

슬관절 반월판열상에서 고속스핀에코 자기공명영상의 유용성¹

정건영 · 최창락 · 정진영 · 한태일 · 장홍임 · 김지민 · 한현영 · 송문갑 · 양창규²

목 적 : 슬관절 반월판열상에서 TSE 양자밀도강조영상과 TSE T2 강조영상의 진단정확도를 구하고 유용성을 알고자 하였다.

대상 및 방법 : 임상적으로 반월판열상이 의심되어 자기공명영상 시행 후, 수술 또는 관절경검사로 확진된 47명(98예의 반월판)을 대상으로 하였다. 모든 환자는 1.5T MR에서 TSE 기법으로 양자밀도강조영상과 TSE T2 강조영상의 시상영상을 얻었고 관상영상은 지방억제기법을 사용하였다. 반월판열상의 진단에서 TSE 기법의 민감도, 특이도, 정확도를 후향적으로 평가하였다. TSE 양자밀도강조영상과 TSE T2 강조영상 결과의 유의성은 통계적 검증(Chi-square test)을 하였다.

결 과 : TSE 양자밀도강조영상에서의 민감도, 특이도, 정확도는 내측반월판에서 각각 93.9%, 93.8%, 93.9%였고, 외측반월판에서는 각각 92.9%, 91.4%, 91.8%였다. TSE T2 강조영상의 민감도, 특이도, 정확도는 내측반월판에서 각각 87.9%, 93.8%, 89.8%였고, 외측반월판에서는 각각 64.3%, 91.4%, 83.7%였다.

결 론 : 반월판열상의 진단에서 TSE 양자밀도강조영상이 TSE T2 강조영상에 비해 통계적 유의성은 없었으나($p > 0.05$), 민감도 및 정확도에서 우월하였다.

자기공명영상(이하 'MRI'로 줄임)은 비침습적인 검사방법으로 다평면영상이 가능하며 연조직 대조도가 우수하다. 또한 표면코일(surface coil)의 발달로 작은 병변까지도 정확히 나타낼 수 있어서 슬관절과 슬관절 주위 구조물의 손상유무의 평가에 널리 사용되며, 특히 반월판손상의 진단에서 보편화되고 있다(1-3). 반월판열상의 진단에는 고식적스핀에코(conventional spin-echo : 이하 'CSE'로 줄임)기법의 긴 TR과 짧은 TE를 사용한 영상이 진단에 도움이 된다(2). 그러나 CSE는 영상 획득시간이 길어 움직임과 인접한 혈류와 관련된 인공음영에 의해 진단정확성이 감소되는 단점이 있어 작은 열상의 진단에 어려움이 있다(4). 이러한 단점을 보완하기 위하여 사용된 고속스핀에코(turbo spin-echo : 이하 'TSE'로 줄임)영상이 반월판열상의 진단에서 CSE 기법의 영상을 대신할 수 없다고 Rubin등(5)이 보고하였다. 그러나 최근의 다른 보고에 의하면 TSE 기법을 이용하여 얻은 영상이 CSE 기법의 영상과 비교할 만 하고 기존의 단점을 보완할 수 있어서 그 유용성이 인정되고 있다(2, 4, 6). 이에 저자들은 반월판열상의 진단에서 TSE 기법의 진단정확도를 평가하고 그 유용성을 알고자 하였다.

대상 및 방법

1997년 3월부터 1998년 1월까지 임상적으로 슬관절 손상이 의심되어 MRI를 시행하고 수술로 확진된 47명의 환자를 대상으로 하였으며 내측 및 외측반월판을 각각 구분하여 모두 98예(2명의 환자는 양측 슬관절 검사를 시행)를 분석하였다. 44명(92예)에서는 관절경 수술을, 3명(6예)은 개방성 수술로 시행하였다. 환자의 연령은 15세부터 72세(평균 37.4세)였고 남자가 33명, 여자가 14명이었다. MRI 시행 후 관절경검사 또는 수술 시행 일까지의 간격은 1일부터 30일(평균 14.9일)이었으며, 이 기간중 추가외상의 병력은 없었다.

1.5T Magnetom Vision(Siemens, Enlargen, Germany)의 초전도형 자기공명영상장치를 사용하여 환자를 양와위로 눕히고 슬관절을 자연스럽게 신전시킨 상태(8-10도 외전)에서 슬관절용 표면코일을 사용하였다. 모든 예에서 TSE 기법의 양자밀도강조영상과 TSE T2 강조영상(4000/16, 90/5/2 [TR/effective TE/ETL/NEX])의 시상영상과 지방억제관상영상을 얻었다. 시상영상은 FOV 140 × 160mm, Matrix size 160-190 × 256, 절편두께 3mm, 절편간격 0.9mm로 하였고, 관상영상은 FOV 131 × 150mm, Matrix size 255 × 512, 절편두께 4mm, 절편간격 0.8mm로 하였다.

¹울지외과대학 진단방사선과

²대전 선병원 진단방사선과

이 논문은 1998년 5월 15일 접수하여 1998년 6월 19일에 채택되었음.

MRI상 반월판열상의 진단기준은 1) 반월판 내부의 신호강도가 뚜렷하게 반월판표면까지 연장된 경우(반월판 내부의 선상 또는 확장된 신호강도가 관절면까지 도달한 경우), 2) 증가된 신호강도의 유무와 관계없이 불규칙한 모양을 보이는 경우(반월판첨부의 truncation 포함), 3) 반월판조각이 전위된 경우로 하였다(1). MRI는 관절경검사와 수술 소견을 모르는 상태에서 전술한 진단 기준에 근거하여 2명의 방사선과 전문의와 1명의 전공의가 TSE 양자밀도강조영상 및 TSE T2 강조영상을 각각 다른 시간에 무작위로 재 판독하였으며 판독자간 이견이 있는 경우 협의하여 결정하였다. 재 판독한 MRI 소견은 수술 및 관절경검사와 비교하여 후향적으로 분석하였다. TSE 기법의 양자밀도 및 TSE T2 강조영상에서 각각 민감도, 특이도 및 정확도를 구하고, 두 기법 사이의 민감도와 특이도의 차이는 카이제곱검사(Chi-square test)로 검증하였다.

결 과

관절경검사 또는 수술로 확진된 98예의 반월판 중에서 열상은 47예(내측 33예, 외측 14예)였고, 정상이 51예였다. TSE 기법의 양자밀도강조영상에서는 48예(내측 32예, 외측 16예)를 열상으로, 50예를 정상으로 판독하였다. TSE T2 강조영상에서는 42예(내측 30예, 외측 12예)를 열상으로, 56예를 정상으로 판독하였다.

반월판열상 진단에서 TSE 양자밀도강조영상(Fig. 1)의 전체적인 민감도, 특이도, 정확도는 각각 93.6%(44/47), 92.2%(47/51), 92.9%(91/98)였고, TSE T2 강조영상에서는 각각 80.9%(38/47), 92.2%(47/51), 86.7%(85/98)였다. 내측반월판에서의 민감도, 특이도, 정확도는 TSE 기법의 양자밀도강조영상과 TSE T2 강조영상에서 각각 93.9%(31/33), 93.8%(15/16), 93.9%(46/49)와, 87.9%(29/33), 93.8%(15/16), 89.8%(44/49)였으며, 외측반월판에서는 각각 92.9(13/14)%, 91.4%(32/35), 91.8%(45/49)와, 64.3%(9/14), 91.4%(32/35), 83.7%(41/49)였다(Table 1).

반월판열상의 진단에서 TSE 양자밀도강조영상과 TSE T2 강조영상 사이의 민감도와 특이도의 차이를 카이제곱검사로 검증한 결과, 통계적 유의성은 없었다(p>0.05).

MRI에서 반월판열상이 없다고 판독한 3예에서 관절경검사에서는 작은 열상이 있었는데, 내측반월판의 2예는 MRI에서 정상을 보였고, 외측반월판의 1예는 반월판내에 증가된 신호강도가 확장되어 보이나 관절면까지 연장되지 않아서 정상으로 진단한 예였다(Fig. 2). MRI에서 반월판열상이 있었다고 하였으나 관절경검사에서 정상을 보인 경우는 4예가 있었다. 내측반월판의 1예는 반월판후각의 가장자리에서 양측 관절면까지 연장된 뚜렷한 고신호강도와 전위를 보여 meniscocapsular separation으로 진단하였고(Fig. 3), 나머지 외측반월판의 3예는 불규칙한 표면 또는 작은 결손을 보여 열상으로 진단한 예였

Table 1. Detectability in Meniscal Tears of Knee Joint

	TSE Proton Density Images(n=98)		TSE T2 Weighted Images(n=98)	
	Medial Meniscus(n=49)	Lateral Meniscus(n=49)	Medial Meniscus(n=49)	Lateral Meniscus(n=49)
True Positive(n)	31	13	29	9
True Negative(n)	15	32	15	32
False Positive(n)	1	3	1	3
False Negative(n)	2	1	4	5
PPV(%)	96.9	81.3	96.7	75.0
NPV(%)	88.2	97.0	78.9	86.5

PPV : positive predictive value NPV : negative predictive value

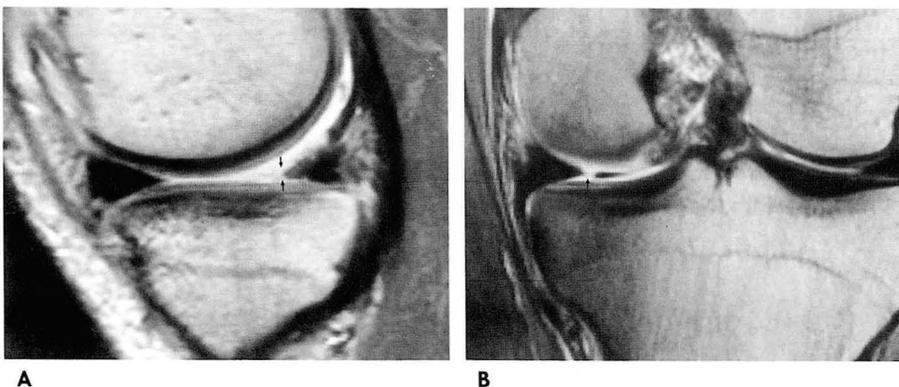


Fig. 1. A 40-year-old man with tear of the posterior horn of the medial meniscus. TSE(4000/16/5/2 [TR/effective TE/ETL/NEX]) sagittal(A) and coronal(B) images show radial tear in the posterior horn of the medial meniscus(black arrows). Radial tear of the posterior horn of the medial meniscus and partial tear of the ACL were found at arthroscopy.



Fig. 2. A 49-year-old woman with tear of the anterior horn of the medial meniscus. TSE sagittal image shows intrameniscal globular signal intensity in the anterior horn of the medial meniscus without extension to superior and inferior articular surface(white arrows). At arthroscopy, the anterior horn of the medial meniscus was found to be torn and marked degenerative changes were noted in the free edge.

Fig. 3. A 24-year-old man with grade III signal intensity of the medial meniscus. TSE sagittal image shows grade III signal intensity at the posterior meniscocapsular border(black arrows). No tears were found at arthroscopy 16 days later.

Fig. 4. A 19-year-old male with tear of posterior horn of the lateral meniscus. TSE proton and T2 weighted(not shown) images show irregular articular surface(open arrow). Image of adjacent section(not shown) shows irregular articular surface. At arthroscopy, the posterior horn of the lateral meniscus was normal.

다(Fig. 4).

고 찰

슬관절 및 슬관절 주위조직의 손상에서 MRI는 연조직의 대조도가 우수하고, 다평면영상을 얻을 수 있을 뿐 아니라, 치료 계획수립 등에 있어서 선택적 진단방법으로 보편화되고 있다(3-9). 특히, 반월판 손상의 진단에서 CSE 기법의 긴 TR과 짧은 TE가 유용하다(2, 6). 그러나 CSE 기법의 영상은 긴 영상획득시간에 따른 인공영상에 의해 진단정확도가 감소되는 단점이 있다(4, 6, 7). 최근 사용되는 TSE 기법은 검사시간을 줄여 인공음영의 발생을 줄이고 신호대 잡음비와 해상도를 높일 수 있는 검사방법이나 흐려짐(blurring)이 발생하는 단점이 있다(5, 10). TSE 영상에서의 흐려짐은 ETL(echo train length)이 길수록 더욱 두드러지고, 특히 짧은 TE 스퀘스(양자밀도강조영상)에서 증가된다(7). 따라서 TSE 양자밀도강조영상에서 양질의 영상을 얻고 영상획득시간을 줄이기 위해서는 적절한 프로토콜(protocol)이 사용되어야 한다. Escobedo 등(7)은 다른 지표들을 일정하게 하고 ETL 변화에 따른 영상의 흐려짐을 비교하였는데, ETL을 5로 하였을 때 CSE와 TSE에서 유사한 진단정확도를 얻었다. 저자들도 ETL을 5로 사용하여 영상의 흐려짐을 줄이고자 하였으며, Cheung 등(6)의 ETL 8을 사용한 결과보다 진단정확도가 우수하였다.

이중으로 얻어진 TSE 양자밀도 및 TSE T2 강조영상의 비교에서 통계적 유의성은 없었으나 민감도, 정확도, 음성예견율 등에서 양자밀도강조영상이 우월하였다. 실제로 TSE 양자밀도강조영상과 TSE T2 강조영상의 비교에서는, TSE T2 강조영상에서 진단된 반월판열상을 TSE 양자밀도강조영상에서 진단하지 못했던 예는 없었고, TSE 양자밀도강조영상에서 진단된 반월판열상을 TSE T2 강조영상에서 발견하지 못한 경우

는 6예가 있었다. TSE T2 강조영상은 반월판열상의 진단에서 TSE 양자밀도강조영상에 비해 진단정확도를 향상시키지 못하였다. 이러한 이유로는 T2 이완시간이 긴 관절내 활액층(synovial fluid layers)에 대한 edge sharpness는 TSE 기법의 양자밀도 및 TSE T2 강조영상 모두에서 유지되는데 비하여, T2 이완시간이 짧은 반월판에 대해서는 TSE T2 강조영상에서 대조도와 edge sharpness가 감소되어 진단의 정확도가 낮았던 것으로 생각된다(4). White 등(11)에서도 반월판 손상의 진단에서 TSE T2 강조영상이 CSE 양자밀도강조영상에 비해 진단정확도가 낮았다. 따라서, TSE 기법에서도 반월판열상의 진단에는 양자밀도강조영상이 유용하였다.

CSE 영상에서 Raunest 등(12)과 Fisher 등(13)은 내측반월판열상의 진단 정확도를 72-89%로, 외측반월판에서는 72-88%로 낮게 보고하였으며 국내의 박 등(3)과 안 등(14)은 내측반월판에 대해 민감도, 특이도, 정확도를 각각 87-95%, 93-100%, 91-96.9%로, 외측반월판에 대해 90.5-91%, 81.8-95%, 87.5-93%로 보고하였다. 본 연구의 TSE 양자밀도강조영상 결과는 내측반월판에서의 민감도, 특이도, 정확도는 93.9%, 93.8%, 93.9%였고 외측반월판에서는 92.9%, 91.4%, 91.8%였다. 반월판열상의 진단에서 보고된 CSE 영상의 민감도, 특이도, 정확도를 비교할 때 내측반월판에서는 Raunest 등(12), Fisher 등(13), 박 등(3), 안 등(14)과 비슷하고, 외측반월판에서는 국내외의 결과와 비슷하거나 우수하였다. 저자들의 경우 동일 환자군에 대하여 CSE 영상을 얻지 않았지만, 반월판열상의 진단에 일차적 검사 방법으로 시행한 TSE 양자밀도강조영상의 진단정확도가 CSE 양자밀도강조영상과 비슷하거나 우월하여, CSE 기법의 양자밀도강조영상을 대체할 수 있는 유용한 시퀀스로 생각된다. 저자들에서는 외측반월판열상의 진단정확도가 다른 연구 결과에 비해서 약간 우수하였는데, 이는 절편두께와 절편간격이 다른 연구에서보다 작았던 점, 영상획득

시간과 수술 또는 관절경검사일까지의 기간이 짧았던 점(6), 외측반월판의 후각 1/3이 진단에 어려움이 있고 진단민감도가 낮다고 하여(1, 15) 열상이 의심되는 경우 모두 열상으로 진단하여 후향적 분석에 의한 편견이 삽입된 점 등으로 생각된다.

Rubin 등(16)에 따르면 MRI에서 meniscocapsular separation으로 진단한 예에서 내측반월판은 9%, 외측반월판은 13%의 낮은 양성예견율을 보였고, MRI와 관절경검사소견이 일치하는 경우가 없었으며, 임상적으로 자연 회복되는 경우가 많아 MRI에서 심한 전위(displacement)가 없다면 진단을 하지 않아야 된다고 하였다(2). 저자들이 MRI상 내측반월판의 후각에서 meniscocapsular separation으로 진단하였던 한 예(Fig. 3)가 있었는데, 관절경검사상 정상을 보여, 반월판의 후각 및 가장자리 열상진단에서 세심한 주의가 요구된다.

본 연구의 제한점으로는 관절경검사나 수술소견을 후향적으로 분석하여 일부 편견이 삽입될 수 있다는 점, 동일 환자군에 대한 CSE 영상의 결과가 없었던 점, 관절경검사와 수술소견을 진단의 gold standard로 하였으나 관절경검사가 검사자에 따라 진단정확도가 다양하고 일부의 예에서는 반월판의 자유변연부 이상(free edge abnormality)에 대해 관절경 검사자와 방사선과 전문의 사이에서 다른 견해를 보일 수 있다는 점 등(1)을 들 수가 있다.

결론적으로 이중에코로 얻어진 TSE 기법의 양자밀도강조영상은 반월판열상의 진단에서, 대조도와 edge sharpness의 감소를 보이는 TSE T2 강조영상에 비해 우수하였다. 또한 TSE 양자밀도강조영상이 기존의 CSE 영상과 검사의 민감도, 특이도, 정확도는 비슷하나, 검사시간을 단축시켜 환자의 움직임 및 혈류와 관련된 인공음영 등을 줄일 수 있으므로 슬관절 반월판열상의 진단에 유용한 방법으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Justice WW, Quinn SF. Error patterns in the MR imaging evaluation of menisci of the knee. *Radiology* 1995; 196: 617-621
2. Rubin DA. MRI imaging of the knee meniscus. *Radiol Clin North Am* 1997; 35: 21-44
3. 박길선, 강홍식, 한문희, 한만청, 김주완, 성상철. 슬관절 반월판 손상의 자기공명영상. *대한방사선의학회지* 1989; 25: 983-987

4. Fellner C, Geissler A, Held P, Strotzer M, Treibel W, Fellner F. Signal, contrast, and resolution in optimized PD- and T2-weighted turbo SE images of the knee. *J Comput Assist Tomogr* 1995; 19(1):96-105
5. Rubin DA, Kneeland JB, Listerud J, Underberg-Davis SJ, Dalinka MK. MR diagnosis of meniscal tears of the knee; value of fast spin-echo vs conventional spin-echo pulse sequence. *AJR* 1994; 162: 1131-1135
6. Cheung LP, Li KCP, Hollett MD, Bergman AG, Herfkens RJ. Meniscal tears of the Knee: Accuracy of detection with fast spin-echo MR imaging and arthroscopic correlation in 293 patients. *Radiology* 1997; 203: 508-512
7. Escobedo EM, Hunter JC, Zink-Brody GC, Wilson AJ, Harrison SD, Fisher DJ. Usefulness of turbo spin-echo MR imaging in the evaluation of meniscal tears: Comparison with a conventional spin-echo sequence. *AJR* 1996; 167: 1223-1227
8. Reicher MA, Hartzman S, Duckwiler GR, Bassett LW, Anderson LJ, Gold RH. Meniscal injuries: Detection using MR imaging. *Radiology* 1986; 159: 753-757
9. Ruwe PA, Wright J, Randall RL, Lynch JK, Jokl P, McCarthy S. Can MR imaging effectively replace diagnostic arthroscopy? *Radiology* 1992; 183: 335-339
10. Piraino DW, Hardy PA, Schils JP, Richmond BJ, Tkach JA, Belhobek GH. Fast spin-echo imaging of the knee: Factors influencing contrast. *J Magn Reson Imaging* 1993; 3: 835-842
11. White LM, Schweitzer ME, Johnson WJ, Amster BJ, Oliveri MP, Russell K. The role of T2-weighted fast spin-echo imaging in the diagnosis of meniscal tears. *J Magn Reson Imaging* 1996; 6: 874-877
12. Raunest J, Oberle K, Loehnert J, Hoetzing H. The clinical value of magnetic resonance imaging in the evaluation of meniscal disorder. *J Bone Joint Surg* 1991; 73: 11-16
13. Fischer SP, Fox JM, Pizzo WD, Fridman MJ, Snyder SJ, Ferkel RD. Accuracy of diagnosis from magnetic resonance imaging of the knee: A multi-center analysis of one thousand and fourteen patients. *J Bone Joint Surg* 1991; 73: 2-10
14. 안중모, 강홍식, 송치성, 성상철. 슬내장: 자기공명영상 진단의 정확도. *대한방사선의학회지* 1993; 29: 809-813
15. De Smet AA, Graf BK. Meniscal tears missed on MR imaging: relationship to meniscal tear pattern and anterior cruciate ligament tears. *AJR* 1994; 162: 905-911
16. Rubin DA, Britton CA, Towers JD, Harner CD. Are MRI imaging signs of meniscocapsular separation valid? *Radiology* 1996; 201: 829-836

Usefulness of Turbo Spin-Echo MR Imaging in Meniscal Tears of the Knee¹

Gun Young Jeong M.D., Chang Lak Choi M.D., Jin Young Chung M.D., Tae Il Han M.D.,
Hong Im Jang M.D., Ji Min Kim M.D., Hyun Young Han M.D.,
Mun Kab Song M.D., Chang Kyu Yang M.D.²

¹*Department of Diagnostic Radiology, Eul Ji Medical College*

²*Department of Diagnostic Radiology, Sun General Hospital*

Purpose: To evaluate the usefulness and diagnostic accuracy of turbo spin-echo(TSE) proton-density and T2-weighted images of meniscal tears of the knee.

Materials and Methods: We retrospectively evaluated the sensitivity, specificity, and accuracy of TSE proton density and T2-weighted images of meniscal tears confirmed arthroscopically or surgically in 47 patients(98 menisci). The routine TSE parameters used in all patients were the dual echo sequence with sagittal proton density and T2-weighted images(4000/16, 90/5/2 [TR/effective TE/ETL/NEX]), and fat-suppressed coronal proton density and T2-weighted images. The chi-square test was used for statistical analysis.

Results: The sensitivity, specificity, and accuracy of TSE proton density images for the detection of meniscal tears were 93.9%, 93.8%, and 93.9%, respectively, in the medial meniscus, and 92.9%, 91.4%, and 91.8% in the lateral. On T2-weighted images the corresponding figures were 87.9%, 8%, and 89.8%, respectively, in the medial meniscus, and 64.3%, 91.4%, and 83.7% in the lateral.

Conclusion: With regard to sensitivity and accuracy, TSE proton density images of meniscal tears were superior to TSE T2-weighted images.

Index words: Knee, MR

Knee, ligaments, menisci, and cartilage

Address reprint requests to: Gun Young Jeong M.D., Department of Diagnostic Radiology, Eul Ji Medical College Hospital,
24, Mok-Dong, Chung-Ku, Tae Jeon 301-070, Korea Tel. 82-42-259-1463 Fax. 82-42-259-1111

《저작권에 관한 동의서》

라는 제목의 논문이 대한방사선의학회지에 출간될 경우 그 저작권을 대한방사선의학회에 이전한다.

저자는 저작권이외의 모든 권한 즉, 특허신청이나 향후 논문을 작성하는데 있어서 본논문의 일부 혹은 전부를 사용하는 등의 권한을 소유한다. 저자는 대한방사선의학회지로부터 서면허가를 받으면 타논문에 본논문의 자료를 사용할 수 있으며 이 경우 자료가 발표된 원논문을 밝힌다. 본논문의 모든 저자는 본논문에 실제적이고 지적인 공헌을 하였으며 논문의 내용에 대하여 공적인 책임을 공유한다.

본논문은 과거에 출판된 적이 없으며 현재 타학술지에 제출되었거나 제출할 계획이 없다.

제 1저자/ 년 월 일	제 2저자	제 3저자
제 4저자	제 5저자	제 6저자

[분 야 : _____]

본 동의서는 원고에 기술된 순서대로 전 저자의 서명이 있어야 함.

대한방사선의학회 원고 최종 점검표

- 원고 1부, 사진 1부를 동봉한다.
- 행간 여백 1행(double space)에 21×30cm (A4) 용지에 작성한다.
- 원고배열은 한글과 영문으로 기재된 표지, 내표지, 초록(한글과 영문), 서론, 대상 및 방법, 결과, 고찰, 참고문헌, 표, 사진설명의 순으로 한다.
- 초록은 목적, 대상 및 방법, 결과, 결론으로 나누어 기술한다.
- 영문초록 하단에 색인단어 (Index Words)를 기입한다.
- 저작권에 관한 동의서에 전 저자가 서명한다.
- 투고규정내의 저자 점검사항을 점검하였다.