

Meniscus Implantation and Cartilage Induction

Keywords:

Cell-free collagen matrix, meniscal damage, biological knee regeneration, cartilage damage, meniscal implant, meniscal scaffold, Chondrofiller Liquid, Spongioflex, Cartilage induction

Introduction:

In most cases, a partial meniscectomy is performed after a meniscus injury. In the years that follow, a post-meniscectomy syndrome develops with secondary arthrosis. This situation then leads to a corresponding prosthetic treatment.

Various techniques for cartilage regeneration are described in the literature. These include autologous cartilage transplantation and cartilage induction with a cell-free matrix, collagen type 1, as well as various meniscus replacement techniques. In the past, the CMI implant made from bovine Achilles tendons was the market leader. However, production was discontinued in 2021. From this point onwards, only the Actifit implant was available as a partial replacement. However, unlike the CMI, this was not a biological implant but was made of polyurethane. Various studies have shown that the outcome was inferior to that of the CMI. A new biological implant has been available in Germany since November 2022 and can currently be used by 4 doctors in Germany. This is a cadaveric cancellous bone block that is demineralized and free of DNA. The implant is supplied sterile and dry. Studies on a combination of cartilage regeneration in connection with meniscus implantation are currently not available.

Description of the technique

The patient must have a maximum malalignment of varus and valgus of 5°. Other contraindications include joint stiffness, chronic joint inflammation such as rheumatism, psoriatic arthritis, and arthritis urica. Allergies to bovine proteins are also a contraindication.

Sufficient patient compliance is also important, as the success of the operation depends to a large extent on adherence to the postoperative regimen.

So far, I have treated patients up to a maximum age of 65 years with this procedure. However, concomitant illnesses in particular must be considered here. Patients who must take cortisone or anti-rheumatic drugs regularly have been rejected by me.

It is also important to make the correct diagnosis using imaging, which is only possible with the help of an MRI. If there are bone changes in the sense of bone oedema, appropriate relief should be provided using an orthosis and focused shock wave therapy. The frequency of application depends on the size of the area. On average, I carry out 4 applications at intervals of 1 week. A control MRI is carried out 6 weeks after the last shock wave therapy.

The size of the cartilage defect and the edge of the meniscus must also be determined. The geometry of the cartilage defect is important. Cartilage induction is possible if the defect is up to 1.5cm wide. The length then plays no further role. Based on our postoperative scheme, the treatment of kissing lesions is also possible.

The residual meniscus should have a rim of 3mm and intact fixation of the anterior and posterior horn.

If this information cannot be determined by MRI, I perform a nanoscopy under local anesthetic for planning purposes.

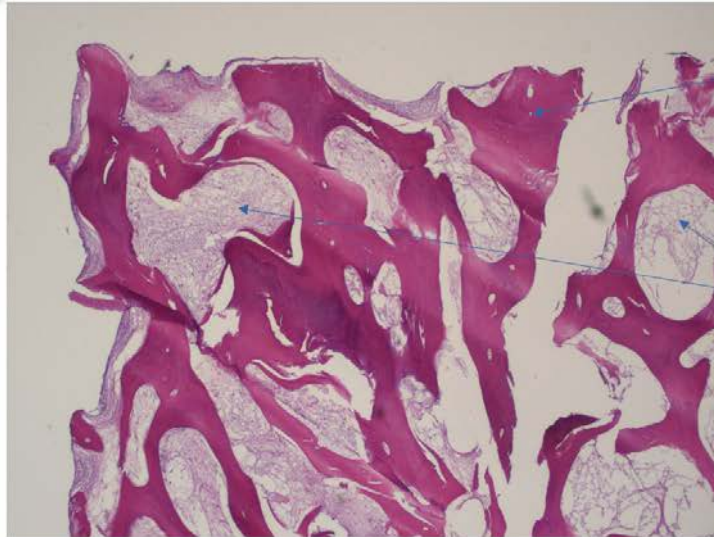
During the arthroscopy, the first step is to prepare the cartilage using a ring curette. The aberrate is removed using a shaver. The meniscus implant (Spongioflex) is placed in saline for approx. 15 minutes until it is soft. Using meniscus grasping forceps, the implant is inserted into the joint through a mini-open incision and fixed in place with all-inside sutures. The procedure then switches from water arthroscopy to gas arthroscopy. CO2 is used here. The sufflator is connected via a gas hose that can be connected to the arthroscopy trocar.

After the cartilage defect sites have dried, they are covered with a collagen gel.

Own Results

To date, no published follow-up results are available for this combination technique. However, as the Spongioflex implant is also a biological implant, it can be assumed that the results will be similar to those of the CMI implant. This is also confirmed by the short interviews I conducted and a histological examination. I have used a total of 21 Spongioflex implants since November 2022. There have been 2 complications caused by the patients themselves (pull-out due to a fall or incorrect loading). One implant could be implanted again. The second implant was removed and histologically examined. This showed cell migration of cartilage cells after just 4 weeks, which supports the assumption I made above.

Spongioflex

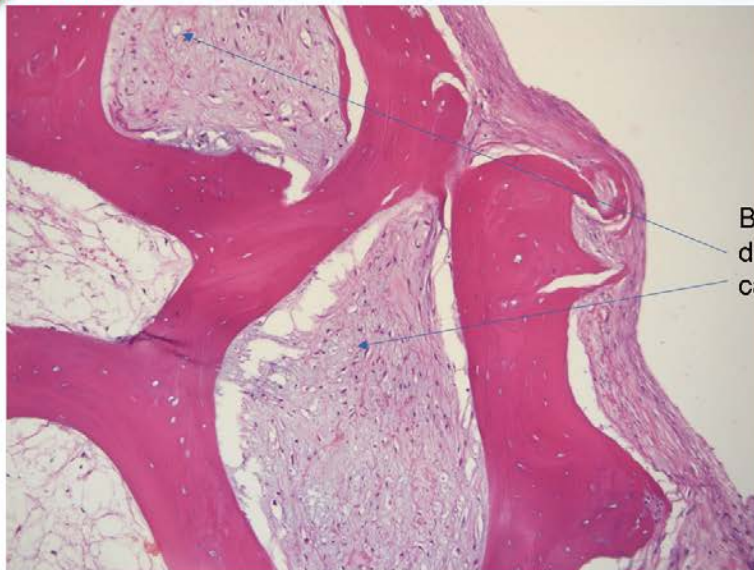


Collagen and Elastin

Bone marrow

Overview, HE

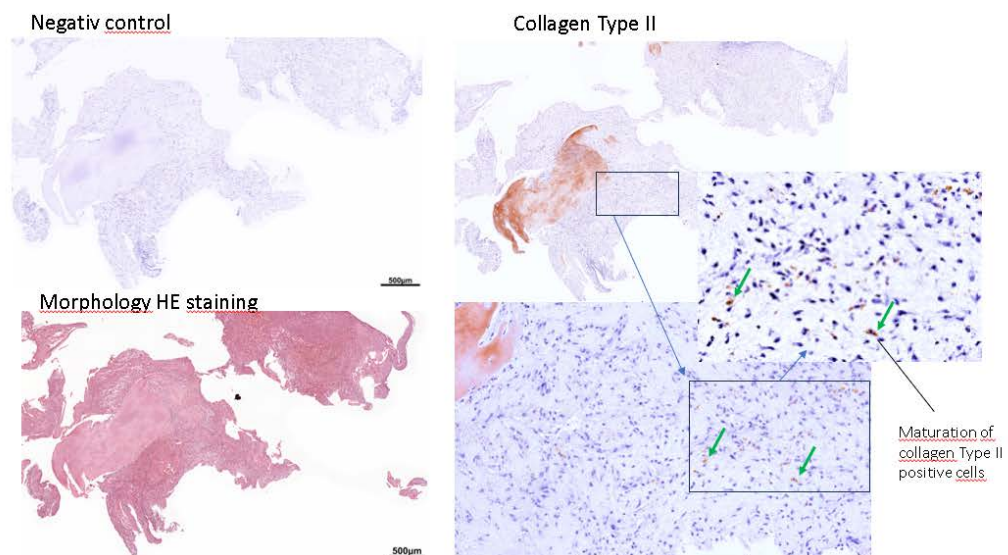
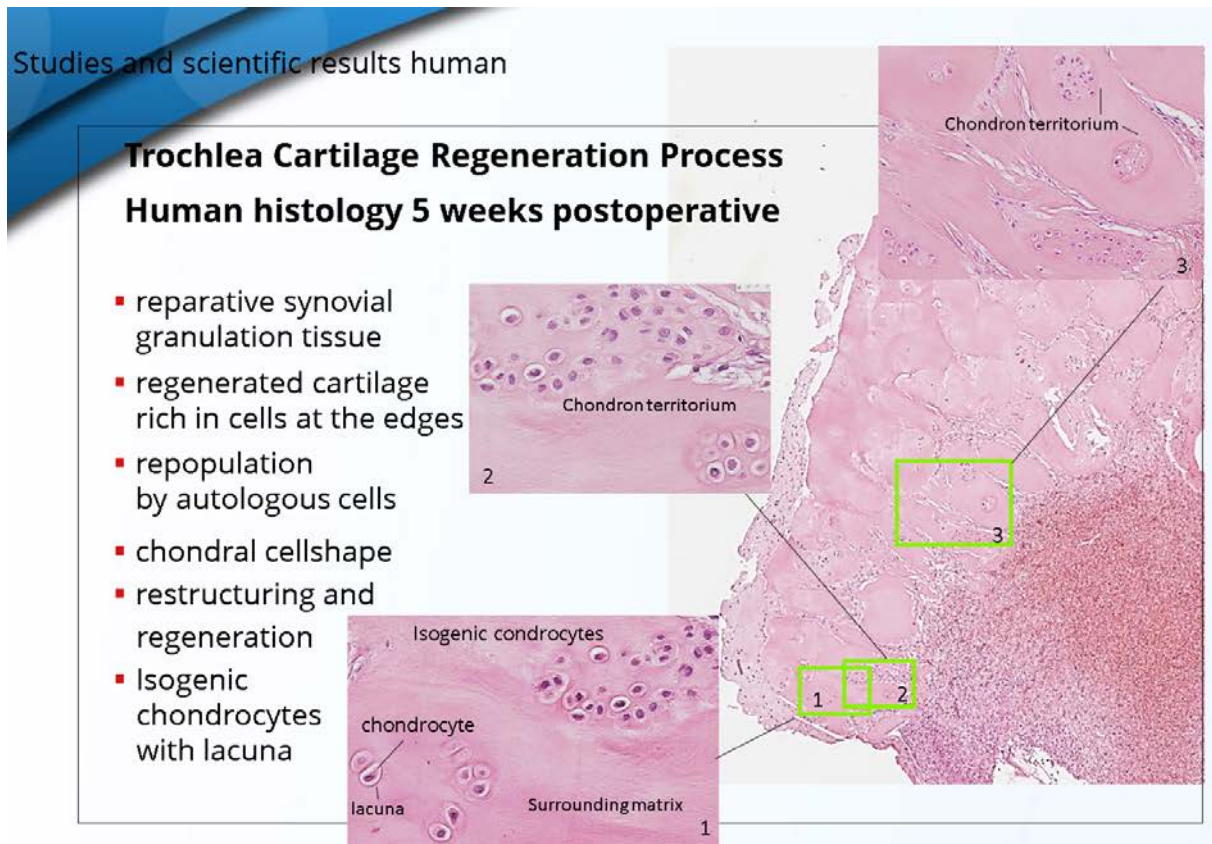
Spongioflex



Bone marrow
differentiation to
cartilage tissue

The histological section shows cartilage cell integration into the bone support tissue. An immunohistological examination is still pending.

No further complications have occurred.



The histological examination of a defect sample of the Chondrofiller Liquid, also after 4 weeks, showed the migration of chondrocytes and the presence of collagen in the immunohistological examination.

From 12.2018 to 05.2023, a total of 23 men and 8 women were treated with this combination technique of cartilage induction and partial meniscus implantation.

These 31 patients were treated with CMI in 17 cases and with Actifit in 15 cases. One patient was treated bilaterally with CMI at 7- month intervals.

All patients had either medial or lateral meniscal damage. Simultaneous treatment of medial and lateral meniscus lesions was not performed.

The follow-up examination was performed in 11 men and 5 women with an average age of 58 years (42-69 years) using the IKDC questionnaire after an average of 24 months (3-39.5 months).

It was found that one patient treated with CMI was fitted with a full or sled prosthesis after 8 months and two patients treated with Actifit after 8 and 10 months respectively.

In the CMI group, there was an average improvement from 35.1 (25.3-37.9) to 82.3 (55.8-93.1) after IKDC and with Actifit from 30.4 (21.8-54) to 73.4 (56.3-83.5).

Complications (meniscal dislocation, allergic reactions, meniscal anchor dislocations) did not occur during the procedures. All patients underwent a standardized post-operative treatment regimen.

These results show that a combination of both biological procedures, with the correct indication, can avoid prosthesis implantation or, due to the lack of long-term studies, at least delay it.

Meniskusimplantation und Knorpelinduktion

Schlüsselwörter:

Zellfreie Kollagenmatrix, Meniskusschaden, biologische Knieregeneration, Knorpelschaden, Meniskusimplantat

Einleitung:

In den meisten Fällen erfolgt bei Meniskusverletzung eine Meniskusteilresektion. In den darauffolgenden Jahren entwickelt sich dann ein Postmeniskektomie-Syndrom, mit sekundärer Arthrose. Diese Situation mündet dann in einer entsprechenden prothetischen Versorgung.

In der Literatur werden verschiedene Techniken zur Knorpelregeneration beschrieben. Hierzu gehören die autologe Knorpeltransplantation sowie Knorpelinduktion mit einer zellfreien Matrix, Kollagen Typ 1. Auch finden sich verschiedene Meniskusersatztechniken. In der Vergangenheit war hier das CMI Implantat aus Rinderachillessehnen der Marktführer. Die Produktion wurde aber 2021 eingestellt. Ab diesem Zeitpunkt war lediglich das Actifit Implantat als Teilersatz erhältlich. Dieses war aber, im Gegensatz, zum CMI kein biologisches Implantat, sondern bestand aus Polyurethan. Hier haben verschiedene Studien gezeigt, dass das Outcome dem des CMI unterlegen war. Seit November 2022 ist in Deutschland nun ein neues biologisches Implantat erhältlich und darf zur Zeit von 4 Ärzten in Deutschland verwendet werden. Es handelt sich hierbei um einen Leichenspongiosaquader, welcher entmineralisiert und frei von DNA ist. Das Implantat wird steril und trocken geliefert. Studien über eine Kombination von Knorpelregeneration in Zusammenhang mit einer Meniskusimplantation liegen zur Zeit nicht vor.

Beschreibung der Technik

Bei dem Patienten darf eine maximale Fehlstellung von Varus und Valgus von 5° vorliegen. Als weitere Kontraindikation gelten Gelenksteifigkeit, chronische Gelenkentzündung wie zum Beispiel bei Rheuma, Psoriasisarthritis, Arthritis urica. Liegen Allergien gegen bovine Eiweiße vor, so stellt dies auch eine Kontraindikation dar.

Wichtig ist auch eine ausreichende Compliance des Patienten, da der Erfolg der Operation zu einem hohen Maße von der Einhaltung des postoperativen Schemas abhängt.

Von mir wurden bisher Patienten bis zu einem Maximalalter von 65 Jahren mit diesem Verfahren versorgt. Hier sind aber insbesondere Begleiterkrankungen zu beachten. Patienten, welche regelmäßig Cortison oder Antirheumatika einnehmen müssen, wurden von mir abgelehnt.

Wichtig ist ferner die richtige Diagnosestellung mittels Bildgebung, welche nur mit Hilfe eines MRT möglich ist. Zeigen sich hier Knochenveränderungen im Sinne eines

Knochenödems, so ist hier eine entsprechende Entlastung mittels Orthese und eine fokussierte Stosswellentherapie durchzuführen. Die Häufigkeit der Anwendung richtet sich nach der Größe des Areals. Ich führe durchschnittlich 4 Anwendungen im Abstand von 1 Woche durch. Ein Kontroll MRT erfolgt 6 Wochen nach der letzten Stosswellentherapie.

Ferner muss die Größe des Knorpeldefektes sowie die Randleiste des Meniskus bestimmt werden. Bei dem Knorpeldefekt ist die Geometrie wichtig. Die Knorpelinduktion ist möglich bei einem Schaden mit einer Breite bis zu 1.5cm. Die Länge spielt dann keine weitere Rolle. Aufgrund unseres postoperativen Schemas ist auch die Therapie von Kissing Lesions möglich.

Der Restmeniskus sollte eine Leiste von 3mm vorweisen sowie eine intakte Fixierung des Vorder- und Hinterhornes.

Lassen sich diese Informationen nicht durch das MRT feststellen lassen, so führe ich zur Planung eine Nanoscopy in örtlicher Betäubung durch.

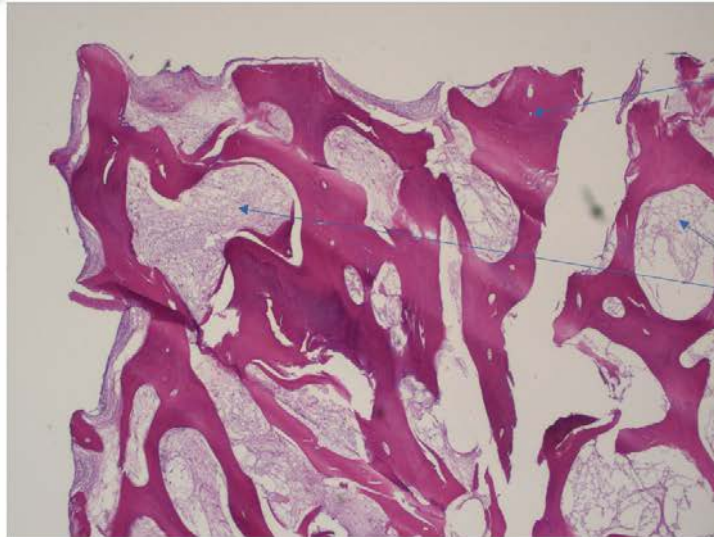
Im Rahmen der Arthroskopie erfolgt als erstes die Knorpelpräparation mittels Ringkürette. Das Aberat wird mittels Shaver entfernt. Das Meniskusimplantat (Spongioflex) wird ca. 15 Minuten in Kochsalz eingelegt bis es weich ist. Mit Hilfe einer Meniskusfaßzange, wird das Implantat durch eine Mini-Open Inzision in das Gelenk eingebracht und durch All-Inside Nähte fixiert. Anschließend Wechsel von Wasser-Arthroskopie zur Gas-Arthroskopie. Hier wird CO2 verwendet. Die Verbindung vom Sufflator erfolgt über einen Gasschlauch, den man an den Arthroskopietrokar anschließen kann.

Nach dem Trocknen der Knorpeldefektstellen, werden diese mit einem Kollagen-Gel bedeckt.

Ergebnisse

Bisher liegen für diese Kombinationstechnik keine veröffentlichten Nachuntersuchungsergebnisse vor. Da es sich beim Spongioflex-Implantat aber auch um ein biologisches Implantat handelt, kann von ähnlich guten Ergebnissen wie beim CMI Implantat ausgegangen werden. Dies bestätigen auch die von mir durchgeführten kurz Zeit Befragungen sowie eine histologische Untersuchung. Von mir wurden seit November 2022 insgesamt 21 Spongiofleximplantate verwendet. Hierbei ist es zu 2 Komplikationen durch die Patienten selbst gekommen (Ausreißen durch Sturz oder Fehlbelastung). Ein Implantat konnte erneut implantiert werden. Das 2. Implantat wurde entfernt und histologisch untersucht. Hier zeigte sich eine Zellmigration von Knorpelzellen nach bereits 4 Wochen, welche die von mir oben genannte Annahme unterstützt.

Spongioflex

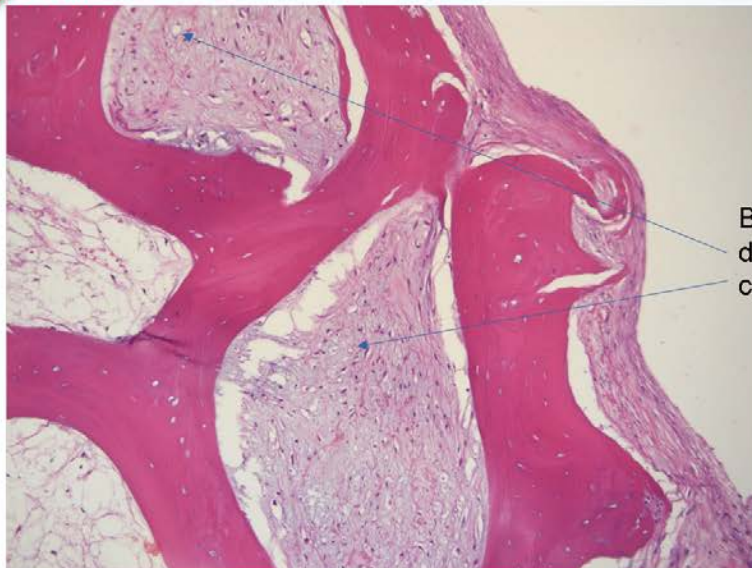


Collagen and Elastin

Bone marrow

Overview, HE

Spongioflex



Bone marrow
differentiation to
cartilage tissue

Auf dem histologischen Schnitt sieht man eine Knorpelzellintegration in das Knochenstützgewebe. Eine immunhistologische Untersuchung steht noch aus.

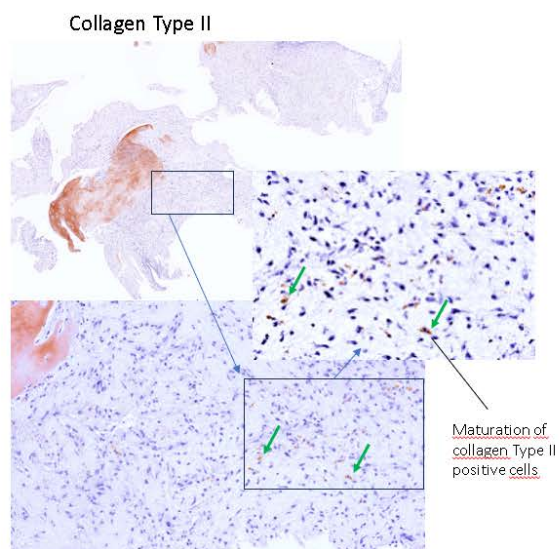
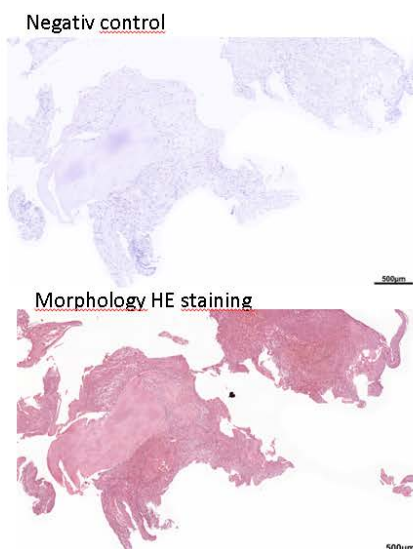
Weitere Komplikationen sind nicht aufgetreten.

Die histologische Untersuchung einer Defektprobe des Chondrofillers Liquids, nach ebenfalls 4 Wochen, zeigte in der Immun-Histologischen-Untersuchung die Migration von Chondrozyten und das Vorliegen von Kollagen.

Studies and scientific results human

Trochlea Cartilage Regeneration Process Human histology 5 weeks postoperative

- reparative synovial granulation tissue
- regenerated cartilage rich in cells at the edges
- repopulation by autologous cells
- chondral cellshape
- restructuring and regeneration
- Isogenic chondrocytes with lacuna



Insgesamt wurden von 12.2018 bis 05.2023, 23 Männer und 8 Frauen mit dieser Kombinationstechnik Knorpelinduktion und Mensikusteilimplantation versorgt. Bei diesen 31 Patienten erfolgte die Versorgung mittels CMI in 17 Fällen und mit Actifit in 15 Fällen. Ein Patient wurde beidseits mit CMI im Abstand von 7 Monaten versorgt.

Bei allen Patienten lag entweder ein medialer oder lateraler Meniskusschaden vor. Eine gleichzeitige Versorgung von medialer und lateraler Meniskusläsion ist nicht erfolgt.

Die Nachuntersuchung erfolgte bei 11 Männern und 5 Frauen im Altersdurchschnitt von 58 Jahren (42-69 Jahre) mittels IKDC Fragebogen nach durchschnittlich 24 Monaten (3-39,5 Monate).

Es zeigte sich, dass eine CMI versorgte Patientin nach 8 Monaten und zwei mittels Actifit versorgte Patientinnen nach jeweils 8 und 10 Monaten mittels Voll- bzw. Schlittenprothese versorgt wurden.

In der CMI Gruppe fand sich nach IKDC eine Verbesserung von Durchschnittlich 35,1 (25,3-37,9) auf 82,3 (55,8-93,1) und beim Actifit von 30,4 (21,8-54,) auf 73,4 (56,3-83,5).

Komplikationen (Meniskusdislokation, allergische Reaktionen, Meniskusanker Dislokationen) traten bei den Versorgungen nicht auf. Alle Patienten führten nach der Operation ein standardisiertes Nachbehandlungsschema durch.

Diese Ergebnisse zeigen, dass durch eine Kombination beider biologischer Verfahren, bei richtiger Indikationsstellung, eine Prothesenimplantation vermieden oder, aufgrund fehlender Langzeitstudien, zumindest hinausgezögert werden können.

Literature Cartilage regeneration

1. Beck OT: Cartilage repair with cell-free collagen (Chondrofiller liquid). Clinical and MRI study.
OUP 2018; 7: 620–625 DOI 10.3238/oup.2018.0620–0625
2. Bentley, G, Biant, LC, Carrington, RW et al: A prospective, randomised comparison of autologous chondrocyte implantation versus mosaicplasty for osteochondral defects in the knee.
J Bone Joint Surg Br. 2003; 85: 223–30
3. Breil-Wirth A, von Engelhardt LV, Lobner, S, Jerosch J: Retrospective study of cell-free collagen matrix for cartilage repair
OUP 2016; 9: 515–20
4. Dozin B, Malpeli M, Cancedda R et al:
Comparative evaluation of autologous chondrocyte implantation and mosaicplasty: a multicentered randomized clinical trial.
Clin J Sport Med. 2005; 15: 220–26
5. Filova E, Ramoichová M, Handl M et al.: Composite hyaluronate-type I collagen-fibrin scaffold therapy of osteochondral defects in miniature pigs;
Physiol Res 2007; 56 (Suppl.1): 5–16
6. Gavenis K, Schmidt-Rohlfing B, Andereya S et al: A cellfree collagen type I device for the treatment of focal cartilage defects.
Artif Organs 2010; 34: 79–83
7. Gobbi A, Karnatzikos G, Kumar A:
Long-term results after microfracture treatment for full thickness knee chondral lesions in athletes;
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2014; 22: 1986–96
8. Gotterbarm T, Breusch SJ, Schneider U, Jung M:
The minipig model for experimental chondral and osteochondral defect repair in tissue engineering: retrospective analysis of 180 defects.
Lab Anim. 2008; 42: 71–82
9. Gudas R, Simonaityte R, Cekanauskas E et al.:
A prospective, randomized clinical study of osteochondral autologous transplantation versus microfracture for the treatment of osteochondritis dissecans in the knee joint in children.
J Pediatr Orthop. 2009; 29: 741–8
10. Gudas R, Stankevicius E, Monastyreckiene E et al.:
Osteochondral autologous transplantation versus microfracture for the treatment of articular cartilage defects in the knee joint in athletes.

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2006; 14: 834–42

11. Hangody L, Dobos J, Baló E et al.:

Clinical experiences with autologous osteochondral mosaicplasty in an athletic population: a 17-year prospective multicenter study. Am J Sports Med. 2010; 38: 1125–33

12. Hangody L, Füles P: Autologous osteochondral mosaicplasty for the treatment of full-thickness defects of weightbearing joints: ten years of experimental and clinical experience.

J Bone Joint Surg Am. 2003; 85-A Suppl 2: 25–32

13. Horas U, Pelinkovic D, Herr G et al: Autologous chondrocyte implantation and osteochondral cylinder transplantation in cartilage repair of the knee joint. A prospective, comparative trial.

J Bone Joint Surg Am. 2003; 85A: 185–92

14. Jung M, Tuischer JS, Sergei C et al.: Local application of a collagen type I/hyaluronate matrix growth and differentiation factor 5 influences the closure of osteochondral defects in a minipig model by enchondral ossification.

Growth Factors 2006; 24: 225–32

15. Schüttler KF, Schenker H, Theisen C et

al.: Use of cell-free collagen type I matrix implants for the treatment of small cartilage defects in the knee: clinical and magnetic resonance imaging evaluation.

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2014; 22: 1270–6

16. 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 2004; 86-A: 455–64, ,

17. Matzek j, Gnatowski M, Porthos Salas A, O’Donnell JM, Domzalski M, Radzimowski J: Arthroscopic utilization of Chondrodiller Liquid gel for the treatment of hip articular cartilage defects: a cohort study with 12- to 60- month follow up.

J Hip Preserv Surg 2021; 8(1):22-27

18. National Institute for Health and Care

Excellence (NICE): Mosaicplasty for knee cartilage defects.

Published March 2018; (<https://www.nice.org.uk/guidance/ipg607>)

19. Niemeyer P, Pestka JM, Kreuz PC et al.:

Characteristic Complications After Autologous Chondrocyte Implantation for Cartilage Defects of the Knee Joint.

Am J Sports Med. 2008; 36: 2091–9

20. Schneider U: Controlled, randomized multicenter study to compare compatibility

and safety of ChondroFiller Liquid (cell-free 2-component collagengel) with microfracturing of patients with focal cartilage defects of the knee joint;
Video J Orthop Surg 2016; 1: 1–8

21. Schneider U, Rackwitz L, Andereya S et al.: A prospective multicenter study on the outcome of type I collagen hydrogel-based autologous chondrocyte implantation (CaReS) for the repair of articular cartilage defects in the knee.
Am J Sports Med. 2011; 39: 2558–65

22. Steadman JR, Briggs KK, Rodrigo JJ et al.: Outcomes of microfracture for traumatic chondral defects of the knee: Average 11-year follow-up.
Arthroscopy
2003; 19: 477–484

Literature Meniscus implants

1. Bulgheroni E., Grassi A., Campagnolo M., et al.
Comparative study of collagen versus Synthetic-Based meniscal scaffolds in treating meniscal deficiency in young active population.
Cartilage. 2016; 7: 29-38 (<https://doi.org/10.1177/1947603515600219>)

2. de Caro F., Perdisa F., Dhollander A., et al.
Meniscus scaffolds for partial meniscus defects.
Clin Sports Med. 2020; 39: 83-92 (<https://doi.org/10.1016/j.csm.2019.08.011>)

3. Dhollander A., Condello V., Madonna V.
Meniscal Augmentation and Replacement (Menaflex, Actifit, and NUsurface).
in: Farr J. Gomoll A. *Cartilage Restoration*. Springer, Cham2018 (ISBN: 978-3-319-77152-6)

4. Faivre B., Bouyarmene H., Lonjon G., et al.
Actifit® scaffold implantation: influence of preoperative meniscal extrusion on morphological and clinical outcomes.
Orthop Traumatol Surg Res. 2015; 101: 703-708
(<https://doi.org/10.1016/j.otsr.2015.06.016>)

5. Filardo G., Andriolo L., Kon E., et al.
Meniscal scaffolds: results and indications. A systematic literature review.
Int Orthop. 2015; 39: 35-46 (<https://doi.org/10.1007/s00264-014-2415-x>)

6. Grassi Alberto et al.
Minimum 10-Year Clinical Outcome of Lateral Collagen Meniscal Implants for the Replacement of Partial Lateral Meniscal Defects: Further Results from a Prospective Multicenter Study

Orthop J Sports Med 2021 May 25; 9(5):2325967121994919. doi:
10.1177/2325967121994919. eCollection 2021 May.

7. Holsten D, Andreß B:

Meniscal replacement in athletes.

OUP 2014; 6: 286–291 DOI 10.3238/oup.2014.0286–0291

8. Kohli, S., Schwenck, J. & Barlow, I.

Failure rates and clinical outcomes of synthetic meniscal implants following partial meniscectomy: a systematic review.

Knee Surg & Relat Res **34**, 27 (2022). (<https://doi.org/10.1186/s43019-022-00155-1>)

9. Kovacs B.K., Huegli R., Harder D., et al.

MR variability of collagen meniscal implant remodelling in patients with good clinical outcome.

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2021; 29: 90-99

(<https://doi.org/10.1007/s00167-019-05715-9>)

10. Kwon H., Brown W.E., Lee C.A., et al.

Surgical and tissue engineering strategies for articular cartilage and meniscus repair.

Nat Rev Rheumatol. 2019; 15: 550-570 (<https://doi.org/10.1038/s41584-019-0255-1>)

11. Linke, R.D., Ulmer, M. & Imhoff, A.B.

Replacement of the Meniscus with a Collagen Implant (CMI).

Orthop Traumatol **18**, 453–462 (2006). (<https://doi.org/10.1007/s00064-006-1188-9>)

12. Leroy A, Beaufils P, Faivre B , Steltzlen C, Boisrenoult P, Pujol N

Actifit® polyurethane meniscal scaffold: MRI and functional outcomes after a minimum follow-up of 5 years Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research 103 (2017) 609–614

13. Lucidi Gian Andrea et al.

Satisfactory clinical results and low failure rate of medial collagen meniscus implant (CMI) at a minimum 20 years of follow-up

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2021 Dec;29(12), 4270-4277. doi:

10.1007/s00167-021-06556-1. Epub 2021 Apr 9.

14. Pereira H., Cengiz I.F., Vilela C., da Silva Morais A., Oliveira J.M. ,Reis R.L. et al.
Emerging Concepts in Treating Cartilage, Osteochondral Defects, and Osteoarthritis of the Knee and Ankle.

Adv Exp Med Biol. 2018; 1059: 25-62 (https://doi.org/10.1007/978-3-319-76735-2_2)

15. Rodkey William G, Steadman J.Richard

Paper #30 Collagen Meniscus Implants (CMI): multicenter clinical trial results and long term follow-up

Abstractl Volume 19, ISSUE 6, SUPPLEMENT , 16-17, July 2003;

([https://doi.org/10.1016/S0749-8063\(03\)00434-1](https://doi.org/10.1016/S0749-8063(03)00434-1))

16. Schenk L., Bethge L., Hirschmann A., et al.

Ongoing MRI remodeling 3–7 years after collagen meniscus implantation in stable knees.

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2020; 28: 1099-1104

(<https://doi.org/10.1007/s00167-019-05714-w>)

17. Schüttler K.F., Pöttgen S., Getgood A., et al.

Improvement in outcomes after implantation of a novel polyurethane meniscal scaffold for the treatment of medial meniscus deficiency.

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2015; 23: 1929-1935

(<https://doi.org/10.1007/s00167-014-2977-6>)

18. Shin Y.-S., Lee H.-N., Sim H.-B., et al.

Polyurethane meniscal scaffolds lead to better clinical outcomes but worse articular cartilage status and greater absolute meniscal extrusion.

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2018; 26: 2227-2238

(<https://doi.org/10.1007/s00167-017-4650-3>)

19. Toanen C., Dhollander A., Bulgheroni P., et al.

Polyurethane meniscal scaffold for the treatment of partial meniscal deficiency: 5-year follow-up outcomes: a European multicentric study.

Am J Sports Med. 2020; 48: 1347-1355 (<https://doi.org/10.1177/0363546520913528>)

20. Zaffagnini S., Grassi A., Marcheggiani Muccioli G.M., et al.

MRI evaluation of a collagen meniscus implant: a systematic review.

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2015; 23: 3228-3237m

(<https://doi.org/10.1007/s00167-014-3155-6>)

Author:

Dr. Olaf Thorsten Beck

Especialista en ortopedia, traumatología, cirugía y medicina deportiva

Specialist in orthopaedics, trauma surgery, surgery and sports medicine

Weisser Str. 22, D-50996 Köln/Colonia/Cologne

+49-221-352090

info@arthro-prax.de

www.arthro-prax.de