



Zusammenfassung

Die Verwendung von Allografts in der vorderen Kreuzband (VKB)-Chirurgie erlangt immer mehr an Bedeutung. Die eingeschränkte Verfügbarkeit stellt immer weniger ein Problem dar, allerdings spielen höhere Kosten gegenüber Autografts eine Rolle. Die Sorgen vor möglichen Krankheitsübertragungen scheinen aufgrund neuer Prozessierungsverfahren in der Allograftherstellung unbegründet zu sein. Im Vergleich zu Autografts zeigen Allografts bei entsprechender Patientenselektion gleich gute Langzeitergebnisse. Im Speziellen in der Revisionssituation nach VKB-Re-ruptur sind Allografts mit Knochenblock von Vorteil, da sie ein einseitiges Vorgehen ermöglichen. Langzeitergebnisse randomisierter Studien mit entsprechender Patientenselektion bleiben noch abzuwarten, um den Stellenwert von Allografts in der VKB-Chirurgie korrekt abschätzen zu können.

Schlüsselwörter

Knie – Vorderes Kreuzband – Kreuzbandruptur – Allograft – Spendersehne – Rekonstruktion

G. Gruber, G.A. Bernhardt

Allografts in cruciate ligament reconstruction – evidence-based applications

Summary

The use of allografts in anterior cruciate ligament (ACL) surgery is becoming increasingly frequent. The limited availability is less and less a problem, but higher costs compared to autografts play a role. Concerns about possible disease transmission seem to be unfounded due to new processing procedures in allograft manufacturing. In comparison to autografts, allografts show with appropriate patient selection equally good long-term results. Especially in the revision cases after ACL re-rupture, allografts with bone block are advantageous because they allow a one-stage procedure. Long-term results of randomized studies with appropriate patient selection remain to be seen in order to correctly assess the importance of allografts in ACL surgery.

Keywords

Knee – ACL – Rupture – Allograft – Reconstruction

REVIEW / SPRECIAL ISSUE

Allografts in der Kreuzbandrekonstruktion – Evidenzbasierte Anwendungsmöglichkeiten

Gerald Gruber, Gerwin A. Bernhardt

Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie, Medizinische Universität Graz, Graz, Österreich

Eingegangen/submitted: 07.08.2019; akzeptiert/accepted: 24.10.2019

Online verfügbar seit/Available online: 20.11.2019

Einleitung

Die Verwendung von Allografts in der Orthopädie und Traumatologie hat lange Tradition. Schon früh wurden Knochenallografts zur Defektauffüllung nach Traumata oder Tumoreoperationen verwendet. In den letzten vier Jahrzehnten werden zunehmend Sehnen- und Weichteilallografts für Rekonstruktionen nach Verletzungen am Bewegungs- und Stützapparat verwendet. War in den Anfängen, vor allem nach Bekanntwerden von HI-Viren die Sorge vor möglicher Krankheitsübertragung groß, so ist heute durch neue Prozessierungsverfahren die Gefahr von Viren oder Bakterienübertragung in den Hintergrund getreten [4,17].

In der Orthopädie und Traumatologie werden Allografts am häufigsten im Bereich des Kniegelenkes bei der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes (VKB) verwendet.

Während in den USA die Verwendung von Allografts mit 20 Prozent aller vorderer Kreuzbandrekonstruktionen beziffert wird, spielt die Verwendung von Allografts international noch eher eine untergeordnete Rolle und wird in einer rezenten Umfrage mit einer großen Schwankungsbreite von 2–17% angegeben [5,9,15].

In den letzten Jahren kam es jedoch auch in Europa zu einem Anstieg in der Verwendung von Allografts aufgrund besserer Verfügbarkeit einerseits, aber auch zunehmender vorderer Kreuzbandverletzungen und damit auch höherer Rerupturraten andererseits.

In diesem Übersichtsartikel soll das Thema Allograft in der vorderen Kreuzbandchirurgie näher betrachtet werden.

Allgemeiner Hintergrund

Allograft Sehnen für die VKB-Rekonstruktion stammen von Todspendern [22]. Die strengen Richtlinien der „Food and Drug Administration“ (FDA), die die Auswahlkriterien für Spender und die Testregularien in den USA der Spendergewebe festlegen sowie die strikten Qualitätssicherungsrichtlinien haben zu einer relativ sicheren Bereitstellung von „Allografts“ beigetragen. Die Situation in Europa stellt sich auf Basis unterschiedlicher Richtlinien in den einzelnen Ländern etwas anders dar. Aufgrund der sehr guten Qualität und relativen einfachen Bestellmöglichkeit werden jedoch häufig für den europäischen Markt Transplantate über Firmen aus den

USA bestellt, die auch den rechtlichen Anforderungen in Europa genügen. Für die Qualität der Allografts entscheidend ist die Art der Entnahme, Sterilisation und Aufbewahrung der Grafts. Neben unterschiedlichen Methoden zur Reinigung und Desinfektion kommen auch die Bestrahlung in unterschiedlichen Dosen zur Sterilisation zur Anwendung. Die beiden am häufigsten verwendeten Techniken sind hierbei das Einlegen in eine spezielle Antibiotikallösung und die niedrig dosierte Gammabestrahlung [19]. Durch das Einlegen in eine Antibiotikallösung wird eine bakterizide Wirkung auf der „Allograft-Oberfläche“ erreicht, jedoch stellt die inkomplette Gewebedurchdringung eine wesentliche Limitation dieses Sterilisationsverfahrens dar. Durch Gammabestrahlung können bakterielle Oberflächenkontamination effektiv reduziert werden, eine viruzide Wirkung wird jedoch erst bei höheren Dosen erzielt. Eine Dosis von 25 kGy stellt hierbei die maximal applizierbare Dosis dar, bevor die biomechanischen Eigenschaften der „Allografts“ signifikant verändert werden [13]. Eine Kombination aus einem speziellen Waschsysteem (Allowash XG®) und niedriger Bestrahlung scheint hohe Sicherheit an Sterilität zu bringen, ohne wesentlich die biologischen Eigenschaften der Sehne zu beeinflussen [17].

Spendersehnen durchlaufen ebenso wie körpereigene Sehnen einen Remodellingprozess, der die Phasen der Nekrose, der Revaskularisierung, der Fibroblastenproliferation und der Kollagensynthese umfasst. In der Nekrose- und Revaskularisierungsphase tritt sowohl bei „Autografts“ als auch bei „Allografts“ eine Schwächung des Transplantats auf. Nach Abschluss des Remodellingprozesses zeigen jedoch beide Transplantattypen vergleichbare histologische und biomechanische Befunde [30]. Das Einheilungsverhalten von Allografts zur Rekonstruktion des vorderen

Kreuzbandes wurde im Tierversuch und an humanen Biopsien untersucht [18,19]. Hierbei zeigte sich ein verzögerter Remodellingprozess mit entsprechend verlängerter Entzündungsphase im Vergleich zu autologem Gewebe [19]. In anderen Untersuchungen wurde 12 Monate postoperativ ein regelrechtes Einheilungsverhalten und Remodelling des VKB-Allografts mit Ausbildung einer synovialen Oberflächenschicht festgestellt [27].

Allograft oder Autograft

Der große Nachteil aller Autografts ist die Schwächung eigener anatomischer Strukturen durch die Sehnenentnahme, die nicht zuletzt der Stabilisierung des Kniegelenks dienlich sind. Dazu kommt die Entnahmemorbidität mit Gefahr der lokalen Infektion, persistierenden Schmerzen bis hin zu funktionellen Defiziten. In Revisionsfällen besteht nach Entnahme der drei gängigsten Sehnen (Hamstrings, Patellarsehne, Quadrizepssehne) noch die eher wenig beliebte Möglichkeit der Sehnenentnahme vom gesunden kontralateralen Bein. Die Verwendung von Allografts kann hier Abhilfe schaffen [22]. Vorteil ist die praktisch unbegrenzte Verfügbarkeit und die fehlende Entnahmemorbidität. Die Operationszeit kann durch die fehlende Entnahme, aber auch durch die Bestellung von fertig präparierten Spendersehnen verkürzt werden. Ein Nachteil ist der relativ hohe Kostenfaktor, wobei in Abhängigkeit der Erlöse die eingesparte OP-Zeit zurückgerechnet werden müsste [23]. Eine Auflistung der Vor- und Nachteile finden sich in Tabelle 1.

Allograft Rekonstruktion

Die aktuellen AAOS-Leitlinien beinhalten keine Empfehlung, welchem Transplantat der Vorzug zu geben

ist, sofern das Allograft entsprechend prozessiert wurde [1].

Die Verwendung von Allografts bei Kindern sollte nur in Ausnahmen erfolgen [3]. Inwieweit eventuelle living-donor Allografts (Elternspenden oder Nahverwandtspenden) im Vergleich zu Todspendern einen Unterschied ausmachen, ist noch Gegenstand von Untersuchungen [14]. Auch bei jungen Erwachsenen unter 25 Jahren sowie hochaktiven Sportlern sind zur Primärrekonstruktion des VKB körpereigene Sehnen zu verwenden, da in dieser Patienten-Gruppe höhere Rerupturraten für die Allografts nachgewiesen werden konnten [20]. Allerdings zeigte eine Studie, dass bei entsprechend prozessiertem Allograft, Berücksichtigung des Allografts in der postoperativen Rehabilitation und entsprechender Patientenschulung hinsichtlich Compliance gute Ergebnisse erzielt werden können, die keinen Unterschied zu Autografts aufweisen [6]. Bis zum Vorliegen entsprechender randomisierter Studien sollte die Indikation zur Verwendung von Allografts bei jungen Erwachsenen streng gestellt und nur als Reserveoption beispielsweise in der Revisionssituation angedacht werden.

Für die Verwendung von Allografts bei Erwachsenen gibt es einige Vergleichsstudien mit zum Teil sehr heterogenen Ergebnissen [26]. Auf Basis der relativ wenigen kontrollierten prospektiven randomisierten Studien zum Thema gibt es eine erstaunliche hohe Anzahl an Übersichtsartikeln und Metaanalysen zum Thema, die unterschiedlichen Fragestellung im Fokus haben (Tabelle 2). Die meisten Metaanalysen zeigen einen gewissen Vorteil der Autografts gegenüber den Allografts. Bei genauerer Betrachtung finden sich jedoch zum Teil große Unterschiede bei den Einschlusskriterien und in den Studienqualitäten. Damit kommt es zu einer Vermengung von Allografts verschiedener Firmen

Tabelle 1.

Transplantate	Vorteile	Nachteile
Autograft	Körpereigen (Goldstandard) Besser bei Kindern	Entnahmemorbidität Muskelschwächung Eingeschränkte Verfügbarkeit
Allograft	Keine Entnahmemorbidität Verkürzte OP-Zeit Exakte Form/Größe Zukunftspotential (Revision) Gute Verfügbarkeit	Hohe Kosten Verzögerte Einheilung Mögl. Transplantat-host- Reaktionen Restrisiko Infektion

mit unterschiedlichen Prozessierungsverfahren, unterschiedlicher Patienten und verschiedener OP-Methoden und daher zu einer eingeschränkten Aussagekraft der Studien. Zwei aktuelle Metaanalysen unterscheiden zusätzlich zwischen Allografts mit und ohne Bestrahlung zu Sterilisationszwecken. Es zeigten sich signifikant schlechtere Ergebnisse für hoch dosiert bestrahlte Allografts, wobei nicht-bestrahlte Allografts gleich gut wie Autografts abschnitten [15,34]. Randomisierte Studien, welche unterschiedliche Bestrahlungsdosen miteinander vergleichen, fehlen jedoch. Versucht wurden auch Kombinationen, sogenannte Hybridtechniken, aus Allograft und

Autograft während einer Operation, ohne jedoch bessere Ergebnisse zu erzielen als Allografts oder Autografts alleine [2,24,29].

Die Verwendung von Spendersehnen hat vor allem in der Revisionssituation klare Vorteile. Auf Basis präoperativer Schichtbildgebung (CT, MRT) lassen sich die Sehnen bequem bestellen. Durchmesser und Länge sind bekannt und können individuell angepasst werden, je nach Operateurswunsch kann mit oder ohne Knochenblock zur Defektauffüllung gearbeitet werden. Damit bleiben Patienten sonst oft notwendige zweizeitige Operationen erspart, da andernfalls definitive Rekonstruktionen erst nach primärer Defektauf-

füllung und Ausheilung stattfinden könnten. Bei großen Knochendefekten bzw. weiten Bohrkanälen nach vorangegangenen Operationen kann ein allogenes Transplantat mit anhängendem Knochenblock (z. B. Achillessehnen) entsprechend der ossären Defektgröße passgenau präpariert und press-fit eingebracht werden [10]. Die Patienten mit Kreuzbandrevisionen stellen sich meist als sehr inhomogene Gruppe dar, die einer individuellen Versorgung bedürfen, sodass Vergleiche über randomisierte Studien schwierig zu erbringen wären. In den klinischen Beobachtungsstudien werden die guten klinischen Resultate primärer VKB-Rekonstruktionen in der Regel nicht erreicht, jedoch wird durch den Revisionseingriff eine signifikante Verbesserung der Funktion erzielt [25]. Aber auch in der Revisionssituation gibt es Unterschiede im Outcome zwischen Allografts und Autografts [16].

Allograft und OP-Techniken

Hinsichtlich Technik und Fixierung ergeben sich keine Unterschiede in

Tabelle 2.

Erstautor	Jahr	Publikationstypus	Studien (n)	Setting	Favorisierter Outcome
Abouljoud [2]	2018	Systematic Review & Metaanalyse	1 RCT 8 nRCT	Hybrid (Allograft + Autograft) vs. Autograft	Kein Unterschied
Zeng [34]	2016	Systematic Review & Metaanalyse	9 RCT 10 Reviews	Allograft vs Autograft	Kein Unterschied bei „nonirradiated“ Allografts Besseres Ergebnis für Autografts gegenüber „irradiated“ Allografts Autograft besser
Wang [31]	2018	Systematic Review & Metaanalyse	4 RCT 2 Kohorten	„Irradiated“ Allograft cs Autograft	Autograft minimal besser
Wei [32]	2015	Metaanalyse	12 (RCT + nRCT)	„Nonirradiated“ Allograft	Autograft besser
Kräutler [21]	2013	Metaanalyse	76 Studien-Mix	BPTB Autograft vs Allograft	Autograft besser bei „nonirradiated“ Allografts gleich
Grassi [15]	2017	Metaanalyse	32 Studien-Mix	Autograft vs Allograft in Revisionssituation	Kein Unterschied
Sochacki [29]	2019	Systematic Review	6 Studien-Mix	Autograft vs Hybrid	

RCT randomised controlled trial; nRCT non-randomised controlled trial.

der Handhabung zwischen Allografts und Autografts. Bei der Transplantatfixierung erleben etablierte Systeme wie beispielsweise Schrauben, Buttons und Pins eine stetige Weiterentwicklung ohne signifikante Vorteile für ein spezielles Verankerungssystem. Eine Cochrane Analyse aus 2016 zeigt zum Beispiel, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen bioresorbierbaren Schrauben und Metallschrauben hinsichtlich Outcome nach VKB-Rekonstruktion gibt [12].

Verschiedene biologische Methoden werden sowohl bei Allograft- als auch Autograftverwendung getestet, um die Transplantateinheilung zu beschleunigen [10,11]. Neben stetiger Verbesserung bereits etablierter OP-Techniken hat sich die personalisierte Medizin auch in der Kreuzbandchirurgie einen beachtlichen Stellenwert erarbeitet. Der Vorteil von Allografts gegenüber Autografts besteht unter anderem darin, auf die individuellen Bedürfnisse der Patienten durch Bestellung der gewünschten Sehnenart, Länge und Durchmesser besser eingehen zu können. So erleichtern beispielsweise sogenannte Graft-Link® Allografts die Operation bei der All-inside Technik dadurch, dass sie bereits fertig präpariert und armiert sind und verkürzen somit noch weiter die OP-Zeit [7,8,33].

„Fazit für die Praxis“

Zusammenfassend beurteilt stellen Allografts bei primären VKB-Rekonstruktionen eine gute alternative Therapieoption zu Autografts dar, sofern die Indikation zur Implantation sorgfältig und individuell gestellt wird [9,28]. So sollten nicht-bestrahlte oder niedrigdosisbestrahlte Allografts verwendet werden, um ähnliche Langzeitergebnisse wie nach Autograftrekonstruktion erzie-

len zu können. In der Revisionssituation haben Allografts den Vorteil, bei größeren Knochendefekten mit einer einzeitigen Versorgung das Auslangen zu finden. Die Primärstabilität von Autografts und Allografts ist unter biomechanischen Gesichtspunkten vergleichbar. Ein verzögertes Einheilungsverhalten der allogenen Sehnen ist allerdings zu berücksichtigen und sollte entsprechend auch in der Nachbehandlung beachtet werden.

Interessenkonflikt

Es liegen keine Interessenkonflikte vor.

Literatur

- [1] AAOS Guideline: MANAGEMENT OF ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURIES EVIDENCE- BASED CLINICAL PRACTICE GUIDELINE, Adopted by the American Academy of Orthopaedic Surgeons Board of Directors. September 5, 2014; abrufbar unter <https://www.aaos.org/research/guidelines/ACLGuidelineFINAL.pdf> Abgefragt am 7.8.2019.
- [2] M.M. Abouljoud, J.S. Everhart, B.O. Sigman, D.C. Flanagan, R.A. Magnusson, Risk of Retear Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using a Hybrid Graft of Autograft Augmented With Allograft Tissue: A Systematic Review and Meta-analysis, *Arthroscopy*. 34 (10) (2018) 2927–2935.
- [3] C.L. Ardern, G.R. Ekås, H. Grindem, H. Moksnes, A. Anderson, F. Chotel, M. Cohen, M. Forssblad, T.J. Ganley, J.A. Feller, J. Karlsson, M.S. Kocher, R.F. LaPrade, M. McNamee, B. Mandelbaum, L. Micheli, N.G.H. Mohtadi, B. Reider, J.P. Roe, R. Seil, R. Siebold, H.J. Silvers-Graneli, T. Soligard, E. Witvrouw, L. Engebretsen, Prevention, diagnosis and management of paediatric ACL injuries, *Br J Sports Med*. 52 (20) (2018) 1297–1298.
- [4] M.A. Asselmeier, R.B. Caspari, S. Bottenfield, A review of allograft processing and sterilization techniques and their role in transmission of the human immunodeficiency virus, *Am J Sports Med*. 21 (2) (1993) 170–175.
- [5] G.S. Baer, C.D. Harner, Clinical outcomes of allograft versus autograft in anterior cruciate ligament reconstruction, *Clin Sports Med*. 26 (2007) 661–681.
- [6] F.A. Barber, C.H. Cowden, 3rd, E.J. Sanders, Revision rates after anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone allograft or autograft in a population 25 years old and younger, *Arthroscopy*. 30 (4) (2014) 483–491.
- [7] H. Bena, H. d'Astorg, S. Klouche, T. Bauer, G. Tomoaia, P. Hardy, Pain evaluation after all-inside anterior cruciate ligament reconstruction and short term functional results of a prospective randomized study, *Knee*. 21 (1) (2014) 102–106.
- [8] A.J. Blackman, M.J. Stuart, All-inside anterior cruciate ligament reconstruction, *J Knee Surg*. 27 (5) (2014) 347–352.
- [9] S.B. Cohen, J.K. Sekiya, Allograft safety in anterior cruciate ligament reconstruction, *Clin Sports Med*. 26 (4) (2007) 597–605.
- [10] V. Condello, U. Zdanowicz, B. Di Matteo, T. Spalding, P.E. Gelber, P. Advanti, P. Heuberger, S. Dimmen, B. Sonnerly-Cottet, C. Hulet, M. Bonomo, E. Kon, Allograft tendons are a safe and effective option for revision ACL reconstruction: a clinical review, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 27 (6) (2019) 1771–1781.
- [11] B. Di Matteo, M. Loibl, L. Andriolo, G. Filardo, J. Zellner, M. Koch, P. Angele, Biologic agents for anterior cruciate ligament healing: A systematic review, *World J Orthop*. 7 (9) (2016) 592–603.
- [12] P. Debieux, C.E. Franciozi, M. Lenza, M. J. Tamaoki, R.A. Magnusson, F. Faloppa, J.C. Belloti, Bioabsorbable versus metallic interference screws for graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction, *Cochrane Database Syst Rev*. 7 (Jul 24 2016) CD009772.
- [13] B.M. Fidelier, C.T. Vangsness Jr., B. Lu, Gamma irradiation: effects on biomechanical properties of human bone-patellar tendon-bone allografts, *Am J Sports Med*. 23 (1995) 643–646.
- [14] M. Goddard, N. Bowman, L.J. Salmon, A. Waller, J.P. Roe, L.A. Pinczewski, Endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction in children using living donor hamstring tendon allografts, *Am J Sports Med*. 41 (3) (2013) 567–574.
- [15] A. Grassi, C. Carulli, M. Innocenti, M. Mosca, S. Zaffagnini, C. Bait, SIGASCOT Arthroscopy Committee, Trends in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction:

- A Systematic Review of National Surveys of the Last 5 Years Joints. 6 (3) (2018) 177–187.
- [16] A. Grassi, M. Nitri, S.G. Moulton, G.M. Marcheggiani Muccioli, A. Bondi, M. Romagnoli, S. Zaffagnini, Does the type of graft affect the outcome of revision anterior cruciate ligament reconstruction?. a meta-analysis of 32 studies, *Bone Joint J.* 99-B (6) (2017) 714–723.
- [17] Greaves LL1, A.T. Hecker, C.H. Brown Jr., The effect of donor age and low-dose gamma irradiation on the initial biomechanical properties of human tibialis tendon allografts, *Am J Sports Med.* 36 (7) (2008) 1358–1366.
- [18] D.W. Jackson, E.S. Grood, J.D. Goldstein, M.A. Rosen, A comparison of patellar tendon autograft and allograft-tused for anterior cruciate ligament reconstruction in the goatmodel, *Am J Sports Med.* 21 (1993) 176.
- [19] D.W. Jackson, J. Corsetti, T.M. Simon, Biologic incorporation of allograft anterior cruciate ligament replacements, *Clin Orthop.* 324 (1996) 126–133.
- [20] P.W. Kane, J. Wascher, C.C. Dodson, S. Hammoud, S.B. Cohen, M.G. Ciccotti, Anterior cruciate ligament reconstruction with bone-patellar tendon-bone autograft versus allograft in skeletally maturen patients aged 25 years or younger KSSTA 24 (2016) 3627–3633.
- [21] Kraeutler MJ1, J.T. Bravman, E.C. McCarty, Bone-patellar tendon-bone autograft versus allograft in outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis of 5182 patients, *Am J Sports Med.* 41 (10) (2013) 2439–2448.
- [22] D.A. McGuire, S.D. Hendricks, Allograft tissue in ACL reconstruction, *Sports Med Arthrosc.* 17 (4) (2009) 224–233.
- [23] S.H. Nagda, G.G. Altobelli, K.A. Bowdery, C.E. Brewster, S.J. Lombardo, Cost analysis of outpatient anterior cruciate ligament reconstruction: autograft versus allograft, *Clin Orthop Relat Res.* 468 (5) (2010) 1418–1422.
- [24] A.T. Pennock, B. Ho, K. Parvanta, E.W. Edmonds, H.G. Chambers, J.H. Roocroft, T.P. Bastrom, Does Allograft Augmentation of Small-Diameter Hamstring Autograft ACL Grafts Reduce the Incidence of Graft Retear? *Am J Sports Med.* 45 (2) (2017) 334–338.
- [25] J.A. Rihn, C.D. Harner, The use of musculoskeletal allograft tissue in knee surgery, *Arthroscopy* 19 (Suppl 1) (2003) 51–66.
- [26] T.L. Sanders, A. Pareek, T.E. Hewett, B. A. Levy, D.L. Dahm, M.J. Stuart, A.J. Krych, Long-term rate of graft failure after ACL reconstruction: a geographic population cohort analysis, *KSSTA* 25 (1) (2017) 222–228.
- [27] K. Shino, M. Inoue, S. Horibe, Surface blood flow and histology of human anterior cruciate ligament allografts, *Arthroscopy* 7 (1991) 171–176.
- [28] R.S. Sikka, S.J. Narvy, C.T. Vangsness Jr., Anterior cruciate ligament allograft surgery: underreporting of graft source, graft processing, and donor age, *Am J Sports Med.* 39 (3) (2011) 649–655.
- [29] K.R. Sochacki, P.C. McCulloch, D.M. Lintner, J.D. Harris, Hamstring Autograft Versus Hybrid Graft in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of Comparative Studies, *Arthroscopy.* 35 (6) (2019) 1905–1913.
- [30] J.A. Tom, S.A. Rodeo, Soft tissue allografts for knee reconstruction in sports medicine, *Clin Orthop.* 402 (2002) 135–156.
- [31] S. Wang, C. Zhang, Y. Cai, X. Lin, Autograft or Allograft? Irradiated or Not?. A Contrast Between Autograft and Allograft in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Meta-analysis, *Arthroscopy.* 34 (12) (2018) 3258–3265.
- [32] J. Wei, H.B. Yang, J.B. Qin, T.B.A. Yang, meta-analysis of anterior cruciate ligament reconstruction with autograft compared with nonirradiated allograft, *Knee.* 22 (5) (2015) 372–379.
- [33] S.K. Yassen, Z.M. Borton, A.I. Eyre-Brook, H.C. Palmer, S.T. Cotterill, M. J. Risebury, A.J. Wilson, Clinical outcomes of anatomic, all-inside, anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction, *Knee.* 24 (1) (2017) 55–62.
- [34] C. Zeng, S.G. Gao, H. Li, T. Yang, W. Luo, Y.S. Li, G.H. Lei, Autograft Versus Allograft in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials and Systematic Review of Overlapping Systematic Reviews, *Arthroscopy.* 32 (1) (2016) 153–163.

Korrespondenzadresse:

University Klinik für Orthopädie und Traumatologie, Medizinische Universität Graz, Auenbruggerplatz 5, A-8036 Graz.
Tel.: + 43 316 385 81912.
E-Mail: gerwin.bernhardt@klinikum-graz.at

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect