



Application of allogenic massive osteo-cartilaginous grafts in the therapy of deep defects of articular surfaces

Zastosowanie allogenicznych masywnych przeszczepów chrzęstno-kostnych w leczeniu głębokich ubytków powierzchni stawowych

© J ORTHOP TRAUMA SURG REL RES 3 (11) 2008

Review article/Artykuł poglądowy

JULIUSZ DEC, TADEUSZ SZ. GAŹDZIK

Katedra i Oddział Kliniczny Ortopedii SUM w Katowicach
Kierownik: Prof. dr hab. n. med. Tadeusz Szymon Gaździk
Klinika Chirurgii Endoskopowej w Żorach
Lekarz Naczelny: Marek Jędrzyk

Address for correspondence/Adres do korespondencji:
Katedra i Oddział Kliniczny Ortopedii Śląskiego
Uniwersytetu Medycznego w Katowicach, Wojewódzki
Szpital Specjalistyczny nr 5 im. Św. Barbary,
Plac Medyków 1, 41-200 Sosnowiec, Poland
tel. +48 (0-32) 3682029, fax +48 (0-32) 3682534
e-mail: tgazdzik.ortopedia@wss5.pl

Statistic/Statystyka

Word count/Liczba słów	1422/1130
Tables/Tabele	1
Figures/Ryciny	4
References/Piśmiennictwo	16

Received: 10.01.2008

Accepted: 03.03.2008

Published: 10.07.2008

Summary

Deep defects of articular surfaces pose serious therapeutic problems in young patients. One of the treatment methods is the application of an osteo-cartilaginous fragment from the articular surface of an organ donor for filling the defect.

The paper presents problems related to image diagnosis and indications for treating the defects with the application of allogenic grafts. It also discusses methods of graft preparation, indications and contraindications for the operation as well as operation technique.

Key words: OCD Osteochondritis dissecans, Mega-OATS technique of massive osteo-cartilaginous grafts, MFC medial femoral condyle, LFC lateral femoral condyle.

Streszczenie

Głębokie uszkodzenia powierzchni stawowych stanowią poważne problemy terapeutyczne u młodych chorych. Jednym ze sposobów ich leczenia jest zastosowanie do uzupełnienia ubytku fragmentu chrzęstno-kostnego pobranego z powierzchni stawowej dawcy narządowego.

W pracy przedstawiono problemy związane z rozpoznawaniem, diagnostyką obrazową, wskazaniami do leczenia ubytków z zastosowaniem przeszczepów allogenicznych. Omówiono również sposoby przygotowywania przeszczepu, wskazania i przeciwwskazania do zabiegu oraz technikę operacyjną.

Słowa kluczowe: OCD odwarstwiająca martwica chrzęstno-kostna, Mega OATS technika masywnego przeszczepu chrzęstno-kostnego, CFM kłykiec przyśrodkowy kości udowej, CFL kłykiec boczny kości udowej.

Large lesions of articular cartilage quickly cause extensive degenerative changes. Their treatment is particularly difficult in young patients, where the natural knee joint is to be preserved for as long as possible.

Defects due to injuries or inflammations occur in patients of all ages, with equal frequency in both sexes, with location depending on the mechanism of injury or the location of the inflammatory focus.

Osteochondritis dissecans (OCD) affects adolescents (sometimes adults). In women it occurs mostly in the lateral and posterior part of the lateral femoral condyle, in adolescent men – in the lateral part of the medial femoral condyle, and in adult men – extensively in the central field of the load zone (1,2,3,4).

Causes of extensive osteo-cartilaginous defects:

- injuries (cartilaginous and osteo-cartilaginous fractures, injuries due to instability, and meniscus injuries)
 - as a consequence of separation of an osteo-cartilaginous fragment (OCD) (ischaemia, focal overload, chronic microinjuries)
 - post-inflammatory
 - iatrogenic (failures of various therapeutic methods: microfracture, drilling, mosaic plasty)
- Symptoms of osteo-cartilaginous defects:
- pain – local and diffuse, sometimes after immobility, most often under load
 - mechanical symptoms of cartilaginous defect (cracking, popping)
 - symptoms of a free body in the joint (displacement of an isolated fragment, joint blocking)
 - articular hydrops
 - usually full range of mobility (except for the moments of blocking)
 - atrophy of the quadriceps muscle
 - defect painfully sensitive to pressure
 - often – former reconstructive operations of the cartilage

The diagnostic basis is still roentgenodiagnostics performed in classical projections: AP standing projection, tunnel projection, lateral projection. In most cases they allow to diagnose the defect as well as to determine its size and localization. For precise localization, assessment of depth and operation planning, computer tomography is useful, especially 3D reconstruction (3D CT). Less applicable is the MRI examination, which allows to assess the condition of the bottom of the defect and disorders of the articular surface vascularization as well as accompanying damage of the cartilage and soft tissues surrounding the defect (3) (Fig.1).

Nowadays, the following treatment methods of osteo-cartilaginous defects seem to be effective:

1. "Sandwich" technique – simultaneous restoration of the subcartilaginous layer with osseous graft and covering it with chondrocyte graft. A multi-layer restoration of the articular surface follows, consisting of:
 - a covering layer – a collagen membrane or periosteum, tightly covering the defect,
 - a layer of chondrocyte suspension,

Duże uszkodzenia chrząstki stawowej szybko prowadzą do powstania rozległych zmian zwyrodnieniowych. Ich leczenie jest trudne zwłaszcza u młodych chorych, u których jak najdłużej staramy się zachować własny staw kolanowy.

Ubytki urazowe oraz pozapalne występują w każdym wieku, jednakowo często u obu płci oraz zlokalizowane są zależnie od mechanizmu urazu lub lokalizacji ogniska zapalnego.

Odwarstwiająca martwica chrzęstno-kostna (OCD) dotyczy dorastających (czasami dorosłych). U kobiet pojawia się głównie w obrębie głównie kłykcia boczno-go kości udowej w części bocznej i tylnej, u dorastających mężczyzn w części bocznej kłykcia przysrodkowego kości udowej, a u dorosłych mężczyzn rozległe w polu centralnym strefy obciążania (1,2,3,4).

Przyczyny powstania rozległych ubytków chrzęstno-kostnych:

- pochodzenia urazowego (złamania chrzęstne i chrzęstno-kostne, uszkodzenia w przebiegu niestabilności i uszkodzeń łąkotek)
 - w następstwie oddzielenia fragmentu chrzęstno-kostnego (OCD) (niedokrwienie, ogniskowe przeciążenie, przewlekłe mikrourazy)
 - pozapalne
 - jatrogenne (niepowodzenie po różnych sposobach leczenia: mikrofrakturacja, nawiercenie, plastyka mozaikowa)
- Objawy ubytków chrzęstno-kostnych:
- ból - miejscowy i rozlany, czasami rozruchowy, najczęściej przeciążeniowy
 - objawy mechaniczne ubytku chrzęstnego (trzeszczenia, przeskakiwania)
 - objawy ciała wolnego w stawie (przemieszczanie fragmentu odizolowanego, blokowania w stawie)
 - wysięki w stawie
 - najczęściej pełny zakres ruchu (poza momentami zablokowań)
 - zanik mięśnia czworogłowego
 - ubytek wrażliwy bólowo na ucisk
 - często wcześniej przebyte zabiegi naprawcze chrząstki

Podstawą rozpoznania nadal jest diagnostyka rentgenowska wykonywana w klasycznych projekcjach: AP na stojąco, projekcja tunelowa, projekcja boczna. Pozwalają one w większości przypadków na postawienie diagnozy i określenie wielkości i lokalizacji ubytku. Dla precyzyjnej lokalizacji, oceny głębokości i planowania operacyjnego przydatne jest badanie tomografii komputerowej, szczególnie rekonstrukcja przestrzenna (TK 3-D).

Mniej przydatne jest badanie MRI, które pozwala ocenić stan dna ubytku i zaburzenia unaczynienia powierzchni stawowej oraz towarzyszące uszkodzenia chrząstki otaczającej ubytek i tkanek miękkich (3) (ryc.1).

Obecnie wydaje się, iż skutecznymi sposobami leczenia ubytków chrzęstno-kostnych są:

1. Technika „sandwich” – polegająca na jednoczasowym odtworzeniu warstwy podchrzęstnej przeszczepem

- a separating layer – a collagen membrane or periosteum, constituting a border between cartilage and the subcartilaginous layer,
 - a layer of packed fine fragments of the patient's own, allogenic, or synthetic bones.
2. Technique of massive osteo-cartilaginous graft (Mega-OATS) with an application of a graft, allows simultaneous restoration of the osseous defect, the supporting subcartilaginous layer and the articular surface built of hyaline cartilage. The technique makes it possible to replace the area of defect with a homogeneous osteo-cartilaginous graft:
- patient's own (from the posterior part of the condyle)
 - or allogenic, fresh, unsterilized (5,6,7,8)
- The graft can be fastened with the press-fit technique or stabilized with sutures or implants (9,10,11).

Indications for the application of the Mega-OATS or sandwich technique:

- OCD or a post-injury defect in the area of MFC or LFC
- size of the defect > 2 cm
- lack of cartilage and the osseous subcartilaginous layer
- OCD of the III or IV degree
- correct mechanical axis and stability of the joint
- failures of other therapeutic methods (drilling, fragment stabilization, unsuccessful osseous grafts, mosaic plasty) (3,7,8,9)

kostnym oraz pokryci u go przeszczepem chondrocytów. Dochodzi wtedy do wielowarstwowego odtworzenia ubytku powierzchni stawowej składającego się z:

- warstwy pokrywającej – membrana kolagenowa lub okostna szczelnie pokrywająca ubytek,
 - warstwy zawiesiny chondrocytów,
 - warstwy separującej – membrana kolagenowa lub okostna tworząca granicę pomiędzy chrząstką a warstwą podchrzęstną,
 - warstwy ubytków drobnych fragmentów kostnych własnych, allogenicznym lub kości syntetycznej.
2. Technika masywnego przeszczepu chrzęstno-kostnego (Mega OATS) z użyciem przeszczepu pozwala na jednoczasową odbudowę ubytku kostnego, podporowej warstwy podchrzęstnej oraz powierzchni stawowej zbudowanej z chrząstki szklistej. Pozwala ona na zastąpienie miejsca ubytku jednolitym przeszczepem chrzęstno-kostnym:
- własnym (z tylnej części kłykcia)
 - lub allogenicznym świeżym niesterylizowanym (5,6,7,8)

Umocowanie przeszczepu można uzyskać stosując techniką press-fit lub stabilizując przeszczep szwami lub implantami (9,10,11).

Wskazania do leczenia techniką Mega OATS lub sandwich:

- OCD lub ubytek pourazowy w obrębie CFM lub CFL
- wielkość ubytku > 2 cm
- brak chrząstki i kostnej warstwy podchrzęstnej
- III lub IV stopień OCD
- prawidłowa oś mechaniczna, zborność i stabilność stawu.
- niepowodzenie po innych sposobach leczenia (nawiercenie, stabilizacja fragmentu, nieudane przeszczepy kostne, plastyka mozaikowa)(3,7,8,9).



Fig. 1. Imaging examination of a knee joint in a case of the lateral femoral condyle necrosis

Ryc. 1. Badania obrazowe stawu kolanowego w przypadku martwicy kłykcia bocznej kości udowej



Fig. 2. Preparation of an allogenic graft

Ryc. 2. Przygotowanie przeszczepu allogenicznego

Table 1. Results of the articular surface therapy with allogenic osteo-cartilaginous grafts
Tabela 1. Wyniki leczenia ubytków powierzchni stawowych allogenicznymi przeszczepami chrzęstno-kostnymi

Autor Autork	Liczba chorych Number of patients	Okres obserwacji lata Period of observa- tion (years)	Średni wiek lata Average age (years)	Wyniki / Results		
				b. dobre % very good %	dobrze % good %	złe % bad %
Bugbee	66		28	75	18	7
Chu	55		35,6	76	5	
Dermott Gross		3,8		75		
Garret	113	1-18		91		
Ghazavi	126			85		

Disadvantages and complications of the Mega-OATS technique:

- possibility of infection (fresh allogenic grafts)
- possibility of viral disease transmission (the risk is similar as in case of blood transfusions)
- graft collapse or fragmentation
- possibility of immunologic response
- lack of graft adhesion
- post-operative stiffness of the joint or reflex dystrophy of the limb (12, 13, 14).

The need for selecting the correct curve of the graft for the articular surface as well as for fitting the graft to the bone bed at the site of implantation and its fastening with the press-fit technique (15) required designing special equipment for precise shaping of both the transplanted fragment and the site where it would be introduced. After former experiments in transplanting small autogenous osteo-cartilaginous fragments, similar technique has been adopted for large allogenic transplants (16).

Unique equipment has been designed, consisting of:

1. The instruments for graft harvesting:
 - a. Work table with a fastening for the femoral condyle and a work head, connected with it and movable in the horizontal, longitudinal, and transversal plane. This allows to lay and lean the harvesting milling cutter freely in any position to the graft. The work head is adapted to harvest fragments of 18, 20, 25, 30, and 35 mm in diameter after applying special reduction sleeves.
 - b. Milling cutters for harvesting fragments of 18, 20, 25, 30, and 35 mm in diameter, with harvesting depth calibration, together with graft extractors.
 - c. Reduction sleeves fitted for milling cutters of different diameters, allowing the application of the same movable work head.
2. The instruments for defect working, preparing the graft bed, and inserting the graft.
 - a. Gauges of different diameters (18, 20, 25, 30, and 35 mm) for determining the size of the defect and introducing the central drill, leading the defect rim cutters and bone milling cutters.
 - b. Defect rim cutters of 18, 20, 25, 30, and 35 mm in diameter.

Wady i powikłania techniki Mega OATS:

- możliwość infekcji (świeże przeszczepy allogeniczne)
- możliwość transmisji chorób wirusowych (ryzyko podobne jak przy przetoczeniu krwi)
- zapadnięcie lub fragmentacja przeszczepu
- możliwość odpowiedzi immunologicznej
- brak zrostu przeszczepu
- pooperacyjna sztywność stawu lub odruchowa dystrofia kończyny (12,13,14).

Konieczność dobrania prawidłowej krzywizny przeszczepu do powierzchni stawowej, jak również dokładne dopasowanie przeszczepu do łożyska kostnego w miejscu implantacji oraz jego mocowanie techniką press-fit (na wcisk) (15) wymagały opracowania instrumentarium, które umożliwiałoby precyzyjne ukształtowanie fragmentu przeszczepianego jak i miejsca, w które zostanie on wprowadzony. Po wcześniejszych doświadczeniach w przeszczepianiu niewielkich autogennych fragmentów chrzęstno-kostnych zdecydowano się na podobną technikę w zastosowaniu do dużych przeszczepów allogenicznym (16).

Opracowano własne instrumentarium składające się z:

1. Części do pobrania przeszczepu:
 - a. Stołu roboczego z mocowaniem dla kłykcia kości udowej oraz połączonej z nim głowicy roboczej, która osadzona jest ruchomo w płaszczyźnie horyzontalnej, podłużnej i poprzecznej. Pozwala to na położenie i pochylenie frezu pobierającego w dowolnej pozycji względem przeszczepu. Głowica robocza dostosowana jest do pobierania fragmentów o średnicach 18, 20, 25, 30 i 35 mm po zastosowaniu odpowiednich tulei redukcyjnych.
 - b. Frezów do pobierania średnicach 18, 20, 25, 30 i 35 mm z kalibracją głębokości pobrania wraz z wyciskaczami przeszczepu.
 - c. Tulei redukcyjnych dopasowanych do frezów o różnych średnicach pozwalających na wykorzystanie tej samej ruchomej głowicy roboczej.
2. Części do opracowania ubytku, przygotowania łoża pod przeszczep oraz wprowadzenia przeszczepu.
 - a. Różnej średnicy (18, 20, 25, 30 i 35 mm) przymiarów służących do określenia wielkości ubytku oraz wprowadzenia wiertła centralnego prowadzącego wycinaki brzegów ubytku i frezy kostne.
 - b. Wycinaków brzegu ubytku o średnicy 18, 20, 25, 30 i 35 mm.

- c. Cross milling cutters with cutting depth markers
- d. Measures of the bone bed depth
- e. Stamping devices for packing the bottom of the bone bed, with depth markers
- f. Spheric mallet for the graft

OPERATION TECHNIQUE OF MASSIVE OSTEO-CARTILAGINOUS GRAFT

A fresh osteo-cartilaginous graft, harvested from an organ donor, can be implanted within 48 hours from its harvesting (Fig.2). It can be stored in 0,9% solution of NaCl with an antibiotic at the temperature of 4°C. The graft is not sterilized (6, 8, 14).

The implantation is conducted with the press-fit technique, with the equipment described above, made to order by ChM Lewickie. It enables the operator to shape a bone bed and a fitting graft of different diameter according to the size of the defect. It also allows to adopt a correct graft curve for the site of implantation (7, 15).

The implantation technique has been prepared and mastered with the use of artificial human bones. Experimental implantations have been conducted on pig's knee joints, as the most similar in size to human knees.

THE IMPLANTATION TECHNIQUE WITH THE USE OF OWN EQUIPMENT

A gauge is applied to the defect in such a way as to cover its surface. Then, a directional drill is inserted through the directional opening in the gauge. The drill is perpendicular to the defect surface. Then, the cartilage border of the defect's rim is cut out and the bone bed is cut to the depth of 10 – 15 mm. The bottom of the bed is packed with a mallet of appropriate diameter. When the bed has been cut, its depth is measured in four places.

- c. Frezów krzyżakowych ze znacznikami głębokości frezowania.
- d. Miary głębokości łoża kostnej.
- e. Przymiarów ubijających dno łoża kostnej ze znacznikami głębokości.
- f. Pobijaka sferycznego do przeszczepu.

TECHNIKA OPERACYJNA MASYWNEGO PRZESZCZEPU CHRZĘSTNO-KOSTNEGO

Pobrany od dawcy narządowego świeży przeszczep chrzęstno- kostny może zostać przeszczepiony do 48 godz. od jego pobrania (ryc. 2). Może on być przechowywany w 0,9 % roztworze NaCl z antybiotykiem w temp. 4 st. C. Przeszczep nie jest sterylizowany (6, 8,14).

Implantację przeprowadza się techniką „press-fit” z zastosowaniem opisanego instrumentarium wykonanego na zlecenie przez ChM Lewickie. Pozwala ono wytworzyć łożę i dopasowany do niej przeszczep o różnych średnicach w zależności od wielkości ubytku. Umożliwia również dobrać krzywiznę przeszczepu do miejsca implantacji (7,15)

Technika implantacji była przygotowywana i doskonalona z użyciem sztucznych kości ludzkich. Przeprowadzono próbne implantacje na świńskich stawach kolanowych, które najbardziej odpowiadają wielkością ludzkim kolanom.

TECHNIKA IMPLANTACJI Z UŻYCIEM INSTRUMENTARIUM WŁASNEGO

Po przyłożeniu do ubytku przymiaru tak, aby pokrywał jego powierzchnię wprowadza się poprzez otwór kierunkowy w przymiarze wiertło kierunkowe. Jest ono prostopadłe do powierzchni ubytku. Następnie wycina się granice chrzęstną brzegu ubytku i frezuje łożę kostną na głębokość 10-15 mm. Dno ubytku ubija się odpowiedniej średnicy ubijakiem. W wyfrezowanym łożysku mierzy się jego głębokość w czterech miejscach.



Fig. 3. Preparation of an osteo-cartilaginous defect of the articular surface
Ryc. 3. Przygotowanie ubytku chrzęstno-kostnego powierzchni stawowej

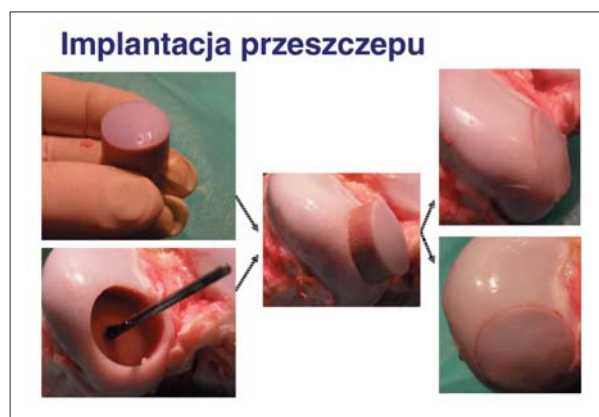


Fig. 4. Implantation of a graft into the site of an articular surface defect
Ryc. 4. Implantacja przeszczepu w miejsce ubytku powierzchni stawowej

A fragment of the medial femoral condyle was harvested earlier from a healthy knee joint of a donor. It can be stored and transported in nutritive-preserving liquid with an addition of an antibiotic and an antimycotic agent.

A sterile graft, taken out of the transport container, is fastened in the work table for producing osteo-cartilaginous block of the size appropriate for the defect. Changing the position and inclination of the conducting sleeve in the head of the table allows to produce a graft from an adequate part of the condyle and to select its proper curve (Fig.3).

The graft is cut to the depth of the previously packed and measured bone bed. The measurement values are transferred to the block and, after it has been fastened with a bone grip at the marked height, the block is cut to size with an oscillating saw. A graft block prepared for implantation is inserted into the bone bed in a correct rotation (so that the configuration of the graft cartilage is the same as the cartilage at the site of the defect) and it is knocked with a spheric mallet until it has sunk completely and a smooth articular surface has been achieved (Fig.4).

CONCLUSION

The described operation technique with the use of special equipment allows to recreate a stable and mechanically durable articular surface and can prove useful in the treatment of articular surface defects in young patients with extensive osteochondritis dissecans.

Abbreviations used in the text:

OCD	Osteochondritis dissecans
Mega-OATS	technique of massive osteo-cartilaginous grafts
MFC	medial femoral condyle
LFC	lateral femoral condyle

Fragment kłykcia przyśrodkowego kości udowej wcześniej pobrany był ze zdrowego stawu kolanowego dawcy. Można go przechowywać i transportować w płynie odżywczo-konserwującym z dodatkiem antybiotyku i środka przeciwwgrzybiczego.

Sterylny przeszczep po wyjęciu z pojemnika transportowego mocowany był w stoliku roboczym do wytworzenia bloczka chrzęstno- kostnego o wymiarach odpowiadających ubytkowi. Poprzez zmianę pozycji i nachylenia tulei prowadzącej w głowicy stolika możliwe jest wytworzenie przeszczepu z odpowiedniej części kłykcia oraz dobranie właściwej jego krzywizny (ryc. 3).

Przeszczep docina się na głębokość wcześniej ubitej zmierzonej łoży kostnej. Wartości pomiarowe przenosi się na bloczek i po uchwyceniu go uchwytem kostnym na wysokości zaznaczenia docina piłą oscylacyjną. Przygotowany bloczek przeszczepu w odpowiedniej rotacji (tak, aby układ chrząstki przeszczepu był taki sam jak chrząstki w miejscu ubytku) wprowadza w łożę i pobija sferycznym pobijakiem do pełnego jego pograżenia i uzyskania gładkiej powierzchni stawowej (ryc.4).

WNIOSEK

Opisana technika operacyjna z zastosowaniem instrumentarium pozwala na stabilne, wytrzymałe mechanicznie odtworzenie powierzchni stawowej i może być przydatna w leczeniu ubytków powierzchni stawowych u młodych chorych z rozległą odwarstwiając martwicą chrzęstno-kostną.

Skróty używane w tekście:

OCD	odwarstwiająca martwica chrzęstno-kostna
Mega OATS	technika masywnego przeszczepu chrzęstno-kostnego,
CFM	kłykieć przyśrodkowy kości udowej,
CFL	kłykieć boczny kości udowej.

References/Piśmiennictwo:

- Browne JE et al.: Surgical alternatives for treatment of articular cartilage lesions. *J Am Acad Orthop Surg.* 2000,8:180-189.
- Mandelbaum BR et al.: Current concepts: Articular cartilage lesions of the knee. *Am J Sports Med.* 1998, 26:853-861.
- Minas T et al.: A practical algorithm for cartilage repair. *Oper Tech Sports Med.* 2000,8:141-143.
- Minas T et al.: Autologous chondrocyte transplantation. *Oper Tech Sports Med.* 2000,8:144-157.
- Gross AE et al.: Reconstruction of skeletal deficits at the knee. *Clin Orthop.* 1998,174:96-106.
- Bugbee WD et al.: Fresh osteochondral allografting in the treatment of tibiofemoral arthrosis. 69th meeting of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2002, Dallas.
- Marvin SE et al.: Fresh osteochondral allografts in knee reconstruction. In Fu FU et al.: *Knee Surgery.* Baltimore, Williams & Wilkins, 1994:1223-1224.
- Bugbee WD: Fresh osteochondral allografting. *Oper Tech Sports Med.* 2000, 8:158-162.
- Meyers MH et al.: Resurfacing of the knee with fresh osteochondral allograft. *J Bone Joint Surg Am.* 1989, 71:704-713.
- Sirlin CB et al.: Shell osteochondral allografts of the knee: Comparison of MR imaging findings and immunological responses. *2001 Radiology.* 219:35-43.
- Bonner KF et al.: Osteochondral Allografting in the knee. In Miller MD et al.: *Textbook of arthroscopy.* Saunders, 2004:611-623.
- Oakeshott RD et al.: A clinical and histologic analysis of failed fresh osteochondral allografts. *Clin Orthop.* 1988, 233:283-294.
- Aubin PP et al.: Long-term follow up of fresh femoral osteochondral allografts for posttraumatic knee defects. *Clin Orthop* 2001,391: S318-S327
- Ball ST et al.: Preservation of fresh human osteochondral allografts: Effects of storage conditions on biological, biochemical and biomechanical properties. *Trans Orthop Res Soc* 27:441,2002
- Garrett J et al.: The operative technique of fresh osteochondral allografting of the knee. *Oper Tech Orthop.* 2001, 11:132-137.
- Mc Dermott AG et al.: Fresh small-fragment osteochondral allografts: Long-term follow-up study on first one hundred cases. *Clin Orthop.* 1985, 197:96-102.