

Ocena kształtu kanału kręgowego i kątów stawów międzykręgowych w odcinku lędźwiowym

Assessment of Spinal Canal Shape and Intervertebral Joint Angles in Lumbar Spine

Kazimierz Rapala^{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 Zamiejskowy Wydział Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego, Biała-Podlaska

³ Wyższa Szkoła Ekonomiczna Almamery, 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 Physiotherapy, Almamery Higher School of Economics, Warsaw

STRESZCZENIE

Wstęp. Prace dotyczące kształtu kanału kręgowego i zmian zwyrodnieniowych w stawach międzykręgowych nie zostały dotychczas opracowane we wszystkich szczegółach. Dotyczy to szczególnie przyczyn bólów związanych ze zmianami zwyrodnieniowymi w stawach międzykręgowych. Celem pracy była ocena kształtu kanału kręgowego chorych i kątów nachylenia powierzchni stawowej kręgów na poziomie L3, L4 i L5.

Materiał i metody. Badania przeprowadzono w grupie 176 chorych z klinicznymi i radiologicznymi objawami stenozy potwierdzonymi badaniem w tomografii komputerowej.

Wyniki. Wykonano pomiary morfometryczne z dokładnością 0,01°. Stwierdzono na poziomie L4-L5, że kanał kręgowy trójkątny występował 66 razy, a kształtu liścia koniczyny 71 razy. Otrzymane wyniki wykazały, że w grupie 176 badanych kręgosłupów na poziomie stenozy średnie różnice pomiędzy kątem lewym a prawym wynosiły na poziomie L3 – 11,37°, na poziomie L4 – 9,40°, na poziomie L5 – 11,57°. Natomiast w grupie kontrolnej różnice odchylenia pomiędzy kątami wynosiły na poziomie L3 – 2,14°, na poziomie L4 – 2,26°, na poziomie L5 – 2,97°. Badania wykazały różnice istotne statystycznie dla $p=0,05$ pomiędzy badanymi grupami na każdym z ocenianych poziomów: L3, L4 i L5. Różnice katowe na badanych poziomach były na tyle istotne, by postawić tezę o istniejącej niezborności badanych stawów, które mogą zapoczątkować proces zwyrodnieniowy.

Wnioski. Najczęstszy patomechanizm zmian zwyrodnieniowych stawów międzykręgowych spowodowany jest osiadaniem kręgów w przebiegu choroby dyskowej i rozwijającej się niestabilności międzykręgowej, ale odchylenia w wartościach kątów stawów międzykręgowych mogą też prowadzić do niestabilności, która zapoczątkowuje proces zmian zwyrodnieniowych.

Słowa kluczowe: stawy międzykręgowe, stenoza lędźwiowa, liść koniczyny, tomografia komputerowa

SUMMARY

Background. Publications concerning the shape of the spinal canal and degenerative changes in the intervertebral joints have not described this issue in full detail to date, especially with regard to the causes of pain syndromes associated with degenerative changes in intervertebral joints. The aim of the study was to assess the shape of the spinal canal and joint surface angles at L3, L4 and L5.

Material and methods. The study involved 176 patients with clinical and radiological evidence of spinal canal stenosis confirmed by computed tomography.

Results. Morphometric measurements were conducted to a precision of 0.01°. At the level of L4-L5, a triangular spinal canal was found in 66 patients, and a trefoil spinal canal in 71. The results demonstrate that, in the group of 176 patients with spinal canal stenosis, mean differences between right and left angles were 11.37° at the L3 level, 9.40° at the L4 level, and 11.57° at the L5 level. In the control group, mean differences were 2.15° at the L3 level, 2.26° at the L4 level, and 2.98° at the L5 level. Statistically significant differences between the groups were found for $p=0.05$ at each level (L3, L4, L5). The level of significance of angular differences at these levels warrants the conclusion that there is joint incongruence that may give rise to degenerative changes.

Conclusions. While the most common pathomechanism underlying degenerative changes is vertebral sinking in the course of disc disease and emerging intervertebral instability, abnormal intervertebral angles can also lead to instability that gives rise to degenerative changes.

Key words: intervertebral joints, trefoil configuration, computed tomography, lumbar stenosis

WSTĘP

Prace dotyczące kształtu kanału kręgowego i zmian zwyrodnieniowych w stawach międzykręgowych nie zostały dotychczas opracowane we wszystkich szczegółach. Dotyczy to szczególnie przyczyn powstawania zmian zwyrodnieniowych w stawach międzykręgowych. Wielopoziomowe unerwienie wyrostków stawowych utrudnia dokładne ustalenie miejsca i poziomu źródła bólu, które może być klinicznie podobne do bólów w chorobie dyskowej.

CELE PRACY

1. Ocena kształtu kanału kręgowego w zależności od badanego poziomu jako przyczyny stenozy lędźwiowej
2. Ocena wartości kątów stawów międzykręgowych na poziomie L3, L4, L5 jako przyczyny zmian zwyrodnieniowych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał stanowiło 176 chorych z klinicznymi objawami stenozy lędźwiowej potwierdzonymi klasycznymi badaniami rentgenowskimi kręgosłupa lędźwiowego i tomografii komputerowej (TK).

Grupa badana składała się z 93 kobiet i 83 mężczyzn.

Metodyka pomiarowa

Na podstawie analizy matematycznej badań TK dokonano pomiarów morfometrycznych kształtu kanału kręgowego i kątów stawów międzykręgowych. Pomiary wykonywane były na były poziomie L3, L4 i L5 za pomocą cyfrowej konsoli.

Dokładności pomiarowe oferowane przez stację diagnostyczną kształtowały się na poziomie:

- pomiar odległości $\pm 0,01$ mm
- pomiary powierzchni $\pm 0,01$ mm²
- pomiary kątów $\pm 0,01^\circ$

BACKGROUND

Publications concerning the shape of the spinal canal and degenerative changes in the intervertebral joints have not described this issue in full detail to date, particularly with respect to the pathomechanisms underlying degenerative changes in intervertebral joints. The multi-level innervation of articular processes makes it difficult to precisely determine the location and level of the source of pain, which may clinically resemble that of discopathy.

AIMS OF WORK

1. To assess the shape of the spinal canal at selected levels as a cause of lumbar stenosis
2. To assess intervertebral joint angles at the L3, L4 and L5 levels as a cause of degenerative changes.

MATERIAL AND METHODS

The study involved 176 patients with clinical and radiological evidence of spinal canal stenosis confirmed by conventional spinal radiographs and computed tomography (CT).

There were 93 women and 83 men.

Measurement methods

Mathematical analysis of CT scans was the basis for morphometric measurements of the spinal canal shape and intervertebral joint angles at L3, L4 and L5 levels using a digital console.

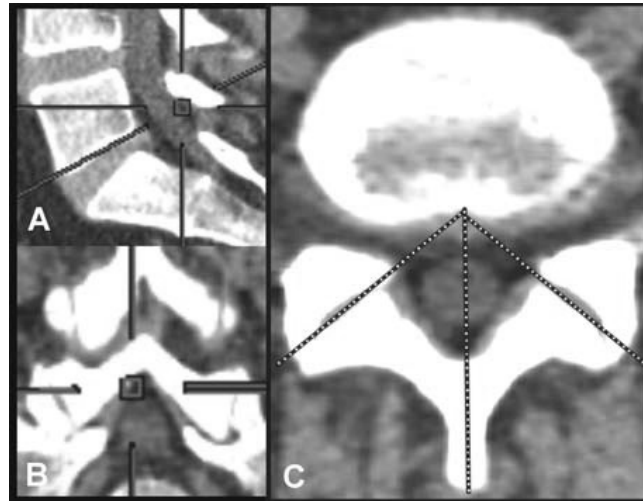
The equipment demonstrated the following levels of measurement accuracy :

- distance ± 0.01 mm
- surface area ± 0.01 mm²
- angles $\pm 0.01^\circ$

Tab. 1. Klasyfikacja przypadków analizowanej grupy ze względu na poziom występujących zmian

Tab. 1. Classification of patients according to the level of changes

Płeć Sex	Poziom Level	Stenoza Stenosis	Norma Normal	Razem Total
K Female	L3	17	76	93
	L4	56	37	93
	L5	20	73	93
	Razem Total	93	186	279
M Male	L3	10	73	83
	L4	48	35	83
	L5	25	58	83
	Razem Total	83	166	249
Liczba analizowanych poziomów Number of analyzed levels		176	352	<u>528</u>



Ryc. 1. Obraz TK kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego na przekroju bocznym (A) i czołowym (B). Wykreślone tam linie i linie na przekroju poprzecznym kręgu L4 przechodzą przez stawy międzykręgowe. Na przekroju C kąt nachylenia powierzchni stawowej wyznaczają: prosta przechodząca przez środek trzonu i wyrostek kolczysty oraz prosta łącząca brzozy panewki wyrostka stawowego dolnego

Fig. 1. CT scan of lumbosacral spine in sagittal (A) and frontal plane (B). The lines on this cut and on the transverse cut of L4 go through intervertebral joints. The angle of the joint's surface on cut C is determined by a straight line that goes through the middle of the vertebra and the spinous process, and a straight line that spans the borders of the acetabulum of the lower facet process

Dokonano wyznaczenia kątów lewego (L) i prawego (R) stawu międzykręgowego na poziomach L3 L4 i L5 (Ryc. 1).

Left (L) and right (R) angles of intervertebral joints were determined at L3, L4 and L5 (Fig. 1).

Analiza kształtu kanału kręgowego na poziomie L3, L4 i L5

W Tabeli 2 przedstawiono analizę kształtu kanału kręgowego wykonaną dla grupy z objawami stenozy. Typ A – kanał kręgowy owalny, Typ B – kanał kręgowy trójkątny, Typ C – kanał kręgowy kształtu liścia koniczyny

Analysis of spinal canal shape at L3, L4 and L5 levels

Table 2 presents an analysis of the spinal canal shape for the patients with diagnosed stenosis: Type A – oval spinal canal, Type B – triangular spinal canal, Type C – trefoil spinal canal.

Analiza kształtu kanału kręgowego w grupie kontrolnej

W Tabeli 3 przedstawiono analizę kształtu kanału kręgowego wykonaną dla 42 osobowej grupy kontrol-

Analysis of spinal canal shape in the control group

Table 3 presents an analysis of the spinal canal shape in a control group of 42 persons, which shows

Tab. 2. Kształt kanału na poziomie L3, L4 i L5

Tab. 2. Shape of spinal canal at L3, L4 and L5 level

Płeć Sex	Typ Type	N		
		L3	L4	L5
K Female	A	12	4	0
	B	2	39	3
	C	3	13	17
M Male	A	10	8	0
	B	0	24	0
	C	0	16	25
Razem Total	A	22	12	0
	B	2	63	3
	C	3	29	42

Tab. 3. Kształt kanału na poziomie L3, L4, L5 dla grupy kontrolnej

Tab. 3. Shape of spinal canal at L3, L4 and L5 level in control group

Płeć Sex	Typ Type	N		
		L3	L4	L5
K Female	A	8	8	0
	B	0	0	6
	C	0	0	2
M Male	A	34	30	0
	B	0	4	8
	C	0	0	26
Razem Total	A	42	38	0
	B	0	4	14
	C	0	0	28

Tab. 4. Wymiary kątów stawów międzykręgowych na badanych poziomach (NS – stenoza niestwierdzona, S – stenoza stwierdzona)

Tab. 4. Angles of intervertebral joints at levels examined (NS – stenosis not confirmed, S – confirmed stenosis)

Poziom Level	Parametr Parametr	Płeć Sex	Średnia Mean		Odch. std. (SD) Standard deviation (SD)	
			NS	S	NS	S
L3	Kąt lewy Left angle	K Female	37.90	39.22	7.805	8.647
		M Male	38.19	39.45	7.969	6.392
		Razem Total	38.04	39.30	7.861	7.757
	Kąt prawy Right angle	K Female	29.70	29.81	7.014	9.175
		M Male	30.85	29.97	7.953	9.370
		Razem Total	30.26	29.86	7.486	9.066
L4	Kąt lewy Left angle	K Female	39.71	42.63	10.48	10.15
		M Male	40.65	40.76	10.21	9.35
		Razem Total	40.17	41.77	10.29	9.79
	Kąt prawy Right angle	K Female	43.39	44.63	13.73	12.11
		M Male	43.83	44.45	14.32	11.93
		Razem Total	43.60	44.54	13.92	11.97
L5	Kąt lewy Left angle	K Female	52.4	50.47	8.29	10.67
		M Male	50.9	49.96	7.62	7.63
		Razem Total	51.8	50.19	8.00	9.00
	Kąt prawy Right angle	K Female	55.9	56.64	9.57	8.482
		M Male	54.0	56.15	9.49	9.108
		Razem Total	55.1	56.37	9.54	8.739

nej. Z przedstawionej analizy wynika, że kształt kanału kręgowego w 42 osobowej grupie kontrolnej na poziomie L4-L5 był zawsze trójkątny lub kształtu liścia koniczyny.

that the shape of the spinal canal at L4 and L5 in this group was always either triangular or trefoil.

Porównanie kątów stawów międzykręgowych

W Tabeli 4 przedstawiono uzyskane wartości średnie kątów stawów międzykręgowych na poziomach L3, L4 i L5 ze stwierdzonymi zmianami i na poziomach bez zmian.

Comparison of intervertebral joint angles

Table 4 presents the mean values of intervertebral joint angles at L3, L4 and L5 with and without degenerative changes.

Analiza wymiarów kątów stawów międzykręgowych w grupie kontrolnej

W Tabeli 5 przedstawiono wyniki wyznaczonych parametrów charakteryzujących kanał kręgowy dla grupy kontrolnej składającej się z 42 pacjentów.

Analysis of intervertebral joint angles in the control group

Table 5 presents the values of the spinal canal parameters in the control group of 42 patients.

Tab. 5. Wymiary kątów stawów międzykręgowych w grupie kontrolnej na badanych poziomach L3, L4, L5

Tab. 5. Angles of intervertebral joints in control group at L3, L4, L5 level

Poziom Level	Parametr Parameter	Płeć Sex	Średnia Mean	Odch. Std. (SD) Standard deviation (SD)
L3	Kąt lewy Left angle	K Female	37.54	8.583
		M Male	39.67	8.642
		Razem Total	39.27	8.568
	Kąt prawy Right angle	K Female	37.34	9.571
		M Male	40.58	9.677
		Razem Total	39.96	9.627
L4	Kąt lewy Left angle	K Female	46.45	6.278
		M Male	45.31	4.004
		Razem Total	45.53	4.454
	Kąt prawy Right angle	K Female	47.41	3.980
		M Male	46.06	4.379
		Razem Total	46.32	4.292
L5	Kąt lewy Left angle	K Female	54.80	4.695
		M Male	55.74	3.433
		Razem Total	55.56	3.659
	Kąt prawy Right angle	K Female	55.67	3.137
		M Male	56.84	3.696
		Razem Total	56.61	3.590

Tab. 6. Zestawienie wartości bezwzględnych różnic pomiędzy kątem lewym i prawym na poziomach L3, L4 i L5 dla grup: N – grupa kontrolna, NS – grupa z nie stwierdzoną stenozą, S – grupa ze stwierdzoną stenozą

Tab. 6. Comparisons of absolute differences between left and right angle at L3, L4 and L5 level for groups: N – control group, NS – stenosis not confirmed, S – confirmed stenosis

Poziom Level	Parametr Parameter	Płeć Sex	N	NS	S	N	NS	S
			Średnia Mean	Średnia Mean	Średnia Mean	Odch. Std Standard deviation	Odch. Std Standard deviation	Odch. Std Standard deviation
L3	Kąt lewy - Kąt prawy [Left angle – right angle]	K	1.975	8.68	12.01	0.355	5.626	6.555
		M	2.188	8.13	10.29	1.334	5.687	7.373
		Razem Total	2.148	8.41	11.37	1.208	5.644	6.781
L4	Kąt lewy - Kąt prawy [Left angle – right angle]	K	2.710	8.106	9.329	1.019	5.179	4.455
		M	2.154	6.974	9.494	1.214	4.869	4.184
		Razem Total	2.260	7.556	9.405	1.188	5.028	4.312
L5	Kąt lewy - Kąt prawy [left angle – Right angle]	K	2.367	7.65	11.53	1.876	5.40	5.356
		M	3.122	6.30	11.60	2.360	5.29	5.046
		Razem Total	2.978	7.05	11.57	2.275	5.37	5.126

Tab. 7. Zestawienie wyników testów znamienności i różnic bezwzględnych pomiędzy kątem lewym i prawym na poziomach L3, L4 i L5 dla grup: N – grupa kontrolna, NS – grupa z nie stwierdzoną stenozą, S – grupa ze stwierdzoną stenozą

Tab. 7. Comparison of results of significance tests and absolute differences between left and right angle at L3, L4 and L5 for groups: N – control group, NS – stenosis not confirmed, S – confirmed stenosis

Poziom L3/ L3 level		
	N	S
N		(p<0.05)
NS	(p<0.05)	(p<0.05)
S	(p<0.05)	(p<0.05)
Poziom L4/L4 level		
	N	S
N		(p<0.05)
NS	(p<0.05)	(p<0.05)
S	(p<0.05)	(p<0.05)
Poziom L5/L5 level		
	N	S
N		(p<0.05)
NS	(p<0.05)	(p<0.05)
S	(p<0.05)	(p<0.05)

W Tabeli 6 przedstawiono wartości bezwzględne różnic pomiędzy badanymi kątami na poziomach L3, L4 i L5 dla grupy kontrolnej i dla 176 osobowej badanej grupy głównej z niestwierdzoną stenozą na badanym poziomie i tej samej grupy ze stwierdzoną stenozą.

Na poziomie L3 wartość bezwzględna różnicy pomiędzy kątem lewym a kątem prawym wynosiła w grupie kontrolnej $2,14^\circ$. W grupie z niestwierdzoną stenozą $8,41^\circ$, a w grupie ze stwierdzoną stenozą $11,37^\circ$.

Na poziomie L4 wartość bezwzględna różnicy pomiędzy kątem lewym a kątem prawym wynosiła w grupie kontrolnej $2,26^\circ$. W grupie z niestwierdzoną stenozą $7,556^\circ$, a w grupie ze stwierdzoną stenozą $9,405^\circ$.

Na poziomie L5 wartość bezwzględna różnicy pomiędzy kątem lewym a kątem prawym wynosiła w grupie kontrolnej $2,978^\circ$. W grupie z niestwierdzoną stenozą $7,05^\circ$, a w grupie ze stwierdzoną stenozą $11,57^\circ$.

Za pomocą testów nieparametrycznych sprawdzono czy różnice pomiędzy poszczególnymi grupami są istotne statystycznie dla $p=0,05$. Wyniki przedstawiono w Tabeli 7. Wyniki wykazały istnienie różnic pomiędzy badanymi grupami na każdym z ocenianych poziomów (L3, L4, L5).

DYSKUSJA

Konfiguracja kanału kręgowego trójkątna i liścia koniczyny w dwóch ostatnich kręgach lędźwiowych ze współistniejącymi zmianami zwyrodnieniowymi w stawach międzykręgowych wpływa na pojemność kanału kręgowego wyrażającą się zespołami bólowymi.

Autorzy postanowili zbadać kształt kanału kręgowego i kąty nachylenia powierzchni stawowej na poziomach L3, L4, L5. Zbadano grupę obejmującą 176 chorych z klinicznymi i radiologicznymi objawami stenozy lędźwiowej i porównano otrzymane wyniki z grupą kontrolną 42 osób ze zdrowym kręgosłupem.

W naszych badaniach dotyczących budowy i kształtu kręgów L3, L4 i L5 w grupie 176 kręgosłupów ze stenozą kształt liścia koniczyny stwierdzono 42 razy na poziomie L5, a w 42 osobowej grupie kontrolnej 28 razy. Wskazuje to, że kanał kręgowy w kształcie liścia koniczyny to odmiana anatomiczna na poziomie L5. Wyniki naszych badań były podobne do informacji przedstawionych przez Eisensteina [1,2]. Oceniał on kształt kanału kręgowego badając szkielety 433 kręgosłupów Afrykanów rasy białej i czarnej i analizował przyczyny rozwoju trójlistnego kanału kręgowego. Na 74 kręgi kształtu trójlistnej koniczyny 68 (92%) było w kręgu L5. Autor sądził, że kształt kanału kręgowego kręgu L5 o konfiguracji koniczyny nie był cechą patologiczną, ale odmianą rozwojową normy anatomicznej. Malawski uważał, że rozwój zmian zwyrodnieniowych w sta-

Table 6 presents the absolute values of differences between the angles at L3, L4 and L5 in the control group and the study group of 176 patients with and without confirmed stenosis at a given level.

The absolute value of the difference between the left and right angles at L3 was 2.14° in the control group, 8.41° in the group with stenosis not confirmed and 11.37° in the group with confirmed stenosis.

At L4, the absolute value of the difference between the left and right angles was 2.26° in the control group, 7.556° in the group with stenosis not confirmed and 9.405° in the group with confirmed stenosis.

At L5, the absolute value of the difference between the left and right angles was 2.978° in the control group, 7.05° in the group with stenosis not confirmed and 11.57° in the group with confirmed stenosis.

Non-parametric tests were used to examine whether the differences between particular groups demonstrated statistical significance for $p=0.05$. The results, which are presented in Table 7, reveal differences between the groups at each level assessed (L3, L4, L5).

DISCUSSION

A triangular or trefoil configuration of the spinal canal in the last two lumbar vertebrae accompanied by degenerative changes in the intervertebral joints affects the capacity of the spinal canal, giving rise to pain syndromes.

The aim of the study was to examine the shape of the spinal canal and joint surface angles at L3, L4 and L5. The study involved 176 patients with clinical and radiological evidence of lumbar stenosis, whose results were then compared to a control group of 42 persons not suffering from any spinal disorders.

The assessment of the structure and shape of the spinal canal at L3, L4 and L5 in the group of 176 stenotic spines revealed 42 trefoil configurations at L5 compared to 28 in the control group of 42 patients, which indicates that the trefoil shape of the spinal canal is an anatomical variant at L5. The results of our study resembled those presented by Eisenstein [1,2], who assessed the shape of the spinal canal by examining 433 spines of Negroid and Caucasian Africans and analyzed the mechanisms underlying the development of a trefoil configuration. Out of 74 examined trefoil spinal canals, 68 (92%) were recorded at L5. The author concluded that a trefoil spinal canal at L5 was not to be regarded as a pathology but rather constituted a developmental variant of normal anatomy. Malawski, in turn, believed that the development of degenerative

wach międzykręgowych w kręgach o kształcie liścia koniczyny nasila stenozę lędźwiową [3]. Literatura anglojęzyczna dotycząca poruszonego problemu nie jest zbyt liczna.

Znacznie więcej informacji można uzyskać na temat zmian w wyrostkach stawowych stawów międzykręgowych. Neurochirurdzy holenderscy badali u 143 osób zależności pomiędzy kątem nachylenia wyrostków stawowych, a kątem rozwarcia blaszek łuków [4]. Krzyżujące się linie w obrazie TK kreślone przez nich wyznaczały różnokształtne czworoboki na poszczególnych poziomach. Wartość praktyczna tych geometrycznych rozważań była zapewne ciekawostką badawczą. Autorzy badając kąty lewy i prawy wyrostków stawowych sądzili, że różnice w kongruencji pomiędzy kątami będą na tyle istotne by możliwe było postawienie tezy o etiologii zmian zwyrodnieniowych w stawach międzykręgowych związanych z odchyleniami w budowie. Otrzymane wyniki wykazały, że w grupie 176 badanych średnie różnice pomiędzy kątem lewym a prawym wynosiły na poziomie L3 – 11,37°; na poziomie L4 – 9,40°; na poziomie L5 – 11,57°. Natomiast w grupie kontrolnej stwierdzono różnice odchylenia kątowych wynoszące na poziomie L3 – 2,14°; na poziomie L4 – 2,26°; na poziomie L5 – 2,97°. Stwierdzono zależności statystyczne w różnicach bezwzględnych pomiędzy kątem lewym a prawym. Natomiast w grupie kontrolnej różnice odchylenia kątowych były wyraźnie mniejsze. Te znamienne statystycznie różnice potwierdzają tezę, że rozwój zmian zwyrodnieniowych stawów międzykręgowych może być spowodowane pierwotną niezbornością stawów. Carrera i wsp. podali, że ocena stawów międzykręgowych na konwencjonalnych zdjęciach rentgenowskich była trudna [5]. Przedstawili oni swoje spostrzeżenia na podstawie 100 badań TK wykonanych u chorych z bólami krzyża i rwą kulszową. U 65 chorych stwierdzili oni nieprawidłową budowę wyrostków stawowych wyrażającą się ich przerostem, obecnością osteofitów i torbieli oraz ścieżeniem powierzchni stawowej i zwapnieniami w obrębie torebki. Nie podali jednak, na czym polegały nieprawidłowości w budowie wyrostków stawowych przed rozwojem zmian zwyrodnieniowych. My w swoich badaniach stwierdziliśmy jednak odchylenia w wartości kąta lewego i kąta prawego dolnego odcinka kręgosłupa lędźwiowego u chorych ze stenozą i osób w grupie kontrolnej, co może być przyczyną zmian zwyrodnieniowych. Naszym zdaniem jednak najczęstszy patomechanizm zmian zwyrodnieniowych prawdopodobnie spowodowany jest osiadaniem kręgów w przebiegu choroby dyskowej i rozwijającej się niestabilności międzykręgowej. Teza pierwsza o odchy-

changes in intervertebral joints of trefoil-shaped vertebrae intensifies lumbar stenosis [3]. English-language literature of the subject is quite scarce.

Much more information can be obtained regarding changes in the articular processes of intervertebral joints. Dutch neurosurgeons examined a group of 143 patients to establish a relationship between the articular process inclination angle and the aperture angle of the laminae [4]. The intersecting lines they drew on the CT scans formed tetragons of various shapes at particular levels. The practical significance of these geometrical analyses probably constituted a curious research detail. The authors hoped to find, by examining the left and right angles of articular processes, that the significance of congruence differences between the angles will enable the formulation of a hypothesis concerning the etiology of degenerative changes in intervertebral joints as related to structural irregularities. The results of the present study revealed the following mean differences between the left and right angles in the study group of 176 patients: 11.37° at L3, 9.40° at L4 and 11.57° at L5. The corresponding differences in the control group were 2.14° at L3, 2.26° at L4 and 2.97° at L5. Absolute differences between the left and right angles turned out to be statistically significant in the study group, while in the control group they were remarkably smaller. The statistically significant differences confirm the claim that the development of degenerative changes in intervertebral joints may stem from a primary joint incongruence. Carrera et al. reported that the assessment of intervertebral joints on the basis of conventional radiographic images was difficult [5]. They published an analysis of 100 CT scans performed in patients suffering from low back pain and sciatic neuralgia. The total of 65 patients revealed structural pathologies of articular processes in the form of hypertrophy, presence of osteophytes and cysts as well as thinning of the articular surface and calcifications within the joint capsule. However, the authors did not describe the characteristics of structural abnormalities in the articular processes prior to the development of degenerative changes. Our study showed discrepancies between the left and right angles in the lumbar section of the spine in patients with confirmed stenosis and in the control group, which may be the cause of degenerative changes. Still, we believe that the most common pathomechanism underlying degenerative changes is vertebral sinking in the course of disc disease and emerging intervertebral instability. The hypothesis suggesting structural abnormalities of articular processes as the cause of lumbar stenosis requires more extensive studies.

leniach w budowie wyrostków stawowych jako przyczynie stenozy łądźwiowej wymaga badań na większej grupie przypadków.

Doświadczenia kliniczne pokazują, że zmiany zwyrodnieniowe w stawach międzykręgowych dają bóle i objawy korzeniowe. Już Putti w 1927 i Badgley w 1941 opisali zmiany zwyrodnieniowe w stawach międzykręgowych kręgosłupa [6,7]. Ten ostatni stwierdził korelację pomiędzy zmianami zwyrodnieniowymi a wiekiem, ale nie potwierdził takiej zależności dotyczącej bólów. Mooney i Robertson badali zespół bólowy wyrostków stawowych (facet syndrome) za pomocą artrografii i miejscowo podawanego środka znieczulającego jako metody diagnostycznej [8]. Trójpoziomowe unerwienie stawów utrudnia całkowite zniesienie bólów. Powodowało to kłopoty z ustaleniem, z jakiego poziomu pochodzą dolegliwości. Przekonywujące odróżnienie bólów typu facet syndrome od innych lokalizacji dających bóle jest wciąż dalekie od doskonałości. Farfan sugerował, że anatomiczne położenie wyrostków stawowych ma duże znaczenie w kontroli stabilizacji postawy [9]. Wykazał on, że podczas ruchów skrętnych dochodzi do osiadania krążka, a przy dużych obciążeniach wyrostków stawowych dodatkowo do pęknięć krążka międzykręgowego. Carrera i wsp. uważają również, że zmiany zwyrodnieniowe w wyrostkach stawowych powodują uszkodzenie krążka [5]. Natomiast badania Lewina z 1964 na zwłokach wykazały, że zmiany zwyrodnieniowe wyrostków stawowych – facet syndrome – były niezależne od zmian zwyrodnieniowych krążka międzykręgowego [10]. Bough i wsp. zbadali histologicznie 127 wyrostków stawowych usuniętych podczas operacji u 84 chorych, u których wykonana była również artrografia [11]. Wśród 127 badanych stawów w 90 (71%) stwierdzono zmiany zwyrodnieniowe. Natomiast 37 (29%) stawów nie wykazywało wyraźnych zmian. Wykonywana przez nich cała procedura badania kontrastowego z późniejszym podaniem środka znieczulającego do stawu wykazała wynik pozytywny u 62 (48%) chorych i brak efektu u 65 (52%) chorych. Autorzy ci podkreślają, że ten sposób diagnostyczny nie nadawał się do badań przesiewowych. Informacje dotyczące kształtu kanału kręgowego w piśmiennictwie z ostatnim dziesięcioleciem są pojedyncze [12,13,14]. Papp i wsp. stwierdzili, że budowa kręgow o kształcie liścia koniczyny jest przyczyną stenozy. Wykonali oni pomiary na szkieletach. Stwierdzili, że trójlistny kształt był zawsze na poziomie L5 [14]. Na poziomie L4 występuje rzadko. Uważają oni, że jest to zmiana rozwojowa, która została zapoczątkowana już w dzieciństwie.

Clinical experiments reveal that degenerative changes in intervertebral joints produce pain and radicular symptoms. Already Putti in 1927 and Badgley in 1941 described degenerative changes in intervertebral joints of the spine, with the latter reporting a correlation between degenerative changes and age, but failing to establish a similar correlation regarding pain [6,7]. Mooney and Robertson carried out diagnostic examinations of patients with the facet syndrome using arthrography and local anesthetic administration [8]. The three-level innervation of the joints makes complete elimination of pain difficult, owing to which it was hard to establish the level where the pain originated. A convincing differentiation between the pain of facet syndrome and other pain-generating locations is yet to be found. Farfan suggested that the anatomical location of articular processes is important for posture stabilization control [9]. He found that rotation results in the sinking of the intervertebral disc, and, if combined with intensive loading of articular processes, additionally causes disc ruptures. Carrera et al. believe that degenerative changes of articular processes may also damage the intervertebral disc [5]. Lewin's autopsy study from 1964, however, revealed that degenerative changes of articular processes, also referred to as the facet syndrome, were independent of degenerative changes of the intervertebral disc [10]. Bough et al. conducted histological examinations of 127 articular processes surgically removed from 84 patients in whom arthrography was also performed [11]. Degenerative changes were found in 90 (71%) out of the total of 127 joints, with the remaining 37 (29%) not revealing distinct changes. The complete procedure of a contrast study followed by joint anesthesia was positive in 62 patients (48%) and negative in 65 (52%) patients. The authors emphasize that this diagnostic method is not suitable as a screening test. There are rather few reports concerning the shape of the spinal canal in the literature of the last decade [12,13,14]. On the basis of skeleton measurements, Papp et al. concluded that a trefoil configuration of the spinal canal produces stenosis. According to these authors a trefoil configuration is common at L5 but rare at L4 and it constitutes a developmental change originating as early as in childhood [14].

It is commonly believed that pain may be related primarily to disc disease. Intervertebral joint pathology may not be ruled out as the cause of pain. Diagnostic studies which employ intervertebral joint anesthesia must not ignore joint innervation from other levels. Nerve blocks ought to be performed at three levels. An unsuccessful treatment suggests that the source of pain is most probably located within the

Powszechny jest pogląd, że bóle mogą być związane przede wszystkim z chorobą krążka międzykręgowego. Nie można wykluczyć przyczyn bólów pochodzących ze stawów międzykręgowych kręgosłupa. W badaniach diagnostycznych stosując znieczulenie stawów międzykręgowych należy pamiętać o unerwieniu ich z sąsiednich poziomów. Zawsze należy wykonywać blokady na trzech poziomach. Brak efektu terapeutycznego informuje, że źródło bólu było prawdopodobnie umiejscowione w obrębie krążka międzykręgowego. Należy sądzić, że wykonanie dyskografii pozwoliłoby na dokładną diagnostykę i wybranie właściwego sposobu leczenia. Stwierdzone w naszych badaniach bezwzględne różnice w naszych pomiarach pomiędzy kątami, które wykazywały znaczące różnice statystyczne w porównaniu z grupą kontrolną jest nowym podejściem do etiopatogenezy rozwojowej stenozy. Należy podkreślić, zgodnie z poglądami Ganz'a dotyczącymi stawu biodrowego, że mechanizm ten może być podobny do zmian zwyrodnieniowych stawów biodrowych [15]. Różnice w stopniach pomiędzy lewym i prawym kątem należy brać pod uwagę w patomechanizmie zmian zwyrodnieniowych stawów międzykręgowych. Zmniejszenie wysokości międzytrzonowej prowadzące do niestabilności segmentu ruchowego uważane jest nadal za główną przyczynę facet syndrome i zmian zwyrodnieniowych stawów międzykręgowych.

WNIOSKI

1. Kształt kanału na poziomie L4 był trójkątny, a na poziomie L5 kształtu liścia koniczyny. Kształt liścia koniczyny na poziomie L5 nie był związany ze zmianami zwyrodnieniowymi stawów międzykręgowych na tym poziomie.
2. Stwierdzono istotne odchylenia wartości kątów: prawego i lewego dolnego odcinka kręgosłupa lędźwiowego u chorych ze stenozą i u osób grupy kontrolnej. Może to być przyczyną zmian zwyrodnieniowych.
3. Najczęstszy patomechanizm zmian zwyrodnieniowych stawów międzykręgowych spowodowany jest osiadaniami kręgów w przebiegu choroby dyskowej i rozwijającej się niestabilności międzykręgowej.

Praca została zrealizowana w ramach projektu badawczego Komitetu Badań Naukowych nr 2 P05C 041 29 pt. „Ocena zmian w stawach międzykręgowych w obrazie TK 2D, TK 3D jako przyczyny stenozy lędźwiowej oraz odległe wyniki różnych sposobów operacyjnego leczenia stenozy”, który uzyskał pozytywną opinię Komisji Biotycznej C. M. K. P. w dniu 1.12.2004 r.

intervertebral disc. Discography would likely provide the physician with accurate diagnosis and facilitate the selection of an appropriate treatment method. Our finding of absolute differences in angular measurements, which reveal statistically significant differences in comparison with the control group, constitutes an innovative approach to the developmental etiopathogenesis of stenosis. In compliance with Ganz's observations concerning the hip joint, we ought to emphasize that the pathomechanism analyzed by us is likely to be the same as that related to degeneration of the hip joints [15]. Differences between the left and right angle should be borne in mind as a possible explanation for the mechanism underlying degeneration of intervertebral joints. Decreased interbody height producing instability of the motor segment is still considered as the main cause of the facet syndrome and degenerative changes of intervertebral joints.

CONCLUSIONS

1. The shape of the spinal canal was triangular at L4 and trefoil at L5. A trefoil configuration at L5 was not related to degenerative changes of intervertebral joints at this level.
2. There were significant angular differences between the right and left angles in the lower section of the lumbar spine between the patients suffering from stenosis and the control group, which may give rise to degenerative changes.
3. The most common pathomechanism underlying degenerative changes of intervertebral joints is vertebral sinking in the course of disc disease and emerging intervertebral instability.

This study was carried out within Committee for Scientific Research Project No. 2 P05C 041 29, entitled "Assessment of changes in the intervertebral joints on 2D CT and 3D CT images as the cause of lumbar stenosis and long-term outcomes of different surgical approaches to the treatment of stenosis", which was approved by the Ethical Review Board of the Centre for Post-Graduate Medical Education on 1 Dec 2004.

PISMIENICTWO / REFERENCES

1. Eisenstein S. The trefoil configuration of the lumbar vertebral canal. A study of South African 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. Carrera GF, Haughton VM, Syversten A, Williams AL. Computed tomography of the lumbar facet joints. *Radiology* 1980; 134: 145-148
6. Putti V. Lady Jones Lecture. On new conceptions in the pathogenesis of sciatic pain. *Lancet* 1927; 2: 53-60
7. Badgley CE. The articular facets in relation to low-back pain and sciatic radiation. *J Bone Joint Surg* 1941; 23: 481-496
8. Mooney V, Robertson J. The facet syndrome. *Clin Orthop* 1976; 115: 149-156
9. Farfan HF. Mechanical disorders of the low back. Philadelphia, Lea & Febiger, 1973
10. Lewin T. Osteoarthritis in lumbar synovial joints: a morphologic study. *Acta Orthop Scand* 1964; Suppl 73: 45-48
11. Bough B, Thakore J, Davies M, Dowling F. Degeneration of lumbar facet joints. *J Bone Joint Surg* 1990; 72B: 275-276
12. Alfonso M, Palacio P, Bastarrika G, Villas C. Does the shape of the L₅ vertebral body depended on the height of CT slices in the pedicle? Evaluation of the shape of the L₅ vertebral body with a multicut CT scan. *Spine* 2008; 33 (1): 1-5
13. SantiagoFR, Milena GL, Herrera RO, Romero PG. Morphometry of the lower lumbar vertebrae in patients with and without low back pain. *European Spine Journal* 2001; 10 (3): 228-233
14. Papp T, Porter RW, Aspden RM. Trefoil configuration and developmental stenosis of the lumbar vertebral canal. *J Bone Joint Surg Br* 1995; 77 (3): 469-472
15. Ganz R, Parvizi J, Beck M and all. Femoroacetabular impingement a cause for osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop* 2003; 417: 112-120

Liczba słów/Word count: 4861

Tabele/Tables: 7

Ryciny/Figures: 1

Piśmiennictwo/References: 15

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Prof. dr hab. med. Kazimierz Rapala

*Samodzielny Publiczny Szpital Kliniczny im. prof. A. Grucy
05-400 Otwock, ul. Konarskiego 13*

*Otrzymano / Received 14.12.2008 r.
Zaakceptowano / Accepted 06.04.2009 r.*