

Anja Hirschmüller^{1,2}, Wolfgang Schoch³

Vor- und Nachbehandlung im Kontext knorpelregenerativer Operationen am Kniegelenk

*Pre- and rehabilitation of patients with surgical treatment of
cartilage defects of the knee*

Zusammenfassung: Die Betreuung von Patienten mit Knorpelschäden über den operativen Eingriff hinaus bis zur Reintegration in den Alltag und die sportliche Tätigkeit hat vor dem Hintergrund der hohen Komplexität der Pathologien einen besonders hohen Stellenwert. Anders als bei anderen operativen Verfahren wie z.B. Gelenkersatzoperationen, steht hier nicht nur die funktionelle Wiederherstellung des Gelenks im Vordergrund, sondern biologische Aspekte, da mit Ausnahme der osteochondralen Transplantation alle alternativen Verfahren durch einen „In-situ-Regenerationsprozess“ charakterisiert sind, bei dem sich das regenerierte Knorpelgewebe erst in den Wochen und Monaten nach der Operation ausbildet. So spielen neben den Aspekten der Gelenkfunktion auch weitere wichtige Aspekte, z.B. der Schutz des Transplantats, das Schaffen eines optimalen Gelenkmilieus zur Verbesserung der Knorpelregenerationsfähigkeit und die stufenweise Anpassung der Belastungen zur Stimulation der Regeneratbildung eine entscheidende Rolle. Auch wenn diese Aspekte bereits in den vorausgehenden Publikationen in den Vordergrund gestellt wurden und als essenzieller Bestandteil der knorpelregenerativen Chirurgie anerkannt sind, hat sich gerade der Bereich der perioperativen Begleitung von Patienten, die auch eine optimale Vorbereitung des Patienten auf die Operation einschließen sollte, in den letzten Jahren deutlich professionalisiert und weiterentwickelt.

Der vorliegende Beitrag soll einen Überblick über verschiedene Aspekte im Kontext der Vor- und Nachbehandlung nach knorpelregenerativen Eingriffen bieten.

Schlüsselwörter: Rehabilitation, Prehabilitation, Knorpelschaden, Knie, Gelenkfunktion

Zitierweise

Hirschmüller A, Schoch W: Vor- und Nachbehandlung im Kontext knorpelregenerativer Operationen am Kniegelenk. OUP 2018; 7: 615–619 DOI 10.3238/oup.2018.0615–0619

Summary: The care of patients with cartilage defects who undergo surgical intervention from the preoperative phase to the reintegration into everyday life and physical activity has a particularly high priority against the background of the high complexity of the pathologies. Unlike other surgical procedures, (e.g. joint replacement) surgery not only focuses on the functional restoration of the joint, but also on biological aspects, since all alternative procedures – with the exception of osteochondral transplantation – are characterized by an „in situ regeneration process“ in which the regenerated cartilage tissue does not develop until the weeks and months following the surgery. In addition to the aspects of joint function, other important aspects, such as protecting the graft, creating optimal joint milieu to improve cartilage repair capability and gradually adjusting the loads to stimulate regeneration are crucial. Although these aspects have already been emphasized in the previous publications and are recognized as an essential part of cartilage repair surgery, the area of perioperative monitoring of patients, which should also include optimal preparation of the patient for the intervention, has been included in the clearly professionalized and further developed in recent years.

This article aims to provide an overview of various aspects in the context of pre- and post-treatment following cartilage-regenerative interventions.

Keywords: rehabilitation, prehabilitation, cartilage defects, knee joint, joint function

Citation

Hirschmüller A, Schoch W: Pre- and rehabilitation of patients with surgical treatment of cartilage defects of the knee. OUP 2018; 7: 615–619 DOI 10.3238/oup.2018.0615–0619

¹ ALTIUS Swiss Sportmed Center, Rheinfelden, CH

² Universitätsklinikum Freiburg, Department Chirurgie, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie

³ PULZ im Rieselfeld, Freiburg

Lokalisation	Belastung	Ungünstiger ROM-Bereich für Belastung	Empfohlenes ROM für kontrollierte Bewegung
Patellofemoral	In Streckstellung Vollbelastung möglich	0°–30°	Woche 0–2: 0°–30° Woche 2–4: 0°–60° Woche 4–6: 0°–90°
Femoral anterior	In Streckstellung Vollbelastung möglich	0°–30°	0°–45° ab Woche 3: 0°–90°
Femoral zentral	Teilbelastung 4–6 Wochen – Woche 0–2: 20 % KG – Woche 2–4: 50 % KG – Woche 4–6: 75 % KG	20°–80°	0°–90°
Femoral posterior	Analog zu Femoral zentral	45°–130°	0°–90°

Tabelle 1 Belastungsempfehlungen abhängig von der Lage des Knorpelschadens.

ROM: Range of Motion (Bewegungsausmaß), KG: Körpergewicht

Allgemeiner Stellenwert der „Prähabilitation“

Unter „Prähabilitation“ wird im Zusammenhang chirurgischer Eingriffe eine optimale Vorbereitung des Patienten auf die Operation mit dem Ziel der Verbesserung des postoperativen Ergebnisses verstanden. Initial entstand das Konzept im Kontext viszeralchirurgisch-onkologischer Operationen, bei denen die Morbidität der Patienten sicherlich höher anzusehen ist als bei orthopädisch-traumatologischen Eingriffen. In zahlreichen Studien zu Trainingsinterventionen vor onkologischen Therapien wurden verringerte Komplikationsraten, schnellere Regenerationsphasen und eine reduzierte Krankenhausverweildauer berichtet [1].

Unter Berücksichtigung des Stellenwerts der körperlichen Fitness als Prädiktor für das chirurgische Ergebnis geht man derzeit davon aus, dass die funktionelle Kapazität vor komplexen viszeralchirurgischen Operationen maximal gesteigert werden sollte, um der bevorstehenden Operation mit einem höheren Ausgangsniveau entgegenzutreten und das Risiko von postoperativen Komplikationen zu minimieren.

In der Folge wurde dieses Konzept der Prähabilitation auf orthopädische Operationen (in erster Linie Endoprothesenimplantationen) übertragen, wobei hier das Ziel nicht primär eine Reduktion der Mortalität darstellt, sondern eine Verbesserung des funktionellen Operationsergebnisses. Zu den diversen Aspekten, die durch eine optimale physische Vor-

bereitung des Patienten positiv adressiert werden könnten, zählen sowohl die perioperative Morbidität und Mortalität, die sich u.a. an der Dauer des Aufenthalts auf der Intensiv- und Normalstation und der perioperativen Komplikationsrate messen lassen als auch mittel- und langfristige Faktoren wie die Patientenzufriedenheit, die Dauer der Rehabilitation, das Ausmaß der Funktionsdefizite und die Gesamtmortalität [2].

Die Wartezeit bis zur Operation zu nutzen, erscheint darüber hinaus vor dem Hintergrund sinnvoll, dass ein für den Patienten einschneidendes Ereignis im Leben einen sog. „teachable moment“ darstellt, der für Lebensstilinterventionen genutzt werden kann und den Patienten so einen gesünderen Lebensstil und eine bessere physische Fitness ermöglichen kann [2]. Ein letzter wichtiger Aspekt des Prähabilitationskonzepts ist, dass der Patient auch mental optimal auf die Operation vorbereitet werden kann, und ihm so realistische Erwartungen bezüglich des Operationsergebnisses und des Ablaufs der Rehabilitation vermittelt werden können [3].

Vorstellung der Prinzipien und praktische Aspekte der „Prähabilitation“

Da die postoperative Rehabilitation nach knorpelregenerativen Eingriffen langwierig und anspruchsvoll ist und von den Patienten viel Geduld, Ausdauer und Disziplin fordert, erscheint dieser Aspekt besonders wichtig [4]. Darüber

hinaus kann eine mögliche Wartezeit im Rahmen der Anzüchtung der Knorpelzellen so effektiv genutzt werden, um die Patienten auf ihre individuelle Rehabilitation optimal vorzubereiten. Unter anderem können bereits die erforderliche Teilbelastung und die Bewegungslimitierung am operierten Gelenk antizipiert und entsprechend eingeübt werden. Optimal angeleitete Übungen und ein besseres Verständnis für die Notwendigkeit und Effektivität dieser Übungen erhöhen die Compliance der Patienten, die für eine erfolgreiche Rehabilitation notwendig sind. Diverse Arbeiten zeigen, dass Bewegungsprogramme erfolgreicher sind, wenn die Patienten eine positive Einstellung zum vorgeschlagenen Programm haben. Die Adhärenz des Patienten zum Trainingsprogramm ist ein wichtiger Faktor für die Effektivität des Trainings, für die Beurteilung des Schmerzes, der Funktion und der Selbstwirksamkeit [5, 6].

Das präoperative Training sollte in erster Linie die funktionellen Defizite adressieren, die Patienten mit fokalen Knorpelschäden häufig aufweisen. Dazu gehören Kraftdefizite der vorderen Oberschenkelmuskulatur, eine reduzierte neuromuskuläre Kontrolle mit Beeinträchtigung der Beinachsenstabilität und eine Reduktion der allgemeinen Fitness [7, 8]. Darüber hinaus sollten allgemeine „Skills“ vermittelt werden, u.a. das korrekte Einhalten einer Teilbelastung und der Umgang mit der Motorbewegungsschiene und der Orthese.

Bei der praktischen Durchführung des Trainings sollte eine negative Beeinflus-



Abbildung 1 Quadricepstraining in der geschlossenen Kette („Beidbein-Squat“)

sung der Gelenkhomöostase, die sich z.B. durch Schmerzverstärkung und vermehrter Schwellung des Kniegelenks bemerkbar macht, vermieden werden. Um dem Regenerat nach der Operation die besten Einheilungschancen bieten zu können, ist eine korrekte Ausführung der Übungen von großer Wichtigkeit, insbesondere mit einer optimalen Stabilisierung der Beinachse. Dies sollte daher bereits in der Prähabilitationsphase erlernt werden.

Zu den Schlüsselkomponenten des präoperativen Trainings zählen die Kräftigung der Oberschenkelmuskulatur, die Optimierung der Rumpfstabilität sowie die Kräftigung der Hüftabduktoren, die nun anhand praktischer Beispiele illustriert werden.

Muskelaufbautraining des M. quadriceps kann durch Übungen in der geschlossenen Kette durchgeführt werden, z.B. mit „Squats“ (Abb. 1), und durch Übungen in der offenen Kette, z.B. „Leg-curl“ (Abb. 2) oder mit Hilfe eines am Stuhlbein befestigten Gummibands. Bei der Ausführung der Übungen muss auf die Stellung der Beinachse (insbesondere eine Vermeidung des Valguskollaps des Kniegelenks) und auf die Position des Oberkörpers geachtet werden, um Scherkräfte im Kniegelenk zu vermeiden

Die Rumpfstabilität hat einen entscheidenden Einfluss auf die Stabilisierung der Beinachse und ist daher eine wichtige Komponente sowohl in der Rehabilitation als auch in der Prävention von Verletzungen der unteren Extre-



Abbildung 2 Quadricepstraining in der offenen Kette im „Leg curl“

mität [9]. Über ihren positiven Einfluss auf die Stabilität der Beinachse kann das Rumpfkrafttraining daher Scherkräfte im Knie minimieren und sollte in das sensomotorisch-neuromuskulär orientierte Trainingsprogramm integriert werden [10]. Entsprechende Übungen sind der Unterarmstütz und der Seitstütz, die ohne Geräteinsatz auf einer Matte durchgeführt werden können (Abb. 3 und 4).

Eine Schwäche der Hüftabduktoren kann zu einer Verstärkung des Valguskollaps im Kniegelenk und damit zu pathologischen Kniemomenten führen [11]. Daher wird auch dem Hüftabduktorentraining in der Rehabilitation von Knieverletzungen immer mehr Bedeutung beigemessen. Zur Kräftigung der Hüftabduktoren ist ebenfalls zumeist das eigene Körpergewicht ausreichend, z.B. im Seitstütz auf der Matte (Abb. 5).

Mehrere Arbeiten konnten zeigen, dass plyometrische Übungen und Gleichgewichtstraining in der Lage sind, den Valgusstress auf das Kniegelenk zu reduzieren. Für Patienten mit isoliertem Knorpelschaden scheint eine dynamische Belastung mit großem Bewegungsumfang dabei am geeignetsten. Reaktive Übungen können in das Prähabilitationstraining einbezogen werden, wenn die Kontaktzeiten kurz sind und so der Einfluss auf die flüssigen Bestandteile der Knorpelmatrix gering bleibt. Wenn die genaue Lokalisation der Knorpelschädigung bekannt ist, können die

Übungen in den Winkelgraden durchgeführt werden, die den Defekt und nach der Operation das einheilende Transplantat, zu Beginn nicht tangieren. Die korrekte Ausführung der plyometrischen und dynamisch stabilisierenden Übungen ist dabei zwingend notwendig und kann in der Phase des präoperativen Trainings geübt werden.

Prinzipien und Phasen der Nachbehandlung

Da die Mehrzahl der Knorpeloperation biologisch-regenerative Verfahren darstellen, orientiert sich die phasenweise Rehabilitation in erster Linie an der Regenerationszeit des Knorpelgewebes. Da insbesondere Scherkräfte fatal sind für den unreifen Knorpel, müssen diese vor allem in den ersten Phasen so gut wie möglich vermieden bzw. minimiert werden. Neben der Gewebebiologie müssen individuelle, patientenspezifische Faktoren (wie Alter, Geschlecht, Trainingszustand etc.) ebenso berücksichtigt werden, wie die Defektlokalisierung und der generelle Zustand des operierten Gelenks. Auch wenn die Geweberegenerationszeit die Basis der Rehabilitation darstellt, traten in den letzten Jahren zeitbasierte Reha-Schemata zunehmend zugunsten von Kriterien-basierten Schemata in den Hintergrund. Aus unserer Sicht sollten bei einer optimalen Rehabilitation beide Aspekte berücksichtigt werden, sodass beides im Folgenden Erwähnung findet.

In der ersten Phase, der sogenannten Proliferationsphase (Woche 1 bis ca. Woche 4) ist die Protektion des Implantats zur Vermeidung einer frühen Delamination besonders wichtig. Darüber hinaus gilt es, die Nutrition der Knorpelzellen optimal zu unterstützen und die Gelenkhomöostase wiederherzustellen. Die Hauptkomponenten, die in dieser Phase berücksichtigt werden müssen, sind die lokale Wundheilung, die Reduktion postoperativer Schmerzen, die Resorption des Gelenkergusses und die Vermeidung von Adhäsionen und Patellahypomobilität. Verschiedene Studien zeigten, dass Schwellung und Schmerzen eine Inhibierung des Quadrizeps sowie eine Einschränkung der Beweglichkeit, insbesondere der Extension, zur Folge haben [12]. Daher sollten kontinuierliche Kühlgeräte direkt postoperativ zum Einsatz kom-

men, um die Aufschwellung und Inflammation des Gelenks zu minimieren. Die Wundheilung und Wiederherstellung der Gelenkhomöostase wird unterstützt durch manuelle Lymphdrainage, Kompressionstherapie und manuelle Patellamobilisation. Die Verwendung einer Motorbewegungsschiene (CPM) über mindestens 4, idealerweise 6–8 Stunden täglich, wird ab dem ersten postoperativen Tag für 4–8 Wochen empfohlen [13, 14]. In einer systematischen Übersichtsarbeit stellten Rogan et al. dar [13], dass die Studien, die CPM nach Knorpelregenerativen Eingriffen untersuchen, zwar eine niedrige Studienqualität aufweisen, mehrheitlich aber eine signifikante Verbesserung der objektiven Outcomevariablen (Defektgröße und Knorpelqualität) ergaben. Außerdem beurteilen über 90 % der 437 mit CPM behandelten Patienten die CPM-Therapie und das subjektive Outcome positiv.

Nach Entfernung der Redondrainage kann mit isometrischen Übungen der Quadricepsmuskulatur begonnen werden. Über gezielte Anspannungsübungen wird außerdem die neuromuskuläre Kontrolle frühzeitig reaktiviert. Die Gelenkbeweglichkeit sollte frühzeitig sowohl mit Hilfe der Motorbewegungsschiene als auch mit passiver Mobilisation durch den Therapeuten und Lagerungsmaßnahmen adressiert werden. Das Bewegungsausmaß ist bei der Mobilisation anfänglich nicht entscheidend, da die Nutrition der Knorpelzellen auch bei geringem Bewegungsausmaß durch die Mobilisation verbessert wird und auch Adhäsionen vorgebeugt werden kann, ohne Gelenk und Patient zu stressen. Im weiteren Verlauf hängt das Ausmaß der Bewegungslimitierung in erster Linie von der Defektlokalisierung ab. Einen Überblick über mögliche Einschränkungen ergibt sich aus Tabelle 1.

Wenn die geforderte Teilbelastung vom Patienten umgesetzt werden kann, steht dem Beginn mit Gangschule und Treppentraining nichts entgegen. Die physiotherapeutischen Maßnahmen werden durch edukative Programme unterstützt

Die Meilensteine der ersten Rehabilitationsphase, die es vor dem Übergang zur nächsten Phase zu erreichen gilt, sind die Resorption des Gelenkergusses, das Erreichen der vollen Streckung und die Mobilisation des Patienten unter der Teilbelastung bzw. mit anliegender Or-



Abbildung 3 Seitstütz



Abbildung 4 Unterarmstütz



Abbildung 5 Unterarmseitstütz auf Matte

these inklusive der Bewältigung des Treppensteigens.

Das Ziel der dann folgenden Transitionsphase (4.–12. Woche) ist die Wiedererlangung der vollen Gelenkfunktion, inklusive einer freien Beweglichkeit, der Normalisierung der Muskelkraft und einer dynamischen Stabilität im Alltag. Anfangs besteht auch nach Freigabe/Abnahme der Orthese noch eine Bewegungseinschränkung des ope-

rierten Gelenks und eine deutliche Muskelatrophie, oftmals auch ein hinkendes Gangbild und eine Standunsicherheit. Dies gilt es nun über Stabilisationstraining, Gangschule, Kraft- und Ausdauertraining zu reduzieren, jeweils in dem Wissen, dass regenerierendes Knorpelgewebe noch keine höhergradige Stabilität ausweist. Die Konsistenz wird in dieser Phase der Regeneration verglichen mit einem Schwamm. Insbesondere

re Scherkräfte werden noch schlecht toleriert, wohingegen kontrollierte axiale Belastungen den regenerierenden Knorpel eher stärken, was erklärt, warum die meisten Arbeiten über frühere Aufbelastungen zu positiven Ergebnissen kommen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über mögliche Bewegungs- und Belastungslimits, abhängig von der Lokalisation des Knorpeldefekts.

Auch das bei der Prähabilitation bereits erwähnte Rumpfstabilisationstraining und die Kräftigung der Hüftabduktoren sollte nun in das Rehabilitationstraining integriert werden.

In der Remodellierungsphase (3.–6. Monat) differenziert sich das Regenerat zunehmend. Die Kollagenstruktur ist organisiert, es bilden sich Kollagen-Crosslinks, und zuletzt integriert sich das Regenerat in Knochen und angrenzendem Knorpel. Klinisch stehen nur die Quadriceps-Atrophie, die mit einer Kraftminderung einhergeht, und die Defizite der neuromuskulären Kontrolle im Vordergrund. Daher werden nun das sensomotorische Training intensiviert und das Krafttraining mit zunehmend hohen Lasten im Sinne eines Hypertrophietrainings gesteigert. Parallel kann auch das aerobe Training weiter gesteigert werden bis zur vollen Wie-

dererlangung der aeroben Leistungsfähigkeit sowie der Kraft und der neuromuskulären Kontrolle.

In der abschließenden Maturationsphase, die allerdings bis zu 24 Monate dauert (Sun), hat das Knorpelgewebe die Konsistenz von Hartplastik. Die sportliche Belastung kann nun schrittweise weiter gesteigert werden.

Wichtig ist bei Rückkehr in den Sport, das Risiko einer neuerlichen Verletzung zu minimieren und eine Überlastung der benachbarten Strukturen zu vermeiden [12]. Die MRT-Kontrolle des Regenerats erleichtert bei gut integriertem Knorpelgewebe ohne subchondralem Knochenödem die Entscheidung der Sportfreigabe. Auch isokinetische Kraftmessungen zur Bestimmung von persistierenden Kraftdefiziten und Muskeldysbalancen kommen nun zur Anwendung. Mit Hilfe einbeiniger Sprungtests können neben den Informationen über Muskelkraft und neuromuskulärer Kontrolle auch das vorhandene Vertrauen in das betroffene Bein und die Belastungsfähigkeit geprüft werden. Patient/Sportler und das Umfeld müssen in den Entscheidungsprozess mit einbezogen werden. Zuletzt sollte auch die psychologische „Readiness“ geprüft werden, bevor ein Sportler zum Wettkampfsport zugelassen werden kann [6].

Schlussfolgerung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Vorbehandlung und Nachbehandlung im Rahmen der knorpelregenerativen operativen Behandlung von Knorpelschäden eine große Bedeutung zukommt. Diese wurde in den letzten Jahren erkannt; die Effektivität und Bedeutung sind durch eine fundierte Studienlage gut abgedeckt. Neben den allgemeinen Prinzipien der Wiedereingliederung von Patienten mit Gelenkverletzung ist jedoch die Kenntnis der knorpelspezifischen und biologischen Aspekte der Nachbehandlung essenziell, um die Patienten im Prozess der knorpelregenerativen Behandlung optimal zu begleiten. 

Interessenkonflikt: Keine angegeben.

Korrespondenzadresse

PD Dr. med. Anja Hirschmüller
ALTIUS Swiss Sportmed Center
Habich-Dietschy-Strasse 5A
CH-4310 Rheinfelden
Anja.Hirschmueller@altius.ag

Literatur

1. Singh F, Newton RU, Galvão DA, Spry N, Baker MK: A systematic review of pre-surgical exercise intervention studies with cancer patients. *Surg Oncol.* 2013; 22: 92–104
2. Santa Mina D, Clarke H, Ritvo P et al.: Effect of total-body prehabilitation on postoperative outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy.* 2014; 100: 196–207
3. Brown K, Loprinzi PD, Brosky JA, Topp R: Prehabilitation Influences Exercise-Related Psychological Constructs Such as Self-efficacy and Outcome Expectations to Exercise. *J Strength Cond Res.* 2014; 28: 201–9
4. Edwards PK, Ackland T, Ebert JR: Clinical Rehabilitation Guidelines for Matrix-Induced Autologous Chondrocyte Implantation on the Tibiofemoral Joint. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2014; 44: 102–19
5. van Gool CH, Penninx BW, Kempen GI et al.: Effects of exercise adherence on physical function among overweight older adults with knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum.* 2005; 53: 24–32
6. Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Whitehead TS, Webster KE: Psychological Responses Matter in Returning to Preinjury Level of Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery. *Am J Sports Med.* 2013; 41: 1549–58
7. Hirschmüller A, Andres T, Schoch W et al.: Quadriceps strength in patients with isolated cartilage defects of the knee: Results of isokinetic strength measurements and their correlation with clinical and functional results. *Orthop J Sports Med.* 2017; 5: 2325967117703726
8. Felson DT, Gross KD, Nevitt MC et al.: The effects of impaired joint position sense on the development and progression of pain and structural damage in knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum.* 2009; 61: 1070–6
9. Wilkerson GB, Giles JL, Seibel DK: Prediction of Core and Lower Extremity Strains and Sprains in Collegiate Football Players: A Preliminary Study. *J Athl Train.* 2012; 47: 264–72
10. Shi DL, Li JL, Zhai H, Wang HF, Meng H, Wang YB: Specialized core stability exercise: A neglected component of anterior cruciate ligament rehabilitation programs. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2012; 25: 291–7
11. Cashman GE: The effect of weak hip abductors or external rotators on knee valgus kinematics in healthy subjects: a systematic review. *J Sport Rehabil.* 2012; 21: 273–84
12. Wondrasch B: Rückkehr zum Sport nach Eingriffen am Gelenkknorpel im Kniegelenk. *Arthroskopie* 2016; 29: 108–15
13. Rogan S, Taeymans J, Hirschmüller A, Niemeyer P, Baur H: Effect of continuous passive motion for cartilage regenerative surgery – A systematic literature review. *Z Orthop Unfall.* 2013; 151: 468–74
14. Hirschmüller A, Baur H, Braun S, Kreuz PC, Südkamp NP, Niemeyer P: Rehabilitation after autologous chondrocyte implantation for isolated cartilage defects of the knee. *Am J Sports Med.* 2011; 39: 2686–96