**Ortopedia** *Traumatologia* **Rehabilitacja**
© MEDSPORTPRESS, 2010; 2(6); Vol. 12, 120-135

# Ocena kanału kręgowego i worka oponowego przed i po operacyjnym odciążeniu stenozy lędźwiowej w obrazie cyfrowej tomografii komputerowej

# Digital Computed Tomography Evaluation of Spinal Canal and Dural Sac Before and After Surgical Decompression of Lumbar Stenosis

**Kazimierz Rąpała[1,2(A,D,G)], Sławomir Chaberek[1(B,C)], Aleksandra Truszczyńska[1,2,3(A,D,F)], Stanisław Łukawski[1(B)], Piotr Walczak[1(B,E,F)]**

[1] Samodzielny Publiczny Szpital Kliniczny im. prof. A. Grucy, Otwock
[2] Zamiejscowy Wydział Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego, Biała-Podlaska
[3] Wyższa Szkoła Ekonomiczna Almamer, Warszawa
[1] Professor Adam Gruca Teaching Hospital, Otwock
[2] Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw, Faculty of Physical Education, Biała Podlaska
[3] Faculty of Physioterapy, Almamer Higher School of Economics, Warsaw

## STRESZCZENIE

**Wstęp.** Wykorzystując postępy w cyfrowej tomografii komputerowej postanowiono tą techniką obrazowania ocenić korelacje pomiędzy lędźwiowym kanałem kręgowym i workiem oponowym. Celem pracy było: 1. Zbadanie za pomocą cyfrowej tomografii komputerowej, wartości operacyjnego odciążenia struktur nerwowych. 2. Ustalenie matematycznych zależności pomiędzy polem powierzchni worka oponowego a zwężonym kanałem kręgowym przed i po operacji.

**Materiał i metody.** Analizie poddano 33 chorych operowanych z powodu stenozy lędźwiowej. Grupa ta posiadała pełną dokumentację kliniczną i obrazową.

**Wyniki.** 1. Stwierdzono różnice istotne statystycznie w wymiarze strzałkowym kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą przed i po operacji na poziomie L4 i L5. L4: Norma – 16,85 mm, Przed operacją – 14,10 mm; Po operacji – 15,18 mm. L5: Norma – 17,77 mm, Przed operacją – 15,79 mm; Po operacji – 15,83 mm. 2. Ustalono różnice istotne statystycznie w wartościach współczynnika określającego stosunek pola powierzchni kanału kręgowego do pola powierzchni trzonu kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą przed zabiegiem operacyjnym. L4: Norma – 19,5%, Przed operacją – 17,7%; Po operacji – 20,3%. L5: Norma – 19,37%, Przed operacją – 14,25%; Po operacji – 17,93%. 3. Stwierdzono też różnice istotne statystycznie w wartościach współczynnika określającego stosunek pola powierzchni worka oponowego do pola powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą przed zabiegiem operacyjnym. L4: Norma – 69,84%, Przed operacją – 51,82%, Po operacji – 67,36%. L5: Norma – 70,31%, Przed operacją – 61,40%; Po operacji – 69,46%.

**Wnioski.** 1. Wartość współczynnika określającego stosunek pole powierzchni kanału kręgowego do pola powierzchni trzonu kręgu L4 i L5 po operacji była statystycznie porównywalna ze współczynnikiem wyznaczonym dla prawidłowego kręgosłupa. 2. Współczynnik określający stosunek pola powierzchni worka oponowego do pola powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 lub L5 po zabiegu operacyjnym był porównywalny z współczynnikiem obliczonym dla prawidłowego kręgosłupa.

**Słowa kluczowe:** lędźwiowy kanał kręgowy, pomiary morfometryczne, cyfrowa tomografia komputerowa, odciążenie kanału kręgowego

## SUMMARY

**Background.** Advances in digital computed tomography prompted the authors to use this technique to measure correlations between the lumbar spinal canal and the dural sac. The aim of the study was to: 1. Evaluate the value of surgical decompression of neural structures using digital computed tomography. 2. Establish mathematical correlations between the surface area of the dural sac and the narrowed spinal canal before and after the operation.

**Material and methods.** The analysis involved 33 patients who underwent lumbar stenosis surgery. Complete clinical records and imaging examination reports were available for this group of patients.

**Results.** 1. Statistically significant differences in spinal canal height at L4 and L5 were found between the control group (N) and the surgically treated group before and after surgery. L4: Reference – 16.85 mm, before surgery – 14.10 mm; after surgery – 15.8 mm. L5: Reference – 17.77 mm, before surgery – 15.79 mm; after surgery – 15.83 mm. 2. Statistically significant differences were found in the ratio of the surface area of the spinal canal and vertebral body surface area at L4 and L5 between the control group (N) and the operated group before surgery. L4: Reference – 19.5%, before surgery – 17.7%, after surgery – 20.3%. L5: Reference – 19.37%, before surgery – 14.25%; after surgery – 17.93%. 3. Statistically significant differences were found in the ratio of the surface area of the dural sac to the spinal canal surface area at L4 and L5 between the control group (N) and the operated group before surgery. L4: Reference – 69.84%, before surgery – 51.82%, after surgery – 67.36%. L5: Reference – 70.31%, before surgery – 61.40%; after surgery – 69.46%.

**Conclusions.** 1. The ratio of the surface area of the spinal canal to the vertebral body surface area at L4 and L5 after surgery was statistically comparable to the value obtained for a normal spine. 2. The ratio of the surface area of the dural sac to the spinal canal surface area at L4 and L5 after surgery was statistically comparable to the value obtained for a normal spine.

**Key words:** lumbar spinal canal, morphometric measurements, digital computed tomography, spinal canal decompression

## WSTĘP

Zwężenie kanału kręgowego w odcinku lędźwiowym i związane z tym bóle wymagają przeważnie leczenia operacyjnego. Wykorzystując postępy w cyfrowej tomografii komputerowej postanowiono tą techniką obrazowania ocenić zależności pomiędzy wymiarami kanału kręgowego a wymiarami worka oponowego.

## CELE PRACY

1. Zbadanie za pomocą cyfrowej tomografii komputerowej, wartości operacyjnego odciążenia struktur nerwowych dotyczącego odciążenia: wysokości, szerokości i pola powierzchni kanału kręgowego.
2. Ustalenie matematycznych zależności pomiędzy polem powierzchni worka oponowego a zwężonym kanałem kręgowym przed i po operacji.

## MATERIAŁ I METODY

Analizie poddano 33 chorych operowanych z powodu stenozy lędźwiowej. Grupa ta posiadała pełną dokumentację kliniczną i obrazową. Wykonane badania tomograficzne kręgosłupa przed operacją i po operacji zapisane na płytach CD przetwarzano cyfrowo z dokładnością 0,01. Badania te były przedmiotem dokładnej analizy. Na Rycinie 1 przedstawiono sposób przeprowadzonych badań. Szczegółową charakterystykę chorych przedstawiono w Tabeli 1.

## BACKGROUND

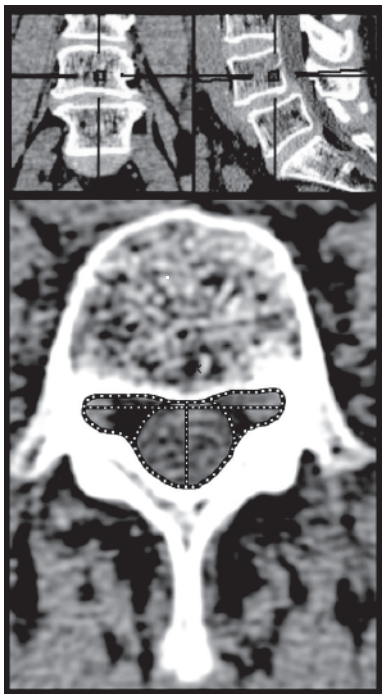
Stenosis of the lumbar spinal canal and the accompanying pain usually require surgical intervention. Advances in digital computed tomography prompted the authors to use this technique to measure correlations between the lumbar spinal canal and dural sac.

## AIMS OF STUDY

1. To evaluate the value of surgical decompression of neural structures using digital computed tomography with regard to the height, width and surface area of the spinal canal
2. To establish mathematical correlations between the surface area of the dural sac and the narrowed spinal canal before and after the operation.

## MATERIAL AND METHODS

The analysis involved 33 patients who underwent lumbar stenosis surgery. Complete clinical records and imaging examination reports were available for this group of patients. Pre- and post-operative computed tomography scans were recorded on CDs and digitalized with accuracy of 0.01. The images were carefully analysed as presented on Figure 1. Table 1 presents the details of patients characteristics.



Ryc. 1. TK kręgosłupa lędźwiowego. Linie przechodzące przez środek nasad łuku informują o powierzchni kanału kręgowego i worka oponowego na przekroju osiowym TK

Fig. 1. CT of lumbar spine. Lines going through the centre of pedicles refer to the surface area of the spinal canal and dural sac on a horizontal CT cut

Grupa pacjentów leczonych operacyjnie składała się z 33 pacjentów, 25 kobiet i 8 mężczyzn. Na poziomie L5 stwierdzono stenozę w 12 przypadkach (K – 12, M – 0). Na poziomie L4 stwierdzono stenozę w 21 przypadkach (K – 13, M – 8). Charakterystyka grupy kontrolnej jest umieszczona w Tabeli 2.

## WYNIKI POMIARÓW I ANALIZ NA POZIOMIE L4

W grupie chorych ze stenozą przed i po operacji na poziomie L4 wartości zmierzonych parametrów przedstawiono w Tabeli 3 w której umieszczono również pomiary grupy kontrolnej (norma).

The group of operated patients consisted of 33 persons, including 25 females and 8 males. In 12 cases, the stenosis was observed at the L5 level (F – 12, M – 0). In 21 patients, the stenosis was observed at the L4 level (F-13, M-8). The control group characteristics are presented in Table 2.

## RESULTS OF MEASUREMENTS AND ANALYSES AT L4 LEVEL

Table 3 presents the values obtained for the group with stenosis at L4 before and after surgery, as well as the values for the control group (reference values).

Tab. 1. Grupa pacjentów leczonych operacyjnie
Tab. 1. Group of operated patients

| | Płeć<br>Sex | N | Średnia<br>Mean | Odch Standard<br>Standard deviation |
|---|---|---|---|---|
| Wiek [lata]<br>Age [years] | K<br>Female | 25 | 53.40 | 15.59 |
| | M<br>Male | 8 | 58.00 | 9.77 |
| | Cała grupa<br>Whole group | 33 | 54.52 | 14.39 |
| Waga [kg]<br>Weight | K<br>Female | 25 | 72.84 | 15.52 |
| | M<br>Male | 8 | 73.75 | 8.83 |
| | Cała grupa<br>Whole group | 33 | 73.06 | 14.07 |
| Wzrost [cm]<br>height | K<br>Female | 25 | 162.8 | 2.166 |
| | M<br>Male | 8 | 174.5 | 6.612 |
| | Cała grupa<br>Whole group | 33 | 165.6 | 6.260 |
| BMI | K<br>Female | 25 | 27.51 | 5.997 |
| | M<br>Male | 8 | 24.38 | 3.780 |
| | Cała grupa<br>Whole group | 33 | 26.75 | 5.653 |

Tab. 2. Grupa kontrolna
Tab. 2. Control group

| | Płeć<br>Sex | N | Średnia<br>Mean | Odch Std<br>Standard deviation | Min | Max |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Wiek<br>Age | K<br>Female | 8 | 24.8 | 7.91 | 18.0 | 37.0 |
| | M<br>Male | 34 | 26.6 | 4.82 | 20.0 | 38.0 |
| | Cała grupa<br>Whole group | 42 | 26.2 | 5.47 | 18.0 | 38.0 |

Tab. 3. Wartości wysokości, szerokości i pola powierzchni kanału w badanych grupach na poziomie L4

Tab. 3. Height, width and surface area of spinal canal at L4 in individual groups

| Grupa<br>Group | Średnia<br>Mean | | | Odchylenie Standardowe<br>Standard deviation | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Wysokość<br>Height<br>[mm] | Szerokość<br>Width<br>[mm] | Powierzchnia kanału<br>Spinal canal surface area [$mm^2$] | Wysokość<br>Height<br>[mm] | Szerokość<br>Width<br>[mm] | Powierzchnia kanału<br>Spinal canal surface area [$mm^2$] |
| Norma<br>Reference value | 16.85 | 28.05 | 297.7 | 0.690 | 0.959 | 9.90 |
| Przed zabiegiem<br>Before surgery | 14.10 | 24.58 | 275.0 | 1.160 | 2.501 | 17.05 |
| Po zabiegu<br>After surgery | 15.18 | 32.77 | 316.3 | 1.445 | 3.336 | 20.17 |

Tab. 4. Zestawienie wyników statystycznie znamiennych różnic pomiędzy wartościami badanych parametrów wysokości, szerokości i pola powierzchni kanału dla badanych grup na poziomie L4: N – grupa kontrolna, przed operacją – grupa ze stenozą przed operacją, po operacji – grupa ze stenozą po operacji

Tab. 4. Comparison of results of statistical significance tests for differences in height, width, and spinal canal area between groups at the L4 level: N – control group, before surgery – group with stenosis before surgery, after surgery – group with stenosis after surgery

| Wysokość [mm]<br>Height | | | |
|---|---|---|---|
| | N | Przed operacją<br>Before surgery | Po operacji<br>After surgery |
| N | | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) |
| Przed operacją<br>Before surgery | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) | | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>(p>0.05) |
| Po operacji<br>After surgery | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>(p>0.05) | |

| Szerokość [mm]<br>Width | | | |
|---|---|---|---|
| | N | Przed operacją<br>Before surgery | Po operacji<br>After surgery |
| N | | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) |
| Przed operacją<br>Before surgery | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) | | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) |
| Po operacji<br>After surgery | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) | |

Tab. 4 (cd.). Zestawienie wyników statystycznie znamiennych różnic pomiędzy wartościami badanych parametrów wysokości, szerokości i pola powierzchni kanału dla badanych grup na poziomie L4: N – grupa kontrolna, przed operacją – grupa ze stenozą przed operacją, po operacji – grupa ze stenozą po operacji

Tab. 4 (cont.). Comparison of results of statistical significance tests for differences in height, width, and spinal canal area between groups at the L4 level: N – control group, before surgery – group with stenosis before surgery, after surgery – group with stenosis after surgery

| | Powierzchnia kanału [$mm^2$]<br>Spinal canal surface area | | |
|---|---|---|---|
| | N | Przed operacją<br>Before surgery | Po operacji<br>After surgery |
| N | | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) |
| Przed operacją<br>Before surgery | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) | | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) |
| Po operacji<br>After surgery | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) | Różnice istotne<br>Statistically significant (p<0.05) | |

Za pomocą testów nieparametrycznych sprawdzono czy różnice pomiędzy poszczególnymi grupami były istotne statystycznie dla p=0,05. W Tabeli 4 przedstawiono wyniki analizy znamienności statystycznych różnic pomiędzy wartościami: wysokości, szerokości i pola powierzchni kanału kręgowego dla badanych grup na poziomie L4.

W kolejnej analizie badano zależności pomiędzy polem powierzchni trzonu kręgowego a polem powierzchni kanału kręgowego (Tabela 5) oraz stosunek pola powierzchni kanału kręgowego do pola powierzchni worka oponowego opony twardej (Tabela 6)

Za pomocą testów nieparametrycznych sprawdzono czy różnice pomiędzy poszczególnymi grupami były istotne statystycznie dla p=0,05. W Tabeli 7 przedstawiono wyniki analizy znamienności statystycznych różnic pomiędzy wartościami wyznaczonych współczynników dla badanych grup na poziomie

Non-parametric tests were used to evaluate the statistical significance of differences between individual groups at p=0.05. The results of evlauation of the statistical significance of differences between the height, width and surface area of the spinal canal at L4 in individual groups are presented in Table 4.

The next analysis focused on correlations between vertebral body surface and spinal canal surface area (Table 5) and the ratio of the surface area of the spinal canal to the surface area of the dural sac (Table 6).

Non-parametric tests were used to evaluate the statistical significance of the differences between individual groups at p=0.05. The results of evaluation of the statistical significance of differences between the analyzed ratios at L4 in individual groups are presented in Table 7. After surgery the ratio was similar to the one in the control group (N).

Tab. 5. Wartość stosunku pola powierzchni kanału kręgowego do pola powierzchni trzonu kręgowego wyrażonego w [%] dla badanych grup na poziomie L4

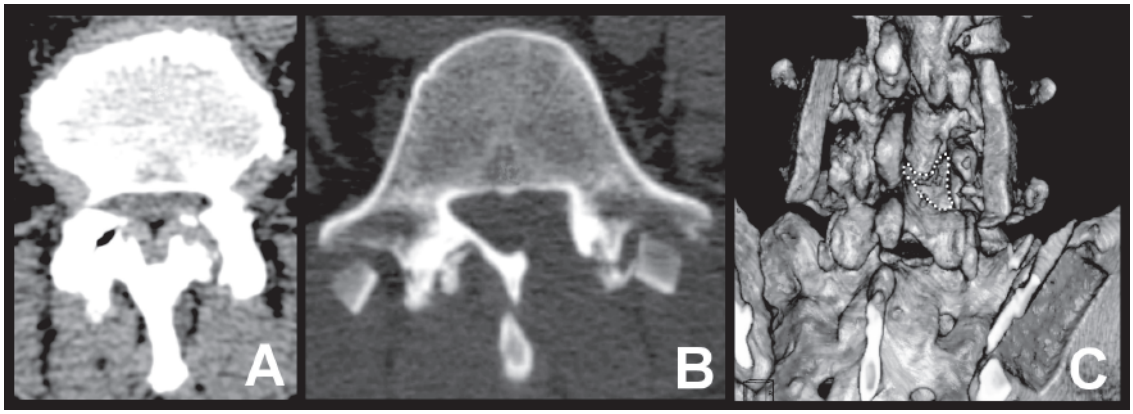
Tab. 5. Percentage ratios of surface area of spinal canal to vertebral body surface area at the L4 level in individual groups [%]

| Grupa<br>Group | Pow. kanału/Pow. trzonu [%]<br>Surface area of spinal canal / vertebral body | |
|---|---|---|
| | Średnia<br>Mean | Odch. Std.<br>Standard deviation |
| Norma<br>Reference value | 19.5 | 1.63 |
| Przed zabiegiem<br>Before surgery | 17.7 | 1.60 |
| Po zabiegu<br>After surgery | 20.3 | 1.38 |

Tab. 6. Wartości współczynnika będącego stosunkiem pola powierzchni worka oponowego do pola powierzchni kanału kręgowego w [%] na poziomie L4 w badanych grupach

Tab. 6 Percentage ratios of surface area of dural sac to spinal canal surface area at the L4 level in individual groups

| Grupa<br>Group | Pow. worka oponowego [$mm^2$]<br>Surface area of dural sac | | Pow. worka op./Pow. kanału [%]<br>Surface area of dural sac/ spinal canal | |
|---|---|---|---|---|
| | Średnia<br>Mean | Odch. Std.<br>Standard deviation | Średnia<br>Mean | Odch. Std.<br>Standard deviation |
| Norma<br>Reference value | 207.96 | 12.960 | 69.84 | 3.370 |
| Przed zabiegiem<br>Before surgery | 142.36 | 14.651 | 51.82 | 4.830 |
| Po zabiegu<br>After surgery | 212.28 | 14.790 | 67.36 | 6.195 |




Ryc. 2. TK chorej G.S. lat 58, ze stenozą L4 przed operacją (a,), po prawostronnym odciążeniu (b) i rekonstrukcji objętościowej 3D po odciążeniu (c). Kręgosłup dodatkowo usztywniony na wyrostkach poprzecznych z powodu niestabilności międzykręgowej

Fig. 2. CT scans of patient G.S. with L4 stenosis before surgery (a), after right-sided decompression (b) and 3D reconstruction (c). Spine is additionally stabilized on transverse processes due to intervertebral instability

Tab. 7. Zestawienie wyników testów znamienności różnic pomiędzy wartościami badanych współczynników dla badanych grup na poziomie L4: N – grupa kontrolna, przed operacją – grupa ze stenozą przed zabiegiem operacyjnym, po operacji – grupa ze stenozą po zabiegu operacyjnym

Tab. 7. Comparison of results of statistical significance tests for differences between groups at the L4 level: N – control group, before surgery – group with stenosis before surgery, after surgery – group with stenosis after surgery

| | Pow. kanału/Pow. trzonu [%]<br>Surface area of spinal canal / vertebral body | | |
|---|---|---|---|
| | N | Przed operacją<br>Before surgery | Po operacji<br>After surgery |
| N | | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>($p>0.05$) |
| Przed operacją<br>Before surgery | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) | | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) |
| Po operacji<br>After surgery | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>($p>0.05$) | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) | |

Tab. 7 (cd.). Zestawienie wyników testów znamienności różnic pomiędzy wartościami badanych współczynników dla badanych grup na poziomie L4: N – grupa kontrolna, przed operacją – grupa ze stenozą przed zabiegiem operacyjnym, po operacji – grupa ze stenozą po zabiegu operacyjnym

Tab. 7 (cont.). Comparison of results of statistical significance tests for differences between groups at the L4 level: N – control group, before surgery – group with stenosis before surgery, after surgery – group with stenosis after surgery

| Pow. worka oponowego [$mm^2$]<br>Dural sac surface area | | | |
|---|---|---|---|
| | N | Przed operacją<br>Before surgery | Po operacji<br>After surgery |
| N | | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>($p>0.05$) |
| Przed operacją<br>Before surgery | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) | | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) |
| Po operacji<br>After surgery | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>($p>0.05$) | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) | |

| Pow. worka oponowego/Powowierzchnia kanału [%]<br>Surface area of dural sac / spinal canal | | | |
|---|---|---|---|
| | N | Przed operacją<br>Before surgery | Po operacji<br>After surgery |
| N | | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>($p>0.05$) |
| Przed operacją<br>Before surgery | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) | | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) |
| Po operacji<br>After surgery | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>($p>0.05$) | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) | |

L4. Po operacji wartość współczynnika była zbliżona do wartości współczynnika grupy kontrolnej (N).

## WYNIKI POMIARÓW I ANALIZ NA POZIOMIE L5

W grupie chorych ze stenozą przed i po operacji na poziomie L5 wartości zmierzonych parametrów takich jak: wysokość, szerokość i pole powierzchni kanału kręgowego przedstawiono w Tabeli 8.

W Tabeli 9 przedstawiono wyniki analizy znamienności statystycznych różnic pomiędzy wartościami wysokości, szerokości i pola powierzchni kanału kręgowego dla badanych grup na poziomie L5.

W Tabeli 10 przedstawiono wyznaczone wartości parametru będącego stosunkiem pola powierzchni kanału kręgowego do pola powierzchni trzonu kręgowego wyrażonego w [%] dla badanych grup na poziomie L5.

## RESULTS OF MEASUREMENTS AND ANALYSES AT L5 LEVEL

Table 8 presents the values of the measured parameters: height, width and surface area of the spinal canal for patients with stenosis at L5 before and after surgery.

The results of analysis of the statistical significance of differences between these values are shown in Table 9.

Table 10 presents the calculated values of the percentage ratio of spinal canal surface area to vertebral body surface area at L5 for individual groups.

The ratio of dural sac surface area to surface area of the spinal canal at L5 is presented in Table 11. After surgery the percentage ratio was similar to the

Tab. 8. Wartości wysokości, szerokości i pola powierzchni kanału w badanych grupach na poziomie L5

Tab. 8. Height, width and surface area of spinal canal in individual groups at L5

| Grupa<br>Group | Średnia<br>Mean | | | Odch. Std.<br>Standard deviation | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Wysokość<br>Height<br>[mm] | Szerokość<br>Width<br>[mm] | Pow. kanału<br>Spinal canal<br>surface area [$mm^2$] | Wysokość<br>Height<br>[mm] | Szerokość<br>Width<br>[mm] | Pow. kanału<br>Spinal canal<br>surface area [$mm^2$] |
| Norma<br>Reference value | 17.77 | 34.57 | 386.5 | 1.169 | 2.742 | 50.6 |
| Przed zabiegiem<br>Before surgery | 15.79 | 30.05 | 307.2 | 0.933 | 1.487 | 41.5 |
| Po zabiegu<br>After surgery | 15.83 | 36.86 | 385.8 | 1.637 | 3.207 | 95.1 |

Tab. 9. Zestawienie wyników testów znamienności różnic pomiędzy wartościami badanych parametrów: wysokości, szerokości i pola powierzchni kanału dla badanych grup na poziomie L5: N – grupa kontrolna, przed operacją – grupa ze stenozą przed operacją, po operacji – grupa ze stenozą po operacji

Tab. 9. Comparison of results of statistical significance tests for differences in height, width and spinal canal surface area between groups at the L5 level: N – control group, before surgery – group with stenosis before surgery, after surgery – group with stenosis after surgery

| Wysokość<br>Height [mm] | | | |
|---|---|---|---|
| | N | Przed operacją<br>Before surgery | Po operacji<br>After surgery |
| N | | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) |
| Przed operacją<br>Before surgery | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) | | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>($p>0.05$) |
| Po operacji<br>After surgery | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>($p>0.05$) | |

| Szerokość<br>Width [mm] | | | |
|---|---|---|---|
| | N | Przed operacją<br>Before operation | Po operacji<br>After surgery |
| N | | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>($p>0.05$) |
| Przed operacją<br>Before surgery | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) | | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) |
| Po operacji<br>After surgery | Brak istotnych różnic<br>No significant differences ($p>0.05$) | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>($p<0.05$) | |

Tab. 9 (cd.). Zestawienie wyników testów znamienności różnic pomiędzy wartościami badanych parametrów: wysokości, szerokości i pola powierzchni kanału dla badanych grup na poziomie L5: N – grupa kontrolna, przed operacją – grupa ze stenozą przed operacją, po operacji – grupa ze stenozą po operacji

Tab. 9 (cont.). Comparison of results of statistical significance tests for differences in height, width and spinal canal surface area between groups at the L5 level: N – control group, before surgery – group with stenosis before surgery, after surgery – group with stenosis after surgery

| Powierzchnia kanału<br>Spinal canal surface area [mm$^2$] | | | |
|---|---|---|---|
| | N | Przed operacją<br>Before surgery | Po operacji<br>After surgery |
| N | | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>(p>0.05) |
| Przed operacją<br>Before surgery | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) | | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) |
| Po operacji<br>After surgery | Brak istotnych różnic<br>No significant differences (p>0.05) | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) | |

Tab 10. Wartości stosunku pola powierzchni kanału kręgowego do pola powierzchni trzonu kręgowego wyrażonego w [%] dla badanych grup na poziomie L5

Tab. 10. Percentage ratio of surface area of spinal canal to vertebral body surface area at L5

| Grupa<br>group | Pow. kanału/Pow. trzonu [%]<br>Surface area of spinal canal/ vertebral body | |
|---|---|---|
| | Średnia<br>Mean | Odch. Std.<br>Standard deviation |
| Norma<br>Reference value | 19.37 | 3.154 |
| Przed operacją<br>Before surgery | 14.25 | 4.573 |
| Po operacji<br>After surgery | 17.93 | 6.716 |

Tab. 11 Wartości współczynnika będącego stosunkiem pola powierzchni worka oponowego do pola powierzchni kanału kręgowego w [%] na poziomie L5 w badanych grupach

Tab. 11. Percentage ratios of surface area of dural sac to spinal canal surface area at the L5 level in individual groups

| Grupa<br>Group | Pow. worka oponowego<br>Dural sac surface area [mm$^2$] | | Pow. worka op./Pow. kanału<br>Dural sac/ spinal canal surface area [%] | |
|---|---|---|---|---|
| | Średnia<br>Mean | Odch. Std<br>Standard deviation. | Średnia<br>Mean | Odch. Std.<br>Standard deviation |
| Norma<br>Reference value | 271.89 | 38.07 | 70.31 | 3.207 |
| Przed zabiegiem<br>Before surgery | 187.36 | 10.33 | 61.40 | 4.936 |
| Po zabiegu<br>After surgery | 265.65 | 57.67 | 69.46 | 3.340 |

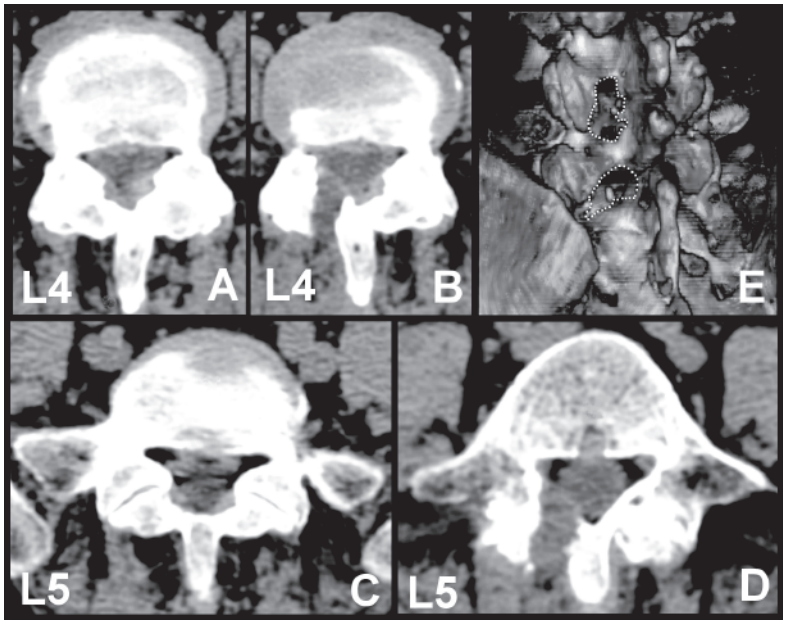
Wyniki analizy współczynnika będącego stosunkiem pola powierzchni worka oponowego do pola powierzchni kanału kręgowego na poziomie L5 przedstawia Tabela 11. Po operacji wartość współczynnika była zbliżona procentowo do współczynnione in the control group, with the reference value amounting to 19.37% compared to 14.25% before surgery, and 17.93% after surgery.

Non-parametric tests were used to evaluate the statistical significance of differences between indi-

ka grupy kontrolnej: Norma – 19,37%; przed operacją – 14,25%, po operacji – 17,93%.

Za pomocą testów nieparametrycznych sprawdzono czy różnice pomiędzy poszczególnymi grupami były

vidual groups at p=0.05. The results of evaluation of the statistical significance of differences between the ratios in individual groups at L5 are presented in Table 12.




Ryc. 3. Przykład. TK chorej A.M. lat 61, ze stenozą na poziomie L4 i L5 przed operacją (A,C), po lewostronnym odciążeniu (B,D) i rekonstrukcji objętościowej 3D po odciążeniu (E)

Fig. 3. Example of CT scan of patient A.M. with L4-L5 stenosis before surgery (A,C), after left-sided decompression (B,D), and 3D reconstruction (E)

Tab. 12. Zestawienie wyników testów znamienności różnic pomiędzy wartościami badanych współczynników dla badanych grup na poziomie L5: N – grupa kontrolna, przed operacją – grupa ze stenozą przed zabiegiem operacyjnym, po operacji – grupa ze stenozą po zabiegu operacyjnym

Tab. 12. Comparison of statistical significance tests for differences in ratios between individual groups at L5: N – control group, before surgery – group with stenosis before surgery, after surgery – group with stenosis after surgery

| Pow. kanału/Pow. trzonu<br>spinal canal surface area/ vertebral body surface area [%] | | | |
|---|---|---|---|
| | N | Przed operacją<br>Before surgery | Po operacji<br>After surgery |
| N | | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>(p>0.05) |
| Przed operacją<br>Before surgery | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) | | różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) |
| Po operacji<br>After surgery | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>(p>0.05) | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) | |

| Pow. worka oponowego [mm2]<br>Dural sac surface area | | | |
|---|---|---|---|
| | N | Przed operacją<br>Before surgery | Po operacji<br>After surgery |
| N | | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>(p>0.05) |
| Przed operacją<br>Before surgery | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) | | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) |
| Po operacji<br>After surgery | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>(p>0.05) | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) | |

Tab. 12 (cd.). Zestawienie wyników testów znamienności różnic pomiędzy wartościami badanych współczynników dla badanych grup na poziomie L5: N-grupa kontrolna, przed operacją – grupa ze stenozą przed zabiegiem operacyjnym, po operacji – grupa ze stenozą po zabiegu operacyjnym

Tab. 12 (cont.). Comparison of statistical significance tests for differences in ratios between individual groups at L5: N – control group, before surgery – group with stenosis before surgery, after surgery – group with stenosis after surgery

| Pow. w. op./Pow. kanału [%]<br>Dural sac/spinal canal surface area | | | |
|---|---|---|---|
| | N | Przed operacją<br>Before surgery | Po operacji<br>After surgery |
| N | | różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) | brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>(p>0.05) |
| Przed operacją<br>Before surgery | różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) | | różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) |
| Po operacji<br>After surgery | Brak istotnych różnic<br>No significant differences<br>(p>0.05) | Różnice istotne<br>Statistically significant<br>(p<0.05) | |

istotne statystycznie dla p=0,05. W Tabeli 12 przedstawiono wyniki analizy znamienności statystycznych różnic pomiędzy wartościami wyznaczonych współczynników dla badanych grup na poziomie L5.

## PODSUMOWANIE

1. Stwierdzono różnice istotne statystycznie w wymiarze strzałkowym kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupa przed i po operacji na poziomie L4 i L5.
   L4: Norma – 16,85 mm, Przed operacją – 14,10 mm; Po operacji – 15,18 mm.
   L5: Norma – 17,77 mm, Przed operacją – 15,79 mm; Po operacji – 15,83 mm.
2. Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie w wymiarze strzałkowym kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 przed i po operacji, ponieważ operacja odciążająca nie wpływa na wysokość kanału kręgowego.
3. Różnice istotne statystycznie stwierdzono w wartościach szerokości kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą przed i po operacji na poziomie L4 lub L5. Występowanie różnic wynika z wpływu operacyjnego odciążenia na szerokość kanału kręgowego na poziomie L4 lub L5.
   L4: Norma – 28,05 mm, Przed operacją – 24,58 mm; Po operacji – 32,77 mm.
   L5: Norma – 34,57 mm, Przed operacją – 30,05 mm; Po operacji – 36,86 mm.
4. Stwierdzono różnice istotne statystyczne w wartościach pola powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą badaną przed i po operacji na poziomie L4 i L5. Były również różnice istotne statystycznie w wartościach pola powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 przed i po opera-

## SUMMARY OF RESULTS

1. Statistically significant differences in spinal canal height at L4 and L5 were found between the control group (N) and the surgically treated group both before and after surgery.
   L4: Reference – 16.85 mm, before surgery – 14.10 mm; after surgery – 15.8 mm.
   L5: Reference – 17.77 mm, before surgery – 15.79 mm; after surgery – 15.83 mm.
2. No statistically significant differences in spinal canal height at L4 and L5 were found before and after surgery, because a decompression procedure has no influence on this parameter.
3. Statistically significant differences in spinal canal width at L4 and L5 were found between the control group (N) and the surgically treated group both before and after surgery. These differences were due to the fact that surgical decompression influences the spinal canal width at L4 or L5.
   L4: Reference – 28.05 mm, before surgery – 24.58 mm; after surgery – 32.77 mm.
   L5: Reference – 34.57 mm, before surgery – 30.05 mm; after surgery– 36.86 mm.
4. Statistically significant differences in spinal canal surface area at L4 and L5 were found between the control group (N) and the surgically treated group both before and after surgery at L4 and L5. There were also statistically significant differences in spinal canal surface area at L4 and L5 before and after surgery. Decompression resulted in a significant increase in the spinal canal surface area at these levels:

cyjnym leczeniu. Odciążenie powodowało istotne statystycznie zwiększenie pola powierzchni kanału kręgowego na operowanych poziomach:
L4: Norma – 297,7 mm$^2$, Przed operacją – 275,0 mm$^2$; Po operacji – 316,3 mm$^2$.
L5: Norma – 386,5mm$^2$, Przed operacją – 307,2 mm$^2$; Po operacji – 385,8mm$^2$.

5. Wykazano różnice istotne statystycznie w wartościach współczynnika określającego stosunek pola powierzchni kanału kręgowego do pola powierzchni trzonu kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą przed i po operacji. Nie stwierdzono natomiast różnic istotnych statystycznie w wartościach współczynnika określającego stosunek pola powierzchni kanału kręgowego do pola powierzchni trzonu kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą po zabiegu operacyjnym na poziomie L4 i L5. Świadczy to, że opisywany współczynnik wyznaczony po zabiegu operacyjnym był statystycznie porównywalny z współczynnikiem wyznaczonym dla prawidłowego kręgosłupa.
L4: Norma – 19,5%, Przed operacją – 17,7%, Po operacji – 20,3%.
L5: Norma – 19,37%, Przed operacją – 14,25%; Po operacji – 17,93%.
6. Stwierdzono różnice istotne statystycznie w wartościach współczynnika określającego stosunek pola powierzchni worka oponowego do pola powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą przed zabiegiem operacyjnym. Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie w wartościach współczynnika określającego stosunek pola powierzchni worka oponowego do pola powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą po zabiegu operacyjnym na poziomie L4 i L5. Świadczy to, że opisywany współczynnik po zabiegu operacyjnym był statystycznie porównywalny z współczynnikiem wyznaczonym dla prawidłowego kręgosłupa.
L4: Norma – 69,84%, Przed operacją – 51,82%, Po operacji – 67,36%.
L5: Norma – 70,31%, Przed operacją – 61,40%; Po operacji – 69,46%.

## DYSKUSJA

Ustalenie przyczyn bólów w odcinku lędźwiowym kanału kręgowego wymaga dokładnej diagnostyki. Składają się na to przede wszystkim badania kliniczne, obrazowe i laboratoryjne. Badania obrazowe – poza MR – są badaniami inwazyjnymi. Dlatego też po skutecznym operacyjnym odciążeniu struktur ner-

L4: Reference – 297.7 mm$^2$, before surgery – 275.0 mm$^2$; after surgery – 316.3 mm$^2$.
L5: Reference – 386.5 mm$^2$, before surgery – 307.2 mm$^2$; after surgery – 385.8 mm$^2$.

5. Statistically significant differences in the ratio of the surface area of the spinal canal to the vertebral body surface area at L4 and L5 were found between the control group (N) and the surgically treated group both before and after surgery. At the same time, there were no statistically significant differences in the ratio of the surface area of the spinal canal to the vertebral body surface area at L4 and L5 between the control group (N) and the patients after surgery at L4 and L5. This means that the ratio obtained after surgery was statistically comparable to that obtained for a normal spine.
L4: Reference – 19.5%, before surgery – 17.7%, after surgery – 20.3%.
L5: Reference – 19.37%, before surgery – 14.25%; after surgery – 17.93%.
6. Statistically significant differences in the ratio of the dural sac surface area to the surface area of the spinal canal at L4 and L5 were found between the control group (N) and the patients before surgery. There were no statistically significant differences in the ratio of the surface area of the dural sac to the spinal canal surface area at L4 and L5 between the control group (N) and the operated group after surgery at the L4 and L5 level. This means that the ratio after surgery was statistically comparable to that obtained for a normal spine.
L4: Reference – 69.84%, before surgery – 51.82%, after surgery – 67.36%.
L5: Reference – 70.31%, before surgery – 61.40%; after surgery – 69.46%.

## DISCUSSION

Finding the cause of pain in the lumbar spinal canal requires advanced diagnostic work-up consisting of clinical assessment, imaging examinations and laboratory tests. Imaging techniques, except for MRI, are invasive. Thus, after surgical decompression of neural structures, CT evaluation of the extent

wowych ocenę rozległości odciążenia stenozy lędźwiowej w TK wykonuje się w przypadkach szczególnych. Zaliczyć do nich można: utrzymujące się po operacji bóle, nawrót dolegliwości lub wykonanie tego badania przez samego chorego przez zniecierpliwionego utrzymującymi się bólami. Przeprowadzona przez autorów ocena kanału kręgowego w obrazie TK przed i po operacyjnym leczeniu stenozy lędźwiowej wymagała dokładnych poszukiwań i starań by skompletować wystarczającą do analizy grupę 33 chorych. Badano przekrój poprzeczny kanału kręgowego przez nasadę łuku oraz na tym samym poziomie przekrój poprzeczny worka oponowego kręgu L4 i L5. Oceniano wysokość, szerokość oraz pole powierzchni przekroju poprzecznego kanału kręgowego i worka oponowego z dokładnością do 0,01. Opisywane w literaturze badania dotyczące pola przekroju poprzecznego kanału kręgowego i worka oponowego w przeważającej mierze były retrospektywne z wykorzystaniem mielotomografii komputerowej wykonywanej przed podjęciem decyzji o operacyjnym leczeniu [1,2,3,4]. Wszystkie te badania za pomocą TK pokazywały dokładnie elementy kostne kanału kręgowego [5,6]. Natomiast worek oponowy na przekroju poprzecznym był słabo widoczny. Dlatego wskazane było, celem lepszego uwidocznienie worka oponowego, dokanałowe podanie środka kontrastowego. O wartości badania mielograficznego połączonego z badaniem TK informował Malawski [6].

Wprowadzenie cyfrowej tomografii komputerowej w połączeniu z mielografią umożliwiły dokładniejszą ocenę struktur nerwowych kanału kręgowego. Zheng i wsp. w 2006 roku opisali nową metodę polegającą na wykonaniu trzech pomiarów: A – pola przekroju poprzecznego worka oponowego na poziomie krążka międzykręgowego, B – pola przekroju poprzecznego kanału kręgowego przez nasadę łuku, C – pola przekroju poprzecznego trzonu kręgowego. Zastosowanie współczynnika A/B x 100 i jego niska wartość informowała o poważnym ucisku worka oponowego z jego kompresją i wysoki stopień stenozy [7]. Natomiast niski współczynnik B/C x 100 oznaczał małą pojemność dla elementów nerwowych. Powyższe badania przeprowadzono u 26 mężczyzn i 24 kobiet. Sposób ten jest użyteczną metodą informującą o rozpoznaniu stenozy kanału kręgowego. Autorzy ci korzystali z cyfrowej konsoli jako urządzenia pomiarowego oceniającego morfologię kanału kręgowego. Badania pomiarowe kanału kręgowego i opony twardej wykazywały znaczne różnice dotyczące płci. Badania te były solidne i bardziej czułe niż pomiary rentgenowskie. Ulrich i wsp. określili stenozę kanału kręgowego o wymiarze mniejszym niż 145 $mm^2$.

of decompression of lumbar stenosis is performed only in special cases, such as sustained pain after surgery, relapse of symptoms or when the patient, bothered by persistent pain, insists on having a scan. Finding 33 patients required to ensure sufficient power of the computed tomography evaluation of spinal canal before and after surgical treatment undertaken in this study demanded considerable effort. The study focused on the midpedicular cross-section of spinal canal and dural sac at the L4 and L5 level. Spinal canal and dural sac height, width and surface area were evaluated with an accuracy of 0.01. Previous studies of spinal canal and dural sac surface areas have mainly been retrospective and based on myelo-CT performed before surgery was decided on [1,2,3]. All those CT studies presented in detail the bony elements of the spinal canal (5,6). At the same time, the dural sac was poorly visible in the cross-section. In order to improve its visibility, a contrast agent was administered intrathecally. The advantages of the myelo-CT technique were reported by Malawski [6].

The introduction of digital myelo-CT allowed for more precise evaluation of the spinal canal neural structures. Zheng et al. described in 2006 a new method consisting in the measurement of three parameters: A – cross-sectional area of dural sac at disk level, B – cross-sectional area of spinal canal at midpedicular level, C – cross-sectional area of vertebral body [7]. A low A/B x 100 ratio implied severe dural sac compression and high degree stenosis. A low B/C x 100 ratio implied little space left for neural elements. The study involved 26 male and 24 female patients. This is a useful method for detecting spinal canal stenosis. The authors used a digital console as a measurement tool for evaluation of spinal canal anatomy. Measurements of the spinal canal and the dural sac revealed significant gender differences. These studies were more reliable and more sensitive than X-ray assessment. Urlich et al. defined spinal canal stenosis as less than 145 $mm^2$. In our study, the spinal canal surface area at L4 was 275 $mm^2$ and the dural sac surface area was 142.36 $mm^2$ [5].

In 2008, Sirvanci et al. presented a study evaluating the degree of spinal canal stenosis and investigating the correlation between stenosis and its clinical presentation [8]. They reported that stenosis is still a clinical and radiological syndrome and the clinical presentation and MRI imaging data were only important in determining which levels should be decompressed. Hurri and other authors had difficulty in finding a correlation between clinical manifestations and severity of imaging pathologies [9,10,11,12]. The lack of correlation was also confirmed by Boden,

W naszych pomiarach pole powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 wynosiło 275 mm$^2$ a pole powierzchni worka oponowego 142,36 mm$^2$ [5].

Badania dotyczące stopnia zwężenia kanału kręgowego i zależności pomiędzy zwężeniem a obrazem klinicznym opisali Sirvanci i wsp. w 2008 roku. Podali oni, że stenoza pozostaje zespołem kliniczno-radiologicznym a sam obraz kliniczny i MR były objawami ważnymi tylko w rozwiązaniach dotyczących wyboru poziomu odciążenia [8]. Hurri oraz inni mieli trudności w znalezieniu korelacji pomiędzy obrazem klinicznym a ciężkością zmian w technikach obrazowania [9,10,11,12]. Taki brak korelacji potwierdzili: Boden, Szpalski i Gunzburg oraz Amundsen [10,13,14]. W rozważaniach tych należy brać pod uwagę wpływ morfologicznych i psychosocjalnych zmian dotyczących bólów w stenozie lędźwiowej [15]. Stwierdzono również, że pozycja kręgosłupa – zgięcie/wyprost – ma wpływ na stwierdzane objawy kliniczne, ponieważ zmienia się pojemność kanału kręgowego [1].

Przeprowadzone przez nas badania statystyczne dotyczące poziomów L4 i L5 i porównywane z grupą kontrolna 42 kręgosłupów o prawidłowej budowie wykazały szereg znamiennych danych świadczących skutecznym operacyjnym poszerzeniu kanału kręgowego. Były też różnice istotne statystycznie w wymiarze strzałkowym kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupa przed i po operacji na poziomie L4 i L5. Nie stwierdzono natomiast różnic istotnych statystycznie w wymiarze strzałkowym kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 przed i po operacji, ponieważ operacja odciążająca nie wpływała na wysokość kanału kręgowego. Stwierdzono różnice istotne statystycznie w wartościach szerokości kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą przed i po operacji na poziomie L4 lub L5. Występowanie różnic wynika z wpływu na szerokość kanału kręgowego operacyjnego odciążenia kanału na poziomie L4 lub L5. Wykazano różnice istotne statystyczne w wartościach pola powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą badaną przed i po operacji na poziomie L4 i L5. Stwierdzono również różnice istotne statystycznie w wartościach pola powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 przed i po operacyjnym leczeniu. Odciążenie powodowało znaczące statystycznie zwiększenie pola powierzchni kanału kręgowego na operowanych poziomach. Ustalono, że były różnice istotne statystycznie w wartościach współczynnika określającego stosunek pola powierzchni kanału kręgowego do pola powierzchni trzonu kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą przed zabiegiem operacyjnym.

Szpalski and Gunzburg, as well as Amundsen [10,13, 14]. The impact of anatomical and psychosocial factors on pain in lumbar stenosis should be taken into consideration in this discussion [15]. The position of the spine in flexion or extension also influences the clinical picture, because it changes spinal canal capacity [1].

Our statistical analysis at L4 and L5 compared with a control group of 42 normal spines helped to obtain a number of significant data which confirm effective surgical decompression of the spinal canal. We also found statistically significant differences in spinal canal height at L4 and L5 between the control group and the surgically treated group before and after surgery at L4 and L5. At the same time, no statistically significant differences in spinal canal height at L4 and L5 were found in the surgically treated group before vs. after surgery, because decompression had no influence on this parameter. Statistically significant differences in spinal canal width at L4 and L5 were found between the control group (N) and the surgically treated group before and after surgery. These differences were owed to the impact of surgical decompression on spinal canal width at L4 or L5. Statistically significant differences in spinal canal surface area at L4 and L5 were found between the control group (N) and the surgically treated group before and after surgery at L4 and L5. Statistically significant differences were also found in spinal canal surface area at L4 and L5 in the treated group before and after surgery. Decompression resulted in a significant increase in the spinal canal surface area at the operated levels. Statistically significant differences in the ratio of the surface area of the spinal canal to the vertebral body surface area at L4 and L5 were found between the control group (N) and the surgically treated group before surgery. Statistically significant differences were also found in the ratio of the surface area of the spinal canal to the vertebral body surface area at L4 and L5 between the control group (N) and the surgically treated group after surgery at L4 and L5. The post-operative ratio was statistically comparable to the values obtained for a normal spine. Such a detailed anatomic study has never been described before in the available literature.

Our study only confirmed abnormalities in spinal canal anatomy without investigating any correlation between surgical dilation of the spinal canal and the clinical condition of the patient.

cyjnym. Wykazano różnice istotne statystycznie w wartościach współczynnika określającego stosunek pola powierzchni kanału kręgowego do pola powierzchni trzonu kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą normy a grupą po zabiegu operacyjnym na poziomie L4 i L5. Świadczy to o fakcie, że opisywany współczynnik wyznaczony po zabiegu operacyjnym był statystycznie porównywalny z współczynnikiem wyznaczonym dla prawidłowego kręgosłupa. Tak dokładnych badań morfologicznych dostępnych w piśmiennictwie nie prowadzono.

Badania te świadczyły wyłącznie o zmianach obrazu morfologicznego kanału kręgowego i nie informowały o korelacji pomiędzy operacyjnym poszerzeniem kanału kręgowego a obrazem klinicznym operowanego chorego.

## WNIOSKI

1. Ocena dolnego odcinka kanału kręgowego za pomocą cyfrowej TK przed i po operacji stenozy lędźwiowej informuje wyłącznie o rozległości odciążenia.
2. Odciążenie powodowało istotne statystycznie zwiększenie pola powierzchni kanału kręgowego na poziomach L4 i L5 porównywalne z polem powierzchni prawidłowego kręgosłupa.
3. Wartość współczynnika określającego stosunek pole powierzchni kanału kręgowego do pola powierzchni trzonu kręgu L4 i L5 po operacji był statystycznie porównywalny ze współczynnikiem wyznaczonym dla prawidłowego kręgosłupa.
4. Współczynnik określający stosunek pola powierzchni worka oponowego do pola powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 lub L5 po zabiegu operacyjnym był porównywalny z współczynnikiem obliczonym dla prawidłowego kręgosłupa.

## CONCLUSIONS

1. Digital computed tomography evaluation of the inferior segment of the spinal canal before and after surgery for lumbar stenosis only provides data on the extent of decompression.
2. Decompression resulted in a statistically significant increase of the surface area of the spinal canal at L4 and L5 comparable to the values obtained for a normal spine.
3. The ratio of the surface area of the spinal canal to the vertebral body surface area at L4 and L5 after surgery was statistically comparable to the value obtained for a normal spine.
4. The ratio of the surface area of the dural sac to the spinal canal surface area at L4 and L5 after surgery was comparable to the value obtained for a normal spine.

## PIŚMIENNICTWO / REFERENCES


1. Penning L, Wilmink JT. Posture-dependent bilateral compression of L4 or L5 nerve roots in facet hypertrophy. A dynamic CT-myelographic study. Spine 1987;12:488-500.
2. Tanga P, Papatheodorou C. Myelographic findings in spondylosis of the lumbar spine. British J of Radiology 1973; 36:122-128.
3. Bolender NF, Schonstrom M, Sprengel DM. Role of computed tomography and myelography in the diagnosis of central spinal stenosis. J Bone Joint Surg 1985;67(A):240-246.
4. Oland G, Hoff TG. Intraspinal cross sectional area measured of myelography-computed tomography. Spine 1977; 22 :1805-1810.
5. Ulrich CG, Binet EF, Sanecki MG, Kieffer SA. Quantitative assessment of the lumbar spine canal by computed tomography. Radiology 1980; 134: 137-143.
6. Malawski S. Spondyloortopedia. Ciasnota kanału kręgosłupa lędźwiowego. Wydanie CMKP, Warszawa, 1988.
7. Zheng F, Farmer JC, Sandhu HS, O`Leary PF. A novel method for the quantitative evaluation of lumbar spinal stenosis. Hospital for Special Surgery Journal 2006; 2: 136-140.
8. Sirvanci M, Bahtia M, Ganiyusufoglu KA, Duran C, Tezel T, Ozturk M, Aydogan M, Hanzanoglu A. Degenerative lumbar spine stenosis: correlation with Oswestry disability index and MR imaging. Eur Spine J 2008; 17: 679-685.
9. Hurri H, Slatis P, Soni J, Tallroth K, Alaranta H, Laine T, Heliovaara M. Lumbar spinal stenosis: assessment of long term outcome 12 years after operative and conservative treatment. Spinal Disord J 1998; 11: 110-115.
10. Amundsen T, Weber H, Lilleas F, Nordal HJ, Abdelnoor M, Magnes B. Lumbar spinal stenosis. Clinical and radiologic features. Spine 1995; 20: 1178-1186.

11. Jonsson B, Annertz M, Sjoberg C, Stromqvist B. A prospective and consecutive study of surgically treated lumbar spinal stenosis. Part I: clinical features related to radiographic findings. Spine 1997; 22 :2932-2937.
12. Lohman CM, Tallroth K, Kettunen JA, Lindgren KA. Comparison of radiologic signs and clinical symptoms of spinal stenosis. Spine 2006; 31: 1834-1840.
13. Boden SD, Davis DO, Dina TS, Patronas NJ, Wiesel SW. Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. A prospective investigation. J Bone Joint Surg 1990; 72: 403-408.
14. Szpalski M, Gunzburg R. Lumbar spinal stenosis in the elderly: an overview. Eur Spine J 2003; 12(suppl. 2): 170-175.
15. Carragee EJ, Alamin TF, Miller JL, Carragee JM. Discographic, MRI and psychosocial determinants of low back pain disability and remission: a prospective study in subjects with benign persistent back pain. Spine 2005; 5: 24-35.

**Liczba słów/Word count:** 5747 **Tabele/Tables:** 12 **Ryciny/Figures:** 3 **Piśmiennictwo/References:** 15

*Adres do korespondencji / Address for correspondence*
*Prof. dr hab. med. Kazimierz Rąpała*
*Samodzielny Publiczny Szpital Kliniczny im. prof. A. Grucy*
*05-400 Otwock, ul. Konarskiego 13*

*Otrzymano / Received 12.02.2009 r.*
*Zaakceptowano / Accepted 20.06.2009 r.*