2 do 18 roku, średnio 9,3 lat ± 3,3. Wiek w chwili operacji wynosił średnio 15,5 lat ± 1,67 (od 12 do 24 roku). Okres obserwacji pooperacyjnej był równy średnio 3,7 lat ± 1,65 (od 2 do 11 lat). Test Rissera w chwili operacji był równy średnio 3,7 ± 0,78 (od 2 do 5).

Ocenę radiologiczną przeprowadzono na zdjęciach rentgenowskich wykonywanych na stojąco w projekcjach tylno-przedniej i bocznej przed operacją, bezpośrednio po operacji oraz po okresie obserwacji. Dodatkowo przedoperacyjna ocena radiologiczna została poszerzona o zdjęcie rentgenowskie elongacyjne. Na podstawie radiogramów tylno-przednich i bocznych oznaczano typ skrzywienia wg klasyfikacji Lenke [3]. Podział materiału wg klasyfikacji Lenke został ujęty w tabeli (Tab. 1). Rozdział na poszczególne typy skrzywienia z uwzględnieniem modyfikatorów, w grupie kobiet i mężczyzn nie różnił się istotnie i dalszą analizę przeprowadzono bez podziału na płeć.

Kąt skrzywienia wg Cobba przed leczeniem operacyjnym wynosił w odcinku piersiowym średnio 56,1° ± 15,2° (od 21° do 93°), a w odcinku lędźwiowym 51,2° ± 13,8° (od 23° do 93°). Największy kąt w odcinku piersiowym odnotowano w typie 1 i 3 wg Lenke, a w odcinku lędźwiowym – w typie 6.

Przed leczeniem kąt kifozy w całej grupie wynosił 27,7° ± 12,8 (3° – 64°). Największa kifoza występowała w typie Lenke 3, a najmniejsza – w typie 6. Przed operacją kąt lordozy był równy średnio 42,8° ± 10,6° (od 8° do 69°), najmniejszą lordozę zanotowano w typie 6, a największą w typie 1 i 3.

Wszyscy pacjenci byli operowani z dostępu tylnego, u wszystkich wykonano korekcję skrzywienia ze spondylodezą, z użyciem instrumentarium derotacyjnego; w tym w 100 przypadkach zastosowano śruby przeznasadowe. Położenie haków i śrub, zakres

years. The mean age at surgery was 15.5 years ± 1.67 (from 12 to 24 years). The mean period of postoperative follow-up was 3.7 years ± 1.65 (from 2 to 11 years). The mean value of Risser sign at surgery was 3.7 ± 0.78 (from 2 to 5).

Radiological assessment was performed on the basis of standing AP and lateral radiographs taken before the surgery, immediately after the surgery and at the end of the follow-up period. Pre-surgery radiological assessment was supplemented with an extension radiograph. The type of curvature according to the Lenke classification was determined on the basis of posteroanterior and lateral radiographs [3]. The division of patients into Lenke types is presented in Table 1. The distribution of particular types of curvatures, including modifiers, did not differ significantly in the female and male group and further analysis was performed irrespective of sex.

The mean Cobb angle before the surgery was 56.1° ± 15.2° (from 21o to 93o) in the thoracic spine and 51.2° ± 13.8° (from 23o to 93o) in the lumbar spine. The widest angle in the thoracic spine was noted in Lenke type 1 and 3 patients, and in the lumbar spine, in type 6 patients.

The pre-operative angle of kyphosis was 27.7o ± 12.8 (3° – 64°) in the whole study group. The highest degree of kyphosis was noted in Lenke type 3 patients, and the lowest in type 6 patients. The mean pre-operative angle of lordosis was 42.8° ± 10.6° (from 8° to 69°), with the lowest in type 6, and the highest in type 1 and 3 patients.

All patients underwent posterior correction of the curve with spinal fusion using derotational instrumentation, including transpedicular screws in 100 patients. The placement of hooks and screws as well as the extent of spinal fusion were planned according to commonly accepted principles for derotational in-

Tab. 1. Podział materiału na typy skrzywienia wg Lenke
Tab. 1. Division of patients according to Lenke classification

	Typ skrzywienia wg Lenke Lenke type of scoliosis	Kobiety Females	Mężczyźni Males	Razem Total
Liczba Number	Typ 1 Type 1	44 32.4%	4 28.6%	48 32.0%
Liczba Number	Typ 3 Type 3	46 33.8%	4 28.6%	50 33.3%
Liczba Number	Typ 5 Type 5	25 18.4%	4 28.6%	29 19.3%
Liczba Number	Typ 6 Type 6	21 15.4%	2 14.2%	23 15.3%
	Ogół grupy Total	136 100%	14 100%	150 100%

spondylodezy zaplanowano zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami dla instrumentarium derotacyjnego [4,5]. Średnio spondylodezą objęto 10,9 segmentów (od 5 do 14 segmentów, s=1,9).

Na podstawie radiogramów pooperacyjnych analizowano rozmieszczenie haków oraz śrub przeznasadowych. Wyznaczano wielkość korekcji, utraty korekcji oraz korekcji ostatecznej. Wprowadzono własne kryteria oceny wyniku końcowego w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej.

Kryteria oceny w płaszczyźnie czołowej:
1. utrata korekcji mniejsza lub równa 15%;
2. wartość bezwzględna przemieszczenia klatki piersiowej (trunk shift = TS) podczas ostatniego badania ≤ 10mm;
3. wartość bezwzględna odległości ostatniego kręgu zainstrumentowanego od linii środkowo-krzyżowej (LIV) podczas ostatniego badania ≤ 20mm;
4. Kąt pochylenia kręgu L4 podczas ostatniego badania ≤ 10°;
5. Odległość kręgu C7 od linii środkowo-krzyżowej ±10mm [6].

Gdy wszystkie parametry były dobre lub jeden z parametrów wykraczał poza normę, a pozostałe były prawidłowe – wynik określano jako dobry; w pozostałych przypadkach balans czołowy i wynik leczenia uznawano za zły.

Kryteria oceny w płaszczyźnie strzałkowej:
1. kifoza piersiowa Th5-Th12 w zakresie 20° – 45°;
2. lordoza lędźwiowa L1-L5 w zakresie 30° – 55°;
3. odcinek Th12-L2: lordoza od 0 do –10° (6),
4. położenie L4 w pozycji lekko skośnej w dół w kierunku przednio-dolnym (położenie zegarowe od 3,50 do 5,00).

Wynik dobry był w przypadku prawidłowych wszystkich parametrów lub gdy tylko jeden z parametrów był nieprawidłowy, a reszta mieściła się w normach. Niezbędnym warunkiem dobrego balansu w płaszczyźnie strzałkowej był brak kifozy połączeniowej w odcinku Th12-L2.

Do analizy statystycznej użyto testu t-Studenta, testu Manna-Whitney'a, analizy wariancji ANOVA oraz testu kontrastów (post-hoc) Scheffego. Współzależność cech mierzalnych szacowano przez współczynnik korelacji Pearsona r i współczynnik korelacji Spearmana rs, natomiast cech niemierzalnych przez zastosowanie testu chi-kwadrat. Weryfikację przeprowadzono na poziomie istotności p=0,05.

WYNIKI

Po operacji kąt Cobba w odcinku piersiowym wynosił średnio 21,4°, a w odcinku lędźwiowym 16,2°. Po okresie obserwacji wartości te wynosiły odpo-

strumentation (4,5). The mean extent of spinal fusion was 10.9 segments (from 5 to 14 segments, s=1.9).

Postoperative radiographs were analysed with respect to the arrangement of hooks and transpedicular screws. The degree of correction was determined, together with any loss of correction and final correction. They authors introduced their own criteria for assessing the final outcome in the coronal and sagittal plane.

Assessment criteria, coronal plane:
1. loss of correction less than or equal to 15%;
2. absolute value of trunk shift (TS) at last examination ≤ 10mm;
3. absolute distance of the lowest instrumented vertebra (LIV) from the centre sacral line at last examination ≤ 20mm;
4. inclination angle of L4 vertebra at last examination ≤ 10°;
5. distance of C7 vertebra from the centre sacral line ±10mm [6].

The outcome was described as good when all the parameters were within normal limits or when one of the parameters was abnormal with the rest being normal; otherwise, the coronal balance and the outcome of the treatment were regarded as poor.

Assessment criteria, sagittal plane:
1. thoracic kyphosis at Th5-Th12 of 20° to 45°;
2. lumbar lordosis at L1-L5 of 30° to 55°;
3. segment Th12-L2: lordosis of 0 to –10° (6),
4. L4 in a slightly downsloping position anteroinferiorly (between 3.50 and 5.00 o'clock).

The outcome was described as good when all the parameters were within normal limits or when only one of the parameters was abnormal, and the remaining ones were normal. The lack of junction kyphosis in the Th12-L2 segment was a prerequisite for balance in the sagittal plane to be classified as good.

The statistical analyses employed Student's t test, Mann-Whitney test, ANOVA and Scheffe's (post-hoc) contrast test. Correlations between quantitative variables were estimated using Pearson's correlation coefficient (r) and Spearman's correlation coefficient (rs) and those between qualitative variables were assessed with the chi-squared test. The level of significance was p=0.05.

RESULTS

The values of the Cobb angle in the thoracic and lumbar spine in the post-operative period and at the final follow-up are presented in Tables 2 and 3. The

wiednio 24,4° i 20,5° (Tab. 2 i 3). Korekcja skrzywienia piersiowego wyniosła ogółem średnio 34,9° czyli 61,8%, a różnice wielkości korekcji w zależności od typu wg Lenke były istotne statystycznie, p=0,002. Korekcja skrzywienia lędźwiowego wynosiła średnio 35° czyli 66,6% i różnice korekcji między poszczególnymi typami skolioz były istotne statystycznie, p=0,02.

Średnia utrata korekcji była równa 8,8% w odcinku piersiowym i 12,1% w odcinku lędźwiowym. Procentowa utrata korekcji w obu odcinkach kręgosłupa, w poszczególnych typach wg Lenke nie różniła się w sposób statystycznie istotny (p=0,448, p=0,334). Ostateczna korekcja wyniosła zatem w odcinku piersiowym średnio 56,1% ± 15,8%; od 49,7% w typie 5 do 62,3% w typie 1. Różnice w wielkości ostatecznej korekcji w poszczególnych typach wg Lenke w odcinku piersiowym były statystycznie istotne, p=0,001. Ostateczna korekcja w odcinku lędźwiowym wyniosła średnio 59,7% ± 18,1%; najmniejsza była w typie 3 (57,4%), a największa w typie 5 wg Lenke (62,6%), ale różnice te nie były istotne statystycznie (p=0,601) (Tab. 2 i 3). Ogółem utrata korekcji mniejsza lub równa 15% występowała w odcinku piersiowym u 105 chorych (70%), a w odcinku lędźwiowym u 96 chorych (64%).

Bezpośrednio po operacji kąt kifozy zmniejszył się do 24,4° ± 8,5° (od 6° do 59°). Po okresie obser-

differences in the degree of correction in the thoracic and lumbar spine relative to Lenke type were statistically significant, (p=0.002, p=0.02).

The mean loss of correction is presented in Tables 2 and 3. The percentage loss of correction in both spine segments relative to Lenke type did not differ significantly (p=0.448, p=0.334). The differences in the final degree of correction relative to Lenke type were significant only in the thoracic spine at p=0.001. Generally, loss of correction lower than or equal to 15% occurred in 105 patients in the thoracic spine (70%), and in 96 patients in the lumbar spine (64%).

Immediately after the surgery the angle of kyphosis decreased to 24.4° ± 8.5° (range: 6o-59°). After the observation period its value was 28.3o ± 9.3° (range: 10°-57°). The highest degree of kyphosis at the final follow-up occurred in type 5 (30.1°), although the differences between particular types were not significant. In the follow-up examination, a normal kyphosis in the 20°-45° range occurred in 117 cases (78%) and the percentage of patients with this degree of kyphosis did not differ significantly between Lenke types. After the surgery, the angle of lordosis decreased to 36.2° ± 10° (range: 5°-66°). At the final follow-up, the mean value of this angle was 36.7° ± 10.7° (range: 5°-63°). The largest, significant decrease in the lumbar lordosis angle occurred in type 1. At the follow-up examination, a normal lor-

Tab. 2. Korekcja i utrata korekcji w odcinku piersiowym
Tab. 2. Correction and loss of correction in thoracic spine

Odcinek piersiowy thoracic spine	Ogółem Total	Typ 1 Lenke Lenke type 1	Typ 3 Lenke Lenke type 3	Typ 5 Lenke Lenke type 5	Typ 6 Lenke Lenke type 6
Kąt Cobba przed operacją Cobb angle before surgery	56.1° ± 15.2° (21° – 93°)	58.7° ± 9.9° (42° – 82°)	67.1° ± 11.3° (45° – 93°)	34.3° ± 7.9° (21° – 47°)	54.4° ± 8.4° (39° – 69°)
Kąt Cobba po operacji Cobb angle after surgery	21.4° ± 9.6° (2° – 55°)	18.8° ± 6.9° (5° – 34°)	26.5° ± 10.3° (5° – 55°)	14.4° ± 6.1° (2° – 25°)	24.5° ± 9.6° (3° – 40°)
Kąt Cobba - ostatnia kontrola Cobb angle at last follow up	24.4° ± 10.4° (7° – 54°)	22.4° ± 9.1° (10° – 53°)	29.2 ± 10.9° (7° – 54°)	17.1° ± 6.9° (7° – 36°)	27.3° ± 9.2° (17° – 44°)
Korekcja (°) Correction (°)	34.9° ± 12° (5° – 61°)	39.9° ± 8.4° (22° – 61°)	40.6° ±10.5° (20° – 60°)	20.5° ± 7.8° (5° – 35°)	29.9° ± 8.5° (7° – 45°)
Korekcja (%) Correction (%)	61.8%±14.4% (18%-92.9%)	68.1% ± 10.1° (41.5%-89.8%)	60.8% ±13.4% (32.9%-92.3%)	58.11% ±17.5° (21.7%-90.5%)	55.3% ± 15.9° (18%-92.9%)
Utrata korekcji (°) Loss of correction (°)	3° ± 5.7° (–12° – 26°)	3.6° ± 6.2° (-6° – 26°)	2.8° ± 6.4° (-12° – 20°)	2.6° ± 4.7° (-6° – 11°)	2.7 ± 4.4° (-5°- 14°)
Utrata korekcji (%) Loss of correction (%)	8.8% ± 19% (-54.6-78.6%)	8.1% ± 15.1% (0 –65%)	6.4% ± 17.4% (0 – 66.7%)	13.4% ± 28.2% (0 –78.6%)	9.8% ± 14.9% (0 – 37.5%)
Korekcja ostateczna (°) Final correction (°)	31.9° ±12.2° (3°-58°)	36.4° ± 8.5° (14°- 52°)	37.9° ±10.9° (10° – 58°)	17.4° ± 8.4° (3° – 32°)	27.1° ± 8.9° (5° – 44°)
Korekcja ostateczna (%) Final correction (%)	56.1%±15.8 (7.7-84.4%)	62.3% ±12.0 (20.9 – 83.3%)	56.6% ±15.2 (19.6 – 84.4%)	49.7% ±19.2 (7.7 – 76.2%)	49.8% ±15 (12.8 – 70%)

Tab. 3. Korekcja i utrata korekcji w odcinku lędźwiowym

Tab. 3. Correction and loss of correction in lumbar spine

Odcinek lędźwiowy Lumbar spine	Ogółem Total	Typ 1 Lenke Lenke type 1	Typ 3 Lenke Lenke type 3	Typ 5 Lenke Lenke type 5	Typ 6 Lenke Lenke type 6
Kąt Cobba przed operacją Cobb angle before surgery	51.2° ±13.8° (23° – 93°)	38.1° ± 8.3° (23° – 63°)	55.5° ±11.8° (40° – 88°)	52.5° ± 5.9° (40° – 68°)	66.3° ± 11.9° (46° – 93°)
Kąt Cobba po operacji Cobb angle after surgery	16.2° ± 9.5° (1° – 48°)	13.2° ± 7.7° (3° – 48°)	18.5° ± 9.7° (5° – 42°)	12.8° ± 8.9° (1° – 40°)	21.7° ± 9.5° (7° – 38°)
Kąt Cobba - ostatnia kontrola Cobb angle at last follow up	20.5° ± 10.3° (2° – 51°)	15.5° ± 8.0° (3° – 35°)	23.7° ± 10.7° (2° –51°)	19.7° ± 10.2° (5° – 39°)	25.0° ± 9.6° (10° – 42°)
Korekcja (°) Correction (°)	35° ± 12.9° (-4° – 67°)	24.9° ± 10.6° (-4° – 52°)	37.1° ±10.9° (8° – 60°)	39.8° ± 9.9° (13° – 53°)	44.6° ± 12.0° (26° – 67°)
Korekcja (%) Correction (%)	66.6% ±19.4 (0 – 98%)	61.9%±22.7 (0 – 94%)	65.6% ±18.0 (0 – 89.2%)	75.6%±17.4 (31- 98.1%)	67.3% ±13.2 (44.1-89.6%)
Utrata korekcji (°) Loss of correction (°)	4.4° ± 6.9° (-26° – 28°)	2.5° ± 8.0° (-26° – 28°)	5.1° ± 6.0° (-4° – 23°)	6.9° ± 7.0° (-2° – 28°)	3.4° ± 5.1° (-9° – 10°)
Utrata korekcji (%) Loss of correction (%)	12.1% ±21.1 (0 – 73%)	9.6% ± 26.3 (0 – 56.2%)	13.2% ± 20.0 (0 – 73%)	17.3%±18.0% (0 – 61.5%)	8% ± 12.4 (0 – 32.3%)
Korekcja ostateczna (°) Final correction (°)	30.7° ±12.5° (4.0° – 76°)	22.9° ± 10.2° (6.0° – 48°)	31.7° ±11.2° (4° – 57°)	32.8° ± 10° (5° – 46°)	41.2° ± 13.3° (21° – 76°)
Korekcja ostateczna (%) Final correction (%)	59.7% ±18.1 (7.3 - 96.4%)	59.4%±20.2 (17.5 – 94%)	57.4%±17.3 (7.3 – 96.4%)	62.6% ± 19 (12.5-88.1%)	61.7% ± 13.8 (40.3 - 88.4%)

wacji wynosił on 28,3° ± 9,3° (od 10° do 57°). Największa kifoza po okresie obserwacji występowała w typie 5 (30,1°), chociaż różnice między poszczególnym typami nie były znamienne statystycznie. Podczas badania kontrolnego prawidłowa kifoza z zakresu 20° – 45° występowała w 117 przypadkach (78%) i odsetek chorych z taką kifozą w poszczególnych typach wg Lenke nie różniła się istotnie. Po operacji kąt lordozy zmniejszył się do 36,2° ± 10° (od 5° do 66°). Po okresie obserwacji wynosił on średnio 36,7° ± 10,7° (od 5° do 63°). Największe, istotne zmniejszenie się kąta lordozy lędźwiowej wystąpiło w typie 1. Podczas badania kontrolnego prawidłowa lordoza z zakresu 30° do 55° występowała w 108 przypadkach (72%).

dosis ranging from 30° to 55° was present in 108 patients (72%).

Out of the entire cohort of 150 patients, derotational instrumentation with transpedicular screws in the lumbar spine was used in 100. The degree of lumbar curve correction was greater in the group in which screws were used, but this difference was not statistically significant. The loss of correction and final correction were also greater in the group operated on with screws but these differences were not significant (Tab. 4).

Complications connected with instrumentation and/or disturbance of spinal balance occurred in 7 patients and all of them required revision surgery. The complications included: insufficient extent of spine fusion, pull out of hooks, and dislocation of

Tab. 4. Korekcja i utrata korekcji w odcinku lędźwiowym w zależności od techniki operacyjnej

Tab. 4. Correction and loss of correction in lumbar spine relative to surgical technique

	Korekcja (°) Correction (°)	Korekcja Correction (%)	Utrata korekcji (°) Loss of correction	Utrata korekcji Loss of correction (%)	Korekcja ostateczna (°) Final correction (°)	Korekcja ostateczna Final correction (%)
Śruby Screws	37.8 ± 12.1 (11-67)	70.3 ±16.3 (27.2-98.1)	4.7 ± 6.3 (-9-28)	12.7 ±18.3 (-26.3-73.3)	33.1 ± 12.4 (4-76)	61.5 ±18.3 (7.3-96.4)
Haki Hooks	29 ± 12.7 (-4-59)	59.2 ±22.7 (-9.1-90.3)	3.7 ± 8.1 (-26-28)	10.5 ±25.8 (-66.7-63.6)	25.6 ± 11.2 (7-53)	55.8 ±17.2 (18.6-86.7)

Spośród 150 chorych, w 100 przypadkach zastosowano instrumentarium derotacyjne ze śrubami przeznasadowymi w odcinku lędźwiowym kręgosłupa. Wielkość korekcji skrzywienia lędźwiowego była większa w grupie operowanej z użyciem śrub, ale różnica ta nie była znamienna. Również utrata korekcji oraz ostateczna korekcja były większe w grupie ze śrubami, ale różnice te były nieistotne statystycznie (Tab. 4).

W analizowanej grupie powikłania związane z instrumentarium i/lub zaburzeniem balansu wystąpiły u 7 chorych i wszyscy ci pacjenci wymagali reoperacji. Były to: zbyt krótka spondylodeza i wyrwanie haków, przemieszczenia śruby przeznasadowej. Skutkiem tych powikłań była progresja skrzywienia poniżej lub powyżej instrumentarium, zaburzenie balansu strzałkowego („flat back").

Analizując wynik leczenia wg własnej klasyfikacji, w płaszczyźnie czołowej dobry wynik po operacji zanotowano u 97 chorych (65%), a zły u 53 (35%) chorych. Największy odsetek dobrych wyników wystąpił w typie 1 i 5 wg Lenke (69%), a najmniejszy w typie 3 (58%). Różnice w wynikach między poszczególnymi grupami nie są znamienne statystycznie. W płaszczyźnie strzałkowej dobry wynik po operacji zanotowano u 112 chorych (75%), a zły u 38 (25%) chorych. Największy odsetek dobrych wyników wystąpił w typie 6 (91%), a najmniejszy w typie 1 (58%). Różnice w wynikach między poszczególnymi grupami są znamienne statystycznie (p=0,008). Dobry wynik po operacji w obu płaszczyznach zanotowano u 76 chorych (51%), a zły u 24 (16%) chorych (Ryc. 1). W 50 przypadkach wynik dobry uzyskano tylko w jednej płaszczyźnie (33%) i to zostało nazwane wynikiem niejednoznacznym. Największy odsetek dobrych wyników wystąpił w typie 6 (70%), a najmniejszy w typie 1 (42%) (Tab. 5).

Analizując zależności między wynikiem w płaszczyźnie czołowej a danymi przedoperacyjnymi stwierdzono brak istotnej zależności wyniku i wieku w chwili operacji. Istotne statystycznie zależności występują między wynikiem w płaszczyźnie czołowej szerea transpedicular screw. These complications led to the progression of the curvature below or above the instrumentation, and disturbance of sagittal balance ("flat back").

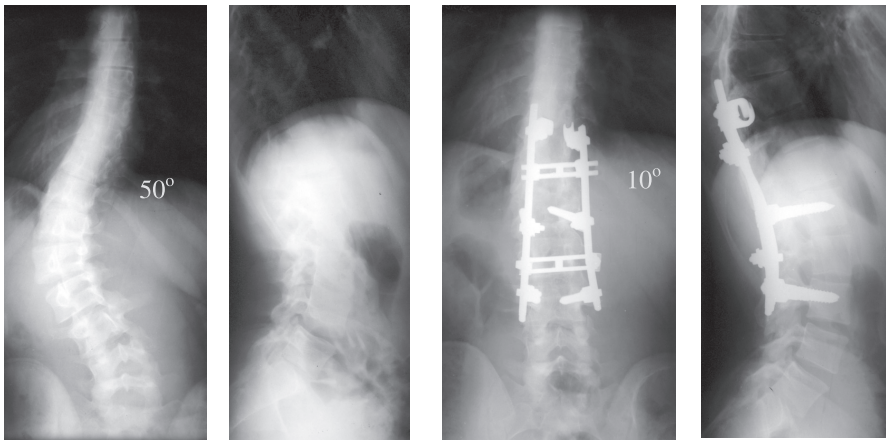
Analysis of treatment outcomes based on the authors' own classification revealed a good result of the surgery in the coronal plane in 97 patients (65%), compared to a poor outcome in 53 (35%) patients. The highest percentage of good outcomes was noted in Lenke type 1 and 5 patients (69%), and the lowest one in type 3 patients (58%). The differences between the results of particular groups were not significant. In the sagittal plane, a good outcome was noted in 112 patients (75%), and a poor outcome in 38 (25%) patients. The highest percentage of good outcomes was noted in type 6 (91%), and the lowest in type 1 patients (58%). Differences between the outcomes of particular groups were significant (p=0.008). Data on good outcomes in both planes are presented in Table 5 (Tab. 5, Fig. 1). In 50 cases a good outcome was achieved in only one plane (33%), and this is referred to as an ambiguous outcome.

The analysis of correlations between the outcome in the coronal plane and preoperative data showed no significant relation between the outcome and age at surgery. Significant correlations occurred between the outcome in the coronal plane and a number of preoperative parameters (Tab. 6). The presence of transpedicular screws significantly influenced the results in the coronal plane: in the transpedicular screw group 72% of the results were good, compared to only 52% in the group without screws (p = 0.037). Complications associated with instrumentation had a substantial effect on the final outcome in the coronal plane.

The location of the lowest instrumented vertebra had a significant impact on the outcome in the coronal plane (p = 0.043). The poorest outcomes were achieved when the instrumentation stopped at L3, with only 45% good outcomes. These results differed significantly from the other ones.

Tab. 5. Wyniki leczenia w zależności od typu wg Lenke
Tab. 5. Treatment outcomes by Lenke type

Wynik Result	Ogółem Total	Typ 1 Type 1	Typ 3 Type 3	Typ 5 Type 5	Typ 6 Type 6
Dobry Good	76 (51%)	20 (42%)	24 (48%)	16 (55%)	16 (70%)
Niejednoznaczny Ambiguous	50 (33%)	17 (35%)	18 (36%)	11 (38%)	4 (17%)
Zły Poor	24 (16%)	11 (23%)	8 (16%)	2 (7%)	3 (13%)



A B C D

Ryc. 1. Chory NK, lat 17. Typ 5 wg Lenke. 1a, 1b – przed operacją; 1c, 1d – wynik po 3,5 latach od operacji. Wynik dobry w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej

Fig. 1. Patient NK, age 17. Lenke type 5. 1a, 1b – before surgery; 1c, 1d – at 3.5 years after surgery. Good outcome in coronal and sagittal plane

Tab. 6. Cechy o istotnej statystycznie zależności z wynikiem w płaszczyźnie czołowej

Tab. 6. Parameters significantly related to coronal plane outcome

Cecha przedoperacyjna Parameter	Średnia wartość w grupie z wynikiem dobrym Mean value in group with good outcome	Średnia wartość w grupie z wynikiem złym Mean value in group with poor outcome	p
Kąt w odcinku lędźwiowym Lumbar Cobb angle	49.5°	54.8°	0.030
Kąt elongacji w odc.lędźwiowym Lumbar extension angle	26.0°	31.7°	0.009
AVT_2	34.5 mm	41.7 mm	0.044
Kąt L_4 L_4 angle	16.7°	20.5°	0.032
Th_{12}-L_2	-3.9°	-1.0°	0.043

giem parametrów przedoperacyjnych (Tab. 6). Obecność śrub przeznasadowych w istotny sposób wpływała na wynik w płaszczyźnie czołowej: w grupie ze śrubami przeznasadowymi było 72% wyników dobrych, natomiast w grupie bez śrub – tylko 52% (p = 0,037). Powikłania związane z instrumentarium miały istotny wpływ na wynik końcowy w płaszczyźnie czołowej.

Położenie dolnego końca instrumentarium ma istotny wpływ na wynik w płaszczyźnie czołowej (p = 0,043). Najgorsze wyniki osiągnięto przy położeniu dolnego końca instrumentarium na L3 – tylko 45% wyników dobrych i te wyniki różnią się w sposób istotny od pozostałych.

Ogółem większa translacja kręgu szczytowego lędźwiowego przed operacją wiązała się z większym ryzykiem złego wyniku. W grupie pacjentów z trans-

A higher degree of pre-operative lumbar apical vertebral translation was generally associated with a higher risk of poor outcome. In the group of patients with translation >35 mm only instrumentation to L4 resulted in more than a half of good outcomes (66.1%). Instrumentation to L3 resulted in 45.8% good outcomes and did not differ significantly from the group with translation of <35 mm. With lower degrees of translation, the outcomes of coronal balance were comparable for spine fusion performed to L4 (88.2%), L1 (76.5%), and L2 (70%), and did not differ significantly. The lowest rate of good outcomes was achieved in the case of instrumentation to L3 (37.5%).

No significant relation was noted between the outcome in the sagittal plane and age at surgery. Significant correlations were observed between the outcome in the sagittal plane and: the curvature angle

Tab. 7. Cechy o istotnej statystycznie zależności z wynikiem w płaszczyźnie strzałkowej
Tab. 7. Parameters significantly related to coronal plane outcome

Cecha Parameter	Średnia wartość w grupie z wynikiem dobrym Mean value in group with good outcome	Średnia wartość w grupie z wynikiem złym Mean value in group with poor outcome	P
Kąt w odcinku lędźwiowym Lumbar Cobb angle	53.0°	45.8°	0.006
Kąt elongacji w odc.lędźwiowym Lumbar extension angle	29.4°	24.0°	0.022
AVR_2	27.3°	19.2°	0.000
AVT_2	39.2mm	30.6mm	0.026
Kąt L_4 L_4 angle	19.2°	14.1°	0.008
Lordoza Lordosis	44.4°	38.4°	0.003
Test Rissera Risser sign	3.76	3.39	0.013

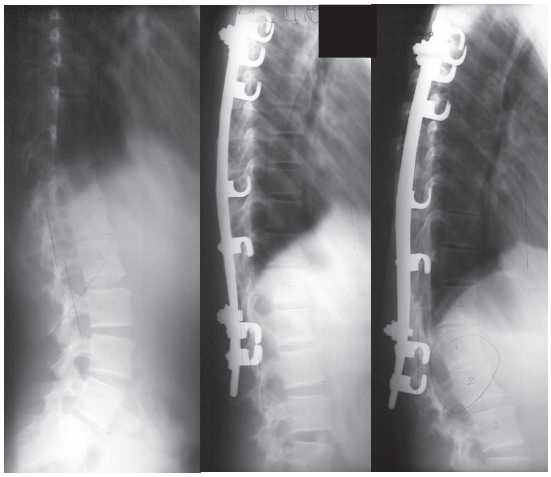
lacją >35 mm jedynie instrumentowanie do L4 dało ponad połowę wyników dobrych (66,1%). Instrumentowanie do L3 to 45,8% wyników dobrych i nie różniło się to w sposób istotny statystycznie od grupy z translacją <35mm. Przy mniejszej translacji porównywalne były wyniki balansu czołowego jeśli chodzi o zakończenie spondylodezy na L4 (88,2%), L1 (76,5%) i L2 (70%) i nie różniły się w sposób istotny statystycznie. Najmniej wyników dobrych uzyskano instrumentując do L3 (37,5%).

Nie stwierdzono istotnej zależności wyniku w płaszczyźnie strzałkowej i wieku w chwili operacji. Istotne statystycznie zależności wystąpiły między wynikiem w płaszczyźnie strzałkowej a: wielkością kąta skrzywienia w odcinku lędźwiowym, kątem lędźwiowym na radiogramie elongacyjnym, rotacją kręgu szczytowego w odcinku lędźwiowym (AVR2), translacją w odcinku lędźwiowym (AVT2), kątem L4, LIV, wielkością lordozy oraz wartością testu Rissera (Tab. 7). Powikłania związane z instrumentarium miały istotny wpływ na wynik końcowy w płaszczyźnie strzałkowej, w której mimo reoperacji u wszystkich pacjentów z tej grupy zanotowano wynik zły. Obecność śrub przeznasadowych w istotny sposób wpływała na wynik w płaszczyźnie strzałkowej: zamocowanie śrub wiązało się z 81% wyników dobrych, a użycie techniki hakowej dawało tylko 62% wyników dobrych (p = 0,02). Długość spondylodezy miała istotny wpływ na wynik w płaszczyźnie strzałkowej: im większa rozległość spondylodezy, tym lepszy wynik był w płaszczyźnie strzałkowej. W przypadku objęcia mniej niż 10 segmentów uzyskano 48% wyników dobrych, a przy spondylodezie o długości >10 segmentów: 80% wyników dobrych.

in the lumbar spine, the lumbar angle on the extension radiograph, lumbar apical vertebral rotation (AVR2), translation in the lumbar spine (AVT2), L4 angle, LIV, the degree of lordosis, and the Risser sign (Tab. 7). Instrumentation-related complications significantly influenced the final outcome in the sagittal plane, with poor outcome in all patients from this group despite revision surgery. The presence of transpedicular screws significantly influenced the outcome: screw instrumentation was associated with 81% good outcomes, and the use of hooks resulted in only 62% good outcomes (p = 0.02). The extent of spine fusion had a significant impact on the outcome in the sagittal plane, with progressively greater degrees of fusion resulting in increasingly better outcomes in the sagittal plane. A success rate of 48% good outcomes was achieved if fewer than 10 segments were instrumented, compared to 80% when the extent of spine fusion was >10 segments.

The outcome in the sagittal plane depended heavily on the location of the uppermost instrumented vertebra (p = 0.022). Instrumentation extended most often from Th4 or Th5, only in isolated cases was it implanted at other levels. Instrumentation extending from Th12 invariably led to poor outcomes in the sagittal plane.

The level of the lower end of instrumentation (the lower end of spine fusion) significantly influenced the outcome in the sagittal plane (p = 0.0003). Instrumentation to L4 resulted in 83.6% good outcomes, compared to 82.5% for fusion to L3 and 65% for fusion to L2. The lowest rate of good outcomes was noted in patients in whom instrumentation was stopped at L1 (29.4%) (Fig. 2).



A B C

Ryc. 2. Chora DA, lat 13, dolny koniec spondylodezy na poziomie L1. Zły wynik w płaszczyźnie strzałkowej po 2 latach od operacji. 1a – przed leczeniem; 1b – bezpośrednio po operacji; 1c – po 2 latach od operacji

Fig. 2. Patient DA, age 13, fusion stopped at L1. Poor outcome in sagittal plane two years after surgery. 1a – before treatment; 1b – immediately after surgery; 1c – two years post-surgery

Wynik w płaszczyźnie strzałkowej w sposób istotny zależy od położenia górnego końca instrumentarium (p=0,022). Najczęściej instrumentarium zaczynało się od Th4 lub Th5, na pozostałych poziomach były to pojedyncze przypadki. Instrumentując od poziomu Th12 uzyskano tylko złe wyniki w płaszczyźnie strzałkowej.

Poziom dolnego końca instrumentarium (dolnego końca spondylodezy) w istotny sposób wpływa na wynik w płaszczyźnie strzałkowej (p=0,0003). Instrumentując do L4 uzyskano 83,6% wyników dobrych, do L3 – 82,5%, a do L2 – 65%. Najmniej wyników dobrych występowało u chorych z końcem instrumentowania na L1 (29,4%) (Ryc. 2).

Obecność odwróconego układu haków w przejściu piersiowo-lędźwiowym miała istotne znaczenie dla wyniku w płaszczyźnie strzałkowej (p=0,005).

The presence of an inverted system of hooks at the thoracolumbar transition significantly influenced the outcome in the sagittal plane (p=0.005).

DYSKUSJA

Celem leczenia operacyjnego w skoliozie jest uzyskanie dobrego wyniku, którego definicja zmieniała się wraz w rozwojem technik operacyjnych [7]. Współcześnie celem operacji jest nie tylko korekcja skrzywienia w płaszczyźnie czołowej, ale odtworzenie prawidłowych krzywizn w płaszczyźnie strzałkowej i zachowanie prawidłowego balansu kręgosłupa [8]. Korekcja uzyskana przez autorów jest porównywalna z wynikami uzyskanymi przez Bridwell'a (korekcja 58,2% u pacjentów z prawidłową kifozą piersiową), Benli czy Lenke (47,2% korekcji) [9,10,11]. Utrata korekcji w piśmiennictwie waha się dla instrumentarium derotacyjnego od 3,6% do 23,3% [11,

DISCUSSION

At present, the aim of a surgery is not only to correct the curvature in the coronal plane, but also to restore normal curvatures in the sagittal plane and to preserve normal spinal balance [7,8]. The correction rates achieved in our study are comparable with the outcomes achieved by Bridwell (correction of 58.2% in the presence of a normal thoracic kyphosis), Benli or Lenke (47.2% corrections) [9,10,11]. In the literature, the loss of correction for the derotational instrumentation ranges from 3.6% to 23.3% [11,12,13, 14,15]. In our study, the loss of correction was within this range. The final degree of correction exceeded 50% of the preoperative value, and was comparable

12,13,14,15]. W analizowanym materiale ta utrata korekcji mieściła się w tym przedziale. Ostateczna korekcja przekraczała 50% wartości przedoperacyjnych i była porównywalna z danymi innych autorów [15,16,17,18,19]. Wprowadzenie śrub w odcinku lędźwiowym wg Wimmera nie poprawiło korekcji skrzywienia, natomiast Barr uzyskał lepszą korekcję lędźwiową [15,20]. Obaj autorzy zgodnie podkreślają mniejszą utratę korekcji w przypadku użycia śrub. Wyniki uzyskane w tej pracy w pewnym sensie godzą obu powyższych autorów: lepsza korekcja i mniejsza utrata korekcji w grupie ze śrubami, ale bez różnic istotnych statystycznie. Użycie śrub w odcinku lędźwiowym wpłynęło istotnie na wynik końcowy w płaszczyźnie czołowej, jak i strzałkowej w całej badanej grupie chorych. Stosowanie od kilku lat śrub także w odcinku piersiowym, z segmentarną stabilizacją radykalnie zwiększyło korekcję skrzywienia do wartości porównywalnych ze spondylodezą przednią [16,17,21,22].

Odtworzenie lub zachowanie prawidłowych krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej jest jednym z celów operacji skoliotycznego kręgosłupa. Wartość kifozy przed operacją w prezentowanym materiale wynosiła 27,7°, w tym u 9 pacjentów kifoza nie przekraczała 10°. Podobnie, jak w wielu publikacjach, także i tu nie wystąpiły istotne zmiany wielkości kifozy piersiowej po leczeniu [18,23,24,25]. Kąt lordozy nieco zmniejszył się po operacji i praktycznie pozostał niezmieniony w okresie obserwacji, a u 72% chorych mieścił się w normie podczas badania kontrolnego. Podobnie nieznaczne zmniejszenie lordozy lędźwiowej zaobserwował Richards, natomiast Schlenzka podał podobne wartości lordozy przed leczeniem, natomiast w jego materiale lordoza lędźwiowa nie zmieniła się po operacji, podobnie jak w materiale Bridwella, Lenke oraz Rhee [10,11,18, 25,26]. Jonge oceniając osobno chorych z hyper-, hypo i normo-lordozą, zanotował pooperacyjny wzrost hipo- i spadek hyperlordozy, czyli normalizację kształtu kręgosłupa w odcinku lędźwiowym [23].

Początkowo zagadnienie kompensacji było albo w ogóle pomijane, albo traktowane jakościowo: jest dekompensacja lub jej nie ma. Następnie wprowadzono ilościową ocenę kompensacji, najpierw tylko, jako odległość pionu spuszczonego z siódmego kręgu piersiowego. Ten pomiar pozwalał opisać położenie głowy nad miednicą, ale nie uwzględniał zmiany położenia klatki piersiowej w stosunku do linii środkowej. Jednocześnie zaczęto dostrzegać zaburzenia kompensacji w płaszczyźnie strzałkowej, opisując je poprzez pomiar położenia linii pionowej spuszczonej z siódmego kręgu szyjnego oraz poprzez pomiary prawidłowych krzywizn kręgosłupa: kifozy i lordozy. Naukowcy skupieni w Harms Study Group zawith the data published by other authors [15,16,17, 18,19]. Wimmer failed to improve curvature correction with screw instrumentation of the lumbar spine, while Barr achieved better lumbar correction [15, 20]. Both authors agree that the loss of correction was smaller when screws were used. In a way, the outcomes achieved in this study bring both authors together: there was no significant difference in the degree of correction and of loss of correction between both groups (with and without screws). The use of screws in the lumbar spine significantly influenced the final outcome in both the coronal and sagittal plane in the whole study group. The use of screws also in the thoracic spine with segmental stabilization, introduced in recent years, has dramatically increased the degree of curvature correction to a level comparable with that achieved with anterior spinal fusion [16,17,21,22].

One of the aims of scoliosis surgery is to restore or preserve normal spinal curvatures in the sagittal plane. The preoperative value of kyphosis in our study was 27.7°, including 9 patients in whom kyphosis did not exceed 10°. As in many other publications, there were no significant changes in the degree of thoracic kyphosis after the treatment [18,23,24, 25]. The angle of lordosis decreased slightly after the surgery and remained practically unchanged during the follow-up period, with normal values noted in 72% of the patients at the follow-up examination. A similarly minor decrease in lumbar lordosis was observed by Richards, while Schlenzka noted similar pre-treatment values of lordosis, but observed no change in lumbar lordosis post-operatively, which was similar to the findings of Bridwell, Lenke and Rhee [10,11,18,25,26]. Jonge separately evaluated patients with hyper-, hypo- and normal lordosis and observed a postoperative increase in hypolordosis and a decrease in hyperlordosis, i.e. normalisation of the shape of the lumbar spine [23].

Initially, the issue of compensation was either omitted or described in qualitative terms, i.e. decompensation present or absent. Later, quantitative assessment of compensation was introduced, at first only as the distance of a plumb line drawn from the seventh thoracic vertebra. This measurement allowed for description of the position of the head above the pelvis, but it did not involve trunk shift in relation to the midline. Simultaneously, disturbances of compensation in the sagittal plane started to be noticed and described through the measurement of location of a plumb line drawn from the seventh cervical vertebra and through measurements of the normal spinal curvatures: kyphosis and lordosis. Researchers of the Harms Study Group proposed a scoring system for treatment outcome evaluation. This clas-

proponowali punktowy system oceny wyniku. Jest to klasyfikacja łącząca ocenę w płaszczyźnie czołowej jak i strzałkowej. D'Andrea podaje poprawę liczby zdobytych punktów z 60,1 przed operacją do 83,8 po 2 latach od operacji, a Głowacki z 50,7 na 73,1 [13,27]. Ta różnica w ocenach może wiązać się z większym wyjściowym kątem skrzywienia w materiale Głowackiego, ponieważ klasyfikacja Harms Study Group ocenia także wielkość kąta skrzywienia. Jest to podstawowa wada tej klasyfikacji. System ten jest dobry do porównania z idealnym, zdrowym kręgosłupem, ale nie pozwala na ocenę wyniku po operacji skoliozy. Wiadomo, że pacjenci z przedoperacyjnym kątem skrzywienia np. 80° raczej nie skorygują się po operacji do mniej niż 20° i nie mają szans na maksymalną wartość punktów. Balans czołowy jest natomiast w tej klasyfikacji oceniany bardzo liberalnie, bo najwyższą liczbę punktów otrzyma chory z odległością siódmego kręgu szyjnego od linii środkowej nieprzekraczającą 2 cm. Eliminując wady tej klasyfikacji należało tak ująć ocenę wyniku, aby maksymalnie ją uprościć. Różne czynniki mogą wpływać na zachowanie się kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej, tak więc celowe jest ocenianie wyników osobno w obu tych płaszczyznach. W płaszczyźnie czołowej do oceny uwzględniono w aktualnej pracy utratę korekcji oraz parametry balansu czołowego (TS, LIV, C7-S) poszerzone o ustawienie czwartego kręgu lędźwiowego (kąt L4). W tej ocenie uzyskano 65% wyników dobrych. Liczba złych wyników (35%) odzwierciedla pacjentów z problemami z balansem kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej. Utrata korekcji raczej nie występowała jako jedyny objaw patologii – zwykle towarzyszyła innym. Pogorszenie balansu w płaszczyźnie czołowej może dotyczyć 41%, a nawet 44% pacjentów [18,24]. Najmniejsze ryzyko dekompensacji występuje wg Thompsona w skrzywieniach typ III wg Kinga [28]. Stanowi to odpowiednik typu 1 wg Lenke, w którym w obecnej pracy także występowało stosunkowo niewiele wyników złych.

W obecnej pracy w większości przypadków uzyskano dobry wynik w płaszczyźnie strzałkowej (75%), co oznacza prawidłowy balans kręgosłupa w tej płaszczyźnie. Liczba wyników złych, będąca w sprzeczności z danymi innych autorów piszących o dobrym odtwarzaniu balansu strzałkowego jest po części związana z bardzo ostrymi kryteriami oceny. Przykładowo, gdyby przyjąć za dopuszczalną niewielką kifozę w przejściu piersiowo-lędźwiowym (kąt Th12-L2 w przedziale od 15° do 5°) to liczba wyników złych tego parametru zmniejszyłaby się w całej grupie do 3.

Zasady instrumentowania w skoliozie idiopatycznej zostały opracowane już wiele lat temu, i wielokrotnie przetestowane i unowocześniane, ale problem

sification combines evaluation both in the coronal and sagittal plane. D'Andrea reports that improvement from 60.1 pre-operatively to 83.8 at two years after the surgery, and Głowacki reports an increase from 50.7 to 73.1 [13,27]. The difference in the outcomes may be connected with a wider baseline curve angle in Głowacki's study, since the classification of the Harms Study Group also accounts for the curve angle. This is the basic disadvantage of this classification, which is well-suited for comparisons with an ideal, healthy spine but it does not enable assessment of the outcome of scoliosis surgery. It is clear that patients with preoperative curvature angles of e.g. 80° will probably not correct to less than 20° after the operation, and they have no chance of gaining the maximum score. Evaluation of coronal balance in this classification is very liberal, with the highest scores given to patients in whom the distance between the seventh cervical vertebra and the midline does not exceed 2 cm. In order to eliminate the flaws of this classification, we had to present the assessment of the outcome in the simplest possible manner. The spine may be affected in the coronal and sagittal plane by different factors, so the outcomes in these planes should be assessed separately. In this study, evaluation of the coronal plane involved the loss of correction and the parameters of coronal balance (TS, LIV, C7-S) and, additionally, the position of the fourth lumbar vertebra (L4 angle). In this evaluation, the rate of good outcomes was 65%. The rate of poor outcomes (35%) reflects patients having problems with coronal balance of the spine. The loss of correction was not the only sign of the pathology, it was usually accompanied by other signs. Impairment of coronal balance may be seen in 41%, or even 44% of patients [18,24]. According to Thompson, the lowest risk of decompensation occurs in type III curvatures according to the King classification [28]. This is the equivalent of Lenke type 1, in which, as far as this paper is concerned, there were also relatively few poor outcomes.

In this study, a good outcome in the sagittal plane was achieved in most patients (75%), which indicates good spinal balance in this plane. The rate of poor outcomes, contrary to the data presented by other authors who reported successful restoration of sagittal balance, is partly connected with very stringent assessment criteria. For instance, if we were to accept slight kyphosis in the thoracolumbar transition (the Th12-L2 angle ranging from 15° to 5°), the number of poor outcomes of this parameter would be reduced to 3 in the whole group.

The principles of instrumentation in idiopathic scoliosis were established many years ago and have been examined and updated on several occasions.

zaburzeń kompensacji nadal istnieje [4,5,29]. Dlatego w obecnej pracy nacisk położono na poszukiwanie takich zależności statystycznych, które pozwoliłyby na stworzenie przejrzystych wskazówek i zaleceń. Określono czynniki ryzyka złego wyniku, a należące do nich: znaczna translacja kręgu szczytowego w odcinku lędźwiowym oraz duży kąt L4 pokrywają się z pracą Masona, z podobnymi wartościami granicznymi [24]. Zakończenie instrumentowania na wysokości L3 stwarza większe ryzyko wyniku złego w płaszczyźnie czołowej poprzez większą utratę korekcji i pogorszenie kompensacji. Zatem należy go unikać, co zresztą wynika z podstaw instrumentowania: jest to zwykle szczyt skrzywienia w odcinku lędźwiowym.

Rozległość spondylodezy miała istotny wpływ na wynik końcowy w płaszczyźnie strzałkowej: przy objęciu 10 lub więcej segmentów liczba wyników dobrych wzrastała do 80%. Można to wytłumaczyć możliwością korekcji lordozy lub patologii przejścia piersiowo-lędźwiowego tylko przy długich spondylodezach [9,25]. Maksymalne oszczędzanie poziomów i skracanie spondylodezy jest podstawową zasadą spondylochirurgii, a zostawienie ruchomego odcinka lędźwiowego ma wielu zwolenników [30]. Tym niemniej, możliwość odtworzenia prawidłowych krzywizn kręgosłupa w przypadku istnienia znacznych patologii w odcinku lędźwiowym istnieje tylko przy długiej spondylodezie sięgającej do L4 lub do L2, ale z odwróconym układem haków/śrub [9]. Wg Rhee, długa spondylodeza daje szansę na odtworzenie także prawidłowego przejścia piersiowo-lędźwiowego [25]. Czy długa spondylodeza istotnie zwiększa ilość zmian zwyrodnieniowych dolnego odcinka kręgosłupa? Na to pytanie jak na razie nie ma jednoznacznych statystycznie odpowiedzi. Asher podkreśla, że okres obserwacji 10 lat to za mało – wg niego należy oceniać skutki implantowania instrumentarium derotacyjnego po co najmniej 20 latach [31].

WNIOSKI

1. Proponowany system oceny wyniku leczenia operacyjnego skolioz jest jednoznaczny, zawiera on nie tylko wiadomość o wielkości korekcji, ale także ilościową ocenę kompensacji w dwóch płaszczyznach.
2. Zastosowanie śrub przeznasadowych w odcinku lędźwiowym, jak i odwróconego układu haków na poziomie L2 zmniejsza ryzyko zaburzeń kompensacji.
3. Określono następujące czynniki ryzyka zaburzeń kompensacji: kąt skrzywienia w odcinku lędźwiowym >60°; kąt na zdjęciu elongacyjnym w odcinku lędźwiowym >25°; AVT2 ≥35 mm, przedoperacyjna lordoza <30° i kąt L4 >10°;

However, the risk of decompensation still exists [4,5,29]. Therefore, this study sought specifically to find statistical correlations that would enable the development of clear-cut guidelines and recommendations. We specified the risk factors for a poor outcome, of which significant translation of the apical vertebra in the lumbar spine and a wide L4 angle coincide with the findings of Mason, with similar threshold values [24]. Instrumentation finished at L3 entails a higher risk of a poor outcome in the coronal plane through greater loss of correction and impairment of compensation. This practice should therefore be avoided, a recommendation that is also underpinned by the very basics of instrumentation as this level is usually the apex of the lumbar curve.

The extent of spinal fusion significantly influenced the final outcome in the sagittal plane: 10 or more segments were involved, the rate of good outcomes rose to 80%. This can be attributed to the possibility of correcting lordosis or pathology of the thoracolumbar transition only with extensive fusion [9,25]. Saving levels and reducing the extent of spinal fusion as much as possible is a basic principle of spine surgery, and leaving a mobile lumbar spine has many supporters [30]. However, in the presence of significant pathologies in the lumbar spine, it is possible to restore the normal spinal curvatures only with extensive fusion, i.e. ranging to L4 or to L2, but an inverted hook/screw system must be used [9]. According to Rhee, a large extent of spinal fusion also affords a possibility of restoring a normal thoracolumbar transition [25]. Does extensive fusion significantly increase the number of degenerative changes in the lower spine? As for now, no statistically unambiguous answers to this question have been given. Asher emphasizes that a follow-up period of 10 years is too short as the results of derotational instrumentation placement should be evaluated after at least 20 years [31].

CONCLUSIONS

1. The system for evaluating the outcome of operative treatment of scolioses presented in this paper is unambiguous, providing not only information about the degree of correction but also a quantitative assessment of compensation in two planes.
2. The use of transpedicular screws in the lumbar spine and an inverted system of hooks at the level of L2 lowers the risk of decompensation.
3. The following risk factors for decompensation were specified: the curvature angle in the lumbar spine >60°; the angle in the lumbar spine >25° on an extension radiograph; AVT2≥35 mm, preoperative lordosis <30°, and L4 angle >10°;

4. Zakończenie instrumentowania na wysokości L3 stwarza znaczne ryzyko wyniku złego w płaszczyźnie czołowej poprzez większą utratę korekcji i pogorszenie kompensacji.

4. Instrumentation finishing at L3 entails a serious risk of poor outcome in the coronal plane due to greater loss of correction and impairment of compensation.

PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Tylman D. Patomechanika bocznych skrzywień kręgosłupa. Wydawnictwo Severus; Warszawa 1995.
2. 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.
3. Lenke LG, Betz RR, Clements D, i wsp. Curve prevalence of a new classification of operative adolescent idiopathic scoliosis. Spine 2002;27(6):604-611.
4. Dubousset J, Cotrel Y. CD application technique of Cotrel-Dubousset instrumentation for scoliosis deformities. Clin Orthop 1991;264:103-110.
5. Shufflebarger HL, Clark CE. Fusion levels and hook patterns in thoracic scoliosis with Cotrel-Dubousset instrumentation. Spine 1990;15(9):916-920.
6. O'Brien MF, Kuklo TR, Blanke KM, Lenke LG. Radiographic Measurement Manual. Spinal Deformity Group. Medtronic Sofamor Danek. USA, 2004.
7. Zarzycki D. Chirurgia kręgosłupa przed i po erze Paula Harringtona. OiT 2006;4(4):17-22.
8. Bridwell KH. Spinal instrumentation in the management of adolescent scoliosis. Clin Orthop 1997;335:64-72.
9. Benli IT, Tuzuner M, Akahn S, Kis M, Aydm E, Tandogan R. Spinal imbalance and decompensation problems in patients treated with Cotrel-Dubousset instrumentation. Eur. Spine J 1996;5:380-386.
10. Bridwell KH, Betz R, Capelli AM, Huss G, Harvey C. Sagittal plane analysis in idiopathic scoliosis patients treated with Cotrel-Dubousset instrumentation. Spine 1990;15(9):921-926.
11. Lenke LG, Bridwell KH, Blanke K, Baldus C, Weston J. Radiographic results of arthrodesis with Cotre-Dubousset instrumentation for the treatment of adolescent idiopathic scoliosis. J. Bone Joint Surg 1998;80-A(6):807-814.
12. Burton DC, Sama AA, Asher MA i wsp. The treatment of large (>70o) thoracic idiopathic scoliosis curves with posterior instrumentation and arthrodesis: when is anterior release indicated? Spine 2005;30(17):1979-1984.
13. Głowacki M. Wartość wybranych czynników prognostycznych w leczeniu operacyjnym skoliozy idiopatycznej. Rozprawa habilitacyjna. AM Poznań. Ośrodek Wydawnictw Naukowych, Poznań 2002.
14. Helenius I, Remes V, Yrjonen T, i wsp. Harrington and Cotrel-Dubousset instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis. Long-term functional and radiographic outcomes. J. Bone Joint Surg. Am 2003;85A(12):2303-2309.
15. Wimmer C, Gluch H, Nogler M, Walochnik N. Treatment of idiopathic scoliosis with CD-instrumentation: lumbar pedicle screws versus laminar hooks in 66 patients. Acta Orthop. Scand 2001;72(6):615-620.
16. Kim YJ, Lenke LG, Kim J, i wsp. Comparative analysis of pedicle screw versus hybrid instrumentation in posterior spinal fusion of adolescent idiopathic scoliosis. Spine 2006;31(3):291-298.
17. Luhmann SJ, Lenke LG, Kim YJ, Bridwell KH, Schootman M. Thoracic adolescent idiopathic scoliosis curves between 70° and 100°. Spine 2005;30(18):2061-2067.
18. Schlenzka D, Poussa M, Muschik M. Operative treatment of adolescent idiopathic thoracic scoliosis. Clin Orthop 1993; 297:155-160.
19. Puno RM, Ki-Chan A, Puno RL, Jacob A, Chung S. Treatment Recommendations for idiopathic scoliosis . An assessment of the Lenke classification. Spine 2003;28(18):2102-2115.
20. Barr SJ, Schuette AM, Emans JB. Lumbar pedicle screws versus hooks. Results in double major curves in adolescent idiopathic scoliosis. Spine 1997;22(12):1369-1379.
21. Kim YJ, Lenke LG, Cho SK, Bridwell KH, Sides B, Blanke K. Comparative analysis of pedicle screw versus hook instrumentation in posterior spinal fusion of adolescent idiopathic scoliosis. Spine 2004;29(18):2040-2048.
22. Lee SM, Suk SI, Chung ER. Direct vertebral rotation: a new technique of three-dimensional deformity correction with segmental pedicle screw fixation in adolescent idiopathic scoliosis. Spine 2004;29(3):343-349.
23. Jonge T, Dubousset JF, Illes T. Sagittal plane correction in idiopathic scoliosis. Spine 2002;27(7):754-761.
24. Mason DE, Carango P. Spinal decompensation in Cotrel-Dubousset instrumentation. Spine 1991;16(8):S394-S403.
25. Rhee JM, Bridwell KH, Won DS, Lenke LG, Chotigavanichaya C, Hanson D.S. Sagittal plane analysis of adolescent idiopathic scoliosis. Spine 2002;27(21):2350-2356.
26. Richards BS, Birch JG, Herring JA, Johnston CE, Roach JW. Frontal plane and sagittal plane balance following Cotrel-Dubousset instrumentation for idiopathic scoliosis. Spine 1989;14(7):733-737.
27. D'Andrea LP, Betz RR, Lenke LG, i wsp. Do radiographic parameters correlate with clinical outcomes in adolescent idiopathic scoliosis? Spine 2000;25(14):1795-1802.
28. Thompson MD, Transfeldt EE, Bradford DS, Ogilvie JW, Boachie-Adjei O. Decompensation after Cotrel-Dubousset instrumentation of idiopathic scoliosis. Spine 1990;15(9):927-931.
29. Margulies JY, Floman Y, Robin GC, i wsp. An algorithm for selection of instrumentation levels in scoliosis. Eur Spine J 1998;7:88-94.
30. Winter RB, Lonstein JE. A meta-analysis of the literature on the issue of selective thoracic fusion for the King-Moe type II curve pattern in adolescent idiopathic scoliosis. Spine 2003;28(9):948-952.
31. Asher MA, Burton DC. Adolescent idiopathic scoliosis: natural history and long term treatment effects. Scoliosis 2006;1(1):2.

Liczba słów/Word count: 8145 **Tabele/Tables:** 7 **Ryciny/Figures:** 2 **Piśmiennictwo/References:** 31

Adres do korespondencji / Address for correspondence
dr n. med. Barbara Jasiewicz
Uniwersytet Jagielloński, Collegium Medicum, Klinika Ortopedii i Rehabilitacji
34-500 Zakopane, Balzera 15, Tel./fax: (0-18) 20-142-97, e-mail: basiaj@klinika.net.pl

Otrzymano / Received 13.08.2009 r.
Zaakceptowano / Accepted 03.10.2009 r.