

림프절의 자기공명영상의 특징: 가토에서 T1과 T2 강조영상의 비교

이기창 · 최민철* · 최호정 · 윤정희 · 최승홍¹ · 문우경¹ · 정진욱¹

서울대학교 수의과대학,

¹서울대학교 의과대학

(제재승인: 2004년 4월 25일)

Magnetic resonance imaging characteristic of lymph nodes: Comparison of T1 and T2 weighted image in normal rabbits

Ki-chang Lee, Min-cheol Choi*, Ho-jung Choi, Jung-hee Yoon, Seong-hong Choi¹,
Woo-kyung Moon¹, and Jin-wook Chung¹

College of Veterinary Medicine, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

¹College of Medicine, Seoul National University, Seoul 110-744, Korea

(Accepted: April 25, 2004)

Abstract : The detection of lymph node metastasis is an important step in tumor staging and is significant for therapy planning. It has been challenged to yield an appropriate image with diagnostic methods such as Magnetic Resonance (MR) and Computed Tomography (CT). Though CT has been used widely and accessed easily to show internal organs, it can hardly provide difference between lymph node and adjacent vessel or fat tissue. It has been well established that MR can reveal the subtle discrepancy within soft tissue. This study investigated the suitability of MR lymph node imaging without contrast enhancement by comparison of T1-weighted image (T1WI) and T2-weighted image (T2WI) in ten normal rabbits. According to the pulse sequence optimized from preliminary study, T1-weighted spin-echo (repetition time/echo time = 400/12 ms) and T2-weighted fast spin-echo (repetition time/echo time = 3500/84 ms) images covering the hind limbs and pelvic region were acquired at 1.5 T. Two radiologists scrupulously evaluated the MR images in consensus. And signal intensity of lymph nodes was compared with that of adjacent fat. Statistical analysis showed that T1-weighted coronal image visualized the lymph nodes (iliac, superficial inguinal and popliteal lymph nodes) quickly and consistently rather than T2-weighted one. Conclusively, T1WI for evaluation of lymph nodes is moderately better than T2WI and appears to have potential for quick and sufficient mapping of the lymph nodes. In addition, this normal MR image of lymph nodes could be applied to further study for the evaluation of lymphatic system in abscess and tumor bearing animal model.

Key words : T1-weighted image, T2-weighted image, lymph node, rabbit

서 론

자기공명영상(MRI)은 비침습적이고 우수한 연부 조직간 대조도를 나타내며 다양한 절단면을 보여줌으로써 전산화단층촬영술(CT)이나 초음파촬영술을 대체하거나, CT나 초음파촬영술에서 발견된 불확실한 병변을 보다 정확하게 진단해 주는 추가 검사로 활용된다 [7]. 림프

절의 자기공명영상화는 주로 사람에서 새로 개발되는 MRI 조영제의 평가에 사용되거나 [10, 11] 농양 혹은 기타 감염에 의한 단순한 양성 림프절 종대와 종양에 의한 전이성 악성 림프절증의 유무를 구별하기 위한 연구 [6, 13]에 집중되어 있다. 이들 연구와 관련된 실험은 가토에서 많이 이루어지고 있으며 최근에는 MRI 조영제를 이용해 전이성 림프절증을 밝혀내기 위한 가토의 림

*Corresponding author: Min-cheol Choi

College of Veterinary Medicine, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea
[Tel: +82-2-880-1278, Fax: +82-2-880-8662, E-mail: mcchoi@snu.ac.kr]

프절 영상화에 대한 연구가 일부 보고되고 있다 [6, 10]. 하지만 현재까지 정상 가토 림프절의 MRI 영상에 대한 펄스대열(pulse sequence) 조절 및 작은 크기의 림프절 영상화에 대한 자료가 미흡하여 본 연구에서는 우선 정상 가토의 림프절 중 장골(iliac), 얇은살(superficial inguinal) 그리고 오금(popliteal) 림프절의 T1 강조영상과 T2 강조영상의 특징과 아울러 적절한 자기공명영상을 얻기 위한 펄스대열을 관찰하였다.

재료 및 방법

임상적으로 건강한 3kg 내외의 New Zealand White Rabbit 10두를 암수 구별 없이 실험 동물로 사용하였다. 동물의 마취는 Ketamine hydrochloride (Ketalar®, Yuhan Yanghang, Seoul, Korea) 50 mg/kg과 Xylazine hydrochloride (Rompun®, Bayer Korea, Seoul, Korea) 5 mg/kg을 병용하여 근육 주사하여 마취하였다. 자기공명영상은 1.5T system (Horizon; General Electric company, USA)에서 사람 head coil을 사용하였고 마취된 동물을 양와위로 위치시켜 T1 및 T2 강조영상을 얻었다. 자기공명영상은 FOV(Field of View): 16 cm, scan thickness: 2 mm, interscan space: 0 mm, matrix: 256x160, NEX(number of excitation): 2를 공통으로 하여 T1 강조영상은 스판에코(spin echo, SE) 기법을 이용하여 반복시간/에코시간(repetition time, TR / echo time, TE) 400/12 msec를, T2 강조영상은 고속스핀에코(fast spin echo, FSE) 기법을 이용하여 반복시간/에코시간(TR/TE) 3500/84 msec를 사용하여 얻었다. 얻어진 영상은 두 명의 방사선 전문의가 함께 판독하여 림프절의 대조도를 최저

1점부터 최고 5점까지 다섯 단계로 나누어 점수화하여 비모수검정에서 sign test하였으며 또한 PACS(picture archiving and communication system) 영상에서 각 림프

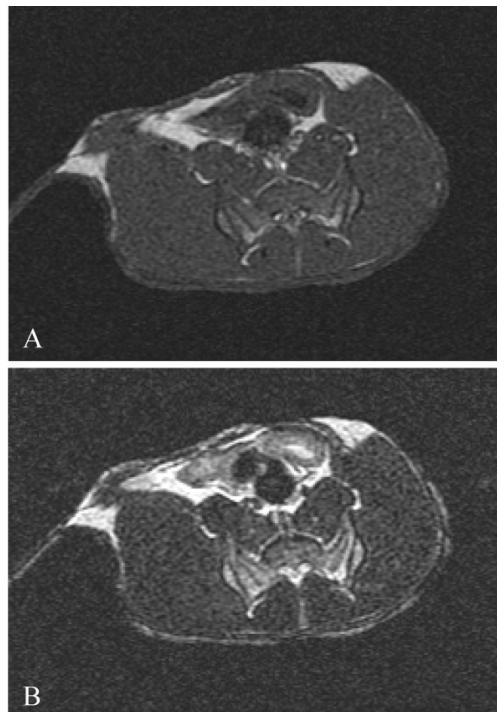


Fig. 1. Axial images of iliac region. (A) T1-weighted (TR/TE, 400/12 msec) and (B) T2-weighted (TR/TE:3500/84 msec) in a normal rabbit. Lymph nodes are not apparent on both images.

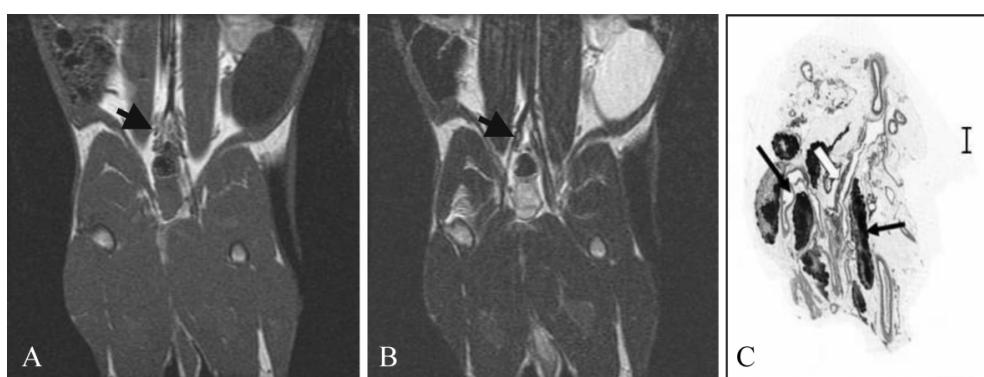


Fig. 2. Pelvic region of a normal rabbit. (A) T1-weighted (TR/TE, 400/12 msec) magnetic resonance image and (B) T2-weighted (TR/TE, 3500/84 msec) image in the frontal section orientation. Relatively well-demarcated iliac medial lymph node is identified (arrow of A) compared to T2-weighted one (arrow of B). (C) Iliac medial lymph nodes along with vessel(open arrow) from a same rabbit, histologic specimen. Low activity of the lymph node without secondary follicles, cell-lined paracortex and medullary cords (hematoxylin and eosin stain, bar indicates 1 mm).

절에서 인접 지방과 대비되는 신호강도(signal intensity)를 히스토그램으로 수치화하여 paired student *t*-test로 분석하였다.

실험동물은 자기공명영상을 얻은 후에 희생시켜 MR 영상에서 관찰한 림프절을 육안 및 조직 병리학적으로 비교 관찰하였다. 희생한 동물에서 적출된 림프절을 10% 포르말린 용액에 48시간 동안 고정시킨 뒤 파라핀 블록을 만들어 1 mm 간격으로 병리 슬라이드를 만든 뒤 H & E staining 하여 현미경 검사를 실시하였다.

결 과

가토 림프절 영상화를 위한 최적의 펄스대열은 NEX 2를 공통 조건으로 하여 T1 강조영상은 스핀에코법으로

TR/TE, 400/12 msec에서, T2 강조영상은 고속스핀에코법으로 TR/TE:3500/84 msec에서 각각 최적의 영상을 얻을 수 있었다.

각각의 T1 및 T2 강조영상에서 단축면(axial)과 관상면(coronal)을 비교한 결과 단축면에서는 장골 림프절들의 정확한 해부학적 위치 및 영상화가 제대로 이루어지지 않았다(Fig. 1). 그러나 관상면에서 세 부위의 림프절 모두 T1, T2에서 관찰 가능하였으며(Figs. 2,3,4) 각 림프절과 인접 지방과의 대조도를 히스토그램에서 계측한 결과 T1에서 유의적인 대조도를 나타냈다($p<0.001$) (Table 1). 특히 구분이 가장 어려운 장골 림프절은 T1 강조영상에서 혈관신호와 분명하게 구분되는 림프절이 고신호로 표현되는 주위 지방조직과 뚜렷한 대조를 이루어 혈관신호보다 높게 관찰되는 반면 T2 강조영상에서

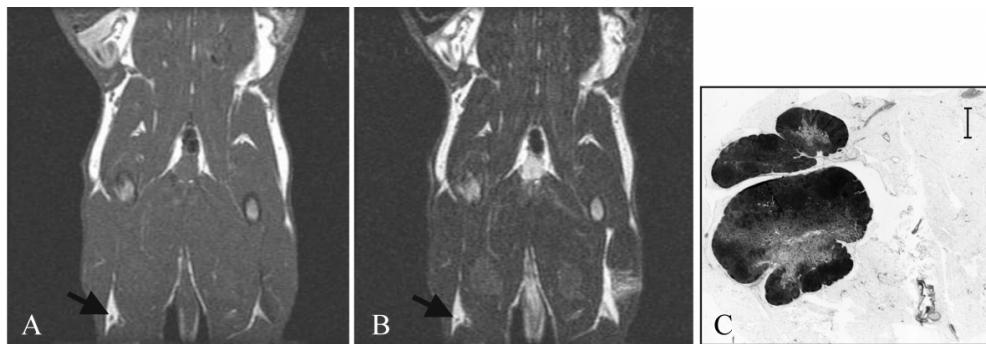


Fig. 3. Popliteal lymph node (arrow) of a normal rabbit. (A) T1-weighted (TR/TE, 400/12 msec) magnetic resonance images and (B) T2-weighted (TR/TE, 3500/84 msec) image. Well-demarcated lymph node surround by fat is identified (arrow) on both T1 and T2-weighted images. (C) Popliteal lymph node from a same rabbit, histologic specimen. Low activity of the lymph node without secondary follicles, cell-lined paracortex and cell-poor medullary cords (hematoxylin and eosin stain, bar indicates 1 mm).

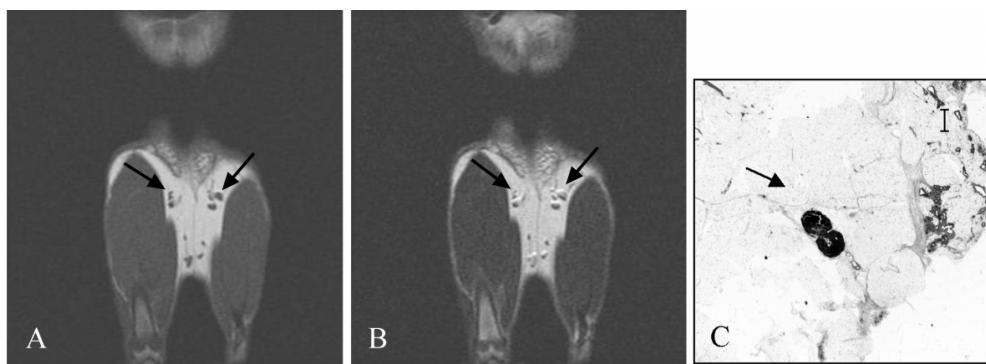


Fig. 4. Superficial inguinal lymph nodes (arrows) of a normal rabbit. (A) T1-weighted (TR/TE, 400/12 msec) magnetic resonance images and (B) T2-weighted (TR/TE, 3500/84 msec) image. Well-demarcated lymph node surround by fat is identified (arrow) on both T1 and T2-weighted images. (C) Superficial inguinal lymph nodes (arrow) from a same rabbit, histologic specimen (hematoxylin and eosin stain, bar indicates 1 mm).

Table 1. Signal Intensity ratio of lymph nodes over the adjacent fat intensity on T1-weighted and T2-weighted

	T1-weighted image	T2-weighted image
Iliac lymph node	0.24 ^a	0.47
Inguinal lymph node	0.32 ^a	0.50
Popliteal lymph node	0.39 ^a	0.71

Signal intensity ratio; node signal / fat signal

a ; p<0.001

는 주위 혈관 및 근육신호와 유사한 영상으로 나타나 구분이 명확하지 않았다(Fig. 1)(p<0.05).

고 찰

자기공명영상에서 림프절은 이론적으로 지방에 둘러싸여 있으면 잘 관찰되고 혈관과 쉽게 구별된다 [3, 4, 8, 9, 12, 14]. 이들 림프절의 자기공명영상에서의 신호는 사용하는 펄스대열에 따라 다양하게 나타나는데 가장 기본적이고 중요한 두 조건인 반복시간과 에코시간을 적절하게 조절하여, 보고자 하는 부위를 강조해서 판독하는데 TR/TE 500-600/20-30 msec을 사용한 T1강조영상(T1-weighted image, T1WI)에서 림프절의 신호는 근육보다는 강하고 지방보다는 약간 낮다고 알려져 있다 [7]. 반면 TR/TE 2000/60-100 msec를 사용한 T2강조영상(T2-weighted image, T2WI)에서 림프절의 신호는 근육보다는 강하고, 지방과 유사한데 T2강조가 림프절의 신호증가와 비례하고 이에 따라 지방에 비해 더욱 더 강한 신호로 나타난다고 알려져 있다 [7]. 전이성 림프절 종대의 경우는 T2WI에서 명확한 고신호를 나타내기 때문에 림프절 전이의 검출에 MRI가 매우 유용하며 특히 사람에서 간접이지장인대 부근에서 CT로는 중대된 림프절과 간미상엽을 구별하기 곤란한 경우가 많기 때문에 MRI의 T2WI이 유효하다 [2]. 하지만 일반적으로 T1WI이 조영제를 사용하지 않고도 림프절과 지방 및 혈관사이에서 자연스럽게 가장 좋은 대조도를 나타내 주는 펄스대열이며 더욱이 호흡과 혈관에 의한 허상을 최소화하며 특히 낮거나 중등도의 자장을 가진 MR기기에서 효과적이라 알려져 있으며 [7] 종격동 내의 림프절들은 주위 지방조직의 T1보다 길기 때문에 T1WI에서 쉽게 구분된다 [5]. 정상 가토 림프절의 T1WI 및 T2WI을 비교한 본 실험에서도 일반적으로 알려진 사실과 마찬가지로 T1WI에서 가장 좋은 대조도를 관찰하여 작은 림프절의 확인에도 조영증강효과 없이 T1WI이 유용하게 활용될 수 있음을 뒷받침 하였다. 즉 T1WI에서 장골

림프절과 같이 혈관 및 지방조직에 둘러싸인 작은 림프절의 대조도가 우수한 것은 지방조직의 고신호에 의한 상대적인 대조도 증가에 기인한다고 여겨지며 T2 강조영상에서 iliac 림프절의 대조도가 T1 강조영상보다 상대적으로 낮은 것은 주위 지방조직의 저신호에 기인한 것으로 판단된다.

본 연구에서 사용된 펄스 대열 중 T1WI에서는 스픬에코(spin echo, SE)를 사용하였는데 자기공명영상에서 기본이 되는 촬영방법으로서 반복시간 TR 및 echo 시간 TE의 조합을 적당히 변화시키는 것에 의해 영상의 화소농도를 진단이 용이하게 되도록 변화시킬 수 있다 [2, 13]. T2WI에서 사용된 고속스핀에코(fast spin echo; FSE)는 급속획득이완증강법(rapid acquisition with relaxation enhancement; RARE)의 일반적인 명칭으로서 각 에코 전에 재집중펄스가 진행된다(보통 180도). 따라서, 각 자극펄스에 대해 다수의 스픬에코 펄스를 획득하며 각각의 에코는 자장 및 화학전위 불균일로 인한 영향이 적으며, 해상도와 신호 대 잡음비(signal-to-ratio)가 높은 영상을 얻을 수 있다 [1]. 영상의 질에서 흔히 언급되는 신호 대 잡음비를 높여 질을 개선시키는 간단한 방법으로는 영상 획득시간이 두 배 또는 그 이상이 소요되지만, 측정에 대한 무작위 오류, 즉 신호에 대한 잡음의 영향을 줄이기 위해 측정을 여러 번 하는데 이와 같이 위상부호경사 하나에 대해 몇 개의 에코를 얻는지를 나타내는 수를 신호평균회수(number of signal averages; NSA) 또는 자극수(number of excitation, NEX)라고 한다 [1, 2]. 본 실험에서는 신호 대 잡음비를 높여 영상의 질을 향상시키고자 NEX 2를 사용하였다.

결론적으로 본 연구에서는 진단적으로 가치 있는 가토 림프절의 영상화를 위해 수 차례의 펄스 대열 조절을 통해 최적의 조건 즉 NEX 2를 공통으로 하여 T1WI을 위해 스픬에코 기법을 이용하여 TR/TE: 400/12 msec를, T2WI를 위해 고속스핀에코기법을 이용하여 TR/TE: 3500/84 msec를 얻었으며, 이들 펄스 대열을 사용하여 T1WI 및 T2WI 각각에서 가장 대조도가 우수한 림프절의 자기공명영상을 얻을 수 있었다. 특히 임상적으로 MR 영상 진단에서 주로 사용되는 두 단면, 즉 단축면이나 시상면에서 보다는 관상면의 영상화가 유리한 이유는 림프절 관련 MR 연구 및 실제 임상에서 크기는 작지만 중요한 의의를 가지는 장골 림프절들이 그 위치 파악의 지표가 되는 혈관에 이웃 하여 위치하고 있는데, 관상면에서는 이들 혈관 및 림프절이 판독에 유리하도록 한 시야에 잘 반영되기 때문이었다. 향후 현재 국내외에서 연구가 진행되고 있는 대퇴부 농양 및 종양 유발 가토에서 양성 및 악성의 림프절 병변을 자기공명영상으로 진단하고 나아가 조영제를 사용하여 전이성 유

무를 확인하는 연구들에 참고 자료로 활용될 것으로 기대된다.

결 론

가토의 림프절 중 자기공명영상화 실험에 많이 이용되는 골반 및 대퇴부 림프절 즉 장골, 얇은살 그리고 오금 림프절의 자기공명영상화에서 T1WI과 T2WI 모두에서 조영증강 효과 없이 영상화가 가능하였으나 작은 결절들로 이루어진 iliac 림프절의 경우 T1WI이 T2WI에서보다 림프절의 영상화가 우수하였으며 이는 주위 조직 즉 지방 영상화에 유리한 T1WI에 의한 고신호의 지방과 상대적으로 낮은 신호의 림프절의 뚜렷한 대조 효과로 인해 영상화가 잘 이루어짐을 확인하였다.

참고문헌

1. 김명진 역. 수학공식없이 읽는 자기공명영상의 원리, 고려의학, 2000.
2. 박일영, 권달관, 홍시영, 조준석. 자기공명영상학, 청구문화사, 1993.
3. Demas, B., Thurnher, S. and Hricak. The kidney, the adrenal gland, and retroperitoneum. In ; Higgins CB, Hricak H (eds). Magnetic resonance imaging of the body, pp 373-402, Raven, New York, 1987.
4. Dooms, G. C., Hricak, H., Crooks, L. E. and Higgins, C. B. Magnetic resonance imaging of the lymph nodes : comparison with CT. Radiology. 1984, **153**, 719-728.
5. Grenier, P. Thorax. In: Vanel D and McNamara MT (eds). MRI of the Body, pp 85-114, Springer-Verlag, Paris. 1989.
6. Herborn, C. U., Lauenstein, T. C., Vogt, F. M., Lauffer, R. B., Debatin, J. F. and Ruehm, S. G. Interstitial MR lymphography with MS-325: characterization of normal and tumor-invaded lymph nodes in a rabbit model. AJR Am J Roentgenol. 2002, **179**, 1567-1572.
7. Lavayssiére, R., Cabée, A. E. and Parienty, R. A. Retroperitoneal adenopathy. In: Vanel D and McNamara MT (eds). MRI of the Body, pp 219-221, Springer-Verlag, Paris. 1989.
8. Lee, J. K. T., Heiken, J. P., Ling, D., Glazer, H. S., Balfe, D. M., Levitt, R. G., Dixon, W. T. and Murphy, W. A. Magnetic resonance imaging of abdominal and pelvic lymphadenopathy. Radiology. 1984, **153**, 181-188.
9. MacCarthy, S. MRI offers first look into pelvic anatomy. Diagn Imag Clin Med. 1987, **8**, 100-106.
10. Ruehm, S. G., Corot, C. and Debatin, J. F. Interstitial MR lymphography with a conventional extracellular gadolinium-based agent: assessment in rabbits. Radiology. 2001, **218**, 664-669.
11. Shimada, M., Yoshikawa, K., Suganuma, T., Kayanuma, H., Inoue, Y., Ito, K., Senoo, A. and Hayashi, S. Interstitial magnetic resonance lymphography: comparative animal study of gadofluorine 8 and gadolinium diethylenetriamine-pentaacetic acid. J Comput Assist Tomogr. 2003, **27**, 641-646.
12. Sternbrich, W., Beyer, D. and Modder, U. Malignant lymph nodes diseases, diagnosis with MRI in comparison with other imaging modalities. Radiologe. 1985, **25**, 199-205.
13. Wagner, S. Benign lymph node hyperplasia and lymph node metastases in rabbits. Animal models for magnetic resonance lymphography. Invest Radiol. 1994, **29**, 364-371.
14. Zirisnky, K. Y. H., Rubenstein, W. A., Kneelnd, J. B., Whalen, J. P. and Kazam, E. Portacaval space: CT with MR correlation. Radiology. 1985, **156**, 453-460.