

한국인의 슬관절에 위치한 신경-혈관 다발의 해부학적 위치: 자기공명영상 연구

원광대학병원 운영 군산의료원 정형외과학교실

김영진 · 김태균 · 양환덕 · 김형준 · 심성우

Anatomic Localization of Neurovascular Bundle at the Level of the Korean Knee Joint: A Magnetic Resonance Imaging Study

Yeung-Jin Kim, M.D., Tae-Kyun Kim, M.D., Hwan-Deok Yang, M.D.,
Hyoung-Joon Kim, M.D., and Sung-Woo Shim, M.D.

Department of Orthopaedics Surgery, Gunsan Medical Center of Wonkwang University Hospital

Purpose: To evaluate the anatomical localization of neurovascular bundle at the level of the Korean knee joint using a magnetic resonance imaging study and minimize the risk of neurovascular injury from arthroscopy surgery.

Materials and Methods: The transverse and central axes were described on axial MRI scans of 100 Korean knee joints. The distance between the neurovascular bundle and central axis was measured. The differences in neurovascular bundle localization according to sex and side were analyzed. The results were evaluated with SPSS (ver. 10.1). The influence of sex was evaluated by t-test. The difference between right and left side was evaluated by paired t-test. Significance was considered as $P < 0.05$.

Results: Whereas neurovascular bundle localization was lateral to the central axis in 94 cases (94%), it was on central axis in 6 cases (6%). There was no statistically significant difference of sex and side ($P > 0.05$).

Conclusion: Preoperative evaluation of neurovascular bundle with MR axial scans may prevent neurovascular injury when performing arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction and interventions on the posterior horns of menisci.

KEY WORDS: Neurovascular bundle, Knee, Magnetic resonance imaging

서 론

지난 30년 동안 관절경 수술은 눈부신 발전을 이루었고, 전 세계적으로 정형외과 수술 중 가장 많은 수술 시기 중의 하나이다. 비록 관절경을 이용한 슬관절 수술이 비침습적이고 안전하다고 하지만, 관절경 수술과 연관된 합병증이 적게는 1%에서 많게는 8%까지 보고되고 있다⁶⁾. 또한 신경 및 혈관 손상의 합병증이 드물게 발생되어 심각한 후유증이 남게 된다. Small³⁾에 따르면 슬관절 관절경 수술 375,069례 중 229례의

신경 손상과 9례의 슬와 동맥의 손상을 보고하였고, DeLee³⁾도 역시 120,000례의 관절경 수술 중 63례의 신경 손상과 6례에서 슬와 동맥 손상을 보고하였다. 슬관절 후방에 존재하는 신경-혈관 다발은 대퇴골 원위부 내과와 외과의 사이와 비복근 기시부의 사이에 존재하여 슬와건 뒤로 주행하며, 관절 부위에서는 외측 반월상 연골의 후각부의 바로 뒷부분에 존재한다^{2,14)}. 따라서 후방십자인대 재건술이나 연골판 후각부의 수술 시에 슬와 동맥이나 슬와 정맥 또는 경골 신경 등의 손상이 가능하다.

이에 본 저자들은 한국인의 슬관절 부위에 위치한 신경-혈관 다발의 해부학적 위치를 자기공명영상으로 확인하고 해부학적 다양성에 대하여 연구하여, 관절경 수술 시에 발생하는 신경-혈관 다발 손상의 발생을 예방하고자 하였다.

* Address reprint request to

Tae Kyun Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Wonkwang University, 344-2, Shinyong-dong, Iksan, 570-711, Chunbuk, Korea
Tel: 82-63-472-5100, Fax: 82-63-472-5104
E-mail: yjkim1@wonkwang.ac.kr

대상 및 방법

1. 연구 대상

2006년 10월부터 2007년 10월까지 본원에서 다양한 원인으로 슬관절 자기공명영상을 촬영한 100례의 한국인 슬관절을 대상으로 하였고, 좌측과 우측을 각각 50례, 남자와 여자를 각각 50례씩 구분하였다. 남자의 평균 나이는 38세이었고, 여성의 평균 나이는 41세이었다. 모든 촬영은 약 10도 정도 굴곡 상태에서 시행하였고, 사용된 MRI는 Philips Gyroscan Intera 1.5-T scanner (Philips Medical System, Best, Netherlands)이다. 2000 millisecond 반복 시간(repetition time)과 20 millisecond 초음파 시간(echo time)을 이용한 fat suppression, Proton density-weighted 축 영상(axial image)들을 4 mm 간격으로 촬영하였다. 내반 또는 외반 변형이 있거나 십자인대 파열, 회전 불안정증, 베이커 종양, 골절 등 신경-혈관 다발의 위치에 영향을 줄만한 슬관절은 제외하였다.

2. 방법

신경-혈관 다발의 해부학적 위치는 Ninomiya 등¹⁰⁾이 기술한 방법을 이용하였다. 양측 경골 고평부와 반월상 연골판이 잘 보이는 axial proton density-weighted scan에 의료영상저장전송시스템(PACS)을 이용하여 우선 고평부의 앞쪽과

뒤쪽 면에 2 개의 선을 긋고, 그 사이에 정 중앙이 되는 선을 긋는데 이 선은 내-외 고평부의 가장 돌출된 부위를 연결한 선과 평행하게 되며, 이선이 횡축(transverse axis, TA)이 된다. 그리고 이 횡축에 직각으로 후방십자인대를 지나가는 선을 긋는데 이선이 중앙축(central axis, CA)이다. 중앙축에서 신경-혈관 다발까지의 거리를 측정하였다(Neurovascular and CA distance, NVCAD). 또한 고평부의 해부학적 크기에 따른 편차를 제거하기 위하여 횡축과 중앙축에서 신경-혈관 다발까지의 거리의 비를 계산하였다(NVCAD/TA)(Fig. 1). 통계학적인 검증은 SPSS(ver. 10.1)을 이용하였고, 성별의 차이는 t-test를, 좌, 우측 위치에 따른 차이는 paired t-test를 이용하여 유의 수준 0.05에서 판정하였다.

결 과

한국인 슬관절의 신경-혈관 다발은 94례에서 중앙축의 외측에 위치하였고, 중앙축에 6례 위치하였고(Fig. 2), 중앙축의 내측에는 한례도 관찰되지 않았다. 여성의 평균 횡축(TA)과 신경다발-중앙축간거리(NVCAD)는 예상했던 대로 남자에 비해서 적었다. 평균 횡축은 남자가 77.1 ± 4.9 mm, 여자가 69.2 ± 4.8 mm, 신경다발-중앙축간거리는 남자가 6.2 ± 3.2 mm, 여자가 5.3 ± 3.3 mm이었다. 평균 횡축(TA)에 대한 신경다발-중앙축간거리(NVCAD)의 비(NVCAD/TA)는 남자가 0.09 ± 0.041 , 여자가 0.09 ± 0.042 이었다. 우측 슬관절은 평균 횡축은 75.1 ± 5.9 mm, 신경다발-중앙축간거리는 5.7 ± 3.2 mm, 평균 횡축(TA)에 대한 신경다발-중앙축간거리(NVCAD)의 비(NVCAD/TA)는 0.09 ± 0.041 이었으며, 좌측 슬관절의 평균 횡축은 76.0 ± 5.8 mm, 신경다발-중앙축간거리는 5.8 ± 3.1 mm, 평균 횡축(TA)에 대한 신경다발-중앙축간거리(NVCAD)의 비(NVCAD/TA)는 0.089 ± 0.042 이었다(Table. 1). 그러나 성별과 좌-우측에 대한 통계학적 비교 연구에 특별한 차이가 없었다($P > 0.05$).

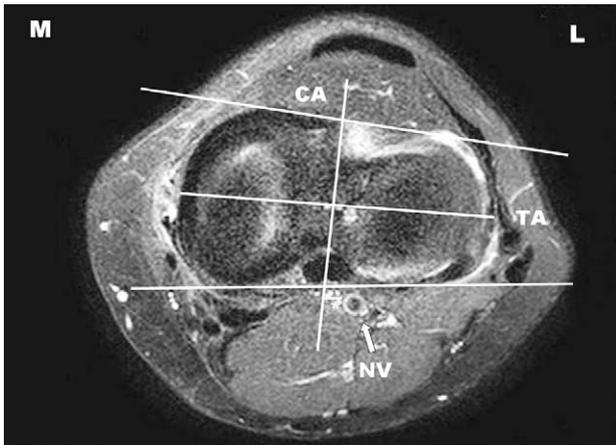


Fig. 1. Axial proton density-weighted scan of left knee showing both plateau and menisci. The medial (M)-lateral (L) anatomical axis was defined as the line that passes through the greatest medial-lateral dimension of the proximal tibia and is parallel to the bisector of the angle formed by lines drawn tangent to the posterior and anterior surfaces of the tibial plateau. The line bisecting this axis perpendicularly is CA. The distance between the neurovascular bundle (NV) (white arrow) and CA (NVCAD) (asterisk) was measured.

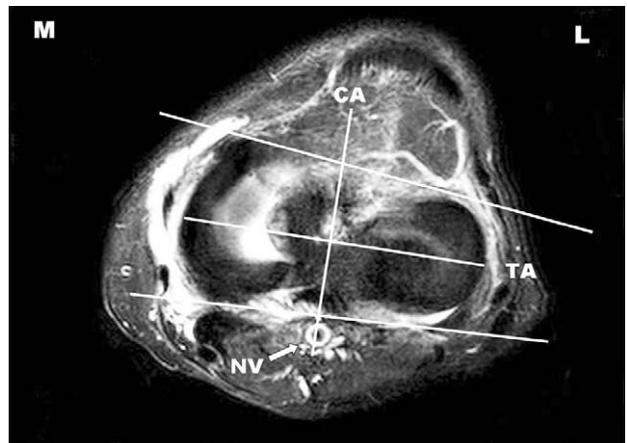


Fig. 2. Axial MRI scan of left knee. It should be noted that the CA bisects the popliteal artery (white arrow).

고 찰

슬관절 후방에 존재하는 신경-혈관 다발의 해부학적 위치는 대퇴 동맥이 내전 건공(adductor hiatus)으로 들어와서 상슬와동맥을 분지 해내고 뒤쪽으로 들어가 슬와 동맥이 되고, 정중앙의 약간 내측에 존재하고 슬와 정맥보다 앞쪽에, 경골 신경보다는 내측에 존재한다. 슬와에서는 경골 신경이 혈관을 후방으로 건너가 내측 부위에 위치한다. 그러나 관절면 부분에서는 슬와 동맥이 정중앙의 외측에 존재한다고 알려져 있고^{2,5)}, Ninomiya 등¹⁰⁾은 인간 사체 실험에서 인공관절 치환술중에 슬와 동맥의 손상 기전에 대해서 설명하였고, MRI에서도 95%가 중앙축의 외측에 존재한다고 기술하였다. Matava 등⁸⁾은 14개의 사체 실험에서 슬와 동맥이 후방십자인대의 후방 및 외측에 존재하고, 모든 굴곡 각도에서 슬와 정맥이나 경골 신경의 전방에 존재한다고 보고하였다. 본 연구에서도 94례는 중앙축의 외측에 존재하였지만 6례에서 후방십자인대 기시부의 바로 후방에 신경-혈관 다발이 존재하여 반월상 연골판의 봉합이나 제거술, 후방십자인대 재건술 등의 수술 시기 시에 신경-혈관의 손상의 위험을 초래할 수 있다. 경골 신경과 슬와 동맥, 슬와 정맥이 후방 관절낭의 바로 뒤에 존재하므로 연골판 절제술 시행 시에 직접적 외상을 받을 수 있다. 즉 연골판의 후각부의 관절경적 절제술이나 또는 관절경 나이프를 이용하여 절제술시에 슬와 혈관의 손상 위험이 있다¹⁾.

Post와 King¹¹⁾은 연부 조직을 이용한 전방십자인대 재건 시에 나사못과 와셔를 이용한 경골부의 고정 시에 후방 신경 및 혈관 손상의 가능성에 대해서 사체 검사를 시행하였는데, 슬와 동맥의 분지점에서 슬와 동맥과 전방 슬와 정맥이 가장 높은 손상 위험이 존재한다고 보고하였다. 비록 관절경 수술 시에 슬와 동맥 손상이 매우 드물지만 슬와 동맥의 파열, 가동맥류(pseudoaneurysm), 동-정맥 누공(fistula)의 형태로 발생되며⁷⁾, 수술적 치료를 시행한다 하더라도 심한 기능 장애가 초래되고 후후에 법적 분쟁의 가능성이 있어 그 결과는 좋지 못하다. 우선 슬관절 관절경 수술중에 혈관 손상이 의심되면 수술을 중단하고 혈관 수술의에게 문의를 해야 한다. 가능

한 손상의 정도와 형태를 파악하기 위하여 동맥 혈관 촬영을 시행하여야 하며, 슬와 동맥이나 정맥의 파열 소견이 관찰되면 환자를 복와 위로 바꾼 뒤에 후방 접근법으로 수술적 치료를 시행하여야 한다. 측부 순환에 의한 슬관절 및 하지의 관류가 있어서 조금 기다려 보는 것은 삼가해야 하며, 슬와 동맥의 파열이 있는 환자들중 50% 이상이 하방에서 동맥의 맥박이 감지될 수 있으므로 주의해야 한다⁶⁾. Tawes 등¹⁵⁾은 관절경을 이용하여 연골판 절제술중에 발생한 3례의 동맥 손상을 늦게 발견하여 슬관절 상부 절단술을 시행하였다고 보고하였다. Jackson 등⁴⁾은 경경골(transtibial) 방법으로 후방십자인대 재건술을 시행하고 발생한 슬와 동맥의 혈전을 동반한 내벽 파열로 복재 정맥 이식술을 시행하였다고 보고하였다. Matava 등⁸⁾은 경경골 방법을 이용한 후방십자인대 재건술 시에 경골 터널을 만드는 과정에서 가이드 핀이나 드릴에 의해 발생할 수 있는 가장 심각한 합병증중의 하나인 의인성 슬와 신경-혈관 손상의 가능성에 대해서 14개의 사체 실험을 실시하면서, 슬관절을 굴곡을 시킬수록 후방십자인대 기시부와 슬와 혈관과 신경간의 거리가 멀어진다고 보고하면서, 경골 터널을 만들 때 가능한 많이 슬관절을 굴곡하라고 보고하였다. Shiomi 등¹²⁾도 15명의 지원자들을 여러 각도에서 MRI를 촬영하여 관절면과 15 mm 하방까지는 슬관절을 굴곡할수록 경골의 후방 피질골과 슬와 동맥과의 거리는 증가하므로 슬관절 수술 시에 가능한 슬관절을 굴곡하여 수술을 시행하여 슬와 동맥 손상을 예방하라고 보고하였다.

좌골 신경은 대퇴부 중간 부위 후방에서 총비골신경과 경골 신경으로 나누어지고 슬와 부위에서는 경골 신경만이 슬와 동맥의 바깥쪽에 위치하다가 하방으로 주행하면서 슬와 혈관들의 후방으로 교차하면서 내측에 위치하고 비복근의 양두 사이와 가자미근의 앞쪽에 위치하여 심부 후방 구획에 존재한다⁶⁾. 관절경 수술 시에 발생하는 신경 손상은 직접 손상보다는 지혈대의 사용이나 환자의 위치, leg holder 등에 의한 것이다. 또한 수술 시에 발생하는 신경 손상도 주로 관절경 삽입구나 inside-out 방법으로 연골판 봉합 시에 나타나는 복재 신경들의 분지인 피부 지간 신경 손상들이다. 외측에 존재하는 총비골신경도 연골판 봉합시에 바늘에 의한 관통과 봉합사에 봉합되는 손상의 가능성이 있다. Small¹³⁾은

Table 1. Data of measurements

	Length of TA* (mean ± SD)	NVCAD† (mean ± SD)	NVCAD/TA (mean ± SD)
Sex			
Male(50 knees)	77.1 ± 4.9	6.2 ± 3.2	0.09 ± 0.041
Female(50 knees)	69.2 ± 4.8	5.3 ± 3.3	0.09 ± 0.042
Right(50 Knees)	75.1 ± 5.9	5.7 ± 3.2	0.09 ± 0.041
Left (50 Knees)	75.0 ± 5.8	5.8 ± 3.1	0.089 ± 0.042

*TA: transverse axis

†NVCAD: neurovascular and cental axis distance

375,069례의 슬관절 내시경 수술 후 229례의 신경 손상을 경험하였는데, 복재 신경 손상이 97례, 비골 신경이 11례, 대퇴골 신경이 7례, 좌골 신경이 6례이며, 108례는 지혈대와 연관이 있거나 잘 구분이 안 되는 신경 손상이라고 보고하였다.

본 연구는 다양한 원인으로 슬관절의 자기공명영상 촬영이 필요한 환자들에서 자연스럽게 양와위로 누워서 촬영을 시행한 자기공명영상을 후향적으로 조사하여 신경 혈관 다발의 해부학적 위치를 내-외측으로 구분하였고, 굴곡에 따른 관절낭과 혈관과의 거리에 대한 연구는 시행하지 못한 한계가 있으며, 추후에는 슬관절의 굴곡에 따른 신경 혈관 다발의 해부학적 위치의 변화에 대한 조사가 필요하리라 사료된다.

결 론

관절경을 이용한 후방십자인대 재건술이나 연골판의 후각부 수술 시에 술전에 시행한 자기공명영상을 이용하여 슬와동맥 및 정맥, 경골 신경 등의 위치를 미리 파악하고, 신경-혈관 다발의 손상에 대해 주의하면 슬와 신경 및 혈관 손상 합병증의 가능성은 없으리라 사료된다.

REFERENCES

- 1) **Ahn JH, Wang JH, Lee SH, Yoo JC and Jeon WJ:** Increasing the distance between the posterior cruciate ligament and the popliteal neurovascular bundle by a limited posterior capsular release during arthroscopic transtibial posterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric angiographic study. *Am J Sports Med*, 35:787-792, 2007.
- 2) **Colborn GL, Lumsden AB, Taylor BS and Skandalakis JE:** The surgical anatomy of the popliteal artery. *Am Surg*, 60:238-246, 1994.
- 3) **Delee JC:** Complications in arthroscopy and arthroscopic surgery: Results of national survey. *Arthroscopy*, 1:214-220, 1985.
- 4) **Jackson DW, Proctor CS and Simon TM:** Arthroscopic assisted PCL reconstruction: a technical note on potential neurovascular injury related to drill bit configuration. *Arthroscopy*, 9:224-227, 1993.
- 5) **Keser S, Savranlar A, Bayar A, Ulukent SC, Ozer T and Tuncay I:** Anatomic localization of the popliteal artery at the level of the knee joint: a magnetic resonance imaging study. *Arthroscopy*, 22:656-659, 2006.
- 6) **Kim TK, Savino RM, McFarland EG and Cosgarea AJ:** Neurovascular complications of knee arthroscopy. *Am J Sports Med*, 30:619-629, 2002.
- 7) **Makino A, Costa-Paz M, Aponte-Tinao L, Ayerza MA and Muscolo DL:** Popliteal artery laceration during arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 22:1254-1255, 2006.
- 8) **Matava MJ, Sethi NS and Totty WG:** Proximity of the posterior cruciate ligament insertion to the popliteal artery as a function of the knee flexion angle: implications for posterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 16:796-804, 2000.
- 9) **Miller MD, Kline AJ, Gonzales J and Beach WR:** Vascular risk associated with a posterior approach for posterior cruciate ligament reconstruction using the tibial inlay technique. *J Knee Surg*, 15:137-140, 2002.
- 10) **Ninomiya JT, Dean JC and Goldberg VM:** Injury to the popliteal artery and its anatomic location in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 14:803-809, 1999.
- 11) **Post WR and King SS:** Neurovascular risk of bicortical tibial drilling for screw and spiked washer fixation of soft-tissue anterior cruciate ligament graft. *Arthroscopy*, 17:244-247, 2001.
- 12) **Shiomi J, Takahashi T, Imazato S and Yamamoto H:** Flexion of the knee increases the distance between the popliteal artery and the proximal tibia: MRI measurements in 15 volunteers. *Acta Orthop Scand*, 72.:626-628, 2001.
- 13) **Small NC:** Complications in arthroscopy: the knee and other joints. Committee on Complications of the Arthroscopy Association of North America. *Arthroscopy*, 2:253-258, 1986.
- 14) **Smith PN, Gelinis J, Kennedy K, Thain L, Rorabeck CH and Bourne RB:** Popliteal vessels in knee surgery. A magnetic resonance imaging study. *Clin Orthop*, 367:158-164, 1999.
- 15) **Tawes RL Jr, Etheredge SN, Webb RL, Enloe LJ and Stallone RJ:** Popliteal artery injury complicating arthroscopic meniscectomy. *Am J Surg*, 156:136-138, 1988.

초 록

목적: 자기공명영상을 이용하여 한국인 슬관절 부위에 위치한 신경-혈관 다발의 해부학적 위치를 연구하여 슬관절의 관절경 수술 시에 발생하는 신경-혈관 다발 손상의 발생을 예방하고자 하였다.

대상 및 방법: 100례의 한국인 슬관절에 대한 자기공명영상 축스캔에 횡축과 중앙축을 그려서 신경-혈관 다발과 중앙축의 거리를 측정하였고, 성별과 좌, 우측을 구분하여 분석하였다. 통계학적인 검증은 SPSS(ver. 10.1)을 이용하였고, 성별의 차이는 t-test를, 좌, 우측 위치에 따른 차이는 paired t-test를 이용하여 유의 수준 0.05에서 판정하였다.

결과: 한국인 슬관절의 신경-혈관 다발은 94례에서 중앙축의 외측에 위치하였고, 중앙축에 6례 위치하였고, 중앙축의 내측에는 한례도 관찰되지 않았다. 성별과 좌-우측에 대한 비교 연구에도 통계학적으로 특별한 차이가 없었다($P>0.05$).

결론: 관절경을 이용한 후방십자인대 재건술이나 연골판의 후각부 수술 시에 자기공명영상으로 신경-혈관 다발의 위치를 미리 파악하여, 중심축에 있다면 신경-혈관 다발의 손상에 대해서 주의가 요하리라 사료된다.

색인 단어: 신경-혈관 다발, 슬관절, 자기공명영상