

Piotr Majcher <sup>1</sup>, Marek Fatyga <sup>1</sup>, Witold Krupski <sup>2</sup>, Marcin Tataro <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Katedra i Klinika Ortopedii, Traumatologii i Rehabilitacji Akademii Medycznej, Lublin

<sup>2</sup> II Zakład Radiologii Lekarskiej Akademii Medycznej, Lublin

<sup>3</sup> Katedra Fizjologii Zwierząt Wydział Medycyny Weterynaryjnej AR, Lublin

## Tomografia komputerowa w ocenie gęstości tkanki kostnej i rotacji kręgów przed i po leczeniu operacyjnym skolioz

### *Computed tomography in bone density measurement and vertebral rotation assessment before and after surgical treatment of scoliosis*

**Słowa kluczowe:** gęstość tkanki kostnej, skoliozy, rotacja kręgów  
**Key words:** Bone density, scoliosis, vertebral rotation

#### SUMMARY

**Background.** There are changes on radiograms of bone tissue structure after surgical treatment in scoliosis.

**The aim of the study.** The aim of the current study is the assesment of bone density and vertebral rotation in apical part of spine scoliosis before and aftrter surgical treatment.

**Materials and methods.** Computed tomography examination was performed on young girls with right-side thoracic scoliosis, before and after surgical correction and spine stabilisation. Three-dimensional option (3D) was used to examine vertebrae from the peak of spine distortion. Bone density measurement in various parts of vertebral bodies and archs on concave and convex sides was performed, both before and after operation. Analogical examination of vertebral rotation in the superior part of spine was executed as well.

**Results and Conclusions.** Preliminary results and conclusions based on analysis of rotation before and after surgical CD method treatment with a use of titaninc grafts were presented. Postoperative examination has shown that rotation in the peak of spine distorsion remained unreduced. The grafts used to scoliosis correction have no influence on peak part of spine distorsion. Bone density changes in vertebrae consisted in increased values on more loaded side and decreased values on less loaded side in accordance to Delphech-Wolf's principle. Bone density increased also after spondylodesis with a use of autogenic bone grafts.

#### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Na radiogramach przeglądowych w skoliozie po leczeniu operacyjnym widoczna jest zmiana struktury tkanki kostnej.

**Cel pracy.** Ocena gęstości tkanki kostnej oraz rotacji kręgów szczytowych w skoliozie przed i po leczeniu operacyjnym.

**Material i metody.** Dziewczętom z prawostronną skoliozą piersiową wykonano tomografie komputerowe przed i po operacyjnej korekcji i stabilizacji kręgosłupa. W badaniu wykorzystano opcję przestrzenną 3D kilku kręgów szczytu skrzywienia. Przeprowadzono też komputerowe pomiary rotacji kręgów szczytowych skrzywienia przed i po operacji oraz zmierzono gęstość tkanki kostnej różnych części trzonów i łuków kręgów po stronie wklęsłej i wypukłej skrzywienia.

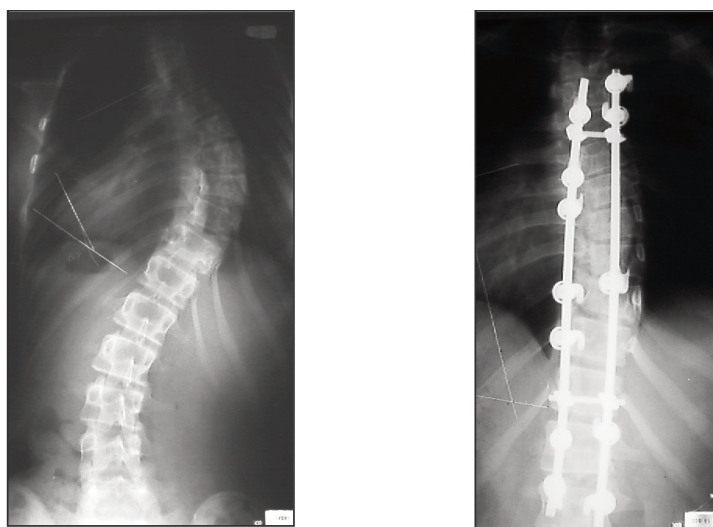
**Wyniki i Wnioski.** Przedstawiono wstępne wnioski z analizy rotacji przed i po leczeniu operacyjnym metodą CD z wykorzystaniem wszczepów tytanowych. Stwierdzono, że rotacja kręgów na szczycie skrzywienia

w badaniach pooperacyjnych nie zmniejszyła się. Wszczepy użyte do korekcji skoliozy nie wpływają zatem na szczyt skrzywienia. Zmiany gęstości tkanki kostnej kręgów polegały na zwiększeniu jej wartości po stronie zwiększonego obciążania i zmniejszeniu po stronie odciążonej skrzywienia zgodnie z prawem Delpech-Wolfa. Gęstość tkanki kostnej zwiększa się także po spondylodezach z zastosowaniem autogennych przeszczepów kostnych.

## WSTĘP

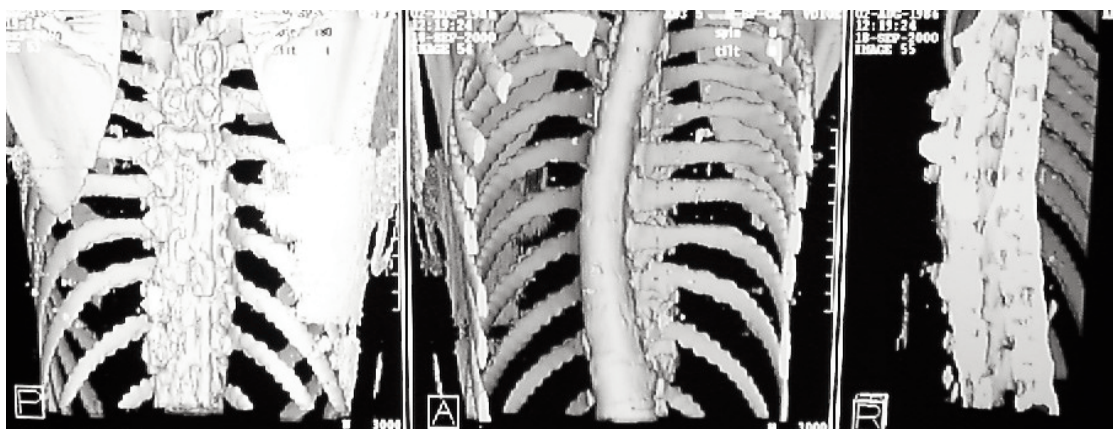
Wprowadzenie do leczenia operacyjnego skolioz wszczepów tytanowych zastępujących wszczepy stalowe otworzyło nowy rozdział pooperacyjnej diagno-

styki kręgosłupa i oceny światła kanału kręgowego (Ryc. 1, 2). Umożliwiło też ocenę gęstości tkanki kostnej kręgów tworzących skrzywienie przed i po leczeniu operacyjnym oraz pomiar rotacji kręgów szczytu skrzywienia.



Ryc. 1. Idiopatyczne prawostronne piersiowe skrzywienie kręgosłupa leczone operacyjnie metodą trójpłaszczyznowej korekcji z użyciem wszczepów tytanowych. Przed leczeniem operacyjnym wartość kątowa skrzywienia wynosiła 60°, po leczeniu operacyjnym zmniejszyła się do 20°

*Fig. 1. Idiopathic, thoracic, right-side spine distortion treated surgically using three-plane correction method and titanic grafts. The angular value of the spine distortion has reached 60° before operative treatment and it has been reduced to 20° after surgical treatment*



Ryc. 2. Rekonstrukcje przestrzenne 3D TK wykonane po leczeniu operacyjnym skoliozy z użyciem wszczepów tytanowych. Spondylodezę tylną uzyskano za pomocą autogennych przeszczepów kostnych. Możliwość oceny światła kanału kręgowego i otworów międzykręgowych

*Fig. 2. Three-dimensional 3D computed tomography reconstruction obtained after operative treatment of scoliosis using titanic grafts. Posterior spondylodesis was obtained using autogenic bone grafts. This three-dimensional reconstruction gives possibility of the vertebral canal and intravertebral foramens assessment*

Celem pracy jest przedstawienie wartości tomografii komputerowej w ocenie gęstości tkanki kostnej i rotacji kręgów szczytu skrzywienia w prawostronnej piersiowej skoliozie idiopatycznej, przed i po leczeniu operacyjnym metodą trójplaszczynowej korekcji i stabilizacji z wykorzystaniem wszczepów tytanowych (Ryc. 3, 4).

Pomiary gęstości tkanki kostnej i rotacji kręgów po leczeniu operacyjnym skoliozy pozwoliły ocenić przeprowadzone leczenie, jakość tkanki kostnej i rotację kręgów, co może mieć znaczenie w poznaniu biomechaniki skolioz [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19].

## MATERIAŁ I METODA

U 5 dziewcząt z idiopatycznymi skoliozami prawostronnymi piersiowymi, wykonano tomografię

komputerową kręgosłupa z wykorzystaniem opcji 3D przed i 6-8 tygodni po leczeniu operacyjnym. Przeprowadzono też pomiar gęstości tkanki kostnej trzonów i łuków kręgów szczytu skrzywienia po stronie wklęsłej i wypukłej oraz wykonano pomiary ich rotacji. Szczyt skrzywienia przypadał na kręgi Th<sub>8</sub>, Th<sub>9</sub>, Th<sub>10</sub>.

Pomiary gęstości tkanki kostnej trzonów i łuków wykonano po stronie wypukłej i po stronie wklęsłej skrzywienia.

## WYNIKI

Wyniki pomiarów gęstości tkanki kostnej trzonów Th<sub>8</sub>, Th<sub>9</sub> i Th<sub>10</sub> kręgów szczytu skrzywienia przedstawiono w Tabelach 1, 2, 3.

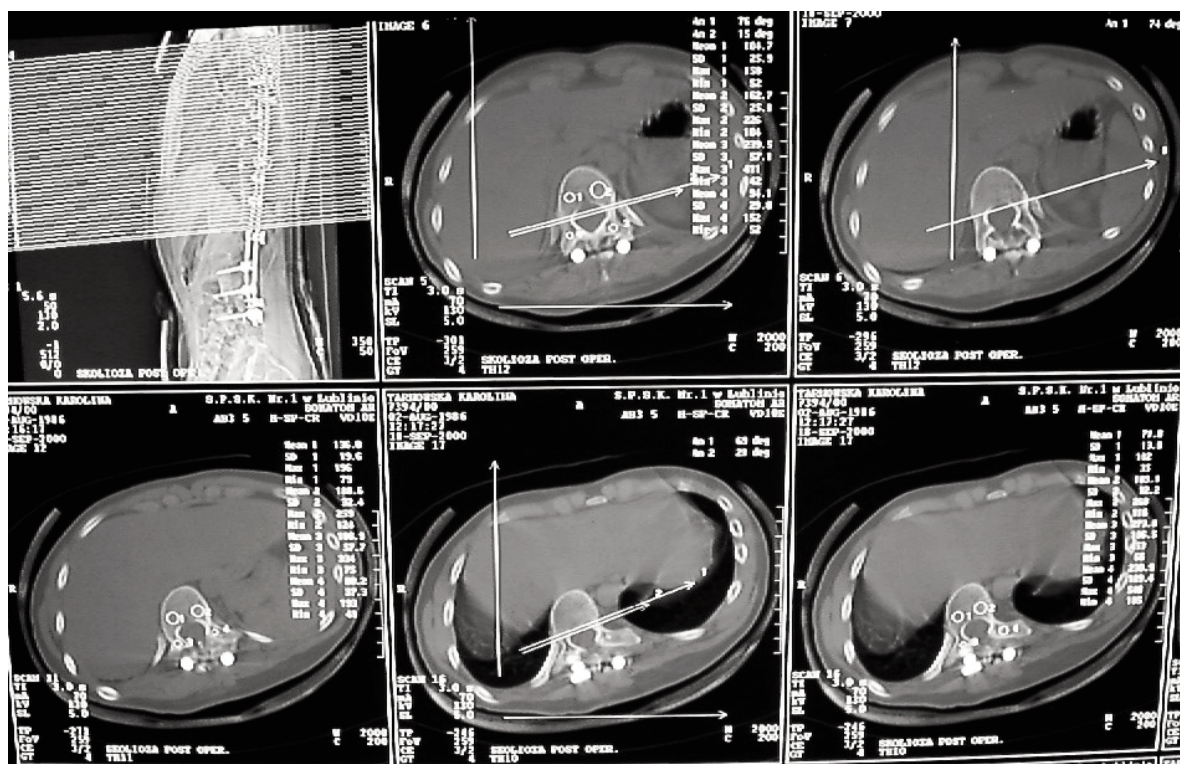
Z przedstawionych w Tabelach pomiarów gęstości tkanki kostnej trzonów kręgów po stronie wypukłej (pomiar 1) i wklęsłej (pomiar 2) szczytu skrzywie-



Ryc. 3. Ocena rotacji kręgu na szczycie skrzywienia i gęstości tkanki kostnej w skoliozie przed leczeniem operacyjnym. Widać punkty pomiaru gęstości tkanki kostnej oraz wektory pomiaru rotacji

Fig. 3. Vertebral rotation assessment in the peak part of spine distortion and bone density measurement, both before and after surgical treatment of scoliosis. There are presented regions of interest localisation for bone density measurement and vectors of vertebral rotation assessment





Ryc. 4. Pomiary gęstości kręgów i rotacji po leczeniu operacyjnym skoliozy. Widać dwa punkty (1,2) pomiaru gęstości na trzonach kręgów po stronie wklęsłej i wypukłej skrzywienia oraz dwa punkty pomiaru (3, 4] na łuku kręgu  
 Fig. 4. Bone density measurement and vertebral rotation assessment after operative treatment of scoliosis. There are presented regions of interest number 1 and 2 for vertebral body and number 3 and 4 for vertebral arch to determine bone density on concave and convex sides of spine distortion

Tab. 1. Wartości gęstości tkanki kostnej (jednostki Hounsfielda) trzonu kręgu Th<sub>8</sub>

Tab. 1. Bone density values (Hounsfield units) measured in Th<sub>8</sub> body vertebra

| Pacjentka | Przed leczeniem operacyjnym |       |         | Po leczeniu operacyjnym |       |         |
|-----------|-----------------------------|-------|---------|-------------------------|-------|---------|
| 1         | 1.                          | 105,3 | SD 16,6 | 1.                      | 105,3 | SD 16,6 |
|           | 2.                          | 186,6 | SD 38,2 | 2.                      | 186,6 | SD 38,2 |
| 2         | 1.                          | 105,3 | SD 16,6 | 1.                      | 105,8 | SD 14,3 |
|           | 2.                          | 186,6 | SD 38,2 | 2.                      | 217,7 | SD 43,5 |
| 3         | 1.                          | 15,8  | SD 14,3 | 1.                      | 15,8  | SD 14,3 |
|           | 2.                          | 217,7 | SD 43,5 | 2.                      | 217,7 | SD 43,5 |
| 4         | 1.                          | 173,6 | SD 34,5 | 1.                      | 191,2 | SD 40,6 |
|           | 2.                          | 315,0 | SD 47,6 | 2.                      | 314,5 | SD 52,1 |
| 5         | 1.                          | 191,2 | SD 40,6 | 1.                      | 181,2 | SD 35,6 |
|           | 2.                          | 314,5 | SD 52,1 | 2.                      | 301,5 | SD 42,2 |

Tab. 2. Wartości gęstości tkanki kostnej (jednostki Hounsfielda) trzonu kręgu Th<sub>9</sub>

Tab. 2. Bone density values (Hounsfield units) measured in Th<sub>9</sub> body vertebra

| Pacjentka | Przed leczeniem operacyjnym |       |         | Po leczeniu operacyjnym |       |         |
|-----------|-----------------------------|-------|---------|-------------------------|-------|---------|
| 1         | 1.                          | 101,5 | SD 27,9 | 1.                      | 168,5 | SD 20,2 |
|           | 2.                          | 205,1 | SD 29,6 | 2.                      | 241,1 | SD 14,2 |
| 2         | 1.                          | 96,9  | SD 35,8 | 1.                      | 173,2 | SD 20,4 |
|           | 2.                          | 249,6 | SD 29,9 | 2.                      | 209,5 | SD 25,6 |
| 3         | 1.                          | 168,1 | SD 34,3 | 1.                      | 200,1 | SD 25,0 |
|           | 2.                          | 273,3 | SD 45,5 | 2.                      | 279,2 | SD 47,4 |
| 4         | 1.                          | 163,6 | SD 34,5 | 1.                      | 170,2 | SD 40,6 |
|           | 2.                          | 301,0 | SD 47,6 | 2.                      | 304,5 | SD 52,1 |
| 5         | 1.                          | 153,2 | SD 44,5 | 1.                      | 171,2 | SD 35,6 |
|           | 2.                          | 265,2 | SD 45,3 | 2.                      | 289,5 | SD 42,2 |

Tab. 3. Wartości gęstości tkanki kostnej (jednostki Hounsfielda) trzonu kręgu Th<sub>10</sub>Tab. 3. Bone density values (Hounsfield units) measured in Th<sub>10</sub> body vertebra

| Pacjenta | Przed leczeniem operacyjnym |               | Po leczeniu operacyjnym |               |
|----------|-----------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| 1        | 1.                          | 26,6 SD 46,3  | 1.                      | 71,8 SD 13,8  |
|          | 2.                          | 182,4 SD 33,0 | 2.                      | 189,1 SD 32,2 |
| 2        | 1.                          | 194,4 SD 34,5 | 1.                      | 208,3 SD 17,7 |
|          | 2.                          | 236,3 SD 18,6 | 2.                      | 260,5 SD 29,4 |
| 3        | 1.                          | 231,6 SD 40,9 | 1.                      | 156,0 SD 31,7 |
|          | 2.                          | 303,0 SD 32,9 | 2.                      | 263,7 SD 26,1 |
| 4        | 1.                          | 180,3 SD 44,5 | 1.                      | 191,2 SD 41,6 |
|          | 2.                          | 330,4 SD 47,6 | 2.                      | 304,6 SD 42,1 |
| 5        | 1.                          | 270,2 SD 36,5 | 1.                      | 300,2 SD 35,6 |
|          | 2.                          | 320,1 SD 40,3 | 2.                      | 315,5 SD 42,2 |

nia w prawostronnej piersiowej skoliozie idiopatycznej wynika, że:

1. przed zabiegiem operacyjnym gęstość tkanki kostnej po stronie wklęsłej skoliozy była znacznie większa niż po stronie wypukłej szczytu skrzywienia, co może wynikać z różnych obciążeń kręgów.
2. po zabiegu operacyjnym gęstość tkanki kostnej po stronie wypukłej skoliozy nie zmienia się lub niekiedy wzrasta.
3. po zabiegu operacyjnym gęstość tkanki kostnej po stronie wklęsłej skoliozy nie ulega zmianie lub nieznacznie obniża się, co może świadczyć o zmniejszeniu obciążenia szczytu skrzywienia po tej stronie we wczesnym okresie pooperacyjnym.

Pomiary gęstości tkanki kostnej łuków kręgów Th<sub>8</sub>, Th<sub>9</sub>, Th<sub>10</sub> przedstawiono w Tabelach 4, 5, 6.

Z przedstawionych w Tabelach pomiarów gęstości tkanki kostnej łuków kręgów po stronie wypukłej (pomiar 3) i wklęsłej (pomiar 4) trzonów Th<sub>8</sub>, Th<sub>9</sub>, Th<sub>10</sub> szczytu skrzywienia w skoliozie idiopatycznej prawostronnej piersiowej wynika, że:

1. przed zabiegiem operacyjnym skoliozy gęstość tkanki kostnej łuków kręgów po stronie wklęsłej i wypukłej szczytu skrzywienia ma różne wartości, co potwierdzają nasze spostrzeżenia śródoperacyjne różnej wytrzymałości kości.
2. po zabiegu operacyjnym skoliozy gęstość tkanki kostnej łuków kręgów szczytu skrzywienia wzra-

Tab. 4. Wartości gęstości tkanki kostnej (jednostki Hounsfielda) łuku kręgu Th<sub>8</sub>Tab. 4. Bone density values (Hounsfield units) measured in Th<sub>8</sub> vertebral arch

| Pacjentka | Przed leczeniem operacyjnym |                | Po leczeniu operacyjnym |               |
|-----------|-----------------------------|----------------|-------------------------|---------------|
| 1         | 3.                          | 76,1 SD 65,9   | 3.                      | 147,9 SD 33,4 |
|           | 4.                          | 60,4 SD 34,4   | 4.                      | 200,4 SD 39,3 |
| 2         | 3.                          | 208,9 SD 83,1  | 3.                      | 276,4 SD 65,5 |
|           | 4.                          | 185,1 SD 29,6  | 4.                      | 198,0 SD 22,2 |
| 3         | 3.                          | 269,6 SD 104,7 | 3.                      | 301,0 SD 68,1 |
|           | 4.                          | 164,5 SD 51,7  | 4.                      | 313,4 SD 59,8 |
| 4         | 3.                          | 174,6 SD 49,2  | 3.                      | 221,3 SD 39,2 |
|           | 4.                          | 199,0 SD 60,1  | 4.                      | 248,2 SD 43,1 |
| 5         | 3.                          | 208,5 SD 54,9  | 3.                      | 257,5 SD 62,9 |
|           | 4.                          | 161,2 SD 34,8  | 4.                      | 195,4 SD 47,8 |

Tab. 5. Wartości gęstości tkanki kostnej (jednostki Hounsfielda) łuku kręgu Th<sub>9</sub>Tab. 5. Bone density values (Hounsfield units) measured in Th<sub>9</sub> vertebral arch

| Pacjentka | Przed leczeniem operacyjnym |                | Po leczeniu operacyjnym |               |
|-----------|-----------------------------|----------------|-------------------------|---------------|
| 1         | 3.                          | 34,3 SD 29,3   | 3.                      | 145,3 SD 37,3 |
|           | 4.                          | 81,5 SD 37,7   | 4.                      | 197,4 SD 62,3 |
| 2         | 3.                          | 114,7 SD 21,1  | 3.                      | 261,1 SD 68,0 |
|           | 4.                          | 147,2 SD 275,7 | 4.                      | 306,3 SD 42,7 |
| 3         | 3.                          | 296,9 SD 76,6  | 3.                      | 222,5 SD 36,0 |
|           | 4.                          | 239,0 SD 57,0  | 4.                      | 330,3 SD 68,2 |
| 4         | 3.                          | 274,6 SD 49,2  | 3.                      | 340,1 SD 50,6 |
|           | 4.                          | 302,0 SD 55,1  | 4.                      | 370,3 SD 68,2 |
| 5         | 3.                          | 173,5 SD 45,4  | 3.                      | 324,1 SD 48,3 |
|           | 4.                          | 161,2 SD 44,2  | 4.                      | 290,3 SD 34,7 |

sta po stronie wypukłej i wklęsłej wskutek pobudzenia kościotworzenia przez odwarstwienie okostnej i przyłożenie autogennych przeszczepów kostnych.

Rotację kręgów Th<sub>8</sub>, Th<sub>9</sub>, Th<sub>10</sub> mierzono przed i po leczeniu operacyjnym w dwóch płaszczyznach: pionowej i poziomej.

Otrzymane wyniki pomiarów zestawiono w Tabelach 7, 8, 9.

Z analizy wyników zawartych w Tabelach 7, 8, 9 wynika, że kręgi szczytu skrzywienia nie ulegają derotacji po leczeniu operacyjnym skoliozy metodą trójpłaszczyznowej korekcji i stabilizacji.

## WNIOSKI

1. Wykorzystanie tomografii komputerowej przed i po leczeniu operacyjnym skolioz umożliwia ocenę gęstości tkanki kostnej i rotacji kręgów szczytu skrzywienia.
2. Po operacyjnym leczeniu skoliozy zmieniają się obciążenia kręgów tworzących skrzywienie, lecz zmiany gęstości tkanki kostnej trzonów kręgów w badaniu tomografii komputerowej nie są charakterystyczne.
3. Po zastosowaniu metody trójpłaszczyznowej korekcji w leczeniu operacyjnym skolioz nie dochodzi do derotacji kręgów szczytu skrzywienia.

Tab. 6. Wartości gęstości tkanki kostnej (jednostki Hounsfielda) łuku kręgu Th<sub>10</sub>

Tab. 6. Bone density values (Hounsfield units) measured in Th<sub>10</sub> vertebral arch

| c | Przed leczeniem operacyjnym |       |         | Po leczeniu operacyjnym |       |          |
|---|-----------------------------|-------|---------|-------------------------|-------|----------|
| 1 | 3.                          | 31,4  | SD 36,9 | 3.                      | 273,8 | SD 106,5 |
|   | 4.                          | 119,6 | SD 59,3 | 4.                      | 230,9 | SD 109,4 |
| 2 | 3.                          | 118,6 | SD 26,6 | 3.                      | 212,8 | SD 54,4  |
|   | 4.                          | 239,0 | SD 36,2 | 4.                      | 303,3 | SD 36,3  |
| 3 | 3.                          | 295,4 | SD 96,6 | 3.                      | 342,7 | SD 48,9  |
|   | 4.                          | 366,1 | SD 37,6 | 4.                      | 342,9 | SD 59,2  |
| 4 | 3.                          | 185,6 | SD 49,2 | 3.                      | 258,3 | SD 69,1  |
|   | 4.                          | 200,6 | SD 38,1 | 4.                      | 270,4 | SD 52,5  |
| 5 | 3.                          | 210,9 | SD 64,7 | 3.                      | 319,3 | SD 41,6  |
|   | 4.                          | 171,6 | SD 45,4 | 4.                      | 251,3 | SD 38,3  |

Tab. 7. Wartości rotacji (w stopniach) trzonu kręgu Th<sub>8</sub>

Tab. 7. Rotation values (in degrees) of the Th<sub>8</sub> body vertebra

| Pacjentka | Przed leczeniem operacyjnym |    | Po leczeniu operacyjnym |    |
|-----------|-----------------------------|----|-------------------------|----|
| 1         | 1.                          | 64 | 1.                      | 69 |
|           | 2.                          | 26 | 2.                      | 21 |
| 2         | 1.                          | 72 | 1.                      | 73 |
|           | 2.                          | 17 | 2.                      | 16 |
| 3         | 1.                          | 69 | 1.                      | 67 |
|           | 2.                          | 20 | 2.                      | 23 |
| 4         | 1.                          | 68 | 1.                      | 69 |
|           | 2.                          | 21 | 2.                      | 21 |
| 5         | 1.                          | 73 | 1.                      | 72 |
|           | 2.                          | 17 | 2.                      | 18 |

Tab. 8. Wartości rotacji (w stopniach) trzonu kręgu Th<sub>9</sub>

Tab. 8. Rotation values (in degrees) of the Th<sub>9</sub> body vertebra

| Pacjentka | Przed leczeniem operacyjnym |    | Po leczeniu operacyjnym |    |
|-----------|-----------------------------|----|-------------------------|----|
| 1         | 1.                          | 68 | 1.                      | 66 |
|           | 2.                          | 22 | 2.                      | 24 |
| 2         | 1.                          | 78 | 1.                      | 72 |
|           | 2.                          | 11 | 2.                      | 18 |
| 3         | 1.                          | 73 | 1.                      | 74 |
|           | 2.                          | 17 | 2.                      | 15 |
| 4         | 1.                          | 74 | 1.                      | 73 |
|           | 2.                          | 17 | 2.                      | 18 |
| 5         | 1.                          | 79 | 1.                      | 75 |
|           | 2.                          | 11 | 2.                      | 15 |

Tab. 9. Wartości rotacji (w stopniach) trzonu kręgu Th<sub>10</sub>Tab. 9. Rotation values (in degrees) of the Th<sub>10</sub> body vertebra

| Pacjentka | Przed leczeniem operacyjnym | Po leczeniu operacyjnym |
|-----------|-----------------------------|-------------------------|
| 1         | 1. 70<br>2. 20              | 1. 69<br>2. 21          |
| 2         | 1. 83<br>2. 7               | 1. 78<br>2. 12          |
| 3         | 1. 78<br>2. 12              | 1. 78<br>2. 12          |
| 4         | 1. 77<br>2. 13              | 1. 76<br>2. 14          |
| 5         | 1. 80<br>2. 10              | 1. 79<br>2. 11          |

## PIŚMIENNICTWO

1. Billet F. et al.: Computed Tomography in traumatology with spacial regard to the advances of three-dimensional display. Arch. Orthop. Trauma Surg. 111,131,1992.
2. Bryc S. et al.: Złożone uszkodzenia stawów biodrowych i kości miednicy w obrazach trójwymiarowej rekonstrukcji przestrzennej TK (3D). Pol. Przegl. Radiol. 332, 4, 61, 1996.
3. Bryc S. et al.: Trójwymiarowe rekonstrukcje 3D TK w badaniach zmian urazowych kręgosłupa. Pol. Przegl. Radiol. 203, 3, 62, 1997.
4. Brant-Zawadzki M. Et al.: High Resolution CT of Thoracolumbal Fractures. AJR. 138, 699, 1982.
5. Fishman E. et al.: Multiplanar /MPR/ imaging of the hip. Radiographics. 6,7,1986.
6. Fishman E. et al.: Advanced three-dimensional evaluation of acetabular trauma: volumetric imaging processing. J. Trauma. 29,214,1989.
7. Guerra J. Jr.: Vertebral Burst Fractures: CT Analysis of the Retropulsed Fragment. Radiology. 1,53,769,1992.
8. Martinez C. Et al.: Evaluation of acetabular fractures with two and three-dimensional CT. RadioGraphics. 12,227, 1992.
9. Moss A., Gamsu G., Genant H.: Computed Tomography of the Whole Body With Magnetic Resonance Imaging. Chapter 11. The Joints /Stoller D., Genant H./, 446,1992.
10. Sartoris D., Resnick D.: Computed Tomography of the Spine: An Update and Review. Crit. Rev. Diagn. Imaging. 27,271,1987.
11. Scott W. Jr et al.: Acetabular fractures: optimal imaging. Radiology. 165,537,1987.
12. Shuman W. et al.: Thoracolumbar Burst Fractures: CT Dimensions of the Spinal Canal Relative to Postsurgical Improvement. AJR. 145,337,1985.
13. Sjöstrom L. et al.: Spinal canal remodelling after stabilization of thoracolumbar burst fractures. Europ. Spine J. 3, 312,1994.
14. Stievenart J. et al.: A survey of different high resolution visualization modes of volumetric object with applications. Surg. Radiol. Anat. 15,47,1993.
15. Totty W., Vannier M.: Complex Musculoskeletal Anatomy: Analysis Using Three-dimensional Surface Reconstruction. Radiology. 150,173,1984.
16. Van Savage J. et al: Fracture Dislocation of the Lumbosacral Spine: Case Report and Review of the Literature. J. Trauma. 33,779,1992.
17. Yang I. et al: Posterior lumbar apophyseal ring fractures: a report of 20 cases. Neuroradiology. 36,453,1994.
18. Złomaniec J. et al: Wartość opcji przestrzennej 3D TK w ocenie otworów międzykręgowych. Neurol. Neurochir. Pol. 825, 33, 1999.
19. Krupski W., Złomaniec J., Majcher P., Fatyga M.: CT with three-dimensional reconstruction in the evaluation of vertebra fissure and spondylolisthesis. European Congress of Radiology. Vienna 2002, European Radiology 2002, 12, Supp. 441.

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Dr Piotr Majcher

Klinika Ortopedii Akademii Medycznej

20-950 Lublin, ul. Jaczewskiego 8

Otrzymano / Received

23.01.2004 r.

Zaakceptowano / Accepted

13.03.2004 r.