대한영상의학회지 2007;56:63 - 68

대 전수질 동맥 발견을 위한 척추 자기공명 혈관조영술의 유용성[1]

윤보라 · 이준우 · 전우선 · 곽규성 · 이종세 · 김성현 · 명재성 · 정희선 · 김주형 · 김재형 · 강흥식

목적: 척추 자기공명 혈관조영술을 이용한 대 전수질 동맥(Adamkiewicz 동맥)의 발견율을 제시하고 영상원 획득 방향에 따른 차이를 기술하고자 한다.

대상과 방법: 2004년 12월부터 2005년 5월까지 본원에서 척추 병변을 의심하여 조영증강 자기공명영상을 시행한 환자 중 척추 자기공명 혈관조영술을 추가로 시행한 23명(남자 9명, 여자 14명, 평균연령 43세, 연령분포 11 - 86세)을 대상으로 하였다. 자기공명 혈관조영술은 double dose(0.2 mmol/kg)의 Gadolinium 주입 후 삼차원 급속자장에코에 의한 다평면재구성영상과 최대강도투사프로그램을 이용하여 영상을 얻었다. 영상원은 관상면 혹은 시상면으로 획득하였으며, 이는 무작위적으로 선택하였다. 시상면으로 영상원을 획득한 환자는 11명이었고, 관상면은 12명이었다. 영상원에 대한 정보 없이 두 명의 영상의학과 전문의가 독립적으로 대 전수질 동맥에 초점을 맞춰 척추 자기공명 혈관조영술을 평가하였고 영상원에 따른 대 전수질 동맥 발견율의 차이를 분석하기 위해서 교차분석을 시행하였다.

결과: 척추 자기공명 혈관조영술에서 대 전수질 동맥이 관찰된 경우는 총 23예 중 11예(47%)였다. 두 판독의 간의 확신도에 대한 일치도는 카파값 0.283으로 fair agreement를 보였다. 관찰된 11예는 위치에 따라 왼쪽에서 7예(63%), 오른쪽에서 4예(37%)였고, 요추 2번 3예, 요추 1번 3예, 흉추 12번 4예, 흉추 9번이 1예였다. 시상면으로 영상원을 획득한 총 11예 중 3예(27%)에서만 대 전수질 동맥이 관찰되었고, 관상면으로 영상원을 획득한 총 12예 중 8예(67%)에서 대 전수질 동맥이 관찰되었다(p=0.059).

결론: 척추 자기공명 혈관조영술을 이용한 대 전수질 동맥의 발견율은 47%였으며 관상면으로 시행한 경우에는 67%였다.

대 전수질 동맥(great anterior medullary artery) 혹은 전수질 동맥(arteria radicularis magna)이라고도 불리는 Adamkiewicz 동맥(Adamkiewicz artery, 이하 AKA)은 척수(spinal cord) 앞쪽 2/3의 혈류 공급을 담당하고 있는 전척수동맥(anterior spinal artery)의 가장 중요한 공급동맥 이다(1, 2). 흉복부 척추 수술 시 외측 도달법이나 후 외측 도달법, 대동맥류의 인공혈관 대치술(aortic aneurysm graft replacement), 비디오 흉부수술(Video - assisted thoracic surgery) 후 AKA 손상에 의한 척수 허혈로 심각한 합병증인 하반신마비가 발생할 수 있는데 이를 예방하기 위해서는 수술 계획 단계에서 AKA가 기시하는 늑간 동맥(intercostal artery)이나 허리동맥(lumbar artery)의 위치를 파악하는 것이 매우 중요하다(3 - 6). 이를 알기 위한 검사로는 디지털감산혈관조영술(digital subtraction angiography, 이하 DSA)이 황금기준(gold standard)이지만, AKA 특유의 다양한 기시부(흉추 8번 - 요추 2번)와 작은 크기(0.50 - 1.49 mm)로 인하여 검사에 많은 시간이 요구되고 혈관 질환이 있는 환자에게 제한적이며 또한 시술에 따른 합병증의 위험성이 있다(1, 7 - 9). 그래서 최근 자기공명 혈관조영술로 AKA를 영상화한 보고가 있었다(4 - 6, 10 - 12). 그러나 저자들이 기존 문헌의 방법을 이용하여 임상 적용을 시도하였으나, 영상획득에 어려움이 있었으며 문헌에서도 실제로 검사의 성공률이 69% 정도로 보고되고 있었다(10). 이를 개선하고자 한 몇 가지 시도 중 관상면으로 영상원(source image)을 얻었을 때 AKA의 발견이 좀 더 쉬웠다. 이에 척추 자기공명 혈관조영술을 이용한 AKA의 발견율을 제시하고 개선 방안을 알아보고자 하였다.

[1]분당서울대학교병원 진단방사선과
이 논문은 2006년 6월 8일 접수하여 2006년 9월 21일에 채택되었음.

대상과 방법

대상

2004년 12월부터 2005년 5월까지 본원에서 척추 병변을 의심하여 조영증강 자기공명영상을 시행한 환자 중 척추 자기공명 혈관조영술을 추가로 시행한 23명(남자 9명, 여자 14명, 평균연령 43세, 연령분포 11-86세)을 대상으로 하였다.

영상 프로토콜

검사에 이용된 장비는 1.5T 초전도형 자기공명 영상기기(Philips Gyroscan Intera, Philips Medical Systems, The Netherlands)와 함께 신호수집 코일(phase array spine coil)을 사용하였다. 영상면적(Field of view, FOV)은 하부경계를 요추 2번 위치로 하여 33 cm 상방으로 하였다. 좌우로는 척추체 양끝이 포함될 수 있게 하였다.

영상기법은 삼차원 급속자장에코(3D Fast Field Echo)를 이용하였다. 영상획득변수는 TR/TE는 4.4/1.52 msec였고 영상면적(FOV)은 330 mm, 숙임각(Flip Angle)은 30°, 획득행렬(matrix)은 432×512(phase×read), 절편두께(slice thickness)는 0.6 mm, 복셀크기(voxel size)는 0.76×1.10 × 0.6 mm^3였다. 이때 총 영상획득시간은 68초였다. 케이공간(K space)은 Elliptic-centric order(CENTRA; Philips Medical Systems)를 사용하였다.

영상원은 관상면 혹은 시상면으로 획득하였으며, 이는 무작위적으로 선택하였다. 시상면으로 영상원을 획득한 환자는 11명이었고, 관상면은 12명이었다. 한 환자에서 관상면과 시상면 두 개의 영상원을 모두 획득하지는 않았다. 영상의 재구성은 영상원에 관계없이 동일하게 관상면과 시상면으로 하였다. 조영제는 double dose(0.2 mmol/kg)로 0.5 mmol/mL 의 Gadolinium(Omnipaque, Amersham, Oslo, Norway)을 18 게이지(gauge) 정맥주사 경로를 통해 3 mL/sec의 속도로 일시주사법(bolus injection)으로 주입하였다. 조영제 주입 직후 동일한 속도로 20 mL의 생리식염수를 주입하였다.

자료 수집(data acquisition)의 시점은 Automatic triggering software 인 Bolus-Trak(Philips Medical Systems)을 이용하여 실시간으로 혈관 내 조영제의 흐름을 확인하면서, 조영제가 대동맥 궁(aortic arch)을 돌아 하행 대동맥(descending aorta)으로 향하는 시점을 시작점으로 하였다.

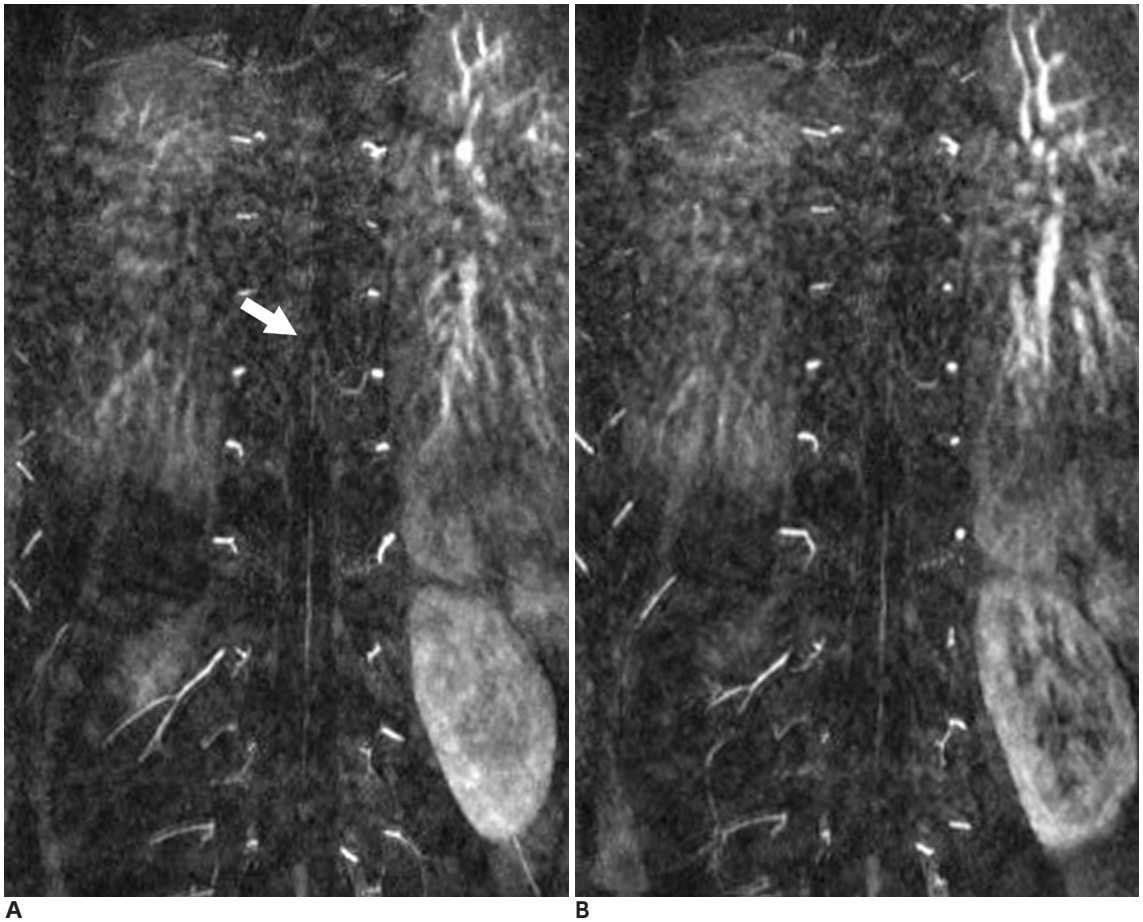

Fig. 1. Coronal maximum intensity projection (MIP) images of acquisition of coronal section, a 20-year-old male with radiculopathy.
A. The adamkiewicz artery (AKA, arrow) ascended from the dorsal branch of the left T9 intercostal artery.
B. The anterior spinal artery is continuous to the AKA with the hairpin turn.

영상 분석

획득한 영상의 자료를 워크스테이션(Easy Vision, Philips Medical Systems, The Netherlands)으로 전송한 후, 대상영역을 다평면재구성영상(multiplanar reconstruction)과 최대강도투사프로그램(maximum intensity projection)을 이용하여 분석하였다. 영상의 판독은 척추 혈관조영술 판독 경험이 풍부한 두 명의 영상의학과 전문의에 의해 영상원에 대한 정보를 모르는 상태로 독립적으로 이루어졌다. AKA의 진단 기준은 동맥기에서 요추 동맥이나 늑간 동맥의 배측 분절(dorsal branch)로부터 연결된 혈관이 신경공(intervetebral foramen)을 지나 특징적인 머리핀 회전(hairpin turn) 구조를 형성하면서 척수 앞면 한가운데로 내려가는 전척수동맥과 연결되는 경우로 하였다(Fig. 1). AKA가 보이는 정도에 따라 0에서 4까지 다섯 단계의 확신도로 나누어 기술하였으며, 확신도가 2 이상인 경우만을 보이는 것으로 간주하였다. AKA가 보일 경우에 AKA 기시부의 위치를 기술하였다.

영상 판독이 종료된 후 두 판독의의 결과를 종합하여, AKA 기시부에 대한 두 판독의가 결과가 일치한 경우에는 AKA가 관찰된 것으로 평가하였다. 한 명의 판독의라도 AKA를 찾지 못하거나, AKA 기시부에 대한 결과가 둘 간에 다른 경우는 AKA가 관찰되지 않는 것으로 간주하였다.

통계학적 분석

AKA가 보이는 경우와 그렇지 않은 경우에 대해서 영상원에 따른 차이를 분석하기 위해서 카이제곱검정(chi - square test)을 이용한 교차분석을 이용하였다. 같은 환자에서 두 판독의 간의 확신도에 대한 일치도는 카파 분석을 이용하였다. 통계 프로그램은 SPSS version 10.0(SPSS, Chicago, Ill)을 이용하여 시행하였다.

결 과

척추 자기공명 혈관조영술에서 대 전수질 동맥이 관찰된 경우는 총 23예 중 11예(47%)였고, 그렇지 않은 경우가 12예(53%)였다. 관찰되지 않은 12예 중, 2예(9%)는 두 판독 간의 위치가 일치하지 않았으며 10예(43%)는 시각화되지 않았

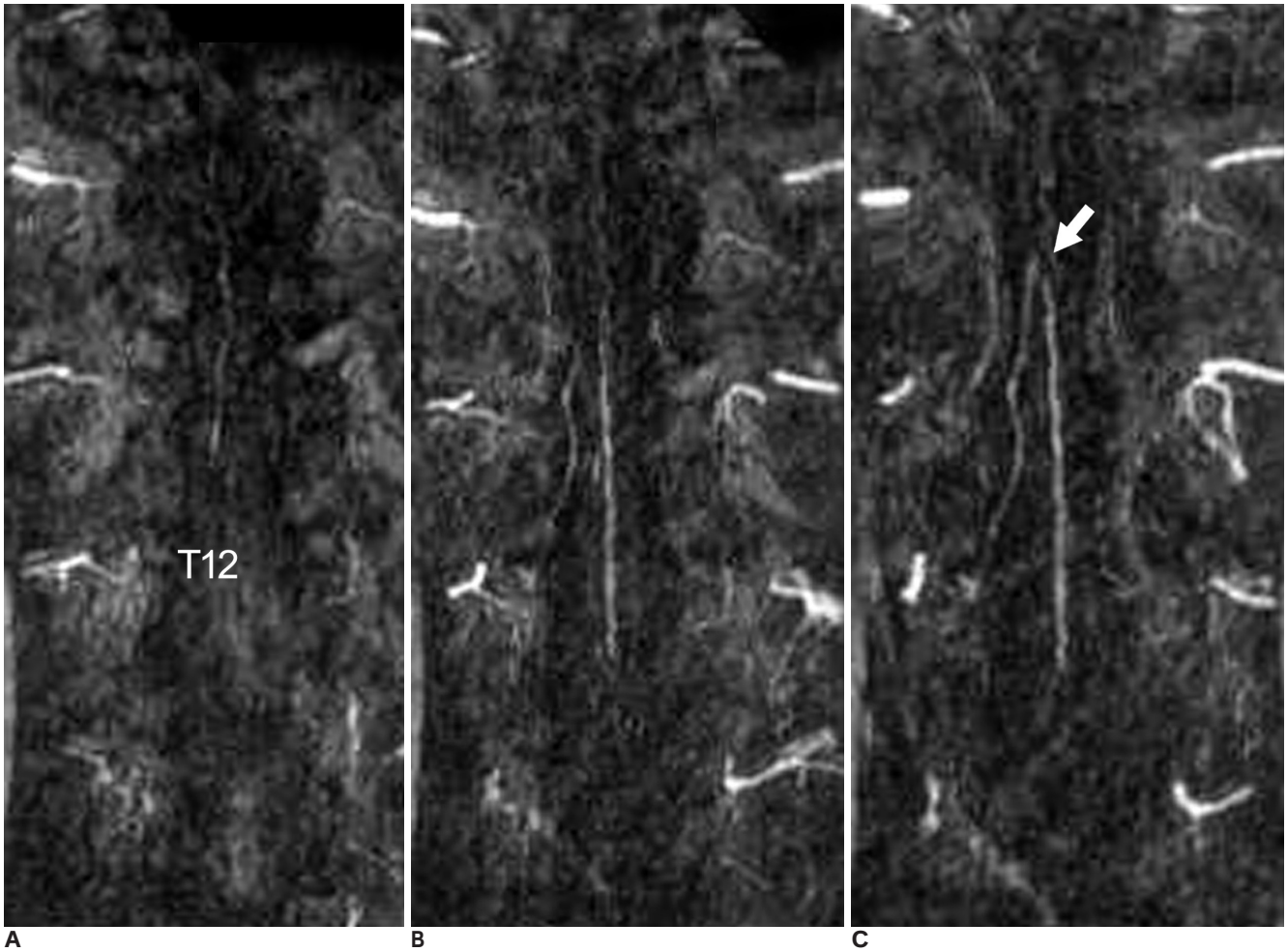

Fig. 2. Left anterior oblique MIP images of acquisition of coronal section. a 40-year-old female with radiculopathy.
A, B. The AKA ascended from the dorsal branch of the right T12 intercostal artery.
C. The anterior spinal artery is continuous to the AKA with the hairpin turn (arrow).

다. 관찰된 11예는 왼쪽에서 기시하는 경우는 총 7예(63%)로 요추 2번 3예, 요추 1번 2예, 흉추 12번 1예, 흉추 9번이 1예였다. 오른쪽에서 기시하는 경우는 4예(37%)로 요추 1번 1예, 흉추 12번 3예 였다(Fig. 2). 시상면으로 영상원을 획득한 총 11예 중 3예(27%)에서만 AKA가 관찰되었고, 관상면으로 영상원을 획득한 총 12예 중 8예(67%)에서 AKA가 관찰되었다(Table 1, p=0.059). 두 판독의 간의 확신도에 대한 일치도는 카파값 0.283, p-value 0.001로 fair agreement를 보였다(Table 2).

고 찰

Koshino 등(9)은 102명의 검시 결과에서 대 전수질 동맥의 75%가 왼쪽에서 방향에서 나오고 환자의 91%는 흉추 8번에서 요추 1번 사이에서 기시한다고 보고했고, Bowen 등(13)은 대 전수질 동맥이 62%-75%의 환자에서 흉추 9번-12번 사이에서 기시한다는 것을 보고한 바 있다. 이번 연구에서도 대 전수질 동맥의 기시 위치는 왼쪽에서 7예(63%), 오른쪽에서 4예(37%)로 방향은 예전 연구와 유사하였지만, 대부분 12번 흉추와 요추 2번 사이에서 확인되어 높이에서 예전의 연구들보다는 약간 낮은 위치에서 보였다. 이는 증례가 적었기 때문으로 생각된다.

이번 연구의 전체적인 대 전수질 동맥 발견율은 47%로 Yamada 등(10)의 69%, Yoshioka 등(11)의 73%나 Pattany 등(12)의 84%의 척추 자기공명 혈관조영술을 통한 대 전수질 동맥의 발견율에는 못 미치지만 관상면 영상획득군만을 독립적으로 보면 발견율이 67%로 앞의 연구들과 비슷한 수준을 보였다. 지금까지 발표된 대 전수질 동맥의 자기공명 혈관조영술 연구 중 Yamada 등(10)과 Yoshioka 등(11)은 관상면 영상획득을 통하여 결과를 얻었지만 다른 여러 영상 획득 변수도 같이 변화시켜 예전의 연구들과 차이를 비교하기 어려운 면이 있었다. 이번 연구는 관상면 영상획득과 시상면 영상획득만을 독립적으로 연구했다는 것에 의의가 있다고 할 수 있다. 유속이나, 주사시간(scan time), 검사시작 시점 등의 인자도 중요 변수이지만 다른 조건이 같은 상태에서 영상원의 orientation 변화는 같은 FOV에서도 영상형성에 또 다른 변수로 작용하였다. 결과에서 보이듯 일치를 보인 11예 중 72%가 관상면 영상획득을 통해 얻은 것으로, 자기공명 혈관조영술을 이용한 대 전수질 동맥 검사 시 관상면 영상획득이 더 유용함을 알 수 있다.

Williams 등(8)의 연구에 의하면 DSA를 통한 대 전수질 동맥의 위치 발견율은 55%로 보고 되었고 Savader 등(14)이 시행한 연구 결과에서도 65% 정도로 그 발견율이 척추 자기공명 혈관조영술에 비하여 뚜렷이 높지 않다. 게다가 Heinemann 등(7)의 연구에 의하면 DSA로 대 전수질 동맥의 위치 파악을 위하여 걸리는 시간은 20-250분이었고 500-32000 cGy/cm^{3}의 방사선 노출을 받게 된다고 한다. 또한, Williams 등(8)은 DSA를 이용한 척수 혈관 공급에 대한 연구 중 1예의 atheroembolism과 1예의 일시적 하지 마비를 경험하였고 Savader 등(14)은 4.6%의 합병증 발생률을 보고하고 있다. 척추 자기공명 혈관조영술의 기술과 기법의 발전으로 AKA의 발견율이 DSA와 거의 유사해진 지금, 비침습적이고 합병증의 위험도 적은 척추 자기공명 혈관조영술이 기존의 DSA를 대체할 수 있을 것으로 생각된다.

또한, 다중검출기 CT(Multi-detector row CT)를 이용한 대 전수질 동맥의 발견율은 68%-90% 정도로 CT 역시 대 전수질 동맥의 확인 방법으로 적절할 것으로 생각된다(9, 15, 16).

이 연구의 제한점으로 첫 번째는 환자군이 적다는 것이다. 통계적으로 유의한 결론을 위해서는 더 큰 규모의 연구가 필요할 것이다. 두 번째로 척추 자기공명 조영증강술을 시행한 환자에서 DSA를 통한 확인이 되지 못한 것을 들 수 있다. 하지만, 대 전수질 동맥에 대한 DSA는 그 합병증에 대한 위험 때문에 빈도가 높지 않은 검사이므로, 자기공명영상의 질을 개선하기 위해서 DSA를 시행한 환자들만을 대상으로 하기에는 현실적인 어려움이 있었다. 본 연구에서는 대신 대 전수질 동맥의 진단 기준을 명확히 하고 두 명의 영상의학과 전문의가 독립적으로 작업을 하여 위치가 일치하는 경우만을 동맥이 시각화된 것으로 인정하였으므로 나름대로 의의가 있는 연구라고 생각된다.

본 연구의 결과에서와 같이 현재로서 척추 자기공명 혈관조영술은 아직 그 임상적 유용성에 비해 정확성이 충분히 높지 않다. 하지만, 앞으로 자기공명 혈관조영술용 조영제를 사용한 검사나 고자장에서의 연구 등의 지속적인 연구가 이루어진다면 보다 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

결론적으로 척추 자기공명 혈관조영술을 이용한 AKA의 발견율은 47%였으며 관상면으로 시행한 경우에는 67%였다. 척추 자기공명 혈관조영술을 이용한 AKA의 위치 진단은 관

Table 1. Comparison of Different Source Orientations in the Detection of the Adamkiewicz Artery (AKA)

	Visualization		Total
	Non-detectection	Detection	
Coronal source image	4	8	12
Sagittal source image	8	3	11
Total	12	11	23

p=0.059

Table 2. Interobserver Agreement in the Detection of the AKA

		Radiologist 2					Total
		0	1	2	3	4	
Radiologist 1	0	3	4		1		8
	1		3				3
	2			1	2		3
	3			1	1		2
	4			2	4	1	7
Total		3	7	4	8	1	23

Kappa value=0.283 (Fair agreement), $p < 0.001$

상면으로 영상원을 획득할 경우 정확성을 보다 높일 수 있다.

참 고 문 헌

1. Alleyne CH Jr, Cawley CM, Shengelaia GG, Barrow DL. Microsurgical anatomy of the artery of Adamkiewicz and its segmental artery. *J Neurosurg* 1998;89:791-795
2. Rodriguez-Baeza A, Muset-Lara A, Rodriguez-Pazos M, Domenech-Mateu JM. The arterial supply of the human spinal cord: a new approach to the arteria radicularis magna of Adamkiewicz. *Acta Neurochir* 1991;109:57-62
3. Griepp RB, Ergin MA, Galla JD, Lansman S, Khan N, Quintana C, et al. Looking for the artery of Adamkiewicz: a quest to minimize paraplegia after operations for aneurysms of the descending thoracic and thoracoabdominal aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996;112:1202-1215
4. Kawaharada N, Morishita K, Fukada J, Yamada A, Muraki S, Hyodoh H, et al. Thoracoabdominal or descending aortic aneurysm repair after preoperative demonstration of the Adamkiewicz artery by magnetic resonance angiography. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002;21:970-974
5. Hyodoh H, Kawaharada N, Akiba H, Tamakawa M, Hyodoh K, Fukada J, et al. Usefulness of preoperative detection of artery of Adamkiewicz with dynamic contrast-enhanced MR Angiography. *Radiology* 2005;236:1004-1009
6. Nijenhuis RJ, Leiner T, Cornips EM, Wilmink JT, Jacobs MJ, van Engelshoven JM, et al. Spinal cord feeding arteries at MR angiography for thoracoscopic spinal surgery: feasibility study and implications for surgical approach. *Radiology* 2004;233:541-547
7. Heinemann MK, Brassel F, Herzog T, Dresler C, Becker H, Borst HG. The role of spinal angiography in operations on the thoracic aorta: myth or reality? *Ann Thorac Surg* 1998;65:346 -351
8. Williams GM, Perler BA, Burdick JF, Osterman FA Jr, Mitchell S, Merine D, et al. Angiographic localization of spinal cord blood supply and its relationship to postoperative paraplegia. *J Vasc Surg* 1991;13:23-35
9. Koshino T, Murakami G, Morishita K, Mawatari T, Abe T. Does the Adamkiewicz artery originate from the larger segmental arteries? *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999;117:898-905
10. Yamada N, Takamiya M, Kuribayashi S, Okita Y, Minatoya K, Tanaka R. MRA of the Adamkiewicz artery: a preoperative study for thoracic aortic aneurysm. *J Comput Assist Tomogr* 2000;24:362-368
11. Yoshioka K, Niinuma H, Ohira A, Nasu K, Kawakami T, Sasaki M, et al. MR angiography and CT angiography of the artery of Adamkiewicz: noninvasive preoperative assessment of thoracoabdominal aortic aneurysm. *Radiographics* 2003;23:1215-1225
12. Pattany PM, Saraf-Lavi E, Bowen BC. MR angiography of the spine and spinal cord. *Top Magn Reson Imaging* 2003;14:444-460
13. Bowen BC, DePrima S, Pattany PM, Marcillo A, Madsen P, Quencer RM. MR angiography of normal intradural vessels of the thoracolumbar spine. *AJNR Am J Neuroradiol* 1996;17:483-494
14. Savader SJ, Williams GM, Trerotola SO, Perler BA, Wang MC, Venbrux AC, et al. Preoperative spinal artery localization and its relationship to postoperative neurologic complications. *Radiology* 1993;189:165-171
15. Takase K, Sawamura Y, Igarashi K, Chiba Y, Haga K, Saito H, et al. Demonstration of the artery of Adamkiewicz at multi-detector row helical CT. *Radiology* 2002;223:39-45
16. Kudo K, Terae S, Asano T, Oka M, Kaneko K, Ushikoshi S, et al. Anterior spinal artery and artery of Adamkiewicz detected by using multi-detector row CT. *AJNR Am J Neuroradiol* 2003;24:13-17

J Korean Radiol Soc 2007;56:63 - 68

Usefulness of Spinal MR Angiography for Detecting Adamkiewicz Artery[1]

Bo La Yun, M.D., Joon Woo Lee, M.D., Woo Sun Jun, M.D., Kyu Sung Kwack, M.D., Jong Sea Lee, M.D., Sung Hyun Kim, M.D., Jae Sung Myung, M.D., Hee Sun Jeong, M.D., Joo Hyung Kim, M.D., Jae Hyoung Kim, M.D., Heung Sik Kang, M.D.

[1]*Department of Radiology, Seoul National university Bundang Hospital*

Purpose: We wanted to evaluate the detection rate of the artery of Adamkiewicz (AKA) by contrast-enhanced MR angiography (CE-MRA) and to compare the detection rate of AKA between the coronal source image plane and the sagittal source image plane.

Materials and Methods: Between December 2004 and May 2005, 23 patients (9 men and 14 women. age range: 11-86 years, mean age: 43 years) who were examined by contrast-enhanced MRI for the purpose of evaluating spondylopathy were also studied by performing spinal CE-MRA. Spinal CE-MRA was performed with a 1.5-T system and with using 3D Fast field echo with a double dose (0.2 mmol/kg) of Gadolinium. Source images were obtained in either the sagittal plane (n = 11) or the coronal plane (n = 12) at random. The source images were reconstructed with multiplanar reconstruction and maximum intensity projection. Two radiologists, who were kept unaware of the source image plane, independently evaluated the CE-MRA with focusing on the AKA. The detection rate was evaluated and the difference of detection rates according to the source image plane was compared and analyzed.

Results: CE-MRA could demonstrate the AKA in 11 (47%) of the 23 patients. The interobserver agreement for detection was fair (κ=0.283). Among the 11 patients in whom the MRA was obtained with using the coronal plane source image, CE-MRA detected the AKA in three of them (27%); among the 12 patients in whom the CE-MRA was obtained with using the sagittal plane source image, CE-MRA detected the AKA in 8 of them (67%, p = 0.059). The AKA in 7 cases (63%) originated from the intercostal or lumbar arteries on the left side at L2 (n = 3), L1 (n = 2), T12 (n = 1) or T9 (n = 1), and on the right side at L1 (n = 1) or T12 (n = 3). CE-MRA with coronal slice orientation visualized the AKA in 8 (67%) of the 11 patients (p = 0.059).

Conclusion: The detection rate of AKA by CE-MRA was 47%. By obtaining the source image in the coronal plane, the detection rate of AKA was 67%.

Index words : Magnetic resonance (MR)
Angiography
Spinal cord
Arteries

Address reprint requests to : Woo Sun Jun, M.D., Department of Radiology, Seoul National University Bundang Hospital, 300 Gumi-dong, Bundang-gu, Gyeonggi-do 463-707, Korea
Tel. 82-31-787-7609 Fax. 82-31-787-4011 E-mail: jwsun@radiol.snu.ac.kr