



© J ORTHOP TRAUMA SURG REL RES 4 (20) 2010
Original article/Artykuł oryginalny

Morphology of spinal canal and dural sac before and after operation of lumbar stenosis in digital computer tomography

Morfologia kanału kręgowego i worka oponowego przed i po operacji stenozy lędźwiowej w obrazie cyfrowej tomografii komputerowej

KAZIMIERZ RĄPAŁA^{1,2}, SŁAWOMIR CHABEREK¹, ALEKSANDRA TRUSZCZYŃSKA^{1,2},
STANISŁAW ŁUKAWSKI¹, PIOTR WALCZAK¹

¹ Samodzielny Publiczny Szpital Kliniczny im. prof. A. Grucy, Otwock¹
Kierownik Kliniki CMKP: prof. dr hab. n. med. Wojciech Marczyński

² Zamiejscowy Wydział Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego
w Białej-Podlaskiej

Address for correspondence/Adres do korespondencji:
Prof. dr hab. med. Kazimierz Rąpała
ul. Barcicka 47, 01-839 Warszawa
tel. 667060066; e-mail: aleksandra.rapala@wp.pl

Statistic/Statystyka

Word count/Liczba słów	1158/990
Tables/Tabele	9
Figures/Ryciny	0
References/Piśmiennictwo	25

Received: 17.07.2010
Accepted: 19.08.2010
Published: 13.10.2010

Praca została zrealizowana w ramach projektu badawczego Komitetu Badań Naukowych nr 2 P05C 04129

Summary

Introduction. Stenosis or spinal canal narrowing is a term used for description of structural narrowing of spinal canal diameter.

Aims of the study were to: 1. Undertake prospective studies in order to evaluate with the use of digital computer tomography dimensions of spinal canal. 2. Examine with the use of digital CT a value of operative decompression of neural structures. 3. Find mathematical relationships between dural sac surface area and narrowed spinal canal before and after operation.

Material and methods. Examined group consisted of 176 patients (83 men and 93 women). Authors examined and evaluated 528 levels that were compared to control group (42 persons). Examinations were made with the use digital CT. Detailed analysis was conducted on 48 patients from study group treated operatively. This group had a complete clinical and radiological documentation.

Results. Statistically significant differences were found

- on L4 and L5 between control group (N) and the group before and after the operation.
 - L4: Norm – 297,7mm²; before operation – 275,1 mm²; after operation – 315,8 mm²
 - L5: Norm – 386,5 mm²; before operation – 305,7 mm²; after operation – 383,8 mm²
- Rate defining dural sac surface area to spinal canal surface area on L4 and L5 level between control group (N) and the group before and after the operation.
 - L4: Norm – 69,84%; before operation – 51,44%; after operation – 67,01%
 - L5: Norm – 70,31%; before operation – 61,04%; after operation – 69,79%

Conclusions. 1. Surface area of spinal canal after surgical decompression was comparable to control group spinal canal surface area. 2. Rate defining dural sac surface area to spinal canal surface area on L4 and L5 level between control group (N) and the group before and after the operation was comparable to the rate of normal spine.

Key words: lumbar spinal canal, morphometric measurements, digital computer tomography, decompression of spinal canal, lumbar stenosis

Streszczenie

Wstęp. Stenoza lub ciasnota kanału kręgowego jest to pojęcie używane dla określenia objawów strukturalnego zwężenia światła kanału kręgowego.

Celem pracy było: 1. Podjęcie prospektywnych badań oceniających za pomocą cyfrowej TK wymiary kanału kręgowego. 2. Zbadanie za pomocą cyfrowej TK wartość operacyjnego odciążenia struktur nerwowych. 3. Ustalenie matematycznych zależności między polem powierzchni worka oponowego a zwężonym kanałem kręgowym przed i po operacji.

Materiał i metody. Badana grupa obejmowała 176 chorych (mężczyzn było 83 a kobiet 93). Zbadano i oceniono 528 poziomów, które porównano z 42 osobową grupą kontrolną. Badana przepro-

wadzano z zastosowaniem cyfrowej TK. Z całej tej grupy szczegółowej analizie poddano 48 chorych operowanych z powodu stenozy lędźwiowej. Grupa ta posiadała pełną dokumentację kliniczną i obrazową.

Wyniki. Stwierdzono różnice istotne statystycznie w wartościach:

- pola powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą przed operacją i po operacji:
 - L4: Norma – 297,7 mm²; Przed operacją – 275,1 mm²; Po operacji – 315,8 mm²
 - L5: Norma – 386,5 mm²; Przed operacją – 305,7 mm²; Po operacji – 383,8 mm²
- współczynnika określającego stosunek pola powierzchni worka oponowego do pola powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą przed operacją i po operacji:
 - L4: Norma – 69,84%; Przed operacją – 51,44%; Po operacji – 67,01%
 - L5: Norma – 70,31%; Przed operacją – 61,04%; Po operacji – 69,79%

Wnioski. 1. Pole powierzchni kanału kręgowego po odciążeniu było porównywalne do pola powierzchni kanału kręgowego grupy kontrolnej. 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: stenoza lędźwiowa, cyfrowa tomografia komputerowa, odciążenie kanału kręgowego, pomiary morfometryczne

INTRODUCTION

Spinal canal narrowing may be caused by many various factors that evoke changes leading to spinal canal and foraminal stenosis in a degree provoking clinical symptoms such as local pain, radicular pain, paraesthesia and neurological claudication.

The knowledge of the anatomy of the spinal canal is a crucial point for understanding the mechanisms of its narrowing. All diseases leading to a change of position of elements forming the walls of the spinal canal or leading to a change of shape of these elements cause a decrease of the lumen of the canal and radicular foramina.

Narrowing of the spinal canal in the lumbar spine and related to that radiating pain usually require surgical treatment.

Taking advantage of advancement of digital computer tomography it was decided to evaluate the relationships between dimensions of the spinal canal and the dimensions of the dural sac.

AIMS OF THE STUDY

Aims of the study were to:

1. Undertake prospective studies in order to evaluate with the use of digital computer tomography dimensions of spinal canal and the dural sac.
2. Examine with the use of digital CT a value of operative decompression of neural structures
3. Find mathematical relationships between dural sac surface area and narrowed spinal canal before and after operation.

WSTĘP

Ciasnota kanału kręgowego może być wywołana bardzo różnymi czynnikami, które powodują zmiany prowadzące do stenozy kanału kręgowego i otworów korzeniowych w stopniu powodującym wystąpienie objawów klinicznych w postaci bólów miejscowych, korzeniowych, zaburzeń czucia i chromania neurologicznego.

Poznanie budowy kanału kręgowego ma kluczowe znaczenie dla zrozumienia mechanizmów powstania jego ciasnoty. Wszystkie schorzenia prowadzące do zmiany położenia elementów tworzących ściany kanału kręgowego w obrębie siebie lub do zmiany ich kształtu lub wielkości powodują zmniejszenie światła kanału i otworów korzeniowych.

Zwężenie kanału kręgowego w odcinku lędźwiowym i związane z tym bóle promieniujące do kończyn wymagają przeważnie leczenia operacyjnego.

Wykorzystując postępy w cyfrowej tomografii cyfrowej postawiono tą techniką obrazowania ocenić zależności pomiędzy wymiarami kanału kręgowego a wymiarami worka oponowego.

CEL PRACY

Celem pracy było:

1. Podjęcie prospektywnych badań za pomocą cyfrowej tomografii komputerowej wymiarów kanału kręgowego i worka oponowego
2. Zbadanie za pomocą cyfrowej TK wartości operacyjnego odciążenia struktur nerwowych
3. Ustalenie matematycznych zależności między polem powierzchni worka oponowego a zwężonym kanałem kręgowym przed i po operacji.

MATERIAL AND METHODS

Examined group consisted of 176 patients (83 men and 93 women). Authors examined and evaluated 528 levels that were compared to control group (42 persons). CT studies were conducted pre- and postoperatively and then saved on CD discs and digitally analyzed with 0.01 accuracy. The surgically treated group consisted of 48 patients, 34 women and 11 men (tab. 1).

In the group there were:

- on the L4 level stenosis in 29 cases (W – 19, M – 10), all patients were treated surgically on L4 level.
- on the L5 level stenosis in 19 cases (W – 15, M – 4), all patients were treated surgically on L5 level.

Drawing 1 present the surface area of the spinal canal and surface area of the dural sac in the plane passing the centre of the pedicles.

Results of the measurements and analysis are presented in tables 2-9.

RESULTS

Statistical differences were noted in the following values:

- spinal canal surface area on the L4 and L5 levels between the control group (N) and the group pre- and postoperatively:
 - L4: Norm – 297,7mm²; before operation – 275,1 mm²; after operation – 315,8 mm²
 - L5: Norm – 386,5 mm²; before operation – 305,7 mm²; after operation – 383,8 mm²
- rate defining dural sac surface area to spinal canal surface area on L4 and L5 level between control group (N) and the group before and after the operation.
 - L4: Norm – 69,84%; before operation – 51,44%; after operation – 67,01%
 - L5: Norm – 70,31%; before operation – 61,04%; after operation – 69,79%

From the conducted calculations it results that the surface area of the spinal canal as well as the rate defining dural sac surface area to spinal canal surface area after surgery were comparable to the rate for normal spine. This is significant information, since this proves the clinical value of surgical decompression.

DISCUSSION

Morphology of the spinal canal in the lumbar spine was a topic of many publications for years [1-4]. Eisenstein measured the height and width on skeletons using a vernier scale [1,2].

In the clinical aspects the correlation of the nervous structures inside the spinal canal is important. Described in the literature studies evaluating the transverse surface area of the spinal canal and the dural sac are mostly retrospective. Computer myelotomography was utilised prior to proposing surgical treatment [5-9].

MATERIAŁ I METODY

Badana grupa obejmowała 176 chorych (mężczyzn było 83, a kobiet 93). Zbadano i oceniono 528 poziomów, które porównano z 42 osobową grupą kontrolną. Wykonano badania tomograficzne przed operacją i po operacji kręgosłupa zapisane na płytach CD przetwarzano cyfrowo z dokładnością do 0,01. Grupa pacjentów leczonych operacyjnie składała się z 48 pacjentów, 34 kobiet i 14 mężczyzn (tab. 1).

W grupie stwierdzono:

- na poziomie L4 stenozę w 29 przypadkach (K – 19, M – 10), wszyscy pacjenci byli operowani na poziomie L4.
- na poziomie L5 stenozę w 19 przypadkach (K – 15, M – 4), wszyscy pacjenci byli operowani na poziomie L5.

Na rycinie 1 zaznaczono pole powierzchni kanału kręgowego i pole powierzchni worka oponowego na płaszczyźnie przechodzącej przez środek nasad łuków kręgowych.

Wyniki pomiarów i analiz przedstawiono w tabelach 2-9.

WYNIKI

Stwierdzono różnice istotne statystycznie w wartościach:

- pola powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą przed operacją i po operacji:
 - L4: Norma – 297,7mm²; Przed operacją – 275,1 mm²; Po operacji – 315,8 mm²
 - L5: Norma – 386,5 mm²; Przed operacją – 305,7 mm²; Po operacji – 383,8 mm²
- współczynnika określającego stosunek pola powierzchni worka oponowego do pola powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 pomiędzy grupą kontrolną (N) a grupą przed operacją i po operacji:
 - L4: Norma – 69,84%; Przed operacją – 51,44%; Po operacji – 67,01%
 - L5: Norma – 70,31%; Przed operacją – 61,04%; Po operacji – 69,79%

Z przeprowadzonych wyliczeń wynika, że zarówno pole powierzchni kanału kręgowego, jaki i stosunek pola powierzchni worka oponowego do pola powierzchni kanału kręgowego po operacji był porównywalny ze współczynnikiem dla prawidłowego kręgosłupa. Jest to istotna informacja, gdyż potwierdza ona kliniczną wartość odciążenia.

DYSKUSJA

Morfologia kanału kręgowego w odcinku lędźwiowym od dawna była przedmiotem wielu publikacji [1-4]. Eisenstein dokonywał pomiarów wysokości i szerokości za pomocą noniusza na szkieletach [1,2].

Istotna w rozważaniach klinicznych jest przede wszystkim ocena zależności struktur nerwowych wewnątrz kanału kręgowego. Opisywane w literaturze badania dotyczące pola przekroju poprzecznego kanału kręgowego i worka oponowego w przeważającej mierze

CT studies showed the bony structures of the spinal canal in detail, but the dural sac on transverse images was poorly seen. It was necessary to use intracanal contrast [8-10]. The introduction of digital computer tomography allowed a more precise evaluation of the neural structures [11-17]. In this way this method is useful for diagnosing spinal canal stenosis. These authors utilised a digital control panel as a measuring device. In studies on vertebral morphology height, width and the surface area of the vertebral body were analyzed. Several authors introduced different ratios. Detailed morphological me-

były retrospektywne. Wykorzystywano mielotomografię komputerową przed podjęciem decyzji o operacyjnym leczeniu [5-9]. Badania TK pokazywały dokładnie elementy kostne kanału kręgowego, natomiast worek oponowy na przekroju poprzecznym był słabo widoczny. Konieczne było dokanałowe podanie środka kontrastowego [8-10]. Wprowadzenie cyfrowej tomografii komputerowej umożliwiło dokładniejszą ocenę struktur nerwowych [11-17]. Sposób ten jest użyteczną metodą umożliwiającą rozpoznanie stenozy kanału kręgowego. Autorzy ci korzystali z cyfrowej konsoli jako urządzenia

Tab. 1. Group of patients treated operatively and control group

	Sex	Study group			Control group	
		N	Mean	SD	N	Mean
Age [years]	W	34	51,15	14,96	8	24,8
	M	14	58,64	9,68	32	26,6
	Whole group	48	53,33	13,89	42	26,2
Weight [kg]	W	34	70,59	15,41	No data. (patients with pelvis fractures and acetabular fractures)	
	M	14	74,71	7,12		
	Whole group	48	71,79	13,50		
Height	W	34	162,8	2,09		
	M	14	171,9	5,84		
	Whole group	48	165,5	5,46		
BMI	W	34	26,64	5,87		
	M	14	25,39	3,10		
	Whole group	48	26,27	5,19		

Tab. 1. Grupa pacjentów leczonych operacyjnie i grupa kontrolna

	Płeć	Grupa badana			Grupa kontrolna	
		N	Średnia	Odch. Std.	N	Średnia
Wiek [lata]	K	34	51,15	14,96	8	24,8
	M	14	58,64	9,68	32	26,6
	Cała grupa	48	53,33	13,89	42	26,2
Waga [kg]	K	34	70,59	15,41	Brak badań. (chorzy ze złamaniami pierścienia miednicy i złamaniami przezpanewkowymi st. biodrowego)	
	M	14	74,71	7,12		
	Cała grupa	48	71,79	13,50		
Wzrost	K	34	162,8	2,09		
	M	14	171,9	5,84		
	Cała grupa	48	165,5	5,46		
BMI	K	34	26,64	5,87		
	M	14	25,39	3,10		
	Cała grupa	48	26,27	5,19		

asurements utilising digital CT and a measuring control panel was conducted by Rapala et al. [11-14]. They effectuated morphological measurements of spines with clinical measurements of lumbar stenosis on levels L4 and L5, additionally differences between the angulations of left and right intervartebra angles. The measurements

pomiarowego. W pracach dotyczących morfologii kręgów badano wysokość, szerokość oraz pole powierzchni trzonu kręgowego i worka oponowego. Niektórzy autorzy wprowadzili też różne współczynniki. Dokładne pomiary morfologiczne z wykorzystaniem cyfrowej TK i konsoli pomiarowej przeprowadzili Rapala i wsp. [11-14].

Tab. 2. Value of spinal canal surface of examined groups on L4

Group	Mean	SD
	Canal surface area [mm ²]	Canal surface area [mm ²]
Normal	297,7	9,90
Pre-surgery	275,1	16,73
Post-surgery	315,8	19,40

Tab. 2. Wartości pola powierzchni kanału w badanych grupach na poziomie L4

Grupa	Średnia	Odch. Std.
	Powierzchnia kanału [mm ²]	Powierzchnia kanału [mm ²]
Norma	297,7	9,90
Przed zabiegiem	275,1	16,73
Po zabiegu	315,8	19,40

Tab. 3. Comparison of results of statistical differences between spinal canal surface on L4 level between examined groups. N- control group, before operation- group with stenosis before operation, post surgery- group with stenosis after operation

Canal surface area [mm ²]			
	N	before operation	post surgery
N		Significant difference (p<0,05)	Significant difference (p<0,05)
Pre-surgery	Significant difference (p<0,05)		Significant difference (p<0,05)
Post-surgery	Significant difference (p<0,05)	Significant difference (p<0,05)	

Tab. 3. Zestawienie wyników testów znamienności różnic pomiędzy wartościami pola powierzchni kanału 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

Powierzchnia kanału [mm ²]			
	N	Przed operacją (before operation)	Po operacji (post surgery)
N		różnice istotne (p<0,05)	różnice istotne (p<0,05)
Przed operacją	różnice istotne (p<0,05)		różnice istotne (p<0,05)
Po operacji	różnice istotne (p<0,05)	różnice istotne (p<0,05)	

of the surface area of the spinal canal were also important. The most important parameters were: surface area of the spinal canal, surface area of the dural sac, and especially the rate defining dural sac surface area to spinal canal surface area. This notably facilitated scientific work revealing the results of surgical treatment. Ulrich et al. defined that spinal canal stenosis occurs when the dimension of the area is less than 140 mm² [9]. In our measurements the surface area of the spinal canal on the level of L4 was 297.7mm² and the surface area of the dural sac was 141,46mm². The greatest problems that the authors encountered concerned CT studies after surgical treatment due to restrictions resulting from radiological safety. In these patients the studies were performed due to transient pain or due to own initiative. The number of analyzed spines in the paper entitled "Digital computed tomography evaluation of spinal canal and dural sac before and after surgical decompression of lumbar stenosis" was 33 patients, which grew to 48 in this paper [14]. The final conclusion referring to the rate defining dural sac surface area to spinal canal surface area on L4 and L5 level after surgical decompression is very important. This was compared to the ratio calculated for normal spine, that was calculated on tomograms of 42 patients forming the control group.

Dokonałi oni pomiarów morfologicznych kręgosłupów z klinicznymi pomiarami stenozy lędźwiowej poziomów L4 i L5, dodatkowo różnic w nachyleniu powierzchni lewych i prawych kątów międzykręgowych. Istotne były również pomiary pola powierzchni kanału kręgowego. Za najistotniejsze uznano parametry: pole powierzchni kanału kręgowego, pole powierzchni worka oponowego, a szczególnie współczynnik pole powierzchni worka oponowego do pola powierzchni kanału kręgowego (ppow/ppłk). Znakomicie to uprościło pracę badawczą uwidaczniając efekty leczenia operacyjnego. Ulrich i wsp. określili, że stenoza kanału kręgowego jest wówczas, gdy wymiar jego pola był mniejszy niż 140 mm² [9]. W naszych pomiarach pole powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 wynosiło 297,7mm² a pole powierzchni worka oponowego 141,46mm². Największe problemy, jakie napotykali autorzy dotyczyły badań TK po leczeniu operacyjnym ze względu na ograniczenia dotyczące ochrony radiologicznej. U tych chorych badania te zostały wykonane z powodu przejściowych bólów lub z własnej inicjatywy leczonych chorych. Liczba przebadanych kręgosłupów w pracy pt. „Ocena kanału kręgowego i worka oponowego przed i po operacyjnym odciążeniu stenozy lędźwiowej w obrazie cyfrowej tomografii komputerowej” wynosiła 33 chorych, która powiększyła się do 48 osób w tym doniesieniu [14]. Istotny jest końcowy wniosek dotyczący współczynnika określającego stosunek pola powierzchni worka oponowego do pola powierzchni kanału kręgowego na poziomie L4 i L5 po operacyjnym odciążeniu. Był on porównywalny ze współczynnikiem obliczonym dla prawidłowego kręgo-

Tab. 4. Value of rate between dural sac' surface to spinal canal surface in (%) on L4 level in examined groups

Group	Dural sac surface area [mm ²]		Dural sac area / spinal can. area [%]	
	Mean	SD	Mean	SD
Normal	207,96	12,960	69,84	3,370
Pre-surgery	141,46	14,383	51,44	4,552
Post-surgery	210,96	13,610	67,01	5,617

Tab. 4. Wartości współczynnika będącego stosunkiem pola powierzchni worka oponowego do pola powierzchni kanału kręgowego w [%] na poziomie L4 w badanych grupach

Grupa	Pow. worka oponowego [mm ²]		Pow. w. op. / Pow. kanału [%]	
	Średnia	Odch. Std.	Średnia	Odch. Std.
Norma	207,96	12,960	69,84	3,370
Przed zabiegiem	141,46	14,383	51,44	4,552
Po zabiegu	210,96	13,610	67,01	5,617

Even though the achieved results on CT images are encouraging there is no correlation between the clinical Picture and the grade of lumbar stenosis.

słupa, który był obliczony na tomogramach 42 osobowej grupy kontrolnej.

Mimo, że otrzymane wyniki w obrazach TK są zachęcające to nie ma takiej zależności pomiędzy obrazem klinicznym, a stopniem stenozы lędźwiowej.

Tab. 5. Comparison of results of statistical differences between values of examined rates between examined groups on L4 level. N - control group, before operation- group with stenosis before operation, post surgery- group with stenosis after operation

Dural sac surface area [mm2]			
	N	Pre-surgery	Post-surgery
N		Significant difference (p<0,05)	No significant difference (p>0,05)
Pre-surgery	Significant difference (p<0,05)		Significant difference (p<0,05)
Post-surgery	No significant difference (p>0,05)	Significant difference (p<0,05)	

Dural sac area / spinal can. area [%]			
	N	Pre-surgery	Post-surgery
N		Significant difference (p<0,05)	No significant difference (p>0,05)
Pre-surgery	Significant difference (p<0,05)		Significant difference (p<0,05)
Post-surgery	No significant difference (p>0,05)	Significant difference (p<0,05)	

Tab. 5. 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

Pow. worka oponowego [mm2]			
	N	Przed operacji	Po operacji
N		różnice istotne (p<0,05)	brak istotnych różnic (p>0,05)
Przed operacją	różnice istotne (p<0,05)		różnice istotne (p<0,05)
Po operacji	brak istotnych różnic (p>0,05)	różnice istotne (p<0,05)	

Pow. w. op. / Pow. kanału [%]			
	N	Przed operacją	Po operacji
N		różnice istotne (p<0,05)	brak istotnych różnic (p>0,05)
Przed operacją	różnice istotne (p<0,05)		różnice istotne (p<0,05)
Po operacji	brak istotnych różnic (p>0,05)	różnice istotne (p<0,05)	

Tab. 6. Value of spinal canal surface of examined groups on L5

Group	Mean	SD
	Canal surface area [mm ²]	Canal surface area [mm ²]
Normal	386,5	50,6
Pre-surgery	305,7	35,92
Post-surgery	383,0	85,80

Tab. 6. Wartości pola powierzchni kanału w badanych grupach na poziomie L5

Grupa	Średnia	Odch. Std.
	Powierzchnia kanału [mm ²]	Powierzchnia kanału [mm ²]
Norma	386,5	50,6
Przed zabiegiem	305,7	35,92
Po zabiegu	383,0	85,80

Sirvanci et al. claim that stenosis is a clinical and radiographic syndrome and the sole clinical picture together with MR images is a symptom important only in solutions referring to level of decompression [18]. Also Hurri and others had difficulties in finding a correlation between clinical data and the severity of changes in different image techniques [19-22]. This lack of correlation was also confirmed by other authors [23,24]. Psycho-social factors, so important in spinal stenosis also influence these changes [25]. In the deliberations concerning lumbar stenosis one should use simple indexes that have the greatest practical value and statistical power. Studies concerning spinal pain should be continued. Future analysis should base on comparative, multicenter studies conducted systematically as well as on long term observations that include patients treated surgically and non-surgically.

Sirvanci i wsp. podają, że stenoza jest zespołem kliniczno-radiologicznym sam obraz kliniczny w powiązaniu z obrazem MR jest objawem ważnym tylko w rozwiązaniach dotyczących poziomu odciążenia [18]. Również Hurri i inni mieli trudności w znalezieniu korelacji pomiędzy badaniem klinicznym, a ciężkością zmian w różnych technikach obrazowania [19-22]. Taki brak korelacji potwierdzili również inni autorzy [23,24]. Na różnice te wpływ mają również czynniki psychosocjalne tak istotne w stenozie lędźwiowej [25]. W rozważaniach dotyczących stenozy lędźwiowej należy posługiwać się wskaźnikami prostymi, które mają największą praktyczną i statystyczną siłę oddziaływania. Należy kontynuować badania dotyczące bólów kręgosłupa. Przyszłe analizy powinny się opierać na badaniach porównawczych, wielośrodkowych prowadzonych systematycznie jak również na obserwacjach długoletnich obejmujących chorych leczonych operacyjnie jak i nieoperacyjnie.

Tab. 7. Comparison of results of statistical differences between spinal canal surface on L5 level between examined groups. N- control group, before operation- group with stenosis before operation, post surgery- group with stenosis after operation

Canal surface area [mm ²]			
	N	Pre-surgery	Post-surgery
N		Significant difference (p<0,05)	No significant difference (p>0,05)
Pre-surgery	Significant difference (p<0,05)		Significant difference (p<0,05)
Post-surgery	No significant difference (p>0,05)	Significant difference (p<0,05)	

Tab. 7. Zestawienie wyników testów znamienności różnic pomiędzy wartościami pola powierzchni kanału 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

Powierzchnia kanału [mm ²]			
	N	Przed operacją	Po operacji
N		różnice istotne (p<0,05)	brak istotnych różnic (p>0,05)
Przed operacją	różnice istotne (p<0,05)		różnice istotne (p<0,05)
Po operacji	brak istotnych różnic (p>0,05)	różnice istotne (p<0,05)	

Tab. 8. Value of rate between dural sac surface to spinal canal surface in (%) on L5 level in examined groups

Group	Dural sac surface area [mm ²]		Dural sac area / spinal can. area [%]	
	Mean	SD	Mean	SD
Normal	271,89	38,07	70,31	3,207
Pre-surgery	187,09	10,91	61,04	4,457
Post-surgery	265,35	52,01	69,79	2,967

Tab. 8. Wartości współczynnika będącego stosunkiem pola powierzchni worka oponowego do pola powierzchni kanału kręgowego w [%] na poziomie L5 w badanych grupach

Grupa	Pow. worka oponowego [mm ²]		Pow. w. op. / Pow. kanału [%]	
	Średnia	Odch. Std.	Średnia	Odch. Std.
Norma	271,89	38,07	70,31	3,207
Przed zabiegiem	187,09	10,91	61,04	4,457
Po zabiegu	265,35	52,01	69,79	2,967

CONCLUSIONS

1. Surface area of spinal canal after surgical decompression was comparable to control group spinal canal surface area.
2. Rate defining dural sac surface area to spinal canal surface area on L4 and L5 level between control group (N) and the group before and after the operation was comparable to the rate of normal spine.

WNIOSKI

1. Pole powierzchni kanału kręgowego po odciążeniu było porównywalne do pola powierzchni kanału kręgowego grupy kontrolnej.
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.

Tab. 9. Comparison of results of statistical differences between values of examined rates between examined groups on L5 level. N- control group, before operation- group with stenosis before operation, post surgery- group with stenosis after operation

Dural sac surface area [mm ²]			
	N	Pre-surgery	Post-surgery
N		Significant difference (p<0,05)	No significant difference (p>0,05)
Pre-surgery	Significant difference (p<0,05)		Significant difference (p<0,05)
Post-surgery	No significant difference (p>0,05)	Significant difference (p<0,05)	

Dural sac area / spinal can. area [%]			
	N	Pre-surgery	Post-surgery
N		Significant difference (p<0,05)	No significant difference (p>0,05)
Pre-surgery	Significant difference (p<0,05)		Significant difference (p<0,05)
Post-surgery	No significant difference (p>0,05)	Significant difference (p<0,05)	

Tab. 9. 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

Pow. worka oponowego [mm2]			
	N	Przed operacją	Po operacji
N		różnice istotne (p<0,05)	brak istotnych różnic (p>0,05)
Przed operacją	różnice istotne (p<0,05)		różnice istotne (p<0,05)
Po operacji	brak istotnych różnic (p>0,05)	różnice istotne (p<0,05)	

Pow. w. op./Pow. kanału [%]			
	N	Przed operacją	Po operacji
N		różnice istotne (p<0,05)	brak istotnych różnic (p>0,05)
Przed operacją	różnice istotne (p<0,05)		różnice istotne (p<0,05)
Po operacji	brak istotnych różnic (p>0,05)	różnice istotne (p<0,05)	

References/Piśmiennictwo:

1. Eisenstein S. The trefoil configuration of the lumbar vertebral canal. A study of south skeletal material. *J. Bone Joint Surg Br*, 1980;62-B(1):73-77
2. Eisenstein S. The morphometry and pathological anatomy of the lumbar spine in south African negroes and caucasoids with specific reference to spinal stenosis. *J. Bone Joint Surg Br*, 1977;59-B(2):173-180
3. Malawski S. Ciasnota kanału kręgosłupa lędźwiowego. *Chir. Narz. Ruchu i Ortop. Pol.* 1977;42:517-521
4. Van Schaik IP, Verbiest H, Van Schaik FDJ. The orientation of laminae and facet joints in the lower lumbar spine. *Spine*, 1985;10:59-63
5. Penning L, Wilmsink JT. Posture-dependent bilateral compression of L4 or L5 nerve roots in facet hypertrophy. A dynamic CT-myelographic study. *Spine* 1987;12:488-500
6. Tanga P, Papatheodorou C. Myelographic findings in spondylosis of the lumbar spine. *British J of Radiology* 1973;36:122-128
7. 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
8. Oland G, Hoff TG. Intraspinal cross sectional area measured of myelography-computed tomography. *Spine* 1977;22:1805-1810
9. Ulrich CG, Binet EF, Sanecki MG, Kieffer SA. Quantitative assessment of the lumbar spine canal by computed tomography. *Radiology* 1980;134:137-143
10. Malawski S. Spondyloeropedia. Ciasnota kanału kręgosłupa lędźwiowego. Warszawa, CMKP, 1988
11. Rapala K, Chaberek S, Truszczyńska A, Łukawski St, Walczak P. Nowe możliwości pomiarowe stenozy lędźwiowej z zastosowaniem cyfrowej tomografii komputerowej. *Ortop Traum Ruch* 2009;1:13-26
12. Rapala K, Chaberek S, Truszczyńska A, Łukawski St, Walczak P. Ocena morfologii kanału kręgowego dolnego odcinka kręgosłupa lędźwiowego za pomocą cyfrowej tomografii komputerowej. *Ortop Traum Ruch* 2009;2:156-63
13. Rapala K, Chaberek S, Truszczyńska A, Łukawski St, Walczak P. Ocena kształtu kanału kręgowego i kątów stawów międzykręgowych w odcinku lędźwiowym. *Ortop Traum Ruch* 2009;3:222-32
14. Rapala K, Chaberek S, Truszczyńska A, Łukawski St, Walczak P. Ocena kanału kręgowego i worka oponowego przed i pooperacyjnym odciążeniu stenozy lędźwiowej w obrazie cyfrowej tomografii komputerowej. *Ortop Traum Ruch* 2010;2:120-35
15. 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
16. Malghem J, Willems X, Vande-Berg B, Robert A, Cosnard G, Lecouvet F. Comparision des mesures du canal lombaire en IRM et TDM. *J Radiol* 2009;90:493-7
17. Murray JG, Stack JP, Ennis JT, Behan M. Digital subtraction in contrast-enhanced MR imaging of the postoperative lumbar spine. *Am J Roentgenol* 1994;162:893-8
18. Sirvanci M, Bahtia M, Ganiyusufoglu KA, Duran C, Tezel T, Ozturk M, Aydoğan M, Hanzanoglu A. Degenerative lumbar spine stenosis: correlation with Oswestry disability index and MR imaging. *Eur. Spine J.* 2008;17:679-685
19. Hurri H, Slati P, Soni J, Tallroth K, Alaranta H, Laine T, Heliövaara M. Lumbar spinal stenosis: assessment of longterm outcome 12 years after operative and conservative treatment. *Spinal Disord. J.* 1998;11:110-115
20. Amundsen T, Weber H, Lilleas F, Nordal HJ, Abdelnoor M, Magnes B. Lumbar spinal stenosis. Clinical and radiologic features. *Spine* 1995;20:1178-1186
21. Jonsson B, Annertz M, Sjöberg 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
22. Lohman CM, Tallroth K, Kettunen JA, Lindgren KA. Comparison of radiologic signs and clinical symptoms of spinal stenosis. *Spine* 2006;31:1834-1840
23. Szpalski M, Gunzburg R. Lumbar spinal stenosis in the elderly: an overview. *Eur. Spine J* 2003;12(suppl. 2):170-175
24. Boden SD, Davis DO, Dina TS, Patronas NJ, Wiesel SW. Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. A prospective investigations. *J. Bone Joint Surg.* 1990;72(Am):403-408
25. 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