



연골 수술의 과거와 현재

가천대학교 의과대학 길병원 정형외과학교실

이범구 · 심재양

서 론

연골 결손은 자체 치유 능력이 적어 그 크기가 1 cm 이상인 경우 골관절염이 발생할 수 있다^{12,10)}. 외상의 병력이 있는 젊고 활동적인 환자가 관절혈증이 있는 경우 약 5%에서 10% 정도에서 국소적인 연골 손상이 일어난다고 알려져 있다³⁰⁾. MRI에 의한 연골 손상의 진단은 비교적 정확한 진단을 내리기 어려웠으나, 최근에는 3-테슬라 MRI 등의 발전으로 인해 수술 전에 미리 연골 손상을 정확히 진단할 수 있어 연골 손상의 치료를 더욱 적극적으로 할 수 있다^{20,30)}.

수술 여부는 연골 손상의 크기, 환자의 활동성, 치료 병력 등에 의해 결정되어진다¹⁰⁾. 이제까지 연골 손상에 대한 수술적 치료는 세척술(lavage) 및 변연 절제술(debridement), 미세 천공술(microfracture), 자가 골연골 이식술(osteochondral autograft transfer), 자가 연골 세포 이식술(autologous chondrocyte implantation), 동종 골연골 이식술(osteochondral allograft transplantation)이 있다.

1. 세척술 및 변연 절제술(lavage and debridement)

세척술 및 변연 절제술의 목적은 연골의 일치도(congruity)를 향상시키고, 추가적인 층상 파손(delamination)을 방지 하는 것으로¹⁰⁾, 적응증은 굴곡 구축이 10도 이하이며, 비교적 활동이 적은 45세 이상, 손상 범위가 0.5 cm²에서 2 cm² 정도의 비교적 적은 환자에서 병기의 초기에 좋은 결과를 볼 수 있다^{17,37)}.

세척술의 경우 연골 손상을 줄이기 위해 쓰이는 수액은 37도 정도에서 연골 세포의 손상이 적고, 수술방의 온도에 의해 낮아진 22도 정도의 수액은 연골 세포 손상이 많아질 수 있다²⁸⁾. 또한 국소 마취제로 흔히 사용되어지고 있는 bupivacaine의

경우 연골 용해(chondrolysis) 현상이 일어날 수 있어 가급적 쓰지 않는 것이 좋다¹⁰⁾. 변연 절제술시 radiofrequency energy(RFE)를 사용하면 shaver blade와 같은 기계적 연골 성형술(mechanical chondroplasty)에 비해 수술시 매끈한 면을 만들 수 있으나, 제거되는 연골외에 추가적인 연골 괴사가 발생하므로 조심하여 사용하여야 한다²²⁾.

세척술 및 변연 절제술의 임상적 결과는 Jackson 등¹⁷⁾은 4년에서 6년 추사에서 경도의 관절염에서는 90% 이상의 좋은 결과를 보고하였지만, 중등도 또는 고도의 관절염의 경우는 48.7%, 11.9%의 좋지 않은 결과를 보고하였다. 손 등³⁷⁾도 경도의 관절염에서는 75% 이상의 좋은 결과를 보였지만, 중등도 또는 고도의 관절염의 경우는 29%의 좋지 않은 결과를 보고하였다. 세척술 및 변연 절제술은 경도의 관절염이 있는 경우, 특히 반월상 연골의 파열, 유리체, 연골 편(chondral flap) 등의 기계적 증상들(mechanical symptoms)이 있는 경우 매우 유용한 수술로 사료된다¹⁷⁾.

2. 미세 천공술(microfracture)

미세 천공술은 다발성 천공을 하여 과응괴(superclot)를 만들어 pluripotential mesenchymal 세포를 통해 연골을 생성하는 술식으로¹³⁰⁾, 나이가 젊은 환자에서 정상 연골로 둘러싸인 골 결손이 없는 중등도 또는 고도의 연골 손상, 특히 손상 범위가 4 cm² 이하인 경우에 좋은 결과를 얻을 수 있다^{2,18)}. 하지만 심한 연골하 골 결손이 있는 경우나 부정 정렬, 양극 병소(bipolar lesion)가 있는 경우, 수술 후 재활 치료에 대해 협조가 잘 이루어지지 않는 환자의 경우는 피해야 한다⁹⁾.

미세 천공술의 술기는 손상된 연골을 제거하고 안정된 경계(rim)를 만든 후 소파기(curette) 등을 이용하여 석회화된 연골(calcified cartilage)을 제거하고, 송곳(awl) 등을 이용하여 1 cm² 당 약 3 내지 4개의 구멍을 만들어 과응괴를 형성한다.

방사선학적 결과에서 Bae 등⁹⁾은 평균 2.3년 추사에서 연골 조직 재생으로 관절 간격 증가하여 체중 부하 방사선 사진에서 약 1 mm 이상의 관절 간격 증가를 보였고, 이차적 관절경에서도 연골 조직의 치유가 보였다고 보고하였다. 또한 조직학적으로도 모든 환자에서 type 2 collagen이 보였고, 그 양도 정상

* Address reprint request to

Beom Koo Lee, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Gil Medical Center, Gachon University

1198 Kuwol-dong, Namdong-gu, Incheon, Korea

Tel: 82-32-460-3384, Fax: 82-32-468-5437

E-mail: bklee@gilhospital.com

에 비해 약 44% 정도 되었다고 보고하였다. Steadman 등²⁹도 미세 천공술 후 3년에 80.3%, 5년에 80.3%, 7년에 83.1%로 증상 호전이 수술 후 7년까지도 지속됨을 보고하였다. Mithöfer 등³⁰은 약 45% 정도에서는 high impact, pivoting 운동도 가능하다고 보고하였다.

3. 자가 골연골 이식술(osteochondral autograft transfer)

연골 뿐 아니라 골연골이 같이 결손 되어 있어도 사용할 수 있는 술식으로 체중 부하가 많지 않은 부위의 골연골을 채취하여 체중 부하가 많이 걸리는 부위의 병변에 이식하는 술식이다¹⁴. 적응증은 50세 이하의 환자에서 국소적 연골 결손이나 골연골 결손이 있는 경우, 손상 범위가 1 cm²에서 4 cm² 정도인 경우이다¹⁴.

이식된 골연골의 치유는 골 부위는 비교적 치유가 잘 되나, 연골 부위는 이식된 골연골과 병변 주위 연골 사이의 틈이 그대로 남아 있게 된다¹⁶. Below 등³¹은 조직의 강성과 강도에 따른 방향성이 연골 부위에도 존재하게 되고 이러한 분리선(split line)에 따라 이식된 골연골의 방향을 맞추는 것이 인장력에 대한 저항을 극대화하고 장기적인 치유 면에서도 유리할 것으로 생각되었으나 분리 선이 맞지 않더라도 잘 치유될 수 있다는 보고도 있다²¹. 수술시 이식된 골연골은 연골의 피사를 막기 위해 튀어나오지 말아야하고, 또한 2 mm 이상의 함몰시에도 연골로 대체되지 않으므로 조심하여야 한다^{5,16,19,21,34}. 일부에서는 과대(oversize)한 골연골로 수술하여야 안정적이며 조직학적, MRI상 우수한 결과를 얻는다고 하여 압축 고정(press fit)을 주장하나²⁴, 압축 고정시 이식된 골연골을 다져야(tamping) 하고, 이 조작이 연골의 피사를 초래할 수 있으므로 조심하여야 한다¹³.

임상적 결과는 일반적으로 80~90%의 좋은 결과가 보고되고 있고^{14,27}, Tegner 점수도 중간 정도로 보고되고 있다²⁶. 특히 대퇴 내과보다는 대퇴 외과에서, 경골이나 슬개골 보다는 대퇴골에서 결과가 나은 것으로 보고되고 있다^{14,27}. 그러나 4년 이상 추시 MRI에서 비정상적인 골수 신호(marrow signal)가 관찰되므로 꾸준한 관찰을 요한다⁷.

4. 자가 연골 세포 이식술 (autologous chondrocyte implantation)

자가 연골을 채취하여 배양 후 다시 이식하는 방법으로 과거에는 연골 배양 후 골막으로 덮는 방식이었으나³, 요즘은 골격(scaffold)에 직접 연골 세포를 배양하고 그것을 봉합없이 붙이는 방법이 시행되고 있다²⁰. 자가 연골 세포 이식술은 병변의 크기가 다소 크더라도 적용할 수 있다³. 환자의 나이가 많으면 동반된 퇴행성 변화로 인해 노인에서는 제한이 있었으나 최근에 개발된 줄기 세포(stem cell)를 이용한 방법은 퇴행성 병변에도 적용할 수 있는 장점이 있다³². 자가 연골

세포 이식술 후 치유는 약 1년에 걸쳐 증식(proliferation), 전환(transition), 재성형(remodelling)을 걸쳐 일어나며, 강성(stiffness)이 정상 연골의 90%까지 치유되며, 초차 연골(hyaline cartilage)이 약 60~70%까지 생성된다고 보고하고 있다³³.

수술 후 Lysholm 점수, Tegner 점수, KOOS 점수의 향상이 보고되고 있으며, 특히 운동 능력이 청소년에서 96%로 보고되기도 한다^{25,28,31}. 특히 대퇴-슬개 관절보다는 대퇴골에서의 결과가 더 나은 것으로 알려져 있다^{14,25}. 자가 연골 세포 이식술과 미세 천공술의 비교는 이점이 있으나 최근에는 자가 연골 세포 이식술을 시행한 군에서 치유된 연골이 우수하고 스포츠 능력도 좋다는 보고가 있다^{5,18}.

합병증으로 연골의 비후(hypertrophy)가 보고되고 있고, 이러한 연골의 비후는 골막 사용과 연관이 있으며, 교원질 막(collagen membrane)을 사용시 예방될 수 있다³⁵. 또 유합 실패(disturbed fusion)가 올 수 있는데 이러한 합병증은 기질 관련 자가 연골 세포 이식술(matrix-associated autologous chondrocyte implantation)을 시행한 군에서 많이 발생한다.

5. 동종 골연골 이식술 (osteochondral allograft transplantation)

동종 골연골 이식술의 가장 큰 장점은 공여부의 이완이 없다는 것과 결손 부위의 크기에 상관없이 사용할 수 있다는 것이다². 그러나 면역 반응이 28%에서 양상을 보이며, 3주 이상 보관시 결정적으로 중요한 표재 층(superficial layer)의 연골 세포가 죽으므로 주의해야 한다¹.

임상적 결과에서 연골 결손의 원인이 외상성인 경우가 무혈성 괴사나 관절염에 의한 경우보다 결과가 좋고, 대퇴-슬개 관절보다는 대퇴골에서의 결과가 더 좋은 것으로 알려져 있다¹¹. 3.5년에서 5년 정도의 중기 추시 결과에서는 성공률이 65%부터 95%까지 다양하게 보고되고 있으나 시간이 지남에 따라 추시 결과가 나빠지는 것으로 알려져 있다^{8,11,28}. 하지만 신중한 환자의 선택, 적절한 적응증의 적용, 하지 부정 정렬의 교정, 인대의 불안정성 교정 등이 동반된다면 75%에서 85%까지의 좋은 결과를 기대할 수도 있다¹.

결 론

연골 손상에 대한 수술적 치료는 적절한 여러 가지 수술적 치료로 잘 치료할 수 있으며, 연골 손상 병소의 크기가 적을 때는 미세 천공술 및 자가 골연골 이식술로, 크기가 크거나, 활동이 클수록 자가 연골 세포 이식술이나 동종 골연골 이식술로 치료할 수 있다.

REFERENCES

- 1) **Alford JW and Cole BJ**: Cartilage restoration, part 1: basic science, historical perspective, patient evaluation, and treatment options. *Am J Sports Med*, 33:295-306, 2005.
- 2) **Alford JW and Cole BJ**: Cartilage restoration, part 2: techniques, outcomes, and future directions. *Am J Sports Med*, 33:443-460, 2005.
- 3) **Allen RT, Robertson CM, Pennock AT, et al.**: Analysis of stored osteochondral allografts at the time of surgical implantation. *Am J Sports Med*, 33:1479-1484, 2005.
- 4) **Bae DK, Yoon KH and Song SJ**: Cartilage healing after microfracture in osteoarthritic knees. *Arthroscopy*, 22:367-374, 2006.
- 5) **Below S, Arnoczky SP, Dodds J, Kooima C and Walter N**: The split-line pattern of the distal femur: A consideration in the orientation of autologous cartilage grafts. *Arthroscopy*, 18:613-617, 2002.
- 6) **Cheng SC, Jou IM, Chern TC, Wang PH and Chen WC**: The effect of normal saline irrigation at different temperatures on the surface of articular cartilage: an experimental study in the rat. *Arthroscopy*, 20:55-61, 2004.
- 7) **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.
- 8) **Chu CR, Convery FR, Akesson WH, Meyers M and Amiel D**: Articular cartilage transplantation: clinical results in the knee. *Clin Orthop Relat Res*, 360:159-168, 1999.
- 9) **Fu FH, Zurakowski D, Browne JE, et al.**: Autologous chondrocyte implantation versus debridement for treatment of full-thickness chondral defects of the knee: an observational cohort study with 3-year follow-up. *Am J Sports Med*, 33:1658-1666, 2005.
- 10) **Gomoll AH, Kang RW, Williams JM, Bach BR and Cole BJ**: Chondrolysis after continuous intra-articular bupivacaine infusion: an experimental model investigating chondrotoxicity in the rabbit shoulder. *Arthroscopy*, 22:813-819, 2006.
- 11) **Gross AE, Aubin P, Cheah HK, Davis AM and Ghazavi MT**: A fresh osteochondral allograft alternative. *J Arthroplasty*, 17(4 Suppl 1):50-53, 2002.
- 12) **Guettler JH, Demetropoulos CK, Yang KH and Jurist KA**: Osteochondral defects in the human knee: influence of defect size on cartilage rim stress and load redistribution to surrounding cartilage. *Am J Sports Med*, 32:1451-1458, 2004.
- 13) **Gulotta LV, Ruzicki JR, Kovacevic D, Chen CC, Milentijevic D and Williams RJ 3rd**: Chondrocyte death and cartilage degradation after autologous osteochondral transplantation surgery in a rabbit model. *Am J Sports Med*, 37:1324-1333, 2009.
- 14) **Hangody L, Ráthonyi GK, Duska Z, Vásárhelyi G, Füles P and Módis L**: Autologous osteochondral mosaicplasty. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am*, 86(Suppl 1):65-72, 2004.
- 15) **Henderson I, Gui J and Lavigne P**: Autologous chondrocyte implantation: natural history of postimplantation periosteal hypertrophy and effects of repair-site debridement on outcome. *Arthroscopy*, 22:1318-1324, 2006.
- 16) **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.
- 17) **Jackson RW and Dieterichs C**: The results of arthroscopic lavage and debridement of osteoarthritic knees based on the severity of degeneration: a 4- to 6-year symptomatic follow-up. *Arthroscopy*, 19:13-20, 2003.
- 18) **Knutsen G, Engebretsen L, Ludvigsen TC, et al.**: Autologous chondrocyte implantation compared with microfracture in the knee. A randomized trial. *J Bone Joint Surg Am*, 86:455-464, 2004.
- 19) **Koh JL, Kowalski A and Lautenschlager E**: The effect of angled osteochondral grafting on contact pressure: a biomechanical study. *Am J Sports Med*, 34:116-119, 2006.
- 20) **Kuikka PI, Kiuru MJ, Niva MH, Kröger H and Pihlajamäki HK**: Sensitivity of routine 1.0-Tesla magnetic resonance imaging versus arthroscopy as gold standard in fresh traumatic chondral lesions of the knee in young adults. *Arthroscopy*, 22:1033-1039, 2006.
- 21) **Leo BM, Turner MA and Diduch DR**: Split-line pattern and histologic analysis of a human osteochondral plug graft. *Arthroscopy*, 20(Suppl 2):39-45, 2004.
- 22) **Lotto ML, Wright EJ, Appleby D, Zelicof SB, Lemos MJ and Lubowitz JH**: Ex vivo comparison of mechanical versus thermal chondroplasty: assessment of tissue effect at the surgical endpoint. *Arthroscopy*, 24:410-415, 2008.
- 23) **Lu Y, Edwards RB 3rd, Nho S, Cole BJ and Markel MD**: Lavage solution temperature influences depth of chondrocyte death and surface contouring during thermal chondroplasty with temperature-controlled monopolar radiofrequency energy. *Am J Sports Med*, 30:667-673, 2002.
- 24) **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.
- 25) **Mandelbaum B, Browne JE, Fu F, et al.**: Treatment outcomes of autologous chondrocyte implantation for full-thickness articular cartilage defects of the trochlea. *Am J*

- Sports Med*, 35:915-921, 2007.
- 26) **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.
- 27) **Marcacci M, Kon E, Zaffagnini S, et al.:** Multiple osteochondral arthroscopic grafting (mosaicplasty) for cartilage defects of the knee: prospective study results at 2-year follow-up. *Arthroscopy*, 21:462-470, 2005.
- 28) **McDermott AG, Langer F, Pritzker KP and Gross AE:** Fresh small-fragment osteochondral allografts: long-term follow-up on the first 100 cases. *Clin Orthop Relat Res*, 197:96-102, 1985.
- 29) **McNickle AG, L'Heureux DR, Yanke AB and Cole BJ:** Outcomes of autologous chondrocyte implantation in a diverse patient population. *Am J Sports Med*, 37:1344-1350, 2009.
- 30) **Mithoefer K, Williams RJ 3rd, Warren RF, Wickiewicz TL and Marx RG:** High-impact athletics after knee articular cartilage repair: a prospective evaluation of the microfracture technique. *Am J Sports Med*, 34:1413-1418, 2006.
- 31) **Mithöfer K, Minas T, Peterson L, Yeon H and Micheli LJ:** Functional outcome of knee articular cartilage repair in adolescent athletes. *Am J Sports Med*, 33:1147-1153, 2005.
- 32) **Nakamura N, Miyama T, Engebretsen L, Yoshikawa H and Shino K:** Cell-based therapy in articular cartilage lesions of the knee. *Arthroscopy*, 25:531-552, 2009.
- 33) **Noyes FR, Bassett RW, Grood ES and Butler DL:** Arthroscopy in acute traumatic hemarthrosis of the knee: incidence of anterior cruciate tears and other injuries. *J Bone Joint Surg Am*, 62:687-695, 1980.
- 34) **Patil S, Butcher W, D'Lima DD, Steklov N, Bugbee WD and Hoenecke HR:** Effect of osteochondral graft insertion forces on chondrocyte viability. *Am J Sports Med*, 36:1726-1732, 2008.
- 35) **Peterson L, Brittberg M, Kiviranta I, Akerlund EL and Lindahl A:** Autologous chondrocyte transplantation. Biomechanics and long-term durability. *Am J Sports Med*, 30:2-12, 2002.
- 36) **Ronga M, Grassi FA and Bulgheroni P:** Arthroscopic autologous chondrocyte implantation for the treatment of a chondral defect in the tibial plateau of the knee. *Arthroscopy*, 20:79-84, 2004.
- 37) **Sohn JM, Kim HG, Cho WS.** Arthroscopic debridement in osteoarthritis of the knee. *J Korean Knee Society*, 1998 June;10(1): 104-108.
- 38) **Steadman JR, Briggs KK, Rodrigo JJ, Kocher MS, Gill TJ and Rodkey WG:** Outcomes of microfracture for traumatic chondral defects of the knee: average 11-year follow-up. *Arthroscopy*, 19:477-484, 2003.
- 39) **von Engelhardt LV, Kraft CN, Pennekamp PH, Schild HH, Schmitz A and von Falkenhausen M:** The evaluation of articular cartilage lesions of the knee with a 3-Tesla magnet. *Arthroscopy*, 23:496-502, 2007.
- 40) **Williams III RJ and Brophy RH:** Cartilage repair procedures: clinical approach and decision making. *Instr Course Lect*, 57:553-561, 2008.