

Study of Computed Tomography Reconstruction Angle of Bony Stenosis of the Cervical Foramen

Yon-Min Kim*

Department of Radiological Science, Wonkwang health science University

Received: December 08, 2022. Revised: December 22, 2022. Accepted: December 31, 2022.

ABSTRACT

This study is an image reconstruction method after cervical CT scan. According to the oblique coronal reconstruction angle, i would like to suggest the reconstruction angle that can best express neural foraminal bony stricture. The angle created by drawing a line passing through the center of the spinal cord in the midsagittal plane of the cervical spine and the uncovertebral joint was measured. A line passing through the center of the spinal cord was drawn from the neural foramen, and the angle formed with the midsagittal plane was measured and compared. At the C4-5 level, the average was 9.2°, at the C5-6 level, the average was 9.9°, and at the C6-7 level, the average was 8.4°, the neural foraminal angle was measured to be larger than the uncovertebral joint angle. There was a statistically significant difference in mean ($p < 0.01$). Also, it was found that the angle increased toward the lower cervical vertebrae. The angle between the neural foramen of the lower cervical vertebrae (C5-6, C6-7) and the center of the spinal cord is between 55 and 60°. Here, if the oblique coronal image is reconstructed to be 90°, the degree of neural foramen stenosis can be observed well. Because it is an image reconstruction using a conventional CT scan image, it does not receive additional radiation exposure. It is of great significance in diagnosing cervical neural foramen bony stenosis.

Keywords: Intervertebral foramen, Cervical neural foraminal stenosis, Cervical computed tomography, Uncovertebral joint hypertrophy.

I. INTRODUCTION

경추 신경공 협착(cervical neural foraminal stenosis) 과 척추관 협착(spinal canal stenosis)은 나이가 들어가면서 다빈도로 발생하는 척추 질환이다. 이중 신경공 협착증은 척추 신경근이 통과하는 척추뼈 사이의 척수공이 좁아져 척추 신경이 압박되는 것을 말한다^[1].

경추 신경공 협착증은 퇴행성 골극(degenerative osteophytes), 후관절 비대(facet hypertrophy), 측면 추간판 탈출(laterally herniated discs)에 의한 경추 신경공이 좁아지는 것으로 정의된다^[2-4]. 이러한 해부학적 변화는 지나가는 신경을 누르게 되며 신경

뿌리충돌, 염증 또는 둘 모두를 유발할 수 있으며, 이는 경추 신경근병증(cervical radiculopathy)을 유발할 수 있다^[5].

경추에만 존재하는 구상돌기(uncinate process)는 경추 상완관의 측면 또는 후 측면 가장자리에 위치한 갈고리 모양의 돌기로 관절 안정성에 중요한 역할을 한다. 경추 신경공 협착은 구상돌기가 퇴행성 변화를 겪으며 두꺼워지고 불필요한 가시 뼈들이 자라나면서 비대해지는 것이 가장 큰 원인이라 알려져 있다^[6].

경추 신경근병증 환자에서 골극에 의한 신경공 협착을 밝혀내는 영상검사 방법 중에서 경추의 사위 단순방사선촬영(cervical oblique)은 몸 전체를 우

* Corresponding Author: Yon-Min Kim

E-mail: kimyonmin@wu.ac.kr

Tel: +82-63-840-1238

전후면 사방향(right posterior oblique, RPO)이나 좌 전후면 사방향(left posterior oblique, LPO)으로 45° 돌리고, 엑스선 관을 머리쪽으로 15° 향하고, C4 위치에 중심선을 일치시키고, 촬영거리 100cm에서 촬영하는 것이 일반적이다⁷⁻⁹⁾. 그러나 검사자의 숙련도에 따라서 재현성의 차이를 보일 수 있으며, 판독 결과를 정량화하기 어렵다¹⁰⁾.

경추의 전산화단층촬영 프로토콜은 병원마다 차이가 있으나 1~3mm 간격으로 검사를 시행한다. 자기공명영상 검사보다 전산화단층촬영은 검사비가 싸고, 비대한(hypertrophy) 후관절(facet joint)에 의한 신경공 협착(foraminal narrowing)과 구추관절 비대(hypertrophy of uncovertebral joint), 후위골극(posterior spurring) 등의 골성변화(bony change)와 골절(fracture) 등에 의한 골조각(bone fragment)의 위치를 잘 볼 수 있다¹¹⁾. 또한, 영상처리 소프트웨어를 이용하여 2차원이나 3차원으로 영상 재구성(reformation)을 할 수 있어서, 다양한 각도에서 경추 모양을 나타내 볼 수 있으며, 단면 횡단 영상만을 이용한 신경관 협착을 진단할 때보다 높은 판독 일치율을 보이며 신경공 협착 진단에 도움을 주고 있다¹¹⁾. 따라서 본 연구는 추가 방사선 피폭 없이 경추 CT 검사 후에 영상을 재구성하는 방법으로, 사위 관상면(oblique coronal) 재구성 각도에 따라서 신경공 골성 협착을 가장 잘 표현할 수 있는 재구성 각도를 제시하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구 대상

진료 목적으로 검사한 경부 컴퓨터단층촬영(Neck CT) 영상과 경추 컴퓨터단층촬영(Cervical spine CT) 영상을 받아서 후향적으로 분석하였다. 남자가 12명(40.0%), 여자가 18명(60.0%) 이었다. 나이는 20~52세이었고 평균나이는 32.0±6.7세이었다. 컴퓨터단층촬영 영상을 익명화로 전환한 후에 DICOM 영상으로 획득하였다.

사용기기는 SOMATOM Definition Flash (Siemens Health Care, Forchheim, Germany) software versions syngo CT VA48A를 사용하였다. 검사조건은 Table 1

과 같이 경부 100 kVp, 경추 120 kVp 각각 사용하였고, 자동노출제어(Auto exposure control) mode를 사용하였으며 단편두께 1mm, 행과 열은 512 x 512, convolution kernel은 B40s, 비트 수(Bits Stored)는 12 이었다.

Table 1. The parameter of CT equipment.

kVp	mAs*	Slice thickness	Convolution kernel	Bits stored
100~120	125~352	1 mm	B40s	12

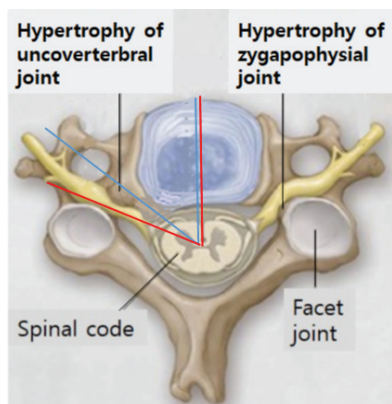
*Auto exposure control

2차원 평면재구성 영상처리에 사용한 소프트웨어는 Xelis (INFINITT, Korea) software versions Xelis 1.0.6.3을 사용하였다.

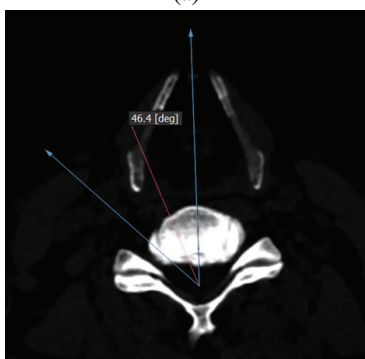
2. 연구 방법

1. 2차원 영상처리 프로그램을 이용하여 경추의 정중시상면과 구추관절에서 척수 중심을 지나는 선을 그어 만들어지는 각도를 측정하였다. 30명에서 각각 3회 측정하여 평균값을 구하였다. Fig. 1-(b)와 같이 신경공측과 가장 가까운 구추관절 선을 이용하여 측정하였다.
2. 다음은 신경공에서 척수 중심을 지나는 선을 그어, 정중시상면과 이루는 각도를 측정하였다. 30명에서 각각 3회 측정하여 평균값을 구하였다. Fig. 1-(c)와 같이 돌기사이관절(zygapophysial joint)과 구추관절의 사이가 가장 좁아진 부분에서 신경공의 중심과 척수 중심을 연결하는 선을 그어 각도를 측정하였다.
3. 경추 신경공의 측정위치는 C2-3, C3-4, C4-5, C5-6, C6-7, 모두 5곳으로 나누어 측정하였다.
4. Fig. 1-(a)의 파란색 구추관절 라인과 90도를 이루는 사위 관상면(oblique coronal) 2차원 평면 재구성(2D reformation) 영상을 획득하였다.
5. Fig. 1-(a)의 붉은색 돌기사이관절 라인과 90도를 이루는 사위 관상면 2차원 평면재구성 영상을 획득하였다.
6. 4와 5의 재구성 영상을 비교하여 신경공이 가장 좁게 측정된 면적을 연구분석에 사용하였다.

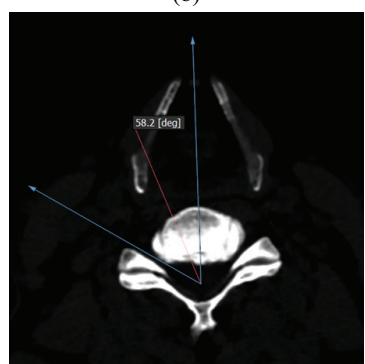
사용한 통계학적 방법은 SPSS software (Version 12.0 ; Inc., Chicago, IL) SPSS statistics (SPSS ver. 28. SPSS inc., IBM Company)를 이용하여 그룹 간 평균에 차이가 있는지 독립표본 T-test를 시행하였고, p 값이 0.05 미만일 때 평균에 유의한 차이가 있는 것으로 판정하였다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 1. Schematic diagram of midsagittal plane and cervical foramen angle measurements(a, red line), and midsagittal plane and uncovertebral joint angle(a, blue line). (b) CT image of the midsagittal plane and uncovertebral joint angle(46.4°) measurement. (c) CT image of the midsagittal plane and cervical foramen angle(58.2°) measurement.

III. RESULT

구추관절 각과 돌기사이관절 각의 각각 측정 결과는 Table 2와 같다. C2-3 레벨에서는 구추관절 각보다 돌기사이관절 각이 평균 10.2° 크게 측정되었다. C3-4 레벨에서는 평균 8.6°, C4-5 레벨에서는 평균 9.2°, C5-6 레벨에서는 평균 9.9°, C6-7 레벨에서는 평균 8.4°로 구추관절각보다 돌기사이관절각이 크게 측정되었으며, 통계적으로 평균에 유의한 차이가 있었다(p<0.01). 또한, 하부 경추로 갈수록 각도가 증가하는 것을 알 수 있었다.

Table 2. Comparison of measurement results of uncovertebral joint angle and neural foraminal angle

C-spine level	unit: degree		
	UVJA Average ± SD	NFA Average ± SD	p value
C 2 - 3	40.5 ± 6.3	50.7 ± 6.1	< 0.01
C 3 - 4	45.4 ± 6.9	54.0 ± 4.4	< 0.01
C 4 - 5	45.1 ± 5.6	54.3 ± 5.2	< 0.01
C 5 - 6	47.3 ± 4.7	56.5 ± 4.6	< 0.01
C 6 - 7	51.6 ± 4.8	60.0 ± 3.3	< 0.01

UVJA: uncovertebral joint angle, NFA: neural foraminal angle, SD: standard deviation

구추관절 선과 90°를 이루는 사위 관상면 2차원 평면재구성 영상은 Fig. 2와 같다. 영상에서 정중시상면과 구추관절 라인이 이루는 각도는 46°이며, 여기에 90°가 되도록 사위 관상면 영상을 재구성하였다(Fig. 2). 구추관절 비대가 가장 잘 관찰되는 각도이다.

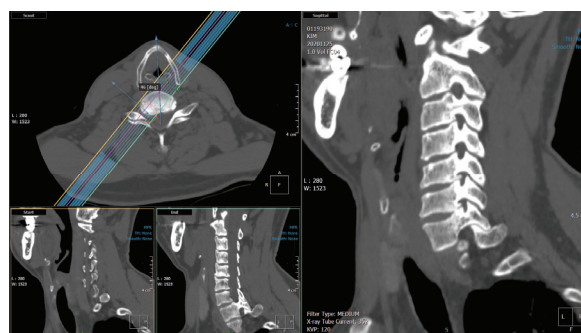


Fig. 2. Oblique coronal reformatted CT image.

돌기사이관절 선과 90°를 이루는 사위 관상면 2차원 평면재구성 영상은 Fig. 3과 같다. 영상에서 정중시상면과 돌기사이관절 라인이 이루는 각도는 58°이며, 여기에 90°가 되도록 사위 관상면 영상을 재구성하였다(Fig. 3). 영상과 같이 신경공이 가장 좁아진 곳을 나타낼 수 있어서 신경공 협착 정도가 잘 관찰되는 각도이다.

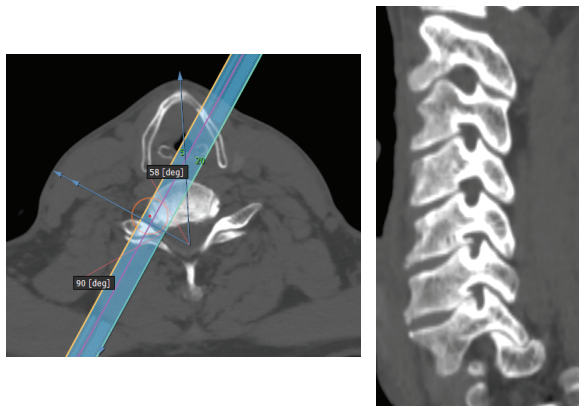


Fig. 3. Two-dimensional reformatted CT image.

IV. DISCUSSION

최근 경부통증은 장애(disability)의 네 번째 주요 원인으로 선정되었다^[12]. 경부통증은 상당한 고통과 장애를 유발할 수 있으며, 전 세계적으로 16.7 ~ 75.1%에 이르는 경부통증의 유병률을 보이고 있다^[13]. 통증은 목 근육, 추간관, 후관절 등에서 발생하며, 구추관절이 장애와 통증의 잠재적 원인으로 알려지고 있으나 연구는 미흡하다^[14].

굴곡, 신진, 외측 굴곡, 회전에 관여하는 구상돌기(uncinate processes)는 상부 척추와의 관절에 의해 영향을 받아 구추관절의 퇴행성변화에 영향을 준다. 또한, 골관절염의 변화는 구추관절에서 가장 자주 관찰된다. 특히 하부 경추는 상대적으로 더 높은 하중과 스트레스에 골관절염의 변화가 우선적으로 나타난다^[15,16]. Michal^[17] 등의 연구에 의하면 경추 관절의 퇴행성변화 유병률은 58.1%로 높았으며, C5-6에서 오른쪽 69.8%, 왼쪽 67.4% 가장 높은 유병률을 보였다. 그다음으로 C6-7, C4-5 순으로 나타났다.

경추 사위 단순방사선촬영법은 상체의 목 부분만 돌리는 것이 아니라, 몸 전체를 RPO 또는 LPO 방향으로 45° 돌리고, 엑스선관을 머리쪽으로 향해 15°, C4 위치에 중심선을 일치시키고 촬영하는 것이 일반적이다. 그러나 Ahn^[9]의 연구에서 하부 목뼈로 갈수록 정중시상면과 신경공이 이루는 각도가 커지므로 하부 목뼈는 55°에서 잘 관찰할 수 있다고 하여 본 연구 결과와 일치한다.

구상돌기에서 자라나는 골극은 측면으로 돌출되어 척수의 신경뿌리를 눌러 어깨와 목, 팔까지 저린 증상과 통증이 나타나는 질환이다. 이런 구상돌기 비대 측정에 경추 컴퓨터단층촬영은 진단가치가 매우 높은 검사이다. 본 연구는 추가 방사선검사 없이 경추 CT 검사 후에 영상을 재구성하는 방법으로, 사위 관상면(oblique coronal) 재구성 각도에 따라서 신경공 골성 협착을 가장 잘 표현할 수 있는 재구성 각도를 제시하고자 하였다. 연구 결과, 경추 상부(C2-3, C3-4, C4-5)의 구추관절 관찰은 40~40° 사이, 경추 하부(C5-6, C6-7)의 구추관절 관찰은 45~50° 사이가 적당하며, 경추 상부(C2-3, C3-4, C4-5)의 신경공 관찰은 50~55° 사이, 경추 하부(C5-6, C6-7)의 신경공 관찰은 55~60° 사이가 적당한 것으로 측정되었다. 특히 하부 경추에 질환이 빈번한 것을 고려하면, 구추관절 비대는 50~55° 사이에서 재구성할 때 가장 병변을 크게 관찰할 수 있었다. 또한, 신경공의 좁아진 정도를 평가하거나, 신경공 협착 변화와 협착률을 비교하기 위해서는 55~60° 사이에서 재구성을 추천한다.

연구의 제한점으로 정중시상면과 신경공이 이루는 각도가 환자마다 좌, 우측 측정각도 차이가 있었다. 따라서 CT 검사 자세를 정확하게 잡았을 때 좌, 우측 측정각도 차이가 작게 나타난다. 또한, 환자의 경추 구조가 좌·우 대칭이 아닌 환자가 있어서 각도를 모든 환자에게 표준화하기는 어려우므로 임상에서 다양한 응용이 필요하다.

V. CONCLUSION

하부 경추의 신경공과 척수 중심이 이루는 각은 55~60° 사이이며, 여기에 90°가 되도록 사위 관상면 영상을 재구성하면 신경공협착 정도가 잘 관찰

된다. 기존 CT 스캔 영상을 이용한 재구성 영상이므로 추가적인 방사선 피폭을 받지 않으면서 경추 신경공 골성 협착을 진단하는데 큰 의의가 있다. 또한, 환자에게 직관적으로 협착률을 설명하기 좋은 단면 영상을 제공한다. 이 자료는 골성 신경공 협착 연구에 기초 자료로 사용되기를 기대한다.

Acknowledgement

이 논문은 2022년도 원광보건대학교 교내연구비 지원에 의해서 수행됨

Reference

- [1] Y. K. Choi, "Lumbar foraminal neuropathy: an update on non-surgical management", *The Korean Journal of Pain*, Vol. 32, No. 3, pp. 147-159, 2019. <https://doi.org/10.3344/kjp.2019.32.3.147>
- [2] R. S. Wainner, H. Gill, "Diagnosis and nonoperative management of cervical radiculopathy", *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, Vol. 30, No. 12, pp. 728-744, 2000. <https://doi.org/10.2519/jospt.2000.30.12.728>
- [3] D. M. Yousem, S. W. Atlas, H. I. Goldberg, R. I. Grossman, "Degenerative narrowing of the cervical spine neural foramina: evaluation with high-resolution 3DFT gradient-echo MR imaging", *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 12, No. 2, pp. 229-236, 1991.
- [4] K. M. Abbed, J. V. C. E. Coumans, "Cervical radiculopathy: pathophysiology, presentation, and clinical evaluation", *Neurosurgery*, Vol. 60, No. 1, pp. S28-S34, 2007. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000249223.51871.c2>
- [5] S. J. Kim, J. W. Lee, J. W. Chai, H. J. Yoo, Y. Kang, J. W. Seo, J. M. Ahn, H. S. Kang, "A New MRI Grading System for Cervical Foraminal Stenosis Based on Axial T2-Weighted Images", *Korean Journal of Radiology*, Vol. 16, No. 6, pp. 1294-1302, 2015. <https://doi.org/10.3348/kjr.2015.16.6.1294>
- [6] J. U. Mun, H. R. Cho, S. H. Kim, J. I. Yoo, K. N. Kang, S. H. Yoon, Y. U. Kim, "Uncinate Process Area as a New Sensitive Morphological Parameter to Predict Cervical Neural Foraminal Stenosis", *Pain Physician*, Vol. 22, No. 2, pp. 105-110, 2019.
- [7] S. Marcelis, F. C. Seragini, J. A. Taylor, G. S. Huang, Y. H. Park, D. Resnick, "Cervical spine: comparison of 45 degrees and 55 degrees anteroposterior oblique radiographic projections", *Radiology*, Vol. 188, No. 1, pp. 253-256, 1993. <https://doi.org/10.1148/radiology.188.1.8511307>
- [8] H. D. Bumstead, "Routine examination of the cervical spine", *The X-ray technician*, Vol. 27, No. 4, pp. 247, 1955.
- [9] B. J. Ahn, "The Study Intervertebral Foramen Image for the Cervical spine of Posterior Anterior Oblique for the Angle", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 9, No. 4, pp. 197-203, 2015. <http://doi.org/10.7742/jksr.2015.9.4.197>
- [10] M. J. Shin, "Imaging of the Cervical Spine", *Journal of Korean Spine Surgery*, Vol. 6, No. 2, pp. 181-184, 1999.
- [11] A. Schell, J. M. Rhee, J. Holbrook, E. Lenehan, K. Y. Park, "Assessing Foraminal Stenosis in the Cervical Spine: A Comparison of Three-Dimensional Computed Tomographic Surface Reconstruction to Two-Dimensional Modalities", *Global Spine Journal*, Vol. 7, No. 3, pp. 266-271, 2017. <https://doi.org/10.1177/2192568217699190>
- [12] E. L. Hurwitz, K. Randhawa, H. Yu, P. Cote, S. Haldeman, "The Global Spine Care Initiative: a summary of the global burden of low back and neck pain studies", *European Spine Journal*, Vol. 27, No. 6, pp. 802-815, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5393-z>
- [13] R. Fejer, K. O. Kyvik, J. Hartvigsen, "The prevalence of neck pain in the world population: a systematic critical review of the literature", *European Spine Journal*, Vol. 15, No. 6, pp. 834-848, 2006. <https://doi.org/10.1007/s00586-004-0864-4>
- [14] J. M. Brismee, P. S. Sizer Jr, G. S. Dedrick, B. G. Sawyer, M. P. Smith, "Immunohistochemical and histological study of human uncovertebral joints: a preliminary investigation", *Spine (Phila Pa 1976)*, Vol. 34, No. 12, pp. 1257-1263, 2009. <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e31819b2b5d>

- [15] H. J. Pesch, W. Bischoff, T. Becker, H. Seibold, "On the pathogenesis of spondylosis deformans and arthrosis uncovertebralis: comparative form-analytical radiological and statistical studies on lumbar and cervical vertebral bodies", *Archives of orthopaedic and traumatic surgery. Archiv fur orthopadische und Unfall-Chirurgie*, Vol. 103, No. 3, pp. 201-211, 1984. <https://doi.org/10.1007/bf00435555>
- [16] A. Prescher, "Anatomy and pathology of the aging spine", *European Journal of Radiology*, Vol. 27, No. 3, pp. 181-195, 1998. [https://doi.org/10.1016/s0720-048x\(97\)00165-4](https://doi.org/10.1016/s0720-048x(97)00165-4)
- [17] M. Tzelnik, A. Simonovich, V. Stoychev, D. Alperovitch-Najenson, D. Ezra, L. Kalichman, "Uncovertebral Joints' Degeneration Prevalence and Association with Demographics and Symptoms", *SN Comprehensive Clinical Medicine*, Vol. 4, pp. 127, 2022. <https://doi.org/10.1007/s42399-022-01206-0>

경추 신경공 골성 협착에서 CT 재구성 각도 연구

김연민*

원광보건대학교 방사선과

요 약

본 연구는 경추 CT 검사 후에 영상을 재구성하는 방법으로, 사위 관상면(oblique coronal) 재구성 각도에 따라서 신경공 골성 협착을 가장 잘 표현할 수 있는 재구성 각도를 제시하고자 한다. 경추의 정중시상면과 구추관절에서 척수 중심을 지나는 선을 그어 만들어지는 각도를 측정하였다. 신경공에서 척수 중심을 지나 는 선을 그어, 정중시상면과 이루는 각도를 측정하여 비교하였다. 경추 4-5 레벨에서는 평균 9.2°, 경추 5-6 레벨에서는 평균 9.9°, 경추 6-7 레벨에서는 평균 8.4° 로 구추관절각보다 돌기사이관절각이 크게 측정되었으 며, 통계적으로 평균에 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$). 또한, 하부 경추로 갈수록 각도가 증가하는 것을 알 수 있었다. 하부 경추(C5-6, C6-7)의 신경공과 척수 중심이 이루는 각은 55~60° 사이이며, 여기에 90°가 되도록 사위 관상면 영상을 재구성하면 신경공협착 정도가 잘 관찰된다. 기존 CT 스캔 영상을 이용한 재구성 영 상이므로 추가적인 방사선 피폭을 받지 않으면서, 경추 신경공 골성 협착을 진단하는데 큰 의의가 있다.

중심단어: 척추사이 공간, 경추 신경공 협착, 경추 컴퓨터단층촬영, 구상돌기 비대.

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	김연민	원광보건대학교 방사선과	교수