

한국인에서 척추경 나사못 삽입에 있어서 형태학적 특성

안면환 · 한재형 · 구자웅 · 정승민 · 조재호

영남대학교 의과대학 정형외과학교실

Morphologic Feasibility of Pedicle Screw Insertion in Korean

Myun-Wahn Ahn, M.D., Jae-Hyeung Han, M.D., Ja-Woong Koo, M.D.,
Sung-Min Chung, M.D., and Jae-Ho Cho, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Yeungnam University Hospital, Daegu, Korea

Purpose: This study examined the morphological characteristics of the thoracic and lumbar vertebrae of normal Koreans and the factors causing breakage of the pedicular wall by measuring the thoracolumbar vertebrae relative to the pedicle screw insertion.

Materials and Methods: The effect of the pedicle screw shape on the pedicle wall integrity of 56 normal Koreans was examined by performing a computer simulation of the inserting pedicle screws into the pedicle wall by superimposing the graphical images of the screws onto the CT scan images.

Results: Because the inner pedicle diameters of the most thoracic vertebrae from T4 to T10 were <5 mm, most pedicles of the thoracic vertebrae were expected to be broken after inserting the 5 mm-diameter cylindrical screws. The pedicles of the thoracic and lumbar vertebrae were classified into 6 groups by performing the cluster analysis using morphometric parameters. Group 1 was labeled "relatively narrow". Group 2 "moderate". Group 3 "wide and angular". Group 4 "severely narrow and short", Group 5 "long", and group 6 "relatively wide and angular". The simulation showed the pedicles of groups 1 and 4 to be too narrow for the 5 mm-diameter cylindrical screws to preserve the pedicular wall integrity.

Conclusion: The pedicles of the vertebra of Koreans are similar in size to those of Caucasians. Personal morphological characteristics of the pedicles as well as their sizes and levels of the vertebrae are believed to be the significant factors that can cause the breakage of the pedicular wall.

Key Words: Thoracolumbar spine, Morphology of pedicle, Pedicle screw

서 론

척추경 나사 기기술의 개발 및 시술을 위해 척추경의 계측이 여러 저자들에 의해 연구되어 왔다^{2,3,11,18}. 척추경은 내경, 외경의 크기가 개인에 따라 매우 다양하므로 척추경 나사를 이용한 수술 전에는 전산화 단층촬영을 이용한 사전 검사가 필요하다고 보고된 바 있다^{23,24}. 또, 한국인에서는 수술 시 6 mm의 나사를 사용하였을 경우

상부 요추에서 상당수 척추경의 피질골이 파손될 가능성이 있다는 보고가 있다⁸. 그러나 대개의 연구가 사체골을 이용한 일부 척추골만을 선택적으로 계측하거나 정상적인 표본이 아닌 사람을 이용한 방사선학적 계측치만을 제시했을 뿐, 척추경의 좁은 부분의 가로 직경, 상하 직경, 전 후각, 수평각 및 척추체와 척추경의 깊이 등의 측정을 통한 정상 한국인의 형태 해부학적 특성에 대한 연구는

통신저자 : 안 면 환

대구광역시 남구 대명동 317-1
영남대학교병원 정형외과
TEL: 053-620-3643 · FAX: 053-628-4020
E-mail: mwahn@med.yu.ac.kr

Address reprint requests to

Myun-Wahn Ahn, M.D.
Department of Orthopaedic Surgery, Yeungnam University Hospital,
317-1, Daemyeong-dong, Nam-gu, Daegu 705-717, Korea
Tel: +82.53-620-3643, Fax: +82.53-628-4020
E-mail: mwahn@med.yu.ac.kr

*이 논문은 보건복지부의 선도기술-의료공학기술개발사업의 일환으로 지원을 받아 수행한 연구임(HMP-98-G-2-046-A).

드물다. 이에 본 연구에서는 정상 한국인의 흉요추 척추경의 형태 해부학적 측정을 시행하여 한국인의 형태적 특성을 확인하고 나사못 삽입 시 척추경의 파손에 미치는 형태 해부학적 인자를 구하고자 하였다.

대상 및 방법

본 연구에 대하여 충분한 설명을 듣고 취지에 동의하고 검사에 지원한 척추 질환의 병력이 없는 정상 성인 56명을 대상으로 전산화 단층촬영을 실시하였다. 정상 성인은 척추에 질병이나 변형이 없으며, 국립 기술 품질원에서 1997년에 발행한 국민 표준 체위 조사 보고서를 참조하여, 한국인의 성인 중의 5%에서 95%에 해당하는 키와 몸무게를 기준으로 하였다. 키는 남자인 경우 161.3 cm에서 178.8 cm, 여자인 경우 150.4 cm에서 165.8 cm이며, 몸무게는 남자인 경우 54.5 kg에서 83.5 kg, 여자인 경우 45.0 kg에서 67.0 kg까지로 하였다. 대상의 연령별 분포를 보면 20대가 23명, 30대가 16명, 40대가 11명, 50대가 5명, 60대가 1명이었으며 남자가 29명, 여자가 27명이었다.

각 연구 대상자에 대하여 흔히 척추경 나사못 삽입을 시행하는 제4흉추에서 제5요추까지의 척추 부위 중 임의의 부위를 3 mm 간격으로 추체판과 평행하고 척추경의 중간 부위를 전산화 단층촬영하여 총 642개의 측방향 영상 사진을 얻었다(Fig. 1). 전산화 단층촬영의 자료는 DICOM III의 형태로 변환하여 개인용 컴퓨터에서 Inner Space 2D를 이용하여 계측하였다. 전산화 단층촬영에서 얻은 사진 자료는 X선 주사기를 이용하여 계수 영상으로

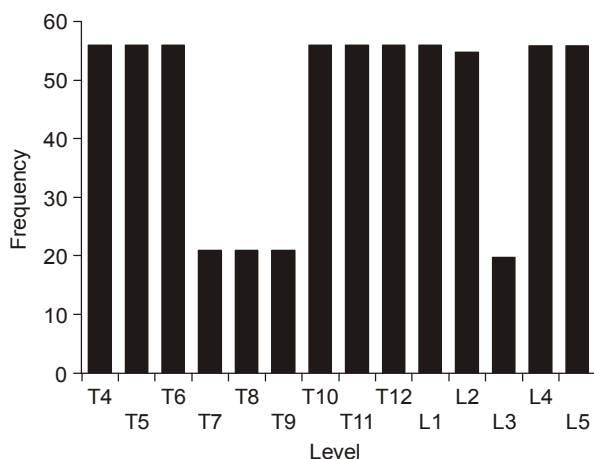


Fig. 1. Distribution of the slices of the axial CAT images.

변환하여 개인용 컴퓨터에 입력하여 Corel paint shop pro를 이용하여 계측하였다. 형태 해부학적 특성은 척추경의 가로 방향의 내경 및 외경, 길이, 협부에 이르는 거리, 삽입각도 등을 측정하였다(Fig. 2).

Corel paint shop pro 프로그램상에서 척추 각 부위의 주사기로 얻은 영상자료의 척추경에 5 mm, 6 mm 직경의 원통형(cylindrical) 및 원추형(conical) 척추경 나사못의 영상을 가장 이상적인 위치 및 각도로 가상적으로 삽입하여 각 척추경의 내경과 외경에 대하여 각 나사못이 차지하는 비율을 측정하고 나사못 삽입에 따른 척추경의 삽입 상태 및 파손 가능성을 예측하였다(Fig. 3). 나사못을 가상 삽입 시, 척추경의 상태를 1단계는 나사못이 척추경의 관내에 위치하고, 2단계는 피질골 내에 나사못이 위치하고, 3단계는 나사못이 피질골 바깥쪽으로 나오는

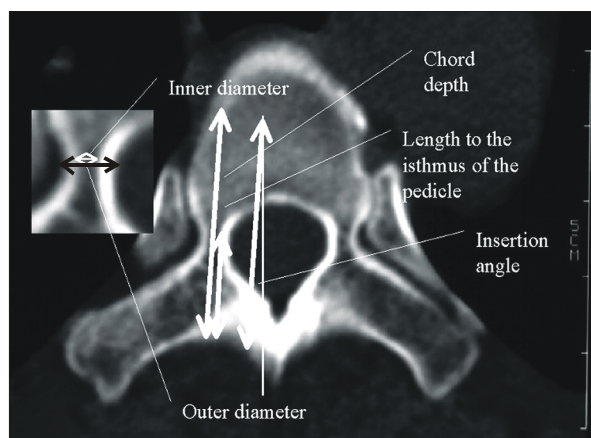


Fig. 2. Morphometric parameters of the vertebrae.

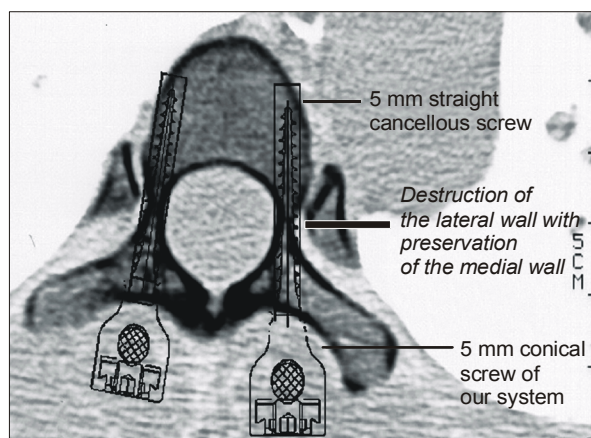


Fig. 3. Status of the pedicular wall during the insertion of screw into the pedicle.

것, 즉 척추경이 파손되는 것으로 나누었다(Fig. 3).

형태학 특성군을 통계학적으로 분류하기 위해서 SPSS 프로그램을 이용하여 척추경의 내경, 외경, 척추경 나사못의 삽입방향 및 축방향의 총 거리 및 협부까지의 거리를 고려한 군집분석을 실시하였다. 형태학적 계측 및 군집분석에서 얻은 결과들의 통계학적 유의성 검사는 일원변량분석법 또는 Chi-square 검증법을 이용하여 실시하였다. 종족 간의 차이를 확인하여 한국인의 특성을 확인하기 위해서 일표본 T-검증을 시행하였다. 나사못의 가상 삽입시 척추경의 파손과의 관련인자를 찾기 위해 다중로지스틱 회귀분석을 하였다.

결 과

1. 형태학적 계측 결과

척추경의 내경 및 외경의 평균은 상부 흉추에서 2.6 mm 및 5.2 mm, 하부 흉추에서는 4.5 mm 및 7.4 mm, 흉요추 접합부에서는 5.6 mm 및 8.7 mm, 요추에서는 8.5 mm 및 12.0 mm로 상부 흉추에서 하부 요추까지 통계적으로 유의하게 증가하였다(Fig. 4). 제1요추의 외경 및 내경이 제12흉추보다 작은 경향은 있었으나, 통계적인 유의성은 없었다.

척추경의 총 길이는 상부 흉추에서 38.5 mm, 하부 흉추에서는 43.3 mm, 흉요추 접합부에서는 48.5 mm, 요추에서는 48.3 mm로 요추로 갈수록 증가하는 경향을 보였으며, 협부까지의 거리는 상부 흉추에서 13.8 mm, 하부 흉추에서는 14.8 mm, 흉요추 접합부에서는 17.1 mm,

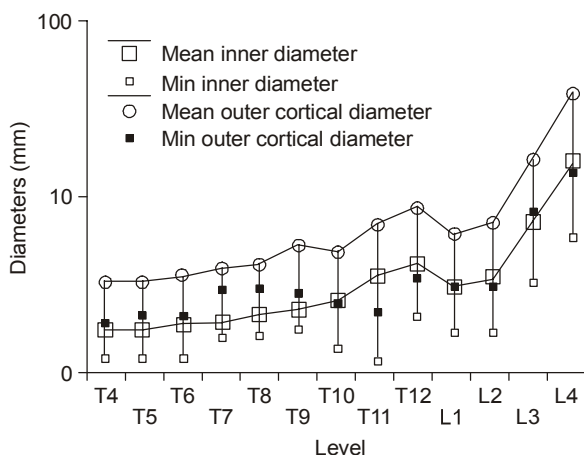


Fig. 4. Inner and outer diameter of the pedicular isthmus from T4 to L5.

요추에서는 17.1 mm로 각 부위별로 특이한 차이가 없었다. 척추경 나사못의 삽입각의 평균은 상부 흉추에서 6.0°, 하부 흉추에서는 5.2°, 흉요추 접합부에서는 6.4°, 요추에서는 10.6°로 하부 흉추에서 가장 작았고, 요추에서 가장 컸다. 특히, 제4요추에서 10.3°, 제5요추에서 14.5°로 타 부위에 비해서 척추경 나사못의 삽입각이 유의하게 컸다($p < 0.05$).

척추경의 외경에 대한 내경의 비율을 확인한 결과, 상부 흉추에서는 48.1%, 하부 흉추에서는 59.0%, 흉요추 접합부에서는 63.4%, 요추에서는 68.8%로 통계적으로 각군간에 유의한 차이가 있었으며($p < 0.05$) 상부 흉추에서 피질골이 차지하는 비율이 하부 요추에 비해 상대적으로 두껍다는 것을 의미하였다.

이러한 결과는 흉추용 척추경 나사못은 5 mm 굵기의 원추형 나사못의 삽입시 대부분의 척추경의 파손이 예상되어 이와는 다른 형태인 원추형 나사못의 개발이 요구되었다. 상부 흉추에서는 척추경의 외경에 대한 내경의 비율이 48.1%로 단면적상 피질골의 면적이 상대적으로 넓기 때문에 해면골형의 나사보다는 피질골형의 나사못이 합당할 것으로 판단되었다.

2. 척추경의 형태적 특성에 대한 군집분석 결과

척추경의 내경, 외경, 협부의 위치, 척추경 나사못의 삽입방향 및 축방향의 총 거리 및 협부까지의 거리를 고려하여, 6개의 군으로 분류하였다(Fig. 5).

일원변량분석을 이용하여 각 군의 특성을 분석한 결과(Table 1), 척추경의 내경 및 외경의 경우 통계적으로 각군 간에 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$).

척추경의 축방향의 총 길이와 협부까지의 길이는 제2, 3 및 6군 사이에는 유의한 차이가 없었으나 다른 군 간에는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 협부의 좌우 위치 및 전후 위치의 좌표는 척추관의 전면의 중심에서 제1군은 10.0 mm, -7.1 mm, 제2군은 11.1 mm, -6.9 mm, 제3군은 16.3 mm, -1.3 mm, 제4군은 8.9 mm, -6.3 mm, 제5군은 11.8 mm, 6.8 mm, 제6군은 13.8 mm, -3.5 mm로 좌우 위치는 제2군과 5군 사이에는 차이가 없었으나 다른 군들 사이에는 각 군 간의 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 전후 좌표의 위치는 제3군과 6군은 다른 군과 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

나사못의 삽입방향은 제3 및 6군에서 유의하게 컸으

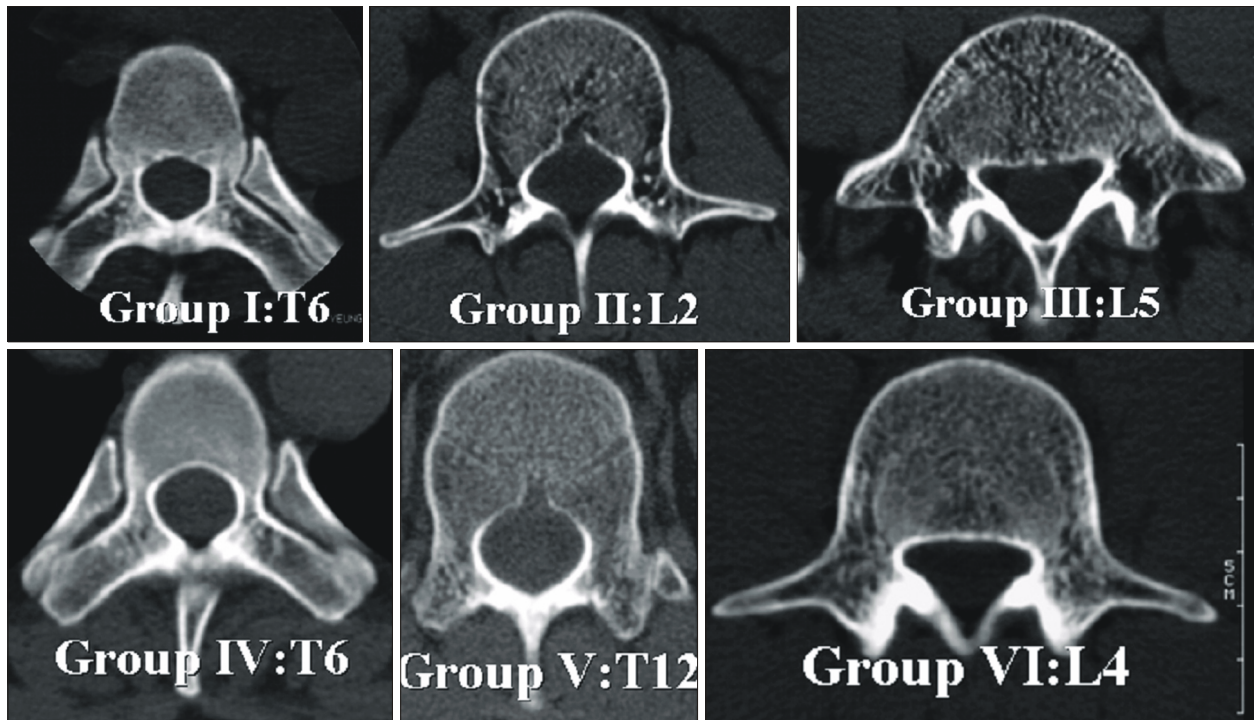


Fig. 5. Morphologic characteristics of each cluster. Group I was characterized by the severe narrowing of the inner and outer pedicular diameters and the short pedicular length. Group II was characterized by the narrow pedicular canal. However, the pedicular length and insertion angle had increased. The pedicular canal and insertion angle had increased the most in Group III. Group IV was characterized by its the largest decrease in the pedicular canal and length. The pedicular length had increased the most in Group V. Its pedicular canal was relatively wide. In Group VI, the pedicular canal was wide and its length and insertion angle had increased compared with those of the other groups.

Table 1. Characteristic Status of the Pedicle

	Group					
	I	II	III	IV	V	VI
Inner diameter (mm)	3.8	4.7	12.3	2.8	6.6	9.7
Outer diameter (mm)	6.6	7.7	16.3	5.7	9.7	13.4
Chord depth (mm)	41.7	48.1	47.5	36.0	53.1	50.0
Distance to isthmus (mm)	13.5	15.5	16.9	13.2	19.6	16.5
Insertion angle (°)	5.7	6.8	14.8	5.0	7.3	11.6
Coordinate of isthmus (abscissa/ordinate) (mm)	10.0/-7.1	11.1/-6.9	16.3/-1.3	8.9/-6.3	11.8/6.8	13.8/-3.5

나, 제4군에서 가장 작았다.

이상의 분석결과를 종합하면, 제1군은 타군에 비해 척추경의 내경 및 외경이 좁으면서, 삽입각이 적고, 축방향의 길이가 짧으나, 제4군에 비해서는 내경 및 외경이 넓고, 축방향의 길이가 길고, 전후 좌표 상 협부가 후방에 위치하였다. 제2군은 제1군에 비해서 내경 및 외경이 넓고, 축방향의 길이 및 협부까지의 길이가 길고, 협부의

위치가 좌우 좌표상 넓으나, 삽입각 및 전후 좌표상의 거리는 유의한 차이가 없이 후방에 위치하였다. 제3군은 내경 및 외경이 6군 중에 가장 넓고, 협부의 위치가 좌우 및 전후 좌표상 가장 넓으며, 삽입각도 가장 크다. 그러나 축방향의 길이 및 협부까지의 길이가 비교적 긴 편이나 5군에 비해 짧은 것이 특징이었다. 제6군은 내경 및 외경은 제3군 다음으로 넓으며, 축방향의 길이 및 협부까지의

길이가 5군 다음으로 길며, 삽입각과 좌우 및 전후 좌표상의 거리는 제3군 다음으로 각이 크고 거리가 긴 것이 특징이었다.

3. 원추형 척추경 나사못의 삽입 결과

안 등이 고안한 홍추용 원추형 나사못을 척추경에 가상으로 삽입하여 척추경의 상태를 컴퓨터를 이용하여 분석한 결과는 다음과 같다.

5 mm 직경의 원추형 나사못 삽입 시 대부분에서 파손이 예측되었던 상부 흉추에서는 1단계가 39.1%, 2단계가 43.5%, 3단계가 17.4%로 척추경의 파손이 예상되었다. 하부 흉추에서도 척추경의 내경이 좁았던 예에서 삽

입 상태는 각각 26.9%, 52.5%, 20.9%, 흉요추 접합부에서는 27.6%, 65.6%, 6.9% 요추에서는 28.6%, 64.3%, 7.1%로 척추경의 파손이 감소되었다. 내경이 5 mm 이하로 5 mm 직경의 원추형 나사못 삽입 시 대부분의 파손이 예측되었던 215 척추 중 37 척추(17.2%)에서만 파손이 예측되었다(Table 2).

각 군별로 척추경 나사못 삽입 시 파손의 정도를 예측하면, 제1군에서는 1단계가 39.1%, 2단계가 47.8%, 3단계가 13.0%로 13.0%의 파손이 예상되었다. 제2군에서는 각각 51.7%, 48.3%, 0%이며, 제4군에서는 24.3%, 50.5%, 25.2%, 제5군에서는 50.0%, 50.0%, 0%로 척추경의 파손을 예상할 수 있었다(Table 3).

Table 2. Status of the Pedicle Wall during the Insertion of the Conical Screw with a Relation to the Level of the Vertebrae

Level	Stage			Total
	I	II	III	
Upper thoracic (T4-T6)	45	50	20	115
Lower thoracic (T7-T11)	16	33	14	63
Thoraco-lumbar junction (T12, L1)	8	15	2	25
Lumbar spine (L2-L5)	3	8	1	12
Total	72	106	37	215

Stage I, intracanal; Stage II, intracortical; Stage III, extracortical.

Table 3. Status of the Pedicle Wall during the Insertion of the Conical Screw in Relation to the Cluster

Group	Stage			Total
	I	II	III	
1	27	33	9	69
2	15	14		29
4	27	56	28	111
5	3	3		6
Total	72	106	37	215

Stage I, intracanal; Stage II, intracortical; Stage III, extracortical; Group, clusters extracted from the cluster analysis.

Table 4. Result of Multiple Logistic Regression Showing the Relationship between the Pedicular Wall Breakage and the Other Factors

Variable	Dependent variables-Breakage of the pedicle wall						Exp (B)
	B	S.E.	Wald	df	Sig	R	
LEVEL			25.7145	10	.0041	.1444	
LEVEL (1)	-.5826	.5389	1.1686	1	.2797	.0000	.5584
LEVEL (2)	.0497	.4690	.0112	1	.9156	.0000	1.0510
LEVEL (3)	8.0082	19.3899	.1706	1	.6796	.0000	3005.4316
LEVEL (4)	1.7038	5.0141	.1155	1	.7340	.0000	5.4948
LEVEL (5)	.5298	4.0364	.0172	1	.8956	.0000	1.6985
LEVEL (6)	-.8074	3.2873	.0603	1	.8060	.0000	.4460
LEVEL (7)	-.7572	2.8632	.0699	1	.7914	.0000	.4690
LEVEL (8)	1.7815	2.7114	.4317	1	.5111	.0000	5.9390
LEVEL (9)	.1427	2.2549	.0040	1	.9495	.0000	1.1534
LEVEL (10)	1.1800	2.1143	.3114	1	.5768	.0000	3.2542
CLU6 3			12.7888	3	.0051	.1574	
CLU6 3 (1)	-1.4260	.6092	5.4796	1	.0192	-.1127	.2403
CLU6 3 (2)	1.5397	.4654	10.9442	1	.0009	.1806	4.6631
CLU6 3 (3)	-1.2035	1.0832	1.2343	1	.2666	.0000	.3002
RPPWMI	-1.1638	.2381	23.8842	1	.0000	-.2825	.3123
Constant	5.0151	1.9675	6.4971	1	.0108		

RPPWMI, inner diameter of the pedicle.

로지스틱 회귀분석을 통하여 척추경의 파손에 관여하는 여러 인자들 중 어떤 인자가 더욱 중요한 역할을 하는지 알아본 바에 의하면 척추경의 파손은 척추경의 굽기 및 척추의 위치뿐만 아니라 각 군의 특성, 즉 형태해부학적 특성이 관여하는 것으로 확인되었다(Table 4).

고 찰

척추경 나사를 이용한 고정 방법은 이전의 강선이나 갈고리를 이용하여 고정하는 것에 비해 척추의 삼주 모든 곳에 고정을 하기 때문에 축성이나 회전력에 대한 안정성이 강해 변형에 대한 삼차원적 고정이 가능할 뿐만 아니라^{11,17,23)} 후궁 절제술 등 수술 시 피할 수 없는 부분에 대해서도 안정성을 확보할 수 있는 등^{4,22,23)} 다양한 장점이 있어 현재는 척추경이 넓은 요추 부위뿐만 아니라 척추 측만증과 같은 변형교정을 위해 비교적 척추경이 좁은 흉추 부위에서도 널리 쓰이고 있다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고 특히 흉추에 척추경 나사를 이용할 때 발생할 수 있는 신경, 혈관, 장기 등의 합병증^{1,6,12,14)}의 우려 때문에 많은 의사들이 그 사용을 꺼려하는 것 또한 사실이다. 따라서 척추경 나사의 올바른 사용을 위해서는 척추경에 대한 폭넓은 형태 해부학적 지식이 필요하다. 따라서 이러한 척추경의 형태에 관한 척도 즉 척추경 협부의 가로 직경, 상하 직경, 전후각, 수평각 및 척추체와 척추경의 깊이 등에 대해 여러 연구가 진행되어 왔다^{2,3,8,10,26)}. 생역학적으로 가장^{7,21)} 고정력이 강한 나사못을 삽입하기 위해서는 척추경의 좁은 가로직경에 대해 최대한 굽은 나사못을 삽입하고 척추골 몸통과 척추경의 길이에 대해서는 나사 길이가 길수록 생역학적으로 강하게 고정되는데 나사못이 척추경이나 척추체를 뚫고 나가서 발생하는 합병증을 막고 가장 강한 고정을 하기 위해서는 술 전 정확한 척추체의 해부학적 지표에 대한 계측이 필요하다. 이러한 계측은 수술 전에 방사선 검사 등 간접적인 방법에 의해 가능한데 석 등²⁰⁾은 제1흉추골에서 제5요추골까지 모든 척추골에 대하여 전산화 단층촬영에서 얻은 영상에서와 촬영면을 따라 전기톱으로 횡절단한 단면에서의 가로 직경을 실측하여 두 계측치 간의 상관관계를 산출하여 두 계측치 간에 그 값의 차이가 거의 없고 매우 밀접한 상관관계를 보였다고 보고하였다. 또한 Krag 등¹⁰⁾과 Misenheimer 등¹³⁾도 두 계측치 간의 차이가 거의 없음을 보고하여 본 연구에서는 전산화 단층촬영을 이용하여

형태학적 특성이 척추경 나사못 삽입 시 척추경의 파손에 미치는 영향을 보고자 하였다.

척추경의 내외경의 크기와 형태 또한 견고하면서도 안전한 척추경 나사 삽입에 중요한 인자로서 여러 논문에서 척추 각 위치에 따른 척추경의 직경과 전 후면에서의 각도 등이 보고되었는데 대체로 척추 전 부위에서 척추경의 상하 직경이 좌우 직경보다 더 크고 좌우 직경이 가장 좁은 부위는 제4흉추 또는 제5흉추이며 가장 넓은 부위는 제5요추였으며 전 후면에서의 척추경의 내측으로 향하는 각도는 제11, 12흉추에서 가장 적고 이 부위를 중심으로 상부 및 하부로 갈수록 내측으로 더 많이 기울어져 있다고 알려져 있다^{23,29)}. 본 연구에서도 이와 대체로 유사한 결과를 보였으나 본 연구에서는 전산화 단층촬영의 측방향 영상만을 이용하여 계측하였기 때문에 척추경의 상하 직경은 측정할 수 없었다. Kim 등⁹⁾에 의하면 하부 흉추에 있어서는 늑골두가 척추경의 기저부를 향하여 뒤쪽으로 이동해 있는 형태를 취하게 되므로 이러한 이유에 의하여 척추경의 축이 거의 중립각이거나 오히려 척추체의 바깥으로 향한다고 하였다. 하지만 이러한 해부학적 특성에도 불구하고 가장 견고한 척추경 나사못 삽입을 위해서는 척추경의 축을 향해 나사못을 삽입하는 것이 아니라 척추경 나사못의 입구를 외측으로 옮겨 내측으로 10-15° 향하게 하여 삽입할 것을 권유하였다. 본 연구에서도 가장 길면서도 안전한 삽입각을 위한 각도가 하부 흉추에서는 내측으로 5.2°, 흉요추 접합부에서는 내측으로 6.4°로 나타났다.

일본 T-검증을 이용하여 척추경의 종족 간 크기차이를 알아보기 위해 평균을 비교한 결과 Krag 등¹⁰⁾의 연구와 비교하여서는 흉추의 척추경 최소 외경이 유의하게 컸으나, 요추에서는 작았다. Scoles 등¹⁸⁾과 Saillant¹⁶⁾의 연구 결과와는 유사했으며, Cheung 등³⁾의 연구 결과와는 상부 요추에서는 유의하게 컸으며, 하부 요추에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 물론 동양인을 대상으로 한 실험에서 척추경의 크기가 서양인보다 유의하게 작음을 보고하는 논문도 있지만^{5,7,21)} 이는 실험 대상의 나이와 생사 유무 그리고 뼈 자체의 건조 유무 등 측정 방법 혹은 대상 선정의 차이에 의해 기인된 것으로 판단되었다.

Meisenheimer 등¹³⁾의 보고에 의하면 신선 사체 척추를 이용한 실험에서 척추경 외경의 80% 이상 되는 굽기의 나사를 삽입하였을 때 거의 대부분의 척추경에 확장

(Expansion), 소성변형(plastic deformation)이 생겼고, 일부에서는 골절이 일어났다고 하였으며, 석 등²⁰⁾은 역시 사체 척추를 이용한 실험에서 척추경 외경의 86% 이상 굽기의 나사 삽입 시 척추경의 골절이 발생하였으나 확장이나 소성 변형 등의 변화는 관찰할 수 없었는데 이는 사체가 신선한 것이 아니어서 골조직이 말라 있었기 때문일 것이라고 보고하였다. Sjostrom 등¹⁹⁾에 의하면 나사못의 직경이 척추경 외경의 65%를 넘으면 85%의 척추경이 확장된다는 보고를 하였고 최근에 Rinella¹⁵⁾ 등은 9살 된 척추 측만증 환자의 예를 들면서 척추경의 골절이 발생하기 전에 척추경의 직경이 196%까지 확장을 한다고도 보고를 하였다. 하지만 본 연구의 주목적이 가장 안전하게 척추경 나사못을 삽입할 수 있는 크기에 대한 조사였기 때문에 나사 삽입에 따른 척추경의 안정성을 알아보기 위해 전산화 단층촬영 영상에 직경 5 mm, 6 mm 굽기의 원주형 나사와 원추형 나사의 영상을 컴퓨터 프로그램을 이용하여 가상적으로 삽입하여 척추경과 나사와의 관계를 통하여 나사 삽입 시 척추경의 파손 가능성을 조사하였다. 원주형 나사의 경우 제4흉추에서 제9흉추까지는 가장 작은 5 mm 나사 삽입에서도 대부분 척추경의 파손이 예상되었으며 하부 흉추에서도 40-60% 정도에서 파손이 예상되었다. 그러나 본 연구자 등이 고안한 흉요추 원추형 나사를 삽입하였을 때는 내경이 5 mm 이하로 5 mm 직경의 원주형 나사못 삽입 시 척추경의 파손이 예상되었던 215 척추 중 37척추, 17.2%에서만 파손이 예측되었다. 그러나 본 연구에서의 이 결과는 생체에서 척추경 나사못 삽입 시 보일 수 있는 골조직의 탄성과 소성이 배제된 상태에서 얻은 것이기 때문에 실제 생체에서 나사를 삽입할 때의 결과와 일치하지 않을 것으로 생각되나 척추경의 좌우 직경이 작은 흉추 또는 일부 상부 요추에서는 원주형 나사못보다는 원추형 나사못을 사용하면 더욱 안전하게 삽입이 가능할 것으로 생각된다.

결론

한국인의 척추경은 크기가 서구인과 유사하며 개인적 특성에 따라 동일한 척추 위치에서도 다양한 형태를 가질 것으로 생각된다. 이러한 척추경의 형태학적 특성뿐만 아니라 척추경의 크기와 척추체의 위치 또한 척추경 나사못 삽입 시 척추경 골절의 중요한 인자가 되므로 이러한 파손을 예방하기 위해 수술 전 전산화 단층촬영을 시행하여

척추경의 굽기뿐만 아니라 형태 해부학적 특성을 분석하여 결정하는 것이 바람직할 것으로 사료되며 원주형 나사못의 사용이 척추경의 골절 없이 안전하게 고정할 수 있는 방법 중의 하나이다.

참고문헌

1. Alanay A, Cil A, Acaroglu E, et al: Late spinal cord compression caused by pulled-out thoracic pedicle screws: a case report. *Spine*, 28: E506-E510, 2003.
2. Berry JL, Moran JM, Berg WS, Steffee AD: A morphometric study of human lumbar and selected thoracic vertebrae. *Spine*, 12: 362-367, 1987.
3. Cheung KM, Ruan D, Chan FL, Fang D: Computed tomographic osteometry of Asian lumbar pedicles. *Spine*, 19: 1495-1498, 1994.
4. Cinotti G, Gumina S, Ripani M, Postacchini F: Pedicle instrumentation in the thoracic spine. A morphometric and cadaveric study for placement of screws. *Spine*, 24: 114-119, 1999.
5. Datir SP, Mitra SR: Morphometric study of the thoracic vertebral pedicle in an Indian population. *Spine*, 29: 1174-1181, 2004.
6. Heini P, Scholl E, Wyler D, Eggli S: Fatal cardiac tamponade associated with posterior spinal instrumentation. A case report. *Spine*, 23: 2226-2230, 1998.
7. Hou S, Hu R, Shi Y: Pedicle morphology of the lower thoracic and lumbar spine in a Chinese population. *Spine*, 18: 1850-1855, 1993.
8. Kim NH, Lee HM, Chung IH, Kim HJ, Kim SJ: Morphometric study of the pedicles of thoracic and lumbar vertebrae in Koreans. *Spine*, 19: 1390-1394, 1994.
9. Kim YJ, Lenke LG, Cheh G, KD Riew: CT scan accuracy of "free hand" pedicle screw placement technique in spinal deformity; an analysis of 789 pedicle screws, Podium presentation, international meeting on advanced spine technology annual meeting, Bermuda, July 1-3, 2004.
10. Krag MH, Beynon BD, Pope MH, Frymoyer JW, Haugh LD, Weaver DL: An internal fixator for posterior application to short segments of the thoracic, lumbar and lumbosacral spine, design and testing. *Clin Orthop Relat Res*, 203:

- 75-98, 1986.
11. **Krag MH, Weaver DL, Beynnon BD, Haugh LD:** Morphometry of the thoracic and lumbar spine related to transpedicular screw placement for surgical spine fixation. *Spine*, 13: 27-32, 1988.
 12. **Levine DS, Dugas JR, Tarantino SJ, Boachie-Adjei O:** Chance fracture after pedicle screw fixation. A case report. *Spine*, 23: 382-385, 1998.
 13. **Misenhimer GR, Peek RD, Wiltse LL, Rothman SL, Widell EH Jr:** Anatomic analysis of pedicle cortical and cancellous diameter as related to screw size. *Spine*, 14: 367-372, 1989.
 14. **Papin P, Arlet V, Marchesi D, Rosenblatt B, Aebi M:** Unusual presentation of spinal cord compression related to misplaced pedicle screws in thoracic scoliosis. *Eur Spine J*, 8: 156-159, 1999.
 15. **Rinella AS, Cahill P, Ghanayem A, et al:** Thoracic pedicle expansion after pedicle screw placement in a pediatric cadaveric spine. Podium presentation, Scoliosis research society 2004 annual meeting, Buenos aires, Argentina, September 2004.
 16. **Saillant G:** Anatomical study of the vertebral pedicles. Surgical application. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 62: 151-160, 1976.
 17. **Liljenqvist U, Hackenberg L, Link T, Halm H:** Pullout strength of pedicle screws versus pedicle and laminar hooks in the thoracic spine. *Acta Orthop Belg*, 67: 157-163, 2001.
 18. **Scoles PV, Linton AE, Latimer B, Lery ME, Digiovanni BF:** Vertebral body and posterior element morphology: the normal spine in middle life. *Spine*, 13: 1082-1086, 1988.
 19. **Sjostrom L, Jacobsson O, Karlstrom G, Pech P, Rauschning W:** CT analysis of pedicles and screw tracts after implant removal in thoracolumbar fractures. *J Spinal Disord*, 6: 225-231, 1993.
 20. **Suk SI, Lee JH, Yoon KS, Kim WJ:** The diameter and changes of the vertebral pedicles after screw insertion. *J Kor Soc Spine Surg*, 2: 168-176, 1995.
 21. **Tan SH, Teo EC, Chua HC:** Quantitative three-dimensional anatomy of cervical, thoracic and lumbar vertebrae of Chinese Singaporeans. *Eur Spine J*, 13: 137-146, 2004.
 22. **Ugur HC, Attar A, Uz A, Tekdemir I, Egemen N, Genc Y:** Thoracic pedicle: Surgical anatomic evaluation and relations. *J Spinal Disord*, 14: 39-45, 2001.
 23. **Vaccaro AR, Rizzolo SJ, Allardycce TJ, et al:** Placement of pedicle screws in the thoracic spine. Part I: morphometric analysis of the thoracic vertebrae. *J Bone Joint Surg Am*, 77: 1193-1199, 1995.
 24. **Vaccaro AR, Rizzolo SJ, Balderston RA, et al:** Placement of pedicle screws in the thoracic spine. Part II: An anatomical and radiographic assessment. *J Bone Joint Surg Br*, 77: 1200-1206, 1995.
 25. **Zindrick MR, Knight GW, Sartori MJ, Carnevale TJ, Patwardhan AG, Lorenz MA:** Pedicle morphology of the immature thoracolumbar spine. *Spine*, 25: 2726-2735, 2000.
 26. **Zindrick MR, Wiltse LL, Dornnik A, et al:** Analysis of the morphometric characteristics of the thoracic and lumbar pedicles. *Spine*, 12: 160-166, 1987.

= 국문초록 =									
목 적:									
대 상 및 방 법:		56	642	CT	가				
결 과:		4	10	5 mm	5 mm	6			
		”, 5	“	1	“	”, 2	“	”, 3	“
		5	6 mm	1	4	5 mm	가	2	
결 론:		가							
색인 단어:		,	,						