

Manfred Nelitz¹

Vertiefende Trochleoplastik – Indikation, Technik, Ergebnisse

Deepening Trochleoplasty – indication, technique, results

Zusammenfassung: Die vertiefende Trochleoplastik stellt ein Standardverfahren in der Behandlung der patellofemorale Instabilität dar. Operationsziel ist die stabile Rezentrierung der Patella durch Normalisierung der Eingangsebene bei Vorliegen einer Trochleadysplasie. Die Indikation besteht bei nachgewiesener patellofemorale Instabilität mit rezidivierenden Luxationen der Patella und Vorliegen einer hochgradigen Trochleadysplasie mit konvexer Eingangsebene. Die Trochleoplastik kann mit möglicherweise notwendigen Zusatzeingriffen wie der Rekonstruktion des medialen patellofemorale Ligaments oder einer Medialisierung der Tuberositas tibiae kombiniert werden. Kontraindikationen sind offene Wachstumsfugen am distalen Femur sowie höhergradige Knorpelschäden an der Trochlea femoris. Mehrere Studien belegen den Erfolg der operativen Maßnahme mit guten klinischen Ergebnissen und hoher Patientenzufriedenheit.

Schlüsselwörter: Patellaluxation, patellofemorale Instabilität, Trochleadysplasie, Trochleoplastik, MPFL Rekonstruktion

Zitierweise

Nelitz M: Vertiefende Trochleoplastik. Indikation, Technik, Ergebnisse. OUP 2017; 6: 314–318 DOI 10.3238/oup.2017.0314–0318

Summary: Deepening trochleoplasty is a surgical procedure, which is able to reshape the dysplastic femoral trochlea in patients with patellofemoral instability. The procedure is of paramount importance, because trochlear dysplasia is the most important risk factor for patellofemoral instability. The ideal indication for trochleoplasty is documented patellofemoral instability and high-grade trochlear dysplasia. Contraindications are open distal femoral physis and degenerative changes of the patellofemoral joint. Deepening trochleoplasty can be combined with reconstruction of the MPFL and medialisation of the tibial tubercle, if necessary. Very encouraging results have been reported by different authors from the application of deepening trochleoplasty combined with other procedures such as MPFL reconstruction.

Keywords: patellofemoral instability, trochlear dysplasia, trochleoplasty, MPFL reconstruction

Citation

Nelitz M: Deepening Trochleoplasty. Indication, technique, results. OUP 2017; 6: 314–318 DOI 10.3238/oup.2017.0314–0318

Einleitung

Die Dysplasie der Trochlea femoris stellt den wichtigsten Risikofaktor für das Auftreten einer patellofemorale Instabilität dar [7, 8, 12, 21, 25, 28]. Dejour et al. [8] zeigten, dass bei 96 % aller Patienten mit rezidivierenden Patellaluxationen eine Dysplasie der Trochlea femoris nachweisbar ist. In der frühen Kniebeugung tritt die Patella über die laterale Kondylenwanne in die Trochlea ein. Da die Patella beim Übergang von Kniestreckung in Beugung in die Trochlea gleitet, ist im Wesentlichen die Dysplasie des proximalen Anteils der Trochlea verantwortlich für das Pa-

tella-Maltracking und die mögliche Luxation der Patella. Bei Vorliegen einer Trochleadysplasie ist die Trochlea insbesondere in der Eingangsebene abgeflacht oder in schweren Formen konvex. Dadurch erniedrigt sich oder fehlt die Steigung der lateralen Trochleafacette und damit der knöcherne Widerstand der lateralen Kondylenwanne gegen eine laterale Luxation der Patella. Die mediolaterale Abflachung resultiert aus einer Erhöhung des Sulcus trochleae in Relation zur medialen und lateralen Facette. Diese Erhöhung lässt sich auf einer streng seitlichen Röntgenaufnahme, auf der beide posterioren Kondylen genau übereinander lie-

gen, als „Crossing Sign“ erkennen [8]. Typischerweise findet sich bei der Trochleadysplasie zusätzlich eine Ventralisation der Trochlea im Verhältnis zur anterioren Kortikalis. Liegt eine schwere Trochleadysplasie vor, ist eine alleinige weichteilige Stabilisierung nicht erfolversprechend [9, 11, 19, 22, 23]. Eine operative Korrektur der Trochleadysplasie als wesentlichen Risikofaktor stellt in diesen Fällen die kausale Therapie dar. Das Prinzip der vertiefenden Trochleoplastik geht zurück auf die Arbeiten zunächst von Masse, Dejour und Bereiter [3, 9, 15]. In der Literatur werden im Prinzip 2 unterschiedliche Techniken der vertiefen-

¹ MVZ Oberstdorf, Klinikverbund Kempten-Oberallgäu, Akademische Lehrkrankenhäuser der Universität Ulm

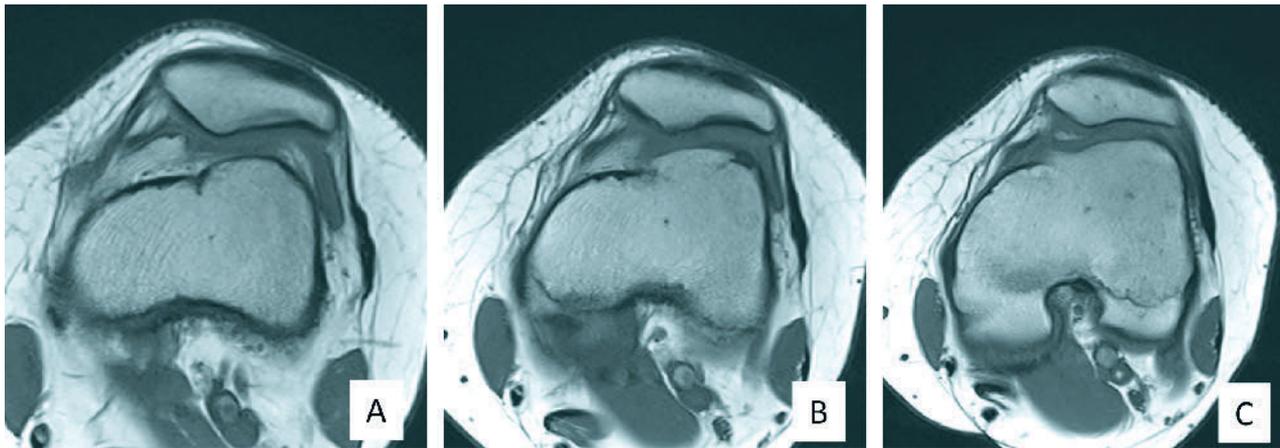


Abbildung 1a–c Axiale MRT-Schichten von proximal nach distal mit Darstellung des distalen Femurs mit erkennbarem „Bump“ proximal der knorpeligen Trochlea und erkennbarer Dysplasie der Eingangsebene.

den Trochleoplastik beschrieben. Bei der von Dejour [8, 23] beschriebenen Technik wird durch eine Osteotomie mit Längsspaltung der Gelenkfläche ein dicker osteochondraler Flake in die vertiefte Rinne gesetzt (thick flap technique). In der initial von Bereiter [3] beschriebenen und unserer daran angelehnten Technik wird ein dünner, flexibler und biegsamer Flake in die vertiefte Rinne gelegt und mit einem Vycrylband fixiert (thin flap technique). Von verschiedenen Autoren sind mit beiden Techniken gute klinische Ergebnisse nach Trochleoplastik beschrieben [4, 6, 17, 18, 22, 24, 27, 29]. Zusätzlich liegt bei den meisten Patienten eine Insuffizienz des medialen patellofemorales Ligaments (MPFL) vor. Da das MPFL in strecknaher Position den wichtigsten Gelenkstabilisator darstellt [1] und die Trochlea erst beim Übergang von Kniestreckung in Kniebeugung wesentlich zur Stabilisierung der Patella beiträgt, ist häufig eine alleinige Trochleoplastik zur Stabilisierung der Patella v.a. in strecknaher Position nicht ausreichend, weshalb wir die Trochleoplastik routinemäßig mit einer Rekonstruktion des MPFL verbinden.

Indikation

Die Indikation zur operativen Therapie wird bei nachgewiesenen rezidivierenden Patellaluxationen und Vorliegen einer Trochleadysplasie gesehen. In der Literatur finden sich keine einheitlichen Empfehlungen, bei welchen

Schweregraden der Trochleadysplasie die Indikation zur Trochleoplastik gegeben ist. Verschiedene Autoren sehen die Indikation zur Trochleoplastik bei einer Trochleadysplasie Typ B und D nach Dejour [8]. Eine Studie von Lippacher et al. [13] fand jedoch eine eingeschränkte Reliabilität der Einteilung nach Dejour in 4 Typen. Eine verlässliche Unterscheidung war nur zwischen Low-grade-Dysplasie (Typ A nach Dejour) und High-grade-Dysplasie (Typ B-D nach Dejour) möglich. Deshalb sehen andere Autoren die Indikation zur Trochleoplastik bei Vorliegen einer schweren Trochleadysplasie mit konvexer Eingangsebene und proximalem Bump (High-grade-Dysplasie/Typ B-D nach Dejour) [6, 18, 19, 27]. Aufgrund der Ergebnisse ihrer biomechanischen Studie empfehlen Van Haver et al. [28], zwischen Trochleadysplasie mit und ohne supratrochlearem Sporn zu unterscheiden, da ein ausgeprägter Sporn den größten Einfluss auf die Biomechanik des Patellofemoralgelenks hat.

Zur exakten Beurteilung des Schweregrads der Dysplasie ist präoperativ eine sorgfältige Analyse der femoralen Eingangsebene erforderlich (Abb.1). Deshalb sollte präoperativ ein axiales MRT mit Darstellung des gesamten distalen Femurs auch proximal der knorpeligen Trochlea angefertigt werden [26]. Mehrere Studien belegen die guten klinischen Ergebnisse der Trochleoplastik ohne Relaxation der Patella [4, 16, 17, 18, 22, 27, 29].

Die operative Korrektur einer schweren Trochleadysplasie ist aufgrund der

möglichen Fugenverletzung erst nach Verschluss der Wachstumsfugen im späteren Jugendalter möglich. Bei retropatellaren und vor allem trochlearen Knorpelschäden ist die Indikation zur Trochleoplastik zurückhaltender zu stellen. In Einzelfällen ist jedoch auch bei diesen Patienten die operative Korrektur indiziert und führt zu befriedigenden bis guten Ergebnissen. Kontraindikationen stellen noch weit offene Wachstumsfugen, ein isolierter patellofemorales Schmerz ohne Instabilität sowie das Vorliegen einer Arthrose des Patellofemoralgelenks dar.

Operationstechnik

Die Operation erfolgt in Allgemein- oder Regionalanästhesie in Rückenlagerung und Oberschenkelblutsperrung. Das Bein wird auf einer Tuchrolle in ca. 10–20°-Beugung gelagert. Die Benutzung eines Bildwandlers ist vor allem bei gleichzeitiger Durchführung einer MPFL Rekonstruktion unerlässlich. Präoperativ erfolgt eine diagnostische Arthroskopie. Ein zusätzliches supero-laterales Portal eignet sich zur Beurteilung der proximalen Trochlea und des Patellatrackings [20]. Über einen anterolateralen Hautschnitt (Länge ca. 6 cm) erfolgt die laterale Arthrotomie. Bei kontraktum laterales Retinakulum und nicht reponibler Luxation ist meist eine Z-förmige Verlängerung des Retinakulums erforderlich. Anschließend wird die Patella mit einem Hohmann Haken nach medial

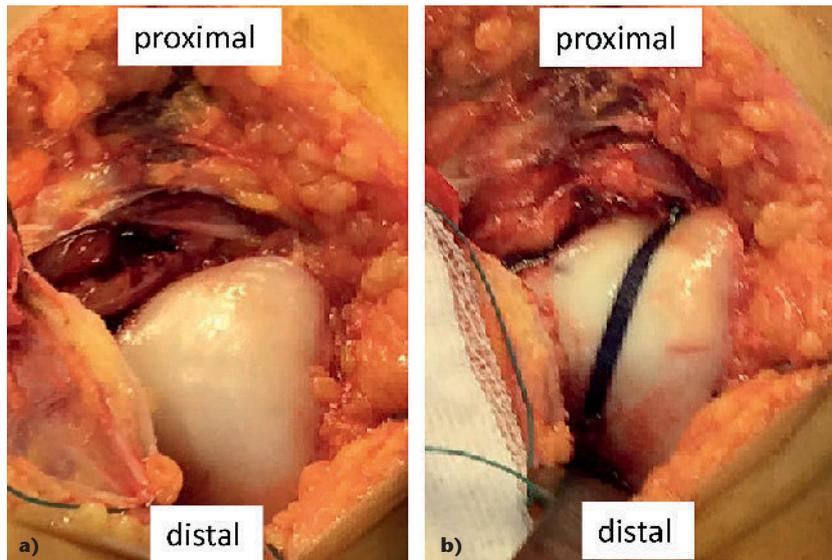


Abbildung 2a–b Intraoperatives Bild der Trochlea prä- und postoperativ. Erkennbare konvexe Eingangsebene mit fehlender Konkavität **a**). Postoperativ Wiederherstellung der Rinne mit jetzt erkennbarer Konkavität der Trochlea **b**).

weggehalten und die Trochlea dargestellt (Abb. 2a).

Typischerweise findet sich eine Erhöhung des Sulcus trochleae im Vergleich zur ventralen Kortikalis (Bump) und dadurch fehlender Konkavität der Eingangsebene (Abb. 2). Die laterale Trochleafacettenfläche ist zu kurz und flach mit dadurch fehlender Auffahrrampe [3]. Die Synovialis wird am Übergang zum Knorpel semizirkulär inzidiert. Mit einem gebogenen Meißel wird nun die osteochondrale Lamelle vorsichtig von proximal nach distal abgelöst. Die Ablösung erfolgt bis ca. 1 cm oberhalb der Fossa intercondylaris. Mit dem Acromionizer erfolgt unter ständiger Spülung anschließend die Feinmodellierung der Knochenschuppe, bis eine elastische Modellierung in die vorgeformte Rinne möglich ist. Dabei ist sorgfältig darauf zu achten, dass es nicht zur Fraktur der Lamelle kommt. Im zweiten Schritt wird mit dem Meißel die trochleare Rinne vertieft. Das Zentrum der Rinne kann hierbei individuell nach lateral verschoben werden, wodurch sich der TT-TG Abstand verkleinert. Der Sulcus trochleae sollte nach Vertiefung in gleicher Höhe wie die ventrale Kortikalis des Femurs sein (Abb. 3). Die abgelöste Lamelle wird nun in die vorgeformte Rinne modelliert und anschließend mit einem 3 mm Vicrylband Verlängerung des tiefsten Punkts der Neorinne fixiert.

Proximal des interkondylären Bogens wird ein Knochenanker mit dem Vicrylfaden eingeführt, nach proximal ausgeleitet und mit einem zweiten Knochenanker direkt proximal des kranialen Endes der Lamelle fixiert (Abb. 2). Es besteht die Möglichkeit, die Lamelle zusätzlich mit dem zweiten Ende des Vicrylfadens, der über den lateralen Kondylus ausgeleitet wird, zu fixieren. Anschließend wird die Synovialis mit resorbierbaren Nähten refixiert. Nach Spülung und Einlage einer Redondrainage wird das laterale Retinakulum in 20–30° Kniebeugung spannungsfrei verschlossen oder bei Verkürzung des lateralen Retinakulums Z-förmig verlängert. Im Anschluss an die Trochleoplastik erfolgt die Rekonstruktion des MPFL. Im Sinne einer Therapie „à la carte“ mit dem Ziel der Korrektur der zugrunde liegenden Pathologien kann die Trochleoplastik gegebenenfalls auch mit einer Medialisierung der Tuberositas tibiae oder einer Torsionskorrektur kombiniert werden.

Postoperative Behandlung

Sofortige Mobilisation und Quadrizepsinnervation ab erstem postoperativen Tag. Erlaubte Flexion bis zum Ende der 6. postoperativen Woche 90° unter 20 kg Teilbelastung für 3 Wochen. Ab der 3.

Woche postoperativ Steigerung der Belastung über das halbe Körpergewicht und 4-Punkte-Gang. Ab der 6. Woche postoperativ Freigabe der Beweglichkeit, Koordinationstraining, Beinachsentraining im Stand und auf instabilen Unterlagen. Zusätzlich Beginn mit sportsspezifischen Übungen zur Kräftigung der Quadrizepsmuskulatur.

Ergebnisse

Zwischen 2007 und 2017 wurde vom Autor bei insgesamt 147 Patienten mit patellofemoraler Instabilität und hochgradiger Trochleodysplasie eine vertiefende Trochleoplastik durchgeführt. Im Rahmen einer prospektiven Studie wurden die zwischen 2007 und 2010 operierten Patienten nach vertiefender Trochleoplastik und Rekonstruktion des MPFL mit Grazilissehne mit einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von 2,5 Jahren nachuntersucht [18]. 95 % der Patienten waren zufrieden oder sehr zufrieden mit dem Operationsergebnis. Relaxationen der Patella traten während des Nachuntersuchungszeitraums nicht auf. Der Kujala-Score verbesserte sich von 76 auf 96, der IKDC Score verbesserte sich von 72 auf 88. Die Untersuchung der Aktivitäts-Scores zeigte keine Veränderung von prä- nach postoperativ. Die meisten Patienten übten prä- und postoperativ risikoarme Sportarten aus. Fast alle Patienten konnten ihre sportliche Aktivität auf einem vergleichbaren Niveau wie präoperativ ausüben. Angst vor erneuten Verletzungen und die ärztliche Empfehlung, Sportarten mit hohem Verletzungsrisiko zu vermeiden, waren die häufigsten Gründe dafür, dass die Patienten postoperativ keine Sportarten auf höherem Niveau ausübten. Lediglich 3 Patienten erhöhten postoperativ das Sportniveau. Zwei Patienten kehrten postoperativ zum Wettkampf auf internationalem Niveau zurück (Ski alpin und Judo). Insgesamt 6 Patienten übten postoperativ schwere körperliche berufliche Tätigkeiten aus. Auf die Frage, was der Hauptunterschied zwischen dem prä- und postoperativen Zustand sei, war die häufigste Antwort, dass sich das betroffene Kniegelenk „stabil anfühle“.

Bei 43 Patienten wurde eine kombinierte Rekonstruktion des MPFL mit distal gestieltem Quadrizepssehnen-

transplantat und Trochleoplastik durchgeführt. Die klinischen Ergebnisse und postoperativen Scores der beiden Gruppen (Grazilis- versus Quadrizepssehnen-transplantat) waren vergleichbar.

Das axiale MRT ein Jahr postoperativ nach Trochleoplastik zeigt die Konsolidierung der Trochleoplastik mit Wiederherstellung der Konkavität der Eingangsebene (Abb.4).

Diskussion

Mittlerweile finden sich in der aktuellen Literatur mehrere Follow-up-Studien von Von Knoch et al. [29], Utting et al. [27], Blønd et al. [4], Nelitz et al. [18], McNamara [16] sowie Metcalfe et al. [17] mit guten klinischen Ergebnissen und hoher Patientenzufriedenheit. Die vertiefende Trochleoplastik ist deshalb von zentraler Bedeutung in der Behandlung der patellofemorale Instabilität. Eine Überlegenheit einer der 2 beschriebenen Techniken (thick flap technique versus thin flap technique) konnte in der Literatur nicht nachgewiesen werden.

Metcalfe et al. [17] publizierten 2017 eine Serie von 214 Trochleoplastiken. Bei einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von 4,4 Jahren waren 88 % der Patienten mit dem Operationsergebnis zufrieden, eine Reluxation trat jedoch bei 8,3 % der Patienten auf. Eine routinemäßige zusätzliche Weichteilstabilisierung erfolgte in deren Patientengut nicht. Die Ergebnisse dieser Studie und weiterer Studien weisen darauf hin, dass die Reluxationsgefahr bei solitärer Trochleoplastik höher als bei gleichzeitiger additiver Weichteilstabilisierung ist [15, 17, 18, 22, 23, 26]. Auch eine Übersichtsarbeit von Balcarek et al. [2] konnte zeigen, dass das Risiko einer Reluxation durch die Kombination aus Trochleoplastik und Weichteilstabilisierung durch MPFL Rekonstruktion verringert werden kann. Aus diesen Gründen sollte die Trochleoplastik mit einer MPFL Rekonstruktion und ggf. der Korrektur weiterer Begleitpathologien kombiniert werden.

Der mögliche Knorpelschaden nach Trochleoplastik scheint bei richtiger Indikation und sorgfältiger Operationstechnik minimal zu sein. Histologische Untersuchungen des trochlearen Knorpels sowie eigene arthroskopische Nachuntersuchungen zeigten keine Hinweise

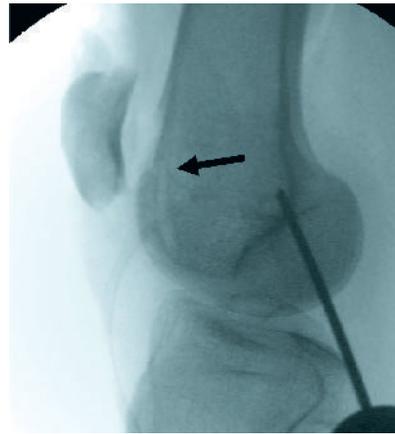


Abbildung 3 Intraoperative Bildwandleraufnahme in exakt seitlicher Projektion, jetzt mit der ventralen Kortikalis auf einer Ebene liegenden trochlearen Rinne (schwarzer Pfeil). Zusätzlich erkennbarer Insertionspunkt des MPFL (Bohrerspitze).

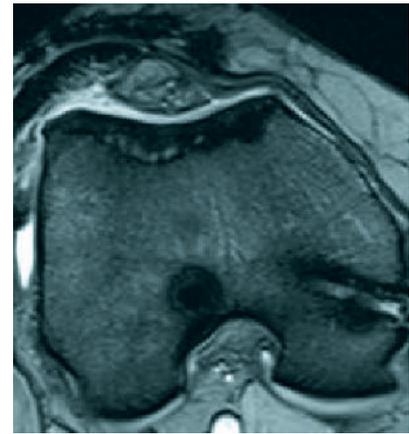


Abbildung 4 Axiales MRT ein Jahr postoperativ nach Trochleoplastik mit erkennbarer Konsolidierung der Trochleoplastik mit Wiederherstellung der Konkavität der Eingangsebene. Zusätzlich erkennbarer Bohrerkanal nach MPFL Rekonstruktion.

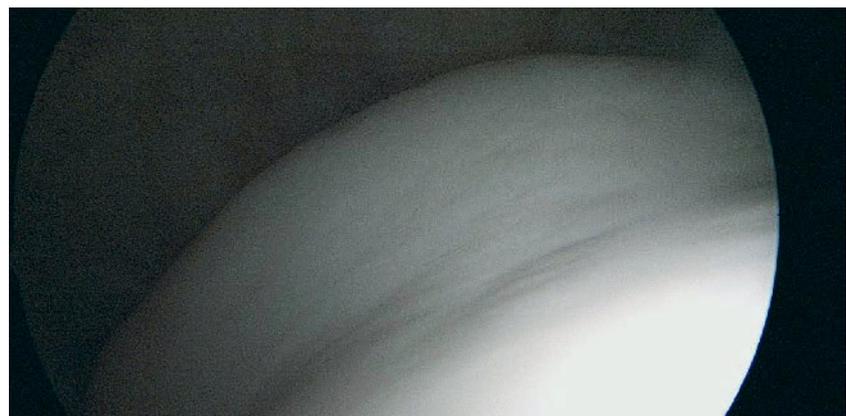


Abbildung 5 Das arthroskopische Bild über ein proximales laterales Portal ein Jahr postoperativ nach Trochleoplastik zeigt die Neorinne in Höhe der ventralen Kortikalis. Das Vicrylband ist resorbiert.

für eine Degeneration des Patellofemoralgelenks (Abb. 5). In einem Editorial im ESSKA Journal wiesen Blond und Donell [5] zudem darauf hin, dass Kongruenz und reibungslose Kinematik des Patellofemoralgelenks wichtiger als „normaler“ Knorpel seien. Mehrere Studien zeigten außerdem, dass eine unbehandelte patellofemorale Instabilität insbesondere beim Vorliegen einer hochgradigen Dysplasie in einer Arthrose des Patellofemoralgelenks mündet [10, 14, 28].

Zusammenfassend ist die vertiefende Trochleoplastik von zentraler Bedeutung in der Behandlung der patellofemorale Instabilität. Bei Vorliegen einer High-grade-Trochleadysplasie stellt sie die Thera-

pie der Wahl dar. Die Kombination aus vertiefter Trochleoplastik und MPFL Rekonstruktion ist bei richtiger Indikationsstellung ein sicheres Verfahren mit guten klinischen Ergebnissen und hoher Patientenzufriedenheit. OUP

Interessenkonflikt: Keine angegeben

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Manfred Nelitz
MVZ Oberstdorf
Klinikverbund Kempten-Oberallgäu
Akademische Lehrkrankenhäuser
der Universität Ulm
Trettachstraße 16
87561 Oberstdorf
manfred.nelitz@kliniken-oa.de

Literatur

- Amis AA, Firer P, Mountney J, Senavongse W, Thomas NP: Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. *Knee* 2003;1 0: 215–20
- Balcarek P, Rehn S, Howells NR et al.: Results of medial patellofemoral ligament reconstruction compared with trochleoplasty plus individual extensor apparatus balancing in patellar instability caused by severe trochlear dysplasia: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016; doi: 10.1007/s00167-016-4365-x
- Bereiter H, Gautier E: The trochleoplasty as a surgical therapy of recurrent dislocation of the patella in dysplastic trochlea of the femur. *Arthroskopie* 1994; 7: 281–6
- Blønd L, Haugegaard M: Combined arthroscopic deepening trochleoplasty and reconstruction of the medial patellofemoral ligament for patients with recurrent patella dislocation and trochlear dysplasia. *Knee Surg Sports Traumatol. Arthrosc* 2014; 22: 2484–90
- Blønd L, Donell S: Does the patellofemoral joint need articular cartilage? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015; 23: 3461–3
- Camathias C, Studer K, Kiapour A, Rutz E, Vavken P: Trochleoplasty as a Solitary Treatment for Recurrent Patellar Dislocation Results in Good Clinical Outcome in Adolescents. *Am J Sports Med* 2016; 44: 2855–63
- Clark D, Metcalfe A, Wogan C, Mandallia V, Eldridge J: Adolescent patellar instability: current concepts review. *Bone Joint J* 2017; 99-B: 159–170.
- Dejour H, Walch G, Nove-Josserand L, Guier CH: Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1994; 2: 19–26
- Dejour D, Saggin: The sulcus deepening trochleoplasty – the Lyon's procedure *Int Orthop* 2010; 34: 311–16
- Grelsamer RP, Dejour D, Gould J: The pathophysiology of patellofemoral arthritis. *Orthop Clin North Am* 2008; 39: 269–74
- Kita K, Tanaka Y, Toritsuka Y et al.: Factors Affecting the Outcomes of Double-Bundle Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction for Recurrent Patellar Dislocations Evaluated by Multivariate Analysis. *Am J Sports Med* 2015; 43: 2988–96
- Lewallen LW, McIntosh AL, Dahm DL: Predictors of recurrent instability after acute patellofemoral dislocation in pediatric and adolescent patients. *Am J Sports Med* 2013; 41: 575–81
- Lippacher S, Dejour D, Elsharkawi M et al.: Observer agreement on the Dejour trochlear dysplasia classification: a comparison of true lateral radiographs and axial magnetic resonance images. *Am J Sports Med*. 2012; 40: 837–43
- Maenpaa H, Lehto MU: Patellofemoral osteoarthritis after patellar dislocation. *Clin Orthop Relat Res* 2010; 339: 156–62
- Masse Y: Trochleoplasty: Restoration of the intercondylar groove in subluxations and dislocations of the patella. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1978; 64: 3–17
- McNamara I, Bua N, Smith TO, Ali K, Donell ST: Deepening Trochleoplasty With a Thick Osteochondral Flap for Patellar Instability: Clinical and Functional Outcomes at a Mean 6-Year Follow-up. *Am J Sports Med* 2015; 43:2706–13
- Metcalfe AJ, Clark DA, Kemp MA, Eldridge JD: Trochleoplasty with a flexible osteochondral flap: results from an 11-year series of 214 cases. *Bone Joint J* 2017; 99-B: 344–50
- Nelitz M, Dreyhaupt J, Lippacher S: Combined trochleoplasty and patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation in severe trochlear dysplasia. A minimum two years follow-up study. *Am J Sports Med* 2013; 41: 1005–12
- Nelitz M, Williams SRM: Kombinierte Trochleoplastik und Rekonstruktion des medialen patellofemorale Ligaments zur Behandlung der patellofemorale Instabilität (Combined trochleoplasty and medial patellofemoral ligament reconstruction for patellofemoral instability). *Oper Orthop Traumatol* 2015; 27: 495–504
- Nelitz M, Lippacher S: Arthroscopic evaluation of trochlear dysplasia as an aid in decision making for the treatment of patellofemoral instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013; 22: 2788–94
- Nelitz M, Seil R: *Das kindliche Knie*, De Gruyter Verlag 2016;
- Ntagiopoulos PG, Byn P, Dejour D: Midterm results of comprehensive surgical reconstruction including sulcus-deepening trochleoplasty in recurrent patellar dislocations with high-grade trochlear dysplasia. *Am J Sports Med* 2013; 41: 998–1004
- Ntagiopoulos PG, Dejour D: Current concepts on trochleoplasty procedures for the surgical treatment of trochlear dysplasia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014; 22: 2531–9
- Schöttle PB, Fucentese SF, Pfirrmann C, Bereiter H, Romero J: Trochleoplasty for patellar instability due to trochlear dysplasia: a minimum 2 year clinical and radiological follow-up of 19 knees. *Acta Orthop* 2005; 76: 693–698
- Steenen RN, Bentley JC, Trinh TQ, Backes JR, Wiltfong RE: The prevalence and combined prevalences of anatomic factors associated with recurrent patellar dislocation: a magnetic resonance imaging study. *Am J Sports Med* 2015; 43: 921–7
- Tscholl PM, Wanivenhaus F, Fucentese SF: Conventional Radiographs and Magnetic Resonance Imaging for the Analysis of Trochlear Dysplasia. *Am J Sports Med*. 2017; doi: 10.1177/0363546516685054
- Utting MR, Mulford JS, Eldridge JD: A prospective evaluation of trochleoplasty for the treatment of patellofemoral dislocation and instability. *J Bone Joint Surg Br* 2008; 90: 180–185
- Van Haver A, De Roo K, De Beule M: The effect of trochlear dysplasia on patellofemoral biomechanics: a cadaveric study with simulated trochlear deformities. *Am J Sports Med* 2015; 43: 1354–1361
- Von Knoch F, Böhm T, Bürgi ML, Von Knoch M, Bereiter H: Trochleoplasty for recurrent patellar dislocation in association with trochlear dysplasia. *J Bone Joint Surg Br* 2006; 88: 1331–1335