

Zastosowanie tomografii komputerowej w planowaniu i ocenie wyniku leczenia operacyjnego skoliozy idiopatycznej z użyciem śrub transpedikularnych – opis przypadków

The Use of Computer Tomography for Preoperative Planning and Outcome Assessment in Surgical Treatment of Idiopathic Scoliosis with Pedicle Screw Based Constructs – Case Presentation

Piotr Harasymczuk^(A,B,C,D,E,F), Tomasz Kotwicki^(A,B,C,D,E,F), Aleksander Koch^(A,B,C,D),
Andrzej Szulc^(A,B)

Klinika Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej, Uniwersytet Medyczny, Poznań
Department of Pediatric Orthopaedics and Traumatology University of Medical Sciences, Poznań

STRESZCZENIE

Wstęp. W ostatnich latach w leczeniu operacyjnym skolioz coraz częściej stosuje się instrumentarium oparte o śruby przeznaczane do wprowadzania śrub transpedikularnych oparte są na badaniach anatomii prawidłowej i mogą być niewystarczające w przypadkach dużych torsyjnych zniekształceń kręgow. Celem pracy jest ocena przydatności badania tomografii komputerowej (TK) w planowaniu i ocenie wyniku leczenia operacyjnego skoliozy idiopatycznej o dużym stopniu wewnętrznego zniekształcenia kręgow.

Materiał i metody. Przedstawiono doświadczenia własne oparte na analizie procesu diagnostyczno-leczniczego z zastosowaniem badań TK u dwóch chorych leczonych operacyjnie z powodu skoliozy idiopatycznej o typie 1A klasyfikacji Lenke. Ze względu na znaczną rotację kręgow oraz obraz sugerujący wąskie nasady ocenę przed i pooperacyjną poszerzono o badanie TK z rekonstrukcją 3D, określając długość i średnicę śrub oraz punkt wprowadzenia, a także kąty wprowadzenia w trzech płaszczyznach. Rotację kręgow zmierzono według metody Aaro-Dahlborn. Zidentyfikowano nasady, które ze względu na niedostateczną szerokość lub zbyt duży kąt rotacji były niemożliwe do zainstrumentowania.

Wyniki. Określone przedoperacyjnie kąty i miejsca wprowadzenia śrub pozwoliły na dokładne ich osadzenie, co znalazło potwierdzenie w pooperacyjnym badaniu TK. U obu pacjentek uzyskano satysfakcjonującą korekcję skrzywienia zarówno w płaszczyźnie czołowej, jak i poprzecznej.

Wniosek. Zastosowanie TK pozwala na dokładne zaplanowanie instrumentacji skoliozy idiopatycznej poprzez określenie poziomów kwalifikujących się do zastosowania śrub transpedikularnych, co może przyczynić się do zmniejszenia liczby powikłań związanych z nieprawidłowym ich osadzeniem.

Słowa kluczowe: skolioza, śruby transpedikularne, tomografia komputerowa

SUMMARY

Background. In recent years pedicle screw based constructs have been increasingly used in the operative management of scoliosis. The current principles of screw placement are based on normal anatomy and therefore may not be applicable in cases of severe vertebral deformity due to torsion. The aim of this study was to evaluate the usefulness of computer tomography (CT) in preoperative planning and outcome assessment in operative management of idiopathic scoliosis with severe internal vertebral deformity.

Material and methods. The study presents our own experiences based on analysis of diagnostic and therapeutic decision-making in two patients treated surgically due to Lenke type 1A idiopathic scoliosis. Due to extensive vertebral rotation and radiological appearance suggesting thin pedicles, spine CT with 3D reconstruction was performed as part of extended preoperative work-up in order to determine screw length and diameter, the point of screw introduction and angle of introduction in three planes. Vertebral rotation was evaluated according to the Aaro-Dahlborn method. Segments were also identified where pedicle screws could not be applied due to severe rotation or small pedicle diameter.

Results. Preoperative planning of screw placement enabled safe and accurate screw application, as confirmed by postoperative spine CT evidence. Satisfactory correction was achieved in both patients in the coronal and frontal planes.

Conclusion. CT allows detailed preoperative planning of scoliosis surgery and identification of segments in which pedicle screws cannot be safely placed. This may lower the incidence of complications associated with inaccurate pedicle screw placement.

Key words: scoliosis, pedicle screws, computer tomography

WSTĘP

W ostatnim dziesięcioleciu instrumentarium oparte o śruby przeznasadowe zyskało dużą popularność wśród ortopedów zajmujących się leczeniem operacyjnym skolioz idiopatycznych. Przeprowadzono badania, które sugerują wyższość tego rodzaju instrumentacji nad dotychczas stosowanymi technikami, umożliwiając ograniczenie zakresu instrumentacji, przy lepszej korekcji deformacji w trzech płaszczyznach wraz z mniejszą jej pooperacyjną utratą [1,2,3,4].

Ukazały się prace, które podkreślają istotność prawidłowego osadzenia śrub, a w szczególności uniknięcia perforacji warstwy korowej nasady grożącej ciężkimi powikłaniami neurologicznymi i naczyniowymi [5,6,7]. Autorzy podają skuteczność techniki osadzania śrub na poziomie od 85% do 97% i częstość występowania powikłań lub objawów związanych z tym rodzajem instrumentacji poniżej 1%, opierając się na analizie przypadków o niewielkim stopniu wewnętrznego zniekształcenia kręgów [8,9,10,11,12]. Prawidłowe osadzenie śruby, z ominięciem kanału kręgowego i naczyń przykręgosłupowych, wymaga znajomości anatomii patologicznej kręgów, w szczególności wewnętrznego zniekształcenia nasad wynikającego ze zjawiska torsji [13]. Obecnie przyjęte zasady wprowadzania śrub transpedikularnych oparte są na badaniach morfometrycznych kręgów o prawidłowej anatomii i mogą być niewystarczające w przypadkach dużych zniekształceń kręgów [14,15,16]. Tylko Kuklo i wsp. przedstawili wyniki leczenia z zastosowaniem instrumentarium opartego o śruby transpedikularne w skoliozach o stopniu deformacji przekraczającym 90 stopni wg Cobba [17].

Pomimo szerokiego zastosowania badania tomografii komputerowej (TK) w diagnostyce ortopedycznej niewiele jest doniesień na temat rutynowego zastosowania tej metody w planowaniu przedoperacyjnym leczenia skoliozy [18,19,20,21]. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie doświadczeń własnych leczenia operacyjnego skolioz idiopatycznych o dużym stopniu wewnętrznego zniekształcenia kręgów z użyciem badania tomografii komputerowej do oceny przed i pooperacyjnej.

METODYKA

Diagnostyka przedoperacyjna

Do określenia zakresu i rodzaju instrumentacji wykorzystano zdjęcia RTG wykonane w standardowych projekcjach (a-p, boczne, w przechyłach i na wyciągu), na podstawie których ustalono zakres instrumentacji. Ze względu na znaczną rotację kręgów

BACKGROUND

In the past decade, transpedicular screws have gained popularity among orthopaedic surgeons treating patients with idiopathic scoliosis. Studies have been conducted that suggest that this fixation method is superior to previously used techniques, providing better triplane correction with fewer levels requiring fixation and a lower rate of postoperative correction loss [1,2,3,4].

Many authors emphasize the importance of accurate screw application, particularly with regard to avoiding perforation of lateral or medial pedicle cortex since that may cause severe neurological and vascular complications [5,6,7]. Various authors have reported efficacies of screw insertion technique at 85 to 97% and complication rates below 1%, but the studies presenting these results were based on patients with minor internal vertebral deformity (8,9,10,11,12). Adequate screw insertion, avoiding penetration of the vertebral canal and injury to paravertebral vessels require profound knowledge of vertebral pathological anatomy especially in terms of pedicle deformity due to vertebral torsion [13]. The current principles of screw insertion are based on morphometric analyses of normal vertebrae and may be insufficient in cases presenting with extensive internal pedicle deformity [14,15,16]. Only Kuklo et al. have presented results of operative treatment with screw based constructs in scoliotic patients with Cobb's angle exceeding 90 degrees [17].

Despite the widespread use of computer tomography (CT) in orthopaedic diagnosis, reports of its routine use for preoperative planning in scoliosis treatment are scarce in the literature [18,19,20,21]. The aim of this study was to present our experience in operative treatment of idiopathic scoliosis with severe internal vertebral deformity using computer tomography in preoperative planning and postoperative evaluation.

METHODS

Preoperative planning

A standard set of radiographs (a-p, lateral, bending and traction) was used to plan the levels and type of construct. Because of extensive vertebral rotation and thin pedicle appearance, pre- and postoperative CT scans with 3D reconstruction were obtained. Screw

oraz obraz sugerujący wąskie nasady ocenę, przed i pooperacyjną poszerzono o badanie TK z rekonstrukcją 3D, określając długość i średnicę śrub oraz punkt wprowadzenia, a także kąty wprowadzenia w trzech płaszczyznach (Ryc. 1A). Badanie TK wykonano w pozycji leżącej na brzuchu celem minimalizacji wpływu garbu żeberowego na uzyskane wartości katowe i jak najdokładniejszej symulacji warunków śródoperacyjnych. Rotację kręgów zmierzono według metody Aaro-Dahlborn [22]. Zidentyfikowano nasady, które ze względu na niedostateczną szerokość ($<2,5\text{mm}$ – Ryc. 1A.) lub zbyt duży kąt rotacji ($>55^\circ$ – Ryc. 1B.) były niemożliwe do zainstrumentowania. Na tej podstawie podjęto decyzję o zastosowaniu hybrydowej konstrukcji ramowej opartej na śrubach transpedikularnych w obrębie dystalnych kręgów i hakach w odcinku proksymalnym.

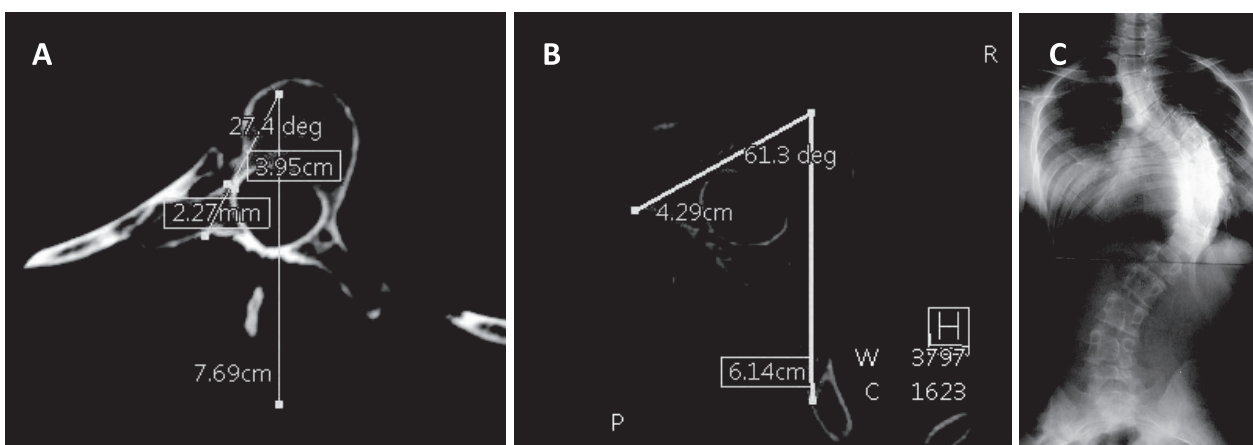
Technika wprowadzenia śrub

Warunkiem prawidłowego osadzenia śrub transpedikularnych jest uwidocznienie tylnej powierzchni kręgów przez dokładne odsunięcie tkanek miękkich przykręgosłupowych. Następnie za pomocą ostro zakończonego próbnika oznaczono miejsca wprowadzenia śrub, zgodnie z punktami określonymi za pomocą tomografii komputerowej. W kolejnym etapie przy użyciu tępo zakończonej łyżeczki na każdym poziomie wydrążono kanał przez nasadę do trzonu, zachowując wcześniej określone kąty wprowadzenia. Brak perforacji warstwy korowej nasady oraz trzonu potwierdzono palpacyjnie badając ściany oraz dno kostne kanału za pomocą sondy. Po osiągnięciu zaplanowanej głębokości w wydrążony kanał wprowadzono śrubę o wcześniej ustalonej średnicy. Po wpro-

length and diameter were planned for each pedicle, together with insertion angles in three planes (Fig. 1A). CT scans were obtained with the patients in the prone position to minimize the influence of the rib hump on the angles measured. Vertebral rotation was determined according to the method described by Aaro and Dahlborn [22]. Insufficient pedicle width ($<2.5\text{ mm}$, Fig. 1A) or extensive pedicle rotation ($>55^\circ$, Fig. 1B), which made fixation impossible, were determined. On this basis, a decision was made to use a “hybrid” construct with proximal hooks and distal screws.

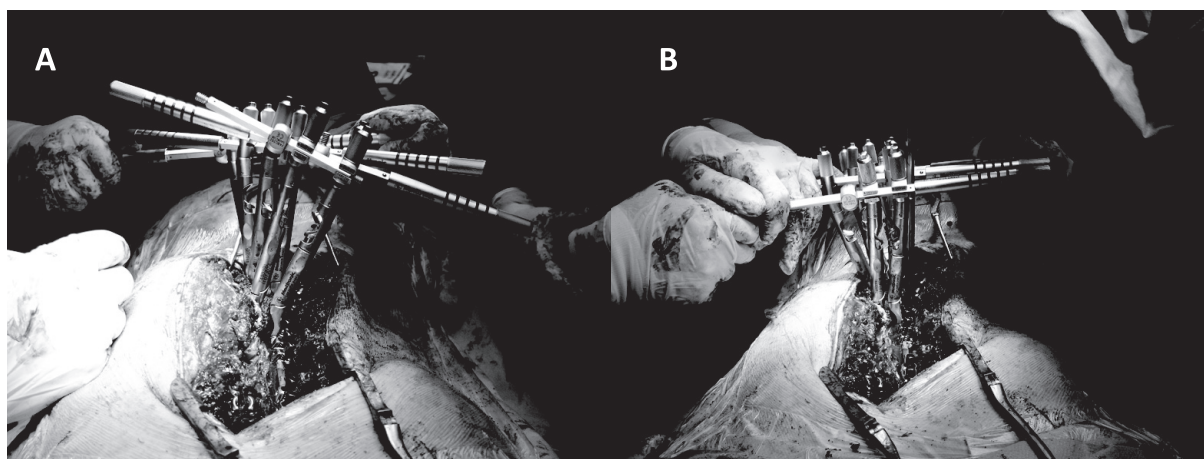
Screw insertion technique

Exposure of the posterior spine by precise retraction of paravertebral soft tissues was required for correct pedicle screw placement. After that, entry points previously determined on CT images for each screw were marked with a sharp probe. A small curette was used to drill a channel through a pedicle, while retaining the angles measured on CT images. Channel wall integrity (absence of perforation of cortical bone) was confirmed by palpation with a ball-probe. When the channel had been drilled to pre-selected length, an appropriately sized screw was inserted. Correct screw placement was confirmed by fluoroscopy.



Ryc. 1. Obraz nasad trudnych do zainstrumentowania przy użyciu śrub przeznaczonych: A – wąska nasada (2,27 mm), kąt wprowadzenia śruby 27,4 w stosunku do płaszczyzny strzałkowej, długość śruby 3,95 cm B – duży kąt rotacji (61,3°), C – Radiogram przedoperacyjny

Fig. 1. Appearance of pedicles in which use of transpedicular screws may be problematic: A – thin pedicle (2.27 mm), screw insertion angle 27.4 in coronal plane, screw length 3.95 cm B – extensive vertebral rotation (61.3°), C- Preoperative radiograph



Ryc. 2. Bezpośrednia derotacja kręgów przy użyciu systemu VCM Medtronic®: A – przed derotacją, B – po derotacji
Fig. 2. Direct vertebral derotation with Medtronic VCM® system: A – before derotation, B – after derotation

wadzeniu śrub potwierdzono ich prawidłowe osadzenie za pomocą fluoroskopii.

Technika korekcji skoliozy

Po osadzeniu wszystkich implantów, umieszczono w nich pręt i wykonano standardowy manewr rotacji pręta. W ten sposób uzyskano korekcję skoliozy w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej. W celu uzyskania korekcji w płaszczyźnie poprzecznej zastosowano bezpośrednią derotację kręgów za pomocą systemu Vertebral Column Manipulation (VCM) Medtronic® (Ryc. 2). W końcowym etapie dokonano odcinkowej kompresji i dystrakcji.

Ocena pooperacyjna

Wykonano zdjęcia RTG kręgosłupa a-p i boczne na stojąco celem oceny stopnia korekcji w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej. Dodatkowo wykonano TK celem oceny stopnia korekcji w płaszczyźnie poprzecznej oraz sprawdzenia prawidłowego osadzenia śrub.

WYNIKI

Opis przypadków

Pacjentka nr 1

Pacjentka lat 15, u której skoliozę idiopatyczną rozpoznano w 10 roku życia. Leczona gorsetowo przez 4 lata. W badaniu klinicznym stwierdzono skoliozę piersiową prawostronną z wtórnym skrzywieniem lędźwiowym o typie 1A wg Lenke [23]. Ponadto chora prezentowała cechy uogólnionej wiotkości stawowej (test Marshalla +++). W badaniu skoliometrem Bunnella kąt rotacji tułowia wynosił 0/+ 27/+20/+3 odpowiednio dla proksymalnego, środkowego odcinka piersiowego, lędźwiowego i krzyżowego.

Scoliosis correction technique

Once all implants were in place, a rod was placed and a standard “cantavlier” manoeuvre was made. That enabled correction of the scoliosis in the frontal and sagittal plane. Correction in the coronal plane was achieved by direct vertebral derotation performed with the Vertebral Column Manipulation (VCM) system (Medtronic) (Fig. 2). Finally, segmental distraction and compression were performed.

Postoperative evaluation

Both a-p and lateral views of the spine were done to evaluate frontal and sagittal plane correction. Additionally a CT examination was performed to evaluate correct screw placement and coronal plane correction.

RESULTS

Case presentations

Patient 1

A 15-year-old female diagnosed with idiopathic scoliosis at the age of 10 years. Treated conservatively with Cheneau's brace for four years. On clinical examination she presented with a right thoracic and secondary lumbar curve (Lenke type 1A) [23]. There were also clinical signs of generalized joint laxity (Marshall test was +++). Her trunk rotation was 0/+27/+20/+3 measured with Bunnell's scoliometer at the proximal thoracic, main thoracic, lumbar and sacral levels, respectively.

Tab. 1. Wartości współczynników radiologicznych u chorej nr 1

Tab. 1. Preoperative (preop) and postoperative (postop) radiological measurements in Patient 1

	Kąt Cobba/Cobb angle Th1-Th6	Kąt Cobba/Cobb angle Th6-L1	Kąt Cobba/Cobb angle L1-L5	Kąt Cobba w przechyle w prawo /Cobb angle on bending right Th6-L1	Kąt Cobba w przechyle w prawo /Cobb angle on bending left L1-L5	Pion z C7/C7 Plumbline
Przedoperacyjne/ Preop.	57°	93°	42°	65°	20°	0.5cm na lewo/to the left
Pooperacyjne/ Postop.	32°	32°	10°	-	-	0 cm

Tab. 2. Kąt rotacji kręgów wg Aaro-Dahlborn u chorej nr 1

Tab. 2. Preoperative (preop) and postoperative (postop) vertebral rotation angles according to Aaro-Dahlborn in Patient 1

	Th8	Th9	Th10	Th11	Th12	L1	L2
Przedoperacyjne/Preop.	27°	38°	38°	29°	17°	11°	7°
Pooperacyjne/Postop.	32°	40°	33°	24°	14°	7°	3°

Wartości współczynników radiologicznych przedstawiono w Tabeli 1 i 2. Zakres instrumentacji obejmował kręgi od Th4 do L2, przy czym w obrębie 5 dystalnych poziomów użyto śrub przeznasadowych. Wszystkie śruby zostały osadzone śródnasadowo (Ryc. 3). Uzyskano satysfakcjonujący obraz kliniczny w badaniu pooperacyjnym (Rycina 4B). Po operacji wysokość ciała pacjentki zwiększyła się o 7cm.

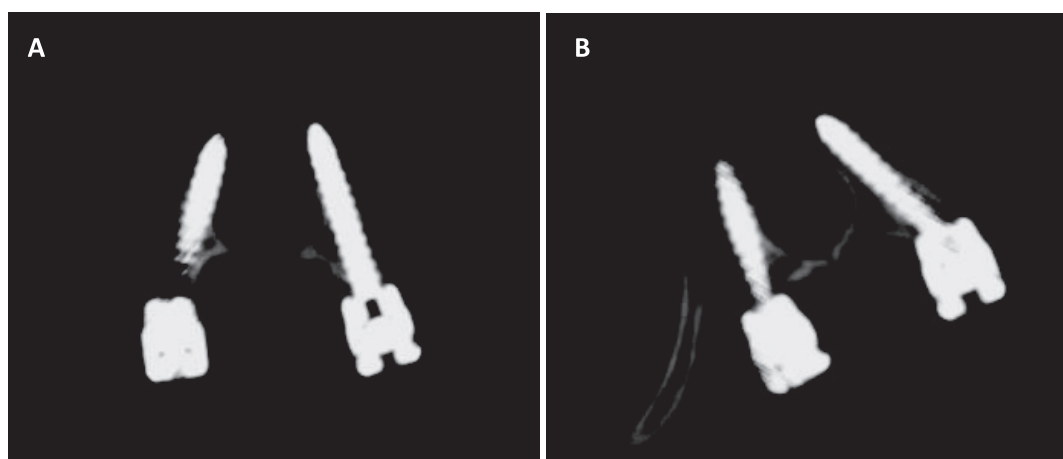
Pacjentka nr 2

Pacjentka lat 21 z zespołem Marfana, u której w 13 r.ż rozpoznano skoliozę idiopatyczną. Leczona gorsetowo przez 4 lata. W badaniu klinicznym stwierdzono skoliozę piersiową prawostronną z wtórnym skrzywieniem lędźwiowym o typie 1A wg Lenke. Ponadto chora prezentowała cechy uogólnionej wiotkości stawowej (test Marshalla +++). W badaniu skoliometrem Bunnella kąt skrzywienia +10/+15/+10/-3

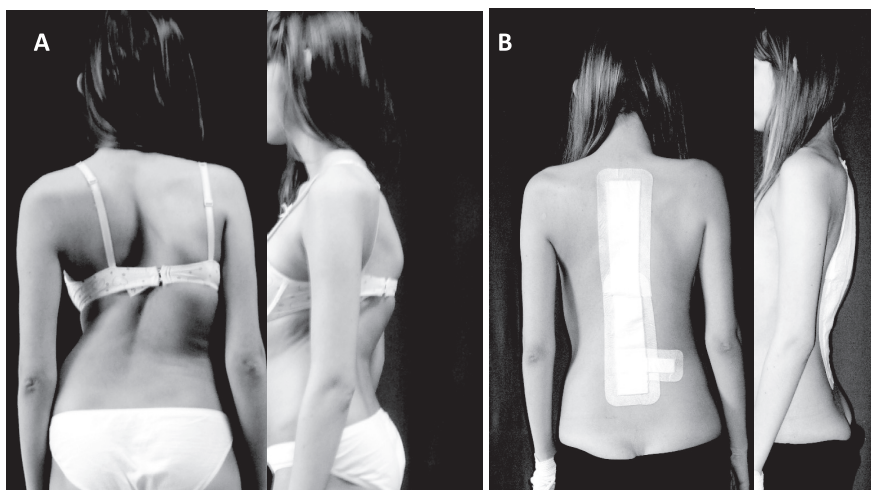
Her radiological measurements are presented in Table 1 and 2. Stabilization was applied from Th4 to L2 with pedicle screws at five distal levels. All screws were inserted correctly (Fig. 3). A satisfactory postoperative clinical appearance was obtained (Fig. 4B). Patient height increased by 7cm after surgery.

Patient 2

A 21-year-old female diagnosed with Marfan's syndrome and idiopathic scoliosis at the age of 13 years. Treated conservatively with Cheneau's brace for four years. On clinical examination, she presented with a right thoracic and secondary lumbar curve (Lenke type 1A). There were also clinical signs of generalized joint laxity (Marshall test was +++). Her trunk rotation was +10/+15/+10/-3 measured with



Ryc. 3. Obraz kręgu Th10 (A) i kręgu L1 (B) w badaniu TK uwiadczenia prawidłowo wprowadzone śruby przeznasadowe
Fig. 3. CT appearance of Th10 (A) and L1 (B) vertebrae showing correct pedicle screw placement



Ryc. 4. Obraz kliniczny chorej nr 1. A – przed leczeniem operacyjnym, B – po leczeniu operacyjnym

Fig. 4. Clinical presentation of Patient 1. A – preoperative B-postoperative

Tab. 3. Wartości współczynników radiologicznych u chorej nr 2

Tab. 3. Preoperative (preop) and postoperative (postop) radiological measurements in Patient 2

	Kąt Cobba/Cobb angle Th1-Th4	Kąt Cobba/Cobb angle Th5-Th12	Kąt Cobba/Cobb angle L1-L5	Kąt Cobba w przechyle w prawo /Cobb angle on bending right Th5-Th12	Kąt Cobba w przechyle w prawo /Cobb angle on bending left L1-L5	Pion z C7/C7 Plumbline
Przedoperacyjne/ Preop.	20°	55°	32°	26°	10°	1.4 cm w lewo/to the left
Pooperacyjne/ Postop.	14°	26°	16°	-	-	0 cm

Tab. 4. Kąt rotacji kręgów wg Aaro-Dahlborn u chorej nr 2

Tab. 4. Preoperative (preop) and postoperative (postop) vertebral rotation angles according to Aaro-Dahlborn in Patient 2

	Th3	Th4	Th5	Th6	Th7	Th8	Th9	Th10	Th11	Th12	L1	L2	L3	L4
Przedoperacyjne/Preop.	-15°	-12°	-5°	+5°	+8°	+9°	+13°	+17°	+13°	+7°	0°	-2°	-7°	-5°
Pooperacyjne/Postop.	-8°	-5°	-3°	+7°	+11°	+12°	+14°	+11°	+8°	+6°	-5°	-8°	-11°	-10°

odpowiednio dla proksymalnego, środkowego odcinka piersiowego, lędźwiowego i krzyżowego.

Wartości współczynników radiologicznych przedstawiono w Tab. 3 i 4. Wszystkie śruby zostały osadzone prawidłowo. W dwóch przypadkach stwierdzono nieistotne klinicznie przerwanie bocznej i przyśrodkowej warstwy korowej nasady (<2mm) (Ryc. 5). Uzyskano satysfakcjonujący obraz kliniczny w badaniu pooperacyjnym (Rycina 6B).

DYSKUSJA

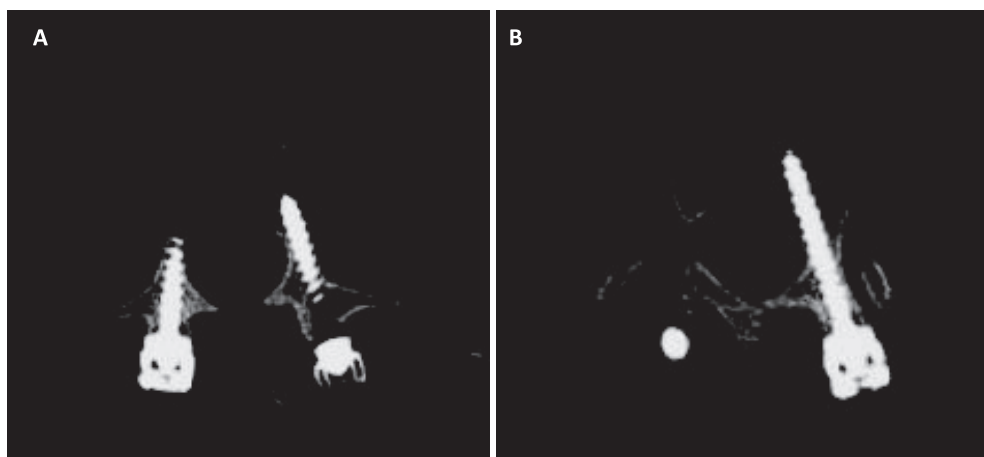
Na podstawie dotychczasowych doświadczeń wydaje się, że zastosowanie śrub transpedikularnych jako elementu instrumentarium w leczeniu operacyjnym skoliozy idiopatycznej umożliwia uzyskanie lepszej

Bunnell's scoliometer at the proximal thoracic, main thoracic, lumbar and sacral levels, respectively.

Her radiological measurements are presented in Table 3 and 4. Stabilization was applied from Th4 to L1 with pedicle screws at three distal levels. All screws were inserted correctly. However, two screws showed clinically non-significant (<2 mm) intrusion of the medial and lateral pedicle cortex on postoperative CT (Fig.5). A satisfactory postoperative clinical appearance was obtained (Fig 6B).

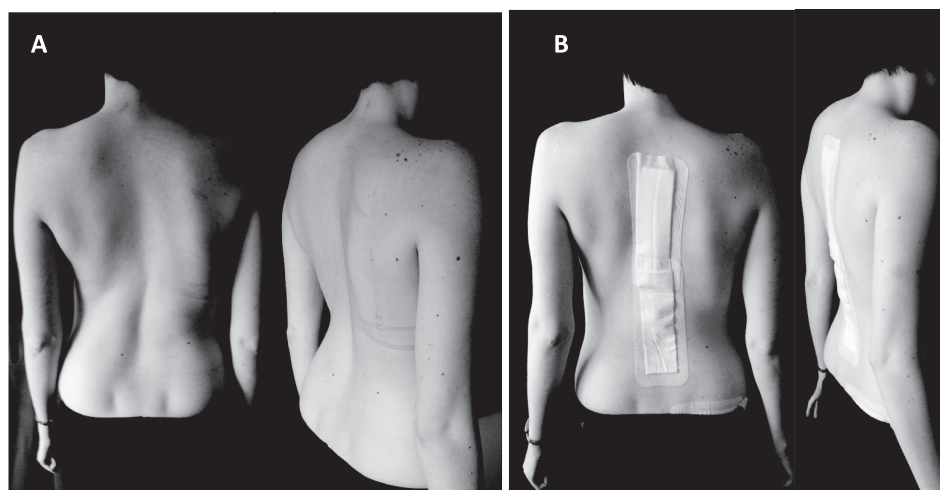
DISCUSSION

Clinical experience so far appears to indicate that the use of pedicle screws in the treatment of idiopathic scoliosis allows better curve correction and improved spine construct stability. However, the fear



Ryc. 5. Obraz kręgu L2 (A) i kręgu Th11 (B) w badaniu TK uwidacznia nieistotne klinicznie ($<2\text{mm}$) przerwanie bocznej (A) i przyśrodkowej (B) warstwy korowej nasady

Fig. 5. CT appearance of L2 (A) and Th11 (B) vertebrae showing insignificant ($<2\text{ mm}$) medial and lateral pedicle wall intrusion



Ryc. 6. Obraz kliniczny chorej nr. 1. A – przed leczeniem operacyjnym, B – po leczeniu operacyjnym

Fig. 6. Clinical appearance of patient nr 1. A – preoperatively B – postoperatively

korekcji i stabilizacji deformacji kręgosłupa. Obawa przed spowodowaniem ciężkich powikłań neurologicznych i naczyniowych przez nieprawidłowe wprowadzenie śrub bywa powodem z rezygnacji z ich stosowania. Jest to w szczególności uzasadnione w przypadku dużych deformacji np. znacznego kąta rotacji kręgów lub wąskich nasad. Lillenquist i wsp. sugerują, że śruby nie powinny być stosowane w przypadkach o znacznej wewnętrznej deformacji kręgów [16]. Natomiast Kuklo i wsp. stwierdzili możliwość wprowadzenia śrub na poziomie 94% planowanych przedoperacyjnie śrub w skoliozach piersiowych o dużym kącie wg Cobba. Odsetek prawidłowo osadzonych śrub autorzy ocenili na 96% [17]. Należy nadmienić, że autorzy wyżej wymienionej pracy posiadają ogromne doświadczenie w stosowaniu tego rodzaju instrumentacji.

of severe neurological or vascular complications sometimes leads to the decision not to use this technique. It is especially true in patients with severe vertebral deformities, for example thin or severely rotated pedicles. Lillenquist et al. suggest that pedicle screws should not be used in the presence of severe internal vertebral deformity [16]. In contrast, Kuklo et al. stated that it is possible to achieve efficacy as high as 94% with preoperative planning of screw placement in thoracic scoliosis with high Cobb's angle. The authors estimated the percentage of correct screw placement at 96% [17]. However, it must be mentioned that the authors of that study are extremely experienced in the use of pedicle screws.

The term "correct screw position" is also ambiguous as evolution of surgical technique has made minor pedicle cortex intrusions more and more acceptable. In the case of lateral cortex, even extra-

Termin „prawidłowej” pozycji śrub przeznasadowych nie jest jednoznaczny, a wraz z rozwojem techniki operacyjnej zwiększyła się tolerancja na drobne odchylenia od prawdziwie prawidłowego, w pełni śródnasadowego, przebiegu śruby. W przypadku przerwania warstwy korowej nasady od strony bocznej zdaniem Dvoraka i wsp. w pełni akceptowalne jest przekroczenie granicy warstwy korowej i pozanasadowe przeprowadzenie śruby (tzw. technika „in-out-in”) [24]. Nie mniej kontrowersyjne bywają kryteria prawidłowego osadzenia, jeżeli chodzi o przekroczenie przyśrodkowej granicy warstwy korowej. Przykładowo Gretzbein i Robbins sugerowali istnienie nawet 4 mm „strefy bezpiecznej” na którą składały się 2 mm przestrzeni nadtwardówkowej i 2 mm przestrzeni podpajęczynówkowej [10]. Zwykle jednak za możliwe do zaakceptowania uznaje się wniknięcie do kanału kręgowego nie większe niż 2 mm [9]. Jednak pomimo niskiego odsetka stwierdzanych powikłań związanych z przekroczeniem ścian nasady, każde takie odchylenie od optymalnego toru śródnasadowego niesie ze sobą ryzyko uszkodzenia struktur nerwowych i naczyniowych. Częstość takich „drobnych” odchyień jest wysoka i jak raportuje Belmont i wsp. może dochodzić nawet do 43% [12]. Wydaje się jednak, że korzyści z zastosowania tego rodzaju instrumentacji przeważają nad potencjalnym ryzykiem, które w trudnych klinicznie przypadkach można dodatkowo zmniejszyć poprzez zastosowanie szczegółowej diagnostyki przedoperacyjnej.

W przedstawionych w tej pracy przypadkach, użycie tomografii komputerowej pozwoliło na wybór optymalnej instrumentacji skoliozy. Było to możliwe dzięki identyfikacji poziomów, których zainstrumentowanie śrubami było niemożliwe ze względu na zbyt dużą deformację torsyjną kręgów oraz ustaleniu kątów i miejsc wprowadzenia śrub indywidualnie dla każdego poziomu. Naszym zdaniem, uzyskano w ten sposób nie tylko zmniejszenie ryzyka powikłań, ale również skrócenie czasu operacji, zmniejszoną utratę krwi oraz zapotrzebowanie na śródoperacyjne zastosowanie fluoroskopii. Ze względu jednak na skromny materiał obserwacje te wymagają potwierdzenia na większej grupie chorych.

WNIOSEK

Zastosowanie TK pozwala na dokładne zaplanowanie instrumentacji skoliozy idiopatycznej poprzez określenie poziomów kwalifikujących się do zastosowania śrub transpedikularnych, co może przyczynić się do zmniejszenia liczby powikłań związanych z nieprawidłowym ich osadzeniem.

pedicular screw insertion is correct (the “in-out-in” technique) [24]. In the case of the medial pedicle wall, the criteria for acceptable deviations are sometimes even more controversial. For example, Gretzbein and Robbins suggested a potential “safe zone” reaching as far as 4 mm inside the vertebral canal, composed of 2 mm of epidural and 2 mm of subarachnoid space [10]. Most authors accept up to 2 mm medial cortex intrusions [9]. Even though reported complication rates are very low, every deviation from the optimal, truly intrapedicular, course of pedicle screw carries a risk of injury to adjacent neurovascular structures. The incidence of these “minor” deviations is very high and, as reported by Belmont et al, may reach 43% [12]. However, it seems that the advantages of pedicle screws outweigh the risks associated with their use, and the risk can be further minimized by careful preoperative planning and evaluation.

In the patients presented in this paper, the use of computed tomography in preoperative evaluation of scoliosis allowed us to choose an optimal construct for curve stabilization and correction. This was possible by identification of levels not suitable for pedicle screw placement due to extensive torsional vertebral deformity. In our opinion, this approach not only helped to reduce the risk of neurovascular complications but also decreased time of surgery, blood loss and intraoperative use of fluoroscopy. However, those observations need to be confirmed in a larger series of patients.

CONCLUSION

CT allows detailed preoperative planning of scoliosis surgery and identification of segments in which pedicle screws cannot be safely placed. This may lower the incidence of complications associated with inaccurate pedicle screw placement.

PISMIENNICTWO / REFERENCES

1. Suk SI, Lee CK, Kim WJ, et al. Segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis. *Spine* 1995; 20: 1399–405.
2. Suk SI, Lee CK, Min HJ, et al. Comparison of Cotrel-Dubousset pedicle screws and hooks in the treatment of idiopathic scoliosis. *Int Orthop* 1994; 18: 341–6.
3. Suk SI, Kim WJ, Kim JH, et al. Restoration of thoracic kyphosis in the hypokyphotic spine: a comparison between multiple-hook and segmental pedicle screw fixation in adolescent idiopathic scoliosis. *J Spinal Disord*, 1999; 12: 489–95.
4. Liljenqvist UR, Lesien U, Hackenberg L, et al. Comparative analysis of pedicle screw and hook instrumentation in posterior correction and fusion of idiopathic thoracic scoliosis. *Eur Spine J* 2002; 11: 336–43.
5. Liljenqvist UR, Halm HF, Link TM. Pedicle screw instrumentation of the thoracic spine in idiopathic scoliosis. *Spine* 1997; 22: 2239–45.
6. Ebraheim NA, Jabaly G, Xu R, et al. Anatomic relations of the thoracic pedicle to the adjacent neural structures. *Spine* 1997; 22: 1553–7.
7. Cinotti G, Gumina S, Ripani M, et al. Pedicle instrumentation in the thoracic spine: a morphometric and cadaveric study for placement of screws. *Spine* 1999; 24: 114–9.
8. Farber GL, Place HM, Mazur RA, et al. Accuracy of pedicle screw placement in lumbar fusions by plain radiographs and computed tomography. *Spine* 1995; 20: 1494–9.
9. Kim YJ, Lenke LG, Keith HB, et al. Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine: Is it safe? *Spine* 2004; 29: 333–42.
10. Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicular screw placement in vivo. *Spine* 1990; 15: 11–4.
11. Lonstein JE, Denis F, Perra JH, et al. Complications associated with pedicle screws. *J Bone Joint Surg Am* 1999; 81: 1519–28.
12. Belmont PJ Jr, Klemme WR, Dhawan A, et al. In vivo accuracy of thoracic pedicle screws. *Spine* 2001; 26: 2340–6.
13. Kotwicki T, Napiontek M. Intravertebral deformation in idiopathic scoliosis: a transverse plane computer tomographic study. *J Pediatr Orthop*. 2008 Mar; 28 (2): 225–9.
14. Vaccaro AR, Rizzolo SJ, Allardycce TJ, et al. Placement of pedicle screws in the thoracic spine. I. Morphometric analysis of the thoracic vertebrae. *J Bone Joint Surg Am* 1995; 77: 1193–9.
15. Vaccaro AR, Rizzolo SJ, Balderston RA, et al. Placement of pedicle screws in the thoracic spine. II. An anatomical and radiographic assessment. *J Bone Joint Surg Am* 1995; 77: 1200–6.
16. Liljenqvist U, Link TM, Halm HF. Morphometric analysis of thoracic and lumbar vertebrae in idiopathic scoliosis. *Spine* 2000; 25: 1247–53.
17. Kuklo TR, Lenke LG, O'Brien MF, Lehman RA, Polly DW, Schroeder BS (2005) Accuracy and efficacy of thoracic pedicle screws in curves more than 90 degrees. *Spine* 20: 222–226
18. Assaker R, Reyns N, Vinchon M, et al. Transpedicular screw placement: image-guided versus lateral-view fluoroscopy: in vitro simulation. *Spine* 2001; 26: 2160–4.
19. Laine T, Lund T, Ylikoski M, et al. Accuracy of pedicle screw insertion with and without computer assistance: a randomized controlled clinical study in 100 consecutive patients. *Eur Spine J* 2000; 9: 235–41.
20. Rampersaud YR, Simon DA, Foley KT. Accuracy requirements for image guided spinal pedicle screw placement. *Spine* 2001; 26: 352–9.
21. Schwarzenbach O, Berlemann U, Jost B, et al. Accuracy of computer-assisted pedicle screw placement: an in vivo computed tomography analysis. *Spine* 1997; 22: 452–8.
22. Aaro S, Dahlborn M. Estimation of vertebral rotation and the spinal and rib cage deformity in scoliosis by computer tomography. *Spine* 1981; 6: 460–7.
23. Lenke L, Betz R, Harms J, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 2001; 83A: 1169–81.
24. Dvorak M, MacDonald S, Gurr KR, et al. An anatomic, radiographic, and biomechanical assessment of extrapedicular screw fixation in the thoracic spine. *Spine* 1993; 18: 1689–94.

Liczba słów/Word count: 4052

Tabele/Tables: 4

Ryciny/Figures: 6

Piśmiennictwo/References: 24

Adres do korespondencji / Address for correspondence

dr n. med. Piotr Harasymczuk, e-mail: pharasymczuk@gmail.com

Klinika Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej

61-454 Poznań, ul. 28 czerwca 1956r 135/147, tel: +48 604-287-832

Otrzymano / Received

04.07.2009 r.

Zaakceptowano / Accepted

16.09.2009 r.