

## 슬관절의 연골결손에 대한 자가 골연골 이식술

음지의과대학 노원 을지병원 정형외과

최 남 홍

### Mosaicplasty for The Treatment of The Chondral Defect of The Knee

Nam-Hong Choi, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Nowon Eulji Medical Center, Eulji Medical College, Seoul, Korea

Several methods to resurface the lost cartilage of the knee have been used; multiple drilling, microfracture, abrasion arthroplasty. Resurfaced cartilages resulting from above techniques are mostly fibrocartilage. Autologous osteochondral graft transfer and autologous chondrocyte transfer are known to resurface the lost cartilage with mostly hyaline cartilage. This article reviews basic researches, indications, operative technique, and clinical results of autologous osteochondral graft transfer.

**KEY WORDS:** Knee, Chondral defect, Autologous osteochondral graft

#### 서 론

젊은 연령의 환자에서 슬관절의 연골 결손은 임상적으로 치료에 어려움이 많다. 초자연골은 혈액 공급이 없고, 재생력이 없어 내재된 자연 치유 능력이 없다. 연골 결손을 치료하는 목적은 결손된 초자연골을 수복하고, 체중을 부하하는 연골을 재확립하는 것이다. 슬관절의 연골 결손에 대한 기존의 치료 방법들로는 소파관절 성형술, 연골하 천공술, 미세 천공술 등이 시행되었다. 이들은 모두 연골하층을 침범하는 방법으로 연골이 결손되어 노출된 골에 출혈을 유발시켜 섬유연골로 재생된다<sup>1)</sup>. 섬유연골은 초자연골과 생물리학적 성상이 다르기 때문에 장기간 환자를 추적 하였을 때 수술 후 결과가 초기 추적시기보다 감소되는 것을 관찰할 수 있다<sup>2)</sup>.

최근 시행되고 있는 치료법은 자가 골연골 이식술, 연골막 이식술, 자가 연골세포 이식술 등이 있다. 이들 중 연골막 이식술은 아직 많은 경우가 시행되지 않았고, 장기적 추적 관찰에 대한 보고가 아직 없다<sup>3)</sup>. 또한 재생된 연골조직이 골화되는 경향이 있다고 한다. 본 논문에서는 최근 시행되는 치료법

중 자가 골연골 이식술의 기초적 연구 결과, 적응증, 수술 수기와 임상적 결과 등을 알아 보고자 한다.

자가 골연골 이식의 목적은 연골하 골을 복원시키고 동시에 관절의 연골 표면을 주변 연골의 표면에 정렬하는 것이다. 이 방법의 장점은 정상인 연골을 하층의 골과 같이 채워하므로, 연골과 골의 경계인 tide-mark 가 정상이며, 완전히 형성된 관절 연골을 살아있는 연골세포와 같이 이식을 한다는 이론적인 배경이 있다. 연골세포와 세포외 기질의 비율이 1:9로 정상이므로, 생역학적 성상이 정상이라는 이론적 장점이 있다. 자가 연골 세포 이식술과 달리 이차 수술이 필요 없이 한번의 수술로 가능하고, 병변이 작은 경우는 관절경적 수술이 가능하다. 또한 공여부가 같은 관절에 있으므로 골연골 이식편을 얻기가 용이하고, 자가 연골 세포 이식술과 달리 조기에 체중을 부하할 수 있는 장점이 있다. 자가 골연골 이식술은 수술비가 연골 세포 이식술에 비해 상당히 저렴할 뿐 아니라, 결손된 부분의 약 70~80%가 초자 연골로 덮히는 장점이 있으며, 또한 과성장의 부작용도 없다<sup>4)</sup>.

하지만 이 방법의 단점은 수술 수기가 어렵고, 연골이 결손된 부위가 매우 큰 경우는 사용할 수 없다. 결손된 부분이 큰 경우 골연골 이식을 하면, 이식편이 여러 개가 필요한데, 이식된 연골편들의 높이가 일치해야 하고, 주변 연골과의 조화를 이루어야 한다. 여러 개의 이식편들을 삽입하는 경우, 이식편과 이식편 사이에 접촉면이 남고 완전히 초자 연골로 재생되지 않는다. 골연골 이식편을 삽입하는데 기술적으로 고려할

\* Address reprint request to

**Nam-Hong Choi, M.D.**

Department of Orthopaedic Surgery, Nowon Eulji Medical Center, Eulji Medical College, Seoul, Korea  
Tel: 82-2-970-8258, Fax: 82-2-973-3024  
E-mail: cnh2406@yahoo.com

사항이 많고, 수술 후 슬관절의 종창이 발생한다<sup>1)</sup>. 또한 이 방법은 연골하층을 침범하는 수술이므로, 퇴행성 관절염의 원인으로 지적되고 있는 연골하층의 경화를 발생시킬 수 있다는 이론적 단점이 있다. 최근에는 이식편의 공여부에 문제가 생긴다고 알려져 있다.

1. 수술 전 고려 사항

수술의 적응증으로는 슬관절의 체중부하 부위에 연골 또는 연골-골 결손으로, 연령은 50세 이하, 연골 결손의 크기는 1~4 cm<sup>2</sup>, 치료에 잘 순응하는 환자이다.

수술 전에 환자의 병력을 자세히 알아보고, 진찰을 하는 것

이 필요하다. 이전에 받은 진단, 수술 방법을 알아야 한다. 연골 결손은 십자인대 파열, 반월상 연골 파열, 하지 정렬 이상과 동반되는 경우가 많으므로, 동반된 병변을 확인해야 한다. 문진에서는 환자가 통증을 호소하는 부분이 내측 또는 외측 관절면인지 알아야 하고, 환자가 직립한 상태에서 슬관절의 내반이 있는지 확인하여야 하며, 보행시 varus thrust가 있는지 확인해야 한다. 만약 슬관절에 내반이 있고, 대퇴골 내과에 연골 결손이 있으면, 외반 근위 경골 절골술이 필요하다. 진찰에서는 전방 동요가 있는지 알아보고, McMurray 검사로 반월상 연골 파열 여부를 진단한다. 방사선 촬영에서는 knee joint AP, lateral, Merchant's view 외에 45° standing PA, long cassette scannogram 이 필요하다.



Fig. 1. 24세 환자의 대퇴골 내과에서 발생한 연골 결손.

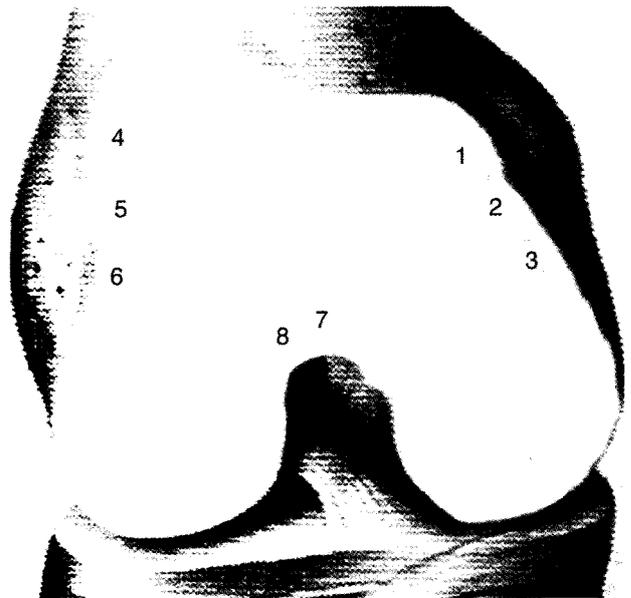


Fig. 2. 연골의 공여부의 구역.

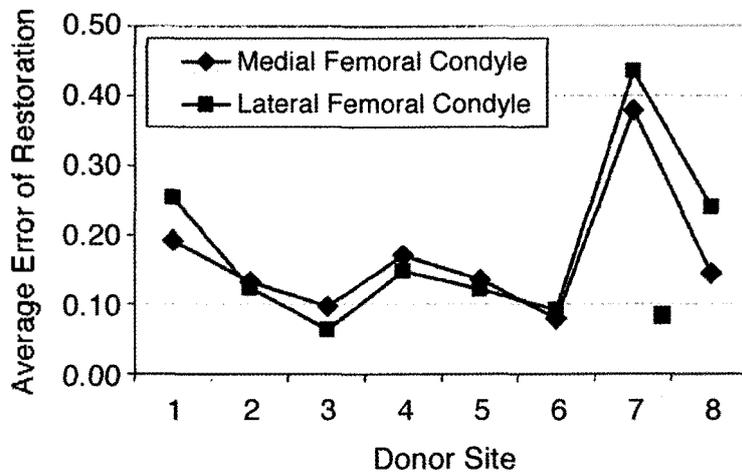


Fig. 3. 채취구역과 대퇴 내과, 외과와의 조화도.

수술 전 자기 공명 검사는 연골이 결손된 부분의 위치, 크기를 알아보고, 동반된 병변을 진단하는 데 중요하다. 특히 연골 결손을 보기 위해 보통의 T1, T2 강조영상 외에 fast spin echo 방법과 fat suppressed T1 weighted 3D gradient echo 방법이 필요하다(Fig. 1)<sup>10</sup>. 또한 자기 공명 영상에서 경골이나 슬개골에 동반된 연골 결손이 있는지 확인한다. 슬개골에 연골 결손이 있는 경우는 슬개골이 대퇴골 활차에서 움직이는 것을 확인하여, 외측으로 치우치지 않는지, 외측으로 이탈구가 되지 않는지 확인해서, 치료 해야 한다. 만약 연골 결손이 상당히 크면, 자가 골연골 이식술 보다는 자가 연골 세포 이식술을 시행하는 것이 바람직하다.

2. 수술 방법

이식편의 공여부는 sulcus terminalis의 상부의 대퇴골 외과로서, 이 곳에서 이식편을 채취하면, 대퇴골 내과에 연골 결손이 있는 경우, 주변 연골과의 조화가 잘 된다<sup>4</sup>. Fig. 2에 보는 것과 같이 3, 6의 구역에서 채취한 연골이 Fig. 3에 보는 것과 같이 조화가 잘 된다.

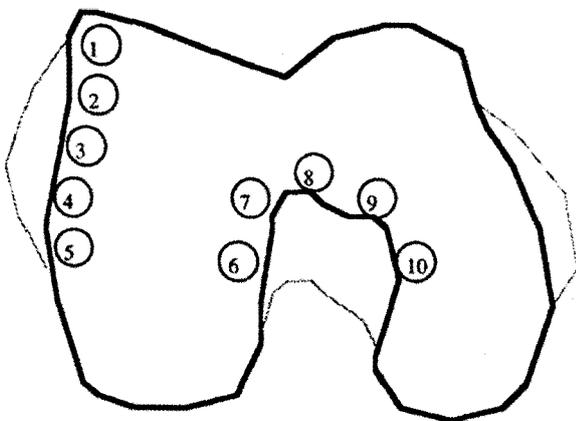


Fig. 4. 연골의 공여부의 구역.

다발성의 이식편이 필요한 경우는 대퇴 과간에서 채취할 수 있는데, 관절경적 방법으로 채취가 가능하나, 채취된 이식편 주변부의 연골이 초자 연골이 아니라, 섬유 연골이다. 최근에 공여부에 대한 문제점이 보고되는데, 공여부의 연골을 수술 수개월 후 채취하여 보니, 조밀한 섬유조직과 흩어져 있는 골조직 때문에 경직이 0.97 MPa로 증가했다고 보고된 바 있다<sup>11</sup>. 이로 인해 슬개-대퇴골 관절에 접촉되는 압력이 증가되는데, Fig. 4의 3,4,5 구역에서 많이 증가한다고 한다(Fig. 5)<sup>20</sup>. 하지만 Iwasaki 등은 11명에서 평균 26개월을 추시 관찰하였는데, 공여부에 의한 효과로 Lysholm 점수는 최상, IKDC 점수는 정상 범주였고, 9명에서 시행한 MRI에서 6명은 50~100%의 공여부가 채워져 있었고, 4명에서는 신호강도가 거의 정상이거나 정상을 보였다고 보고하였다<sup>21</sup>.

먼저 연골이 결손된 부분을 준비한다. 불안정한 연골부분을 curet 으로 변연 질제를 시행한 다음, 연골이 결손된 면적을 측정한다. 만약 결손된 부위가 크면, 이식편의 크기와 배열을 미리 고려해야 한다.

골연골 이식편은 길이 15 mm 를 사용하는 것이 고정에 좋다. Fig. 6에서 보는 것과 같이 길이 10 mm를 사용하는 것

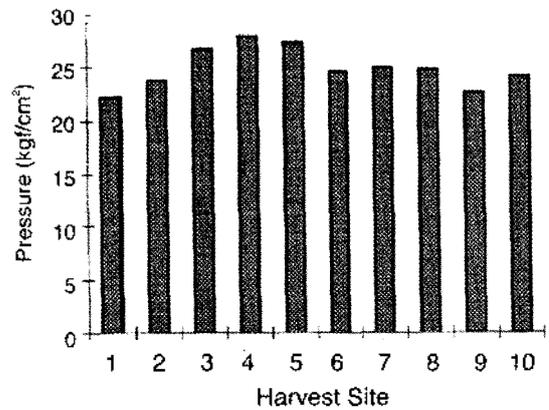


Fig. 5. 슬개-대퇴골 관절의 공여부에 따른 접촉 압력.

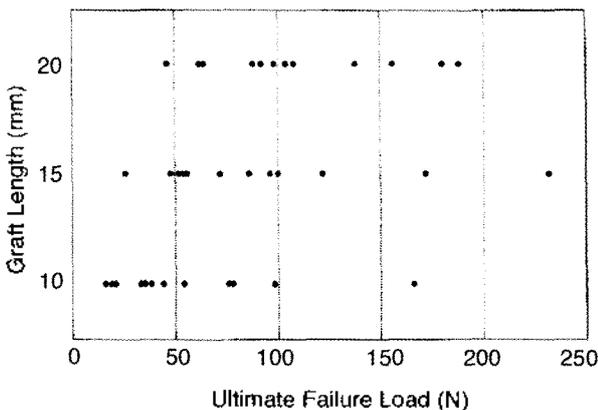


Fig. 6. 이식편의 길이에 따른 최종 실패 부하.

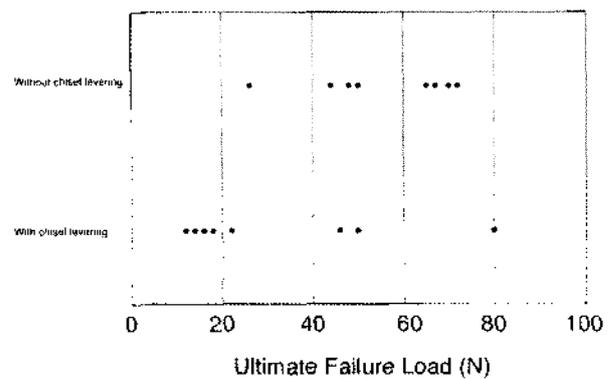


Fig. 7. 채취 방법에 따른 최종 실패 부하.



Fig. 8. 다발성 자가 골연골 이식의 모습.

보다 15 mm를 사용하는 것이 최종 실패 부하가 현격히 감소되므로, 15 mm 이상의 이식편을 사용하는 것이 좋다<sup>9)</sup>. 또한 이식편은 이식을 받을 부위보다 1 mm 큰 것을 사용하는 것이 좋다. Makino 등은 이식 받을 부위와 동일한 크기의 이식편을 사용하여 공여부에 삽입하면, 이식된 연골의 두께가 증가하고, 연골세포의 수가 증가하며, 연골세포의 형태가 변화되는데, 이식 받을 부위 보다 1 mm 큰 이식편을 삽입하는 경우는 주변의 연골과 비슷한 두께와 형상을 유지한다고 보고하였다<sup>10)</sup>. 이식편을 채취하는 기구는 연골면에 수직으로 위치해야 한다. 그렇지 않으면, 이식편의 연골부분이 수직으로 되지 않고, 경사지게 된다. 따라서 수술 시 조수는 이식편을 채취할 때 슬관절의 굴곡각도가 변화되지 않도록 조심해야 한다. 슬관절의 굴곡각도가 유지되지 않는 경우, 채취하는 기구가 15 mm 깊이로 삽입이 되어도, 이식편이 채취 안 되는 경우가 있다. 채취기가 15 mm 삽입된 후, 채취기를 상하로 움직

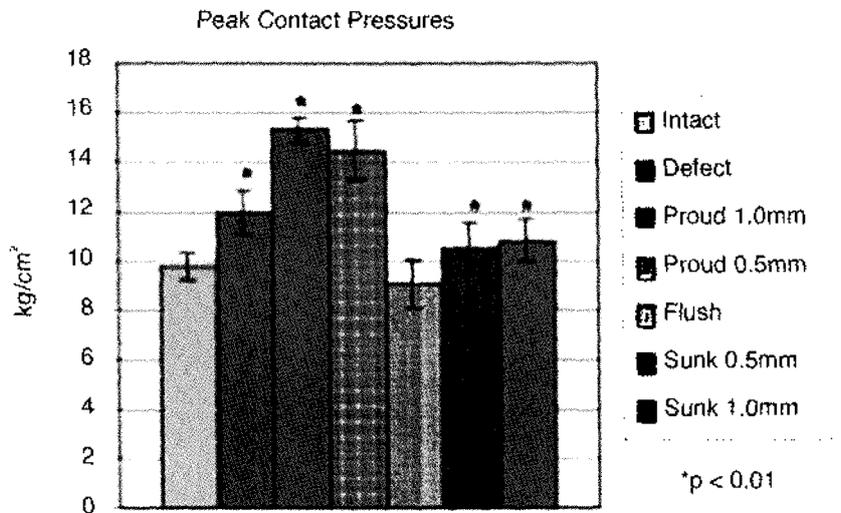


Figure 8. Graph of peak contact pressures with graft at various heights.

Fig. 9. 이식된 연골편과 주변 연골과의 높이 차이에 따른 접촉 압력.

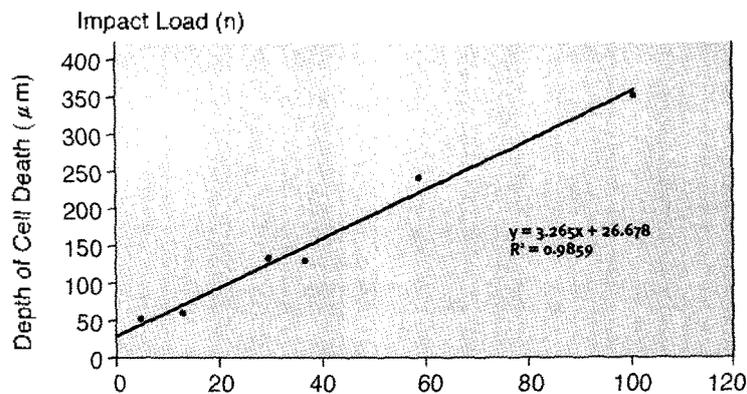


Fig. 10. 이식된 연골편에 가해지는 충격에 의한 세포 사망의 깊이.

직이지 말고, 시계방향과 반대 방향으로 돌려 이식편을 얻어야 한다. 채취기를 상하로 움직여 이식편을 얻은 후 결손부위의 구멍에 삽입하는 경우는 Fig. 7과 같이 고정력이 감소된다고 보고되어 있다<sup>6)</sup>.

채취된 골연골 이식편의 깊이를 확인한 다음, 연골이 결손된 부분을 채취기로 구멍을 만든다. 이때도 채취기가 연골면에 수직이 되도록 한다. 만약 결손된 연골의 크기가 큰 경우는 채취기로 구멍을 여러 개를 먼저 만들지 말고, 공여부에서 채취된 이식편으로 하나의 구멍을 채워 골연골 이식을 한 후 수혜부에 다른 구멍을 만든다(Fig. 8).

골연골을 이식하기 전에 채취기 안에 있는 이식편 연골의 높이의 기울기를 보고, 주변 연골면의 기울기를 고려하여, 채취기의 방향을 조정한다. 채취기를 망치로 칠 때는 채취기 옆에 있는 틈으로 삽입되는 이식편의 깊이를 보아야 한다. 이식편을 거의 삽입한 후 채취기를 제거하고, 이식편을 플라스틱 감입기로 쳐서 주변의 연골면과 같은 깊이로 삽입되게 한다.

이식편을 삽입할 때, 골절되지 않도록 조심한다. 결손된 부분에 구멍의 깊이와 이식물의 깊이를 잘 맞추어서 이식편이 돌출되지 않도록 조심한다. 동물실험에서 이식편의 2 mm 가 돌출되면, Fig. 9과 같이 접촉면의 압력이 정상 연골보다 50% 정도 증가한다고 보고되어 있다<sup>6)</sup>.

만약 이식편이 주변 연골의 깊이보다 약간 낮게 삽입되면, 접촉면의 압력이 정상 연골과 거의 비슷하다. 하지만, 1 mm 가 주변 연골보다 침하되면 연골의 두께가 증가되고, 연골세포가 증식되며, tidemark 가 전진한다. 2 mm가 침하되면, 이식된 연골이 괴사되고, 섬유 조직으로 덮히게 된다<sup>6)</sup>. 또한 돌출된 이식편을 깊이 삽입하기 위해 망치로 무리하게 치면, Fig. 10과 같이 이식편 연골의 세포가 많이 죽게 된다고 한다<sup>6)</sup>. 만약 이식편의 깊이가 결손된 부분의 구멍의 깊이보다 낮은 경우, 나사가 달린 강선으로 이식편을 다시 구멍에서 제거한 후, 결손된 부분에서 나온 망상골을 이용하여 수혜부 구멍에 이식하여 깊이를 맞추는 다음, 다시 이식편을 삽입한다.

수술 후 재활 방법은 십자인대 재건술을 시행한 경우는 십자인대에 따라 재활 방법을 따라 하였고, 그렇지 않은 경우는 골연골 이식에 따라 재활 방법을 정하였다. 이식된 골연골의 부위가 대퇴골의 내과나 외과인 경우는 수술 후 6주간 부분 체중 부하를 하는데, 그 이유는 수술 후 6주에는 이식된 연골의 경직이 정상 연골의 약 50%에 해당되지만, 수술 후 12주에는 정상 연골의 약 150%에 해당된다고 보고하고 있다<sup>6)</sup>. 연골 이식의 부위가 대퇴골의 활차이면 수술 후 다음날부터 전 체중 부하를 실시하였다. 수술 후 능동적 관절 운동은 바로 시행한다. 조깅은 수술 후 6개월에 허용한다.

발표된 논문을 보면 Hangody 등은 44명의 대퇴 연골의 결손 환자를 자가 골연골 이식술로 치료하여 수술 후 1~5년 추시후 관찰하였는데, 전체 환자가 우수에서 양호의 결과를 보였고, 10명의 환자에서 이차 관절경술을 시행하여 6명에서 초자 연골과 유사한 연골로 덮혔다고 보고하였다<sup>6)</sup>.

Hangody는 최근에 597명의 대퇴골 연골 결손 환자의 92%, 118명의 슬개-대퇴 관절 연골 환자 11명의 79%에서 양호 또는 우수한 결과를 얻었다고 보고하였다. Marcacci 등은 결손된 연골의 범위가 1.5 cm<sup>2</sup> 이상인 13명의 환자에서 골연골 이식술을 시행하여 발표하였는데, 평균 61개월을 추후 관찰하여, 12명에서 만족할만한 결과를 얻었다고 발표하였다<sup>10)</sup>. Attmanspacher 등은 결손된 범위가 평균 넓이 15 mm 인 18명의 환자에서 골연골 이식술을 시행하여 Lysholm 점수가 89.5를 얻었다고 발표하였다<sup>2)</sup>. Jacob 등은 국제 연골 복원회에서 정한 연골 손상의 정도 III 기 23명, IV 기 29명의 52명 환자에서 자가 골연골 이식술을 시행하고 평균 37개월을 추후 관찰하였다. 최종 추시 관찰에서 92%의 환자가 슬관절의 기능이 향상되었다고 보고하였으나, 4명에서 재수술이 필요하였는데, 광범위한 연골 결손이 원인이었다<sup>10)</sup>. Chow 등은 33명의 대퇴 연골 결손 환자에서 자가 골연골 이식술을 시행하고 평균 3년 9개월 추후 관찰하여 87%의 환자에서 IKDC 점수가 거의 정상이거나, 정상을 보였다고 하였다<sup>6)</sup>. Marcacci 등은 연골 결손이 2.5 cm<sup>2</sup> 이하의 30명을 자가 골연골 이식술을 시행하여 최소 7년 추시 관찰하였다. IKDC 점수는 77%의 환자에서 최상 또는 우수한 결과를 보였고, MRI 상 연골이 완벽히 채워진 경우가 62.5%에서 관찰되었다<sup>10)</sup>.

## 결 론

젊은 연령에서 슬관절내의 연골 결손은 치료하기가 어렵다. 치료 방법 중 기존의 방법은 결손된 연골이 섬유 연골로 덮히지만, 최근에 시행되고 있는 자가 골연골 이식술은 연골이 결손된 부위를 대부분 초자 연골로 덮을 수 있는 좋은 치료법으로 생각된다. 이런 방법들을 시행하기 전에, 충분히 환자를 진찰하여, 동반된 병변이 없는지, 특히 하지의 정렬에 이상이 없는지, 반월상 연골의 상태는 어떤지 확인해야 한다. 또한 수술 후 적절한 재활로 좋은 결과를 얻도록 노력해야 할 것이다.

## REFERENCES

- 1) Ahmad CS, Guiney WB, and Drinkwater CJ: Evaluation of donor site intrinsic healing response in autologous osteochondral grafting of the knee. *Arthroscopy*, 18: 95-98, 2002.
- 2) Attmanspacher W, Dittrich V and Stedfeld HW: Experiences with arthroscopic therapy of chondral and osteochondral defects of the knee joint with OATS(Osteochondral Autograft Transfer System). *Zentralbl Chir*, 125: 494-499, 2000.
- 3) Bartz RL, Kamarić E, Noble PC, Lintner D and Bocelli J: Topographic matching of selected donor and recipient

- sites for osteochondral autografting of the articular surface of the femoral condyles. *Am J Sports Med*, 29: 207-212, 2001.
- 4) **Bovic V:** Arthroscopic osteochondral autograft transplantation in anterior cruciate ligament reconstruction: A preliminary clinical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 3: 262-264, 1996.
  - 5) **Chow JC, Hantes ME, Houle JB, and Zalavras CG:** Arthroscopic autogenous osteochondral transplantation for treating knee cartilage defects: A 2- to 5-year follow-up study. *Arthroscopy*, 20: 681-690, 2004.
  - 6) **Duchows J, Hess T and Kohn D:** Primary stability of press-fit-implanted osteochondral grafts. Influence of graft size, repeated insertion, and harvesting technique. *Am J Sports Med*, 28: 24-27, 2000.
  - 7) **Gross AE, Hangody L, Minas T and O'Driscoll SW:** The surgical treatment of articular cartilage defects of the knee. Abstracts of the sixty-eighth Annual Meeting of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, San Francisco, USA, 2001.
  - 8) **Hangody L, Kish G, Karpati Z, Szerb I and Udvarhelyi I:** Arthroscopic autogenous osteochondral mosaicplasty for the treatment of femoral condylar articular defects. A preliminary report. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 5: 262-267, 1997.
  - 9) **Hoikka VE, Jaroma HJ and Ritsila VA:** Reconstruction of the patellar articulation with periosteal graft. *Acta Orthop Scand*, 61: 36-39, 1990.
  - 10) **Huang FS, Simonian PT, Norman AG, and Clark JM:** Effects of small incongruities in a sheep model of osteochondral autografting. *Am J Sports Med*, 32: 1842-1848, 2004.
  - 11) **ICRS articular cartilage imaging committee:** ICRS MR imaging protocol for knee articular cartilage, ICRS standards workshop 2000. Schloss Munchenwiler, Switzerland, 2000.
  - 12) **Iwasaki N, Kato H, Kamishima T, Suenaga N and Minami A:** Donor site evaluation after autologous osteochondral mosaicplasty for cartilaginous lesions of the elbow joint. *Am J Sports Med*, 35: 2096-2100, 2007.
  - 13) **Jacob RP, Franz T, Gautier E and Mainil-Varlet P:** Autologous osteochondral grafting in the knee : indications, results, and reflections. *Clin Orthop*, 401: 170-184, 2002.
  - 14) **Koh JL, Wirsing K, Lautenschlager E and Zhang L-O:** The effect of graft height mismatch on contact pressure following osteochondral grafting. A biomechanical study. *Am J Sports Med*, 32: 317-320, 2004.
  - 15) **Korkala O and Kuokkanen H:** Autogenous osteoperiosteal grafts in the reconstruction of full-thickness joint surface defects. *Int Orthop*, 15: 233-237, 1991.
  - 16) **Makino T, Fujioka H, Terukina M, Yoshiya S, Matsui N, and Kurosaka M:** The effect of graft sizing on osteochondral transplantation. *Arthroscopy*, 20: 837-840, 2004.
  - 17) **Marcacci M, Kon E, Delcogliano M, Filardo G, Busacca M, and Zaffagnini S:** Arthroscopic autologous osteochondral grafting for cartilage defects of the knee. Prospective study results at a minimum 7-year follow-up. *Am J Sports Med*, 35: 2014-2021, 2007.
  - 18) **Marcacci M, Kon E, Zaffagnini S and Visani A:** Use of autologous grafts for reconstruction of osteochondral defects of the knee. *Orthopaedics*, 22: 595-600, 1999.
  - 19) **Menche DS, Vangness CT Jr, Pitman M, Gross AE and Peterson L:** The treatment of isolated articular cartilage lesions in the young individual, in Cannon WD (ed): Instructional Course Lectures 47. Rosemont, IL, American Academy of Orthopaedic Surgeons ; 505-515, 1998.
  - 20) **Nam EK, Makhosous M, Koh J, et al.:** Biomechanical and histological evaluation of osteochondral transplantation in a rabbit model. *Newsletter ICRS 2002*.
  - 21) **Rodrigo JJ, Steadman RJ, Silliman JF, et al:** Improvement of full-thickness chondral defect healing in the human knee after debridement and microfracture using continuous passive motion. *Am J Knee Surg*, 7: 109-116, 1994.
  - 22) **Simonian PT, Sussmann PS, Wockiewicz TL, Paletta GA, and Warren RF:** Contact pressures at osteochondral donor sites in the knee. *Am J Sports Med*, 26: 491-494, 1998.
  - 23) **Whiteside RA, Wang X, Jakob R, Wyss UP and Mainil-Varlet P:** The effect of impact loading during autologous osteochondral transplantation on viability of the grafted articular cartilage. *Newsletter ICRS 2002*.

**초 록**

슬관절의 연골 결손에 대한 치료로 여러가지 방법이 시행되어 왔는데, 기존의 방법들은 치유된 결손 부위가 섬유연골로 재생되는 것으로 알려져 있다. 최근 시행되는 자가 골연골 이식술과 자가 연골세포 이식술은 결손 부위가 대부분 초자연골로 재생된다고 알려져 있다. 이 논문에서는 자가 골연골 이식술의 기초적 연구, 적응증, 수술 기법, 수술 후 결과를 기술하고자 한다.

**핵심 단어:** 슬관절, 연골 결손, 자가 골연골 이식술