

Thomas Gwechenberger

Dr. sc. hum.

Muskuläre Anpassung nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes: Effekte von Transplantatwahl und Trainingsmethode

Orthopädie

Doktorvater: Priv.-Doz. Dr. med. Nikolaus Alexander Streich

Nach VKB-Rekonstruktion treten transplantatspezifische Besonderheiten im postoperativen Nachbehandlungszeitraum hinsichtlich verschiedener biomechanischer, radiologischer, funktioneller und klinischer Outcomekriterien auf.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Unterschiede zwischen Patienten zu detektieren, welche mit einem mittleren, autologen Sehnenstreifen der Quadrizepssehne inkl. patellarem Knochenblock in fremdmaterialfreier Press-Fit Technik (QT) zur VKB-Rekonstruktion operiert wurden, und Patienten, deren VKB-Rekonstruktion unter Verwendung eines vierfach gelegten, autologen Semitendinosussehnentransplantats in Einzelbündeltechnik (ST) erfolgte. Darüber hinaus wurde ein Krafttraining mit exzentrischer Überlast einem herkömmlichen, konzentrisch-exzentrischen Training gegenüber gestellt, um unterschiedliche muskuläre Anpassungen nach VKB Rekonstruktion zu untersuchen.

Der Beobachtungszeitraum erstreckte sich über 1 Jahr. Die Interventionsphase begann 3 Monate nach Operation und dauerte 12 Wochen bis zum 6. Monat post-OP. Durch eine Randomisierung festgelegt, erfolgte das Training 2 mal pro Woche entweder an einer isokinetischen Beinpresse mit exzentrischer Überlast oder an einer konventionellen Beinpresse. Nach jeder 3. Woche wurde die Intensität des Trainings entweder durch eine Lasterhöhung oder durch eine Geschwindigkeitsveränderung gesteigert, sodass die Probanden im Sinne einer progressiven Trainingsbelastung in 4 Trainingsblöcken zu je 6 Trainingseinheiten nachbehandelt wurden. Zusätzlich zu diesem Krafttraining absolvierten alle Probanden das gleiche, ebenfalls progressiv gestaltete Koordinationstraining.

Mit isokinetischen Maximal- und Schnellkrafttests und mit Sprungkraftmessungen wurde die muskuläre Leistungsfähigkeit vor (3. Monat) und nach (6. Monat) der Trainingsphase erhoben, die Bestimmung des Muskelvolumens der

Oberschenkelvorder- und -rückseite im Kernspintomogramm erfolgte ebenso direkt vor und nach der Interventionsphase. Standardisierte Fragebögen kamen präoperativ, nach 3, 6 und 12 Monaten zum Einsatz, klinische Untersuchungen wurden präoperativ, nach 3 und nach 6 Monaten durchgeführt.

Mit einer Dropoutquote von 14,3% liefert das Lost to follow-up dieser Studie ein mit anderen Interventionsstudien vergleichbares Ergebnis. Alle übrig gebliebenen 58 Probanden absolvierten in der 12-wöchigen Trainingsphase mindestens 22 der gewünschten 24 Trainingseinheiten.

Die Ergebnisse der isokinetischen Muskelfunktionsanalyse zur Bestimmung der Seitendifferenz zeigen zu beiden Messzeitpunkten (T1: $p=.002$; T2: $p=.012$) ein signifikant größeres Kraftdefizit des Kniestreckers bei QT- (T1: 45% betr./ges.; T2: 69% betr./ges.) im Vergleich zu ST-Probanden (T1: 59% betr./ges.; T2: 80% betr./ges.). Dies gilt sowohl für Maximalkraft- als auch Schnellkraftparameter. Ausgehend von diesem geringeren Kraftpotential nach 3 Monaten post-OP können sich QT-Probanden über die Trainingsperiode in den relativen Kraftwerten allerdings signifikant ($p=.012$) besser entwickeln als ST-Probanden. In Bezug auf einen Ausgleich des Kraftdefizites im Seitenvergleich (%betr./ges.) entwickeln sich beide Gruppen ähnlich ($p=.287$) gut. Die funktionelle Leistungsfähigkeit der Beinstreckerkette wurde mit einem Kauersprung ermittelt. Nach 3 Monaten findet sich bei ST (63%) ein signifikant ($p=.045$) geringeres Defizit im Seitenverhältnis des Absprungimpulses als bei QT (51%), nach hoch signifikanter Entwicklung in beiden Gruppen ($p=.000$) kann nach 6 Monaten allerdings kein Gruppenunterschied mehr festgestellt werden ($p=.468$). In der Kraftentwicklung der Kniebeugemuskulatur können ebenfalls transplantatspezifische Defizite beobachtet werden. ST-Probanden erzielen in der Flexion zum Zeitpunkt T1 sowohl in der Maximal- ($p=.010$) als auch in der Schnellkraft ($p=.000$) schlechtere Ergebnisse (%betr./ges.) als QT-Probanden. Nach der Intervention besteht bei ST- gegenüber QT-Probanden weiterhin ein signifikant größeres Kraftdefizit der Kniebeuger in Bezug auf alle Parameter. Darüber hinaus entwickeln sich QT-Probanden über die Trainingsphase besser als die ST-Gruppe. Dies wird v. a. bei einer weiterführenden, qualitativen Betrachtung der Kraftentwicklung der Kniebeuger, und hier v. a. des isokinetischen Parameters Arbeit deutlich. Sowohl die Maximalkraft- ($p=.043$) als auch die Schnellkraftentwicklung ($p=.036$) ist bei QT größer als bei ST. Das bereits beschriebene Phänomen eines vermehrten Kraftverlusts in den tiefen Beugewinkeln bei ST konnte in dieser Studie bestätigt werden. In Ihrer Funktion als Knieinnenrotatoren zeigt die

mediale Kniebeugergruppe zwar in beiden Kollektiven nach 3 (QT: 92% betr./ges.; ST: 90% betr./ges.) und 6 (QT: 98% betr./ges.; ST: 90% betr./ges.) Monaten ein vergleichbares Kraftniveau, QT-Probanden können auch hier größere Zuwachsraten ($p=.023$) in der Kraft der Knieinnenrotation bescheinigt werden.

Das im MRT gemessene Muskelvolumen weist auch auf eine transplantatspezifische Muskelatrophie hin. Die Defizite (% betr./ges.) im m. quadrizeps femoris sind nach 3 Monaten im proximalen Bereich des Oberschenkels tendenziell ($p=.062$) und auch noch nach 6 Monaten bei QT-Probanden (T1: 78%; T2: 86%) signifikant größer ($p=.009$) als bei ST-Probanden (T1: 82%; T2: 91%). Im mittleren Bereich des Oberschenkels findet sich nach 6 Monaten ebenso noch ein signifikanter Unterschied im Muskelvolumen des Kniestreckers zwischen beiden Gruppen ($p=.011$). Während es in beiden Gruppen auf allen Ebenen zu einer signifikanten Muskelhypertrophie im Verlauf der Intervention kommt, kann dies für den distalen Bereich des Kniestreckers (hauptsächlich bedingt durch den m. vastus medialis) bei QT-Probanden nicht beobachtet werden ($p=.063$). Im Gegensatz dazu kann in Bezug auf die ischiocrurale Muskelgruppe bei QT zu keinem Messzeitpunkt eine signifikante Reduktion der Muskelmasse festgestellt werden (%betr./ges.). ST-Probanden zeigen im proximalen und distalen Bereich des Oberschenkels nach 3 (prox.: 84%; $p=.001$; dist.: 93%; $p=.026$) und 6 Monaten (prox.: 84%; $p=.003$; dist.: 94%; $p=.001$) im Vergleich zu QT-Probanden (3. Monat: prox.: 99%; dist.: 98%; 6. Monat: prox.: 96%; dist.: 104%) eine signifikant größere Muskelatrophie. Dieses Phänomen könnte durch die Retraktion des Muskelbauches des m. semitendinosus nach dessen Sehnenentnahme bedingt sein.

Die Angaben zum Aktivitätsniveau nach VKB-Rekonstruktion bestätigen die Ergebnisse anderer Operationsmethoden bzw. die bereits bestehenden Resultate bei QT- oder ST-Probanden. Nach Operation sinkt die Aktivität um ca. 3-4 Stufen (QT: 7,7 → 3,4; ST: 6,5 → 3), über den in dieser Studie durchgeführten Interventionszeitraum steigt die Aktivität wieder um 1 Stufe an (QT: 4,1; ST: 3,9). 1 Jahr postoperativ zeigt sich eine um 1 Stufe geringere Aktivität wie vor der Verletzung (QT: 6,8; ST: 6,2), wobei bei QT eine signifikante Verringerung ($p=.012$) im Vergleich zum präoperativen Aktivitätsniveau zu erkennen ist, bei ST kann dies nicht beobachtet werden ($p=.178$). Die „return to sport“-Quote kann bei QT mit 63% und bei ST mit 52% beziffert werden.

Ausgehend von einer präoperativ mäßigen Kniefunktion in beiden Gruppen können die Angaben zum Lysholm Score 3 Monate post-OP in beiden Gruppen bereits als gut (QT: 84,2) bzw. fast gut (ST: 82,2) bezeichnet werden. Nach der durchgeführten Intervention

können beide Gruppen über eine hervorragende Kniefunktion berichten (QT: 92,8; ST: 92,5), allerdings können nur QT-Probanden (93,9) dieses Prädikat über die weiteren 6 Monate zur 1-Jahres-Befragung konservieren, bei ST-Probanden (89,9) reduzieren sich die Angaben geringfügig.

Die Ergebnisse des IKDC Formblattes zur subjektiven Beurteilung des Knies lässt zum präoperativen Zeitpunkt und nach 3 Monaten post-OP in beiden Gruppen auf eine stark abnormale bzw. abnormale Kniefunktion schließen. Nach der Interventionsphase (6. Monat post-OP) beschreiben QT- (IKDC-Summenscore: 83) und ST-Probanden (IKDC-Summenscore: 82) eine bereits fast normale Kniefunktion. In der 12-Monatsbefragung berichten QT-Probanden über eine normale (IKDC-Summenscore: 94), ST-Probanden über eine fast normale (IKDC-Summenscore: 88) Kniefunktion, wobei ein signifikanter Vorteil bei QT zu erkennen ist ($p=.019$). Betrachtet man die anteiligen Ergebnisse in Kategorie A und B nach 6 Monaten, können 75% der QT- und 78% der ST-Probanden den beiden höchsten Klassen zugeordnet werden. 12 Monate post-OP sind dies bei QT 100%, diese weitere, sehr positive Entwicklung kann bei ST (87%) nur bedingt beobachtet werden.

In Bezug auf die Ergebnisse der klinischen Untersuchung können bei der Messung des Bewegungsausmaßes ebenso vergleichbare Ergebnisse zu anderen Studien beschrieben werden. Vom präoperativen Zeitpunkt bis zum 6. Monat post-OP erreichen mehr als 90% der Probanden laut IKDC Einteilung ein normales ROM hinsichtlich der Streckung, dies gilt für QT- als auch ST-Probanden. Ein Beugedefizit besteht bei ST-Probanden länger als bei QT-Probanden, nur 61,5% der ST-Probanden können 6 Monate post-OP eine normale Beugebeweglichkeit erzielen. Demgegenüber erreichen 87,5% der QT-Probanden ein normales ROM hinsichtlich der Flexion. Intraartikuläre Entzündungszeichen sind im frühen postoperativen Zeitraum bis zum einschließlich 3. Monat post-OP erwartungsgemäß zu erkennen, diese reduzieren sich bis zum 6. Monat in beiden Gruppen fast vollständig (QT: 0%; ST: 8%).

Betrachtet man die Ergebnisse der Bandstabilität mithilfe des KT1000 Arthrometers, ist die Stabilisierung des VKB-insuffizienten Knies mit beiden Operationsmethoden gelungen. Sowohl 3 (QT: 1,6mm; ST: 1mm; $p=.325$) als auch 6 Monate (QT: 1,4mm; ST: 0,7mm; $p=.124$) post-OP zeigen beide Gruppen mit einem Seitenverhältnis in der AP-Translation von unter 2mm eine normale Bandstabilität (IKDC-Kategorie A). Dies wird durch die Ergebnisse der manuellen Untersuchung zur Kreuzbandstabilität bekräftigt.

An beiden postoperativen Messzeitpunkten weisen in beiden Gruppen mehr als 95% der Probanden einen negativen Lachman-Test auf.

Die 2. Hauptfragestellung beschäftigte sich mit der Frage, ob ein Training mit exzentrischer Überlast (ISO) einem herkömmlichen Training (KON) nach VKB Rekonstruktion in Hinblick auf Kraftzuwachs, Hypertrophie und funktionelle Ergebnisse überlegen ist. Die ermittelten Kraftwerte zeigen keine wesentlichen Unterschiede zwischen beiden Trainingsmethoden, einziger Vorteil kann in einem tendenziell ($p=.065$) besseren Absprungimpuls des betroffenen Beines in der Sprungkraftmessung bei ISO (82 Newton) gegenüber KON (74 Newton) beschrieben werden. Eine signifikant größere Massenzunahme des m. quadrizeps femoris durch ein Training mit exzentrischer Überlast im Vergleich zu einem konventionellen Training (T1 → T2) kann im mittleren Bereich des Oberschenkels beobachtet werden (ISO: 77% → 89%; KON: 83% → 89%; $p=.043$). Unterschiede in der Muskelmasse der Oberschenkelrückseite sind nicht zu finden.

Das Aktivitätsniveau nach Tegner entwickelt sich in beiden Gruppen nahezu identisch, die Befragung nach dem „return to sport“ 1 Jahr post-OP können mit einer starken Tendenz ($p=.077$) ISO-Probanden (71%) allerdings häufiger beantworten als KON-Probanden (46%).

Unterschiedliche Faktoren wurden darüber hinaus auf Ihren Einfluss auf Kraft- und Volumenparameter hin untersucht. Das Alter bei Operation, der BMI sowie Begleitverletzungen hatten keinen Einfluss auf die postoperative Kraftentwicklung oder die Muskelmasse im MRT. Im Gegensatz dazu besitzen männliche gegenüber weiblichen Probanden in Bezug auf die relativen Kraftwerte einen geschlechtsspezifischen Vorteil. Sowohl in der Maximalkraft ($p=.003$) als auch in der Schnellkraft ($p=.000$) der Kniestrecker und in beiden Kraftparametern der Kniebeuger ($p=.000$) weisen zum Zeitpunkt T2 Männer bessere Kraftwerte auf als Frauen. Die Entwicklung im Laufe des Trainings zeigt allerdings keine Unterschiede. Ein Unterschied in der Muskelmasse kann nur für den mittleren Bereich des Kniestreckers zum Zeitpunkt T2 beobachtet werden (Männer: 91%, Frauen: 83%, $p=.002$). Ebenso konnten sich vor der Verletzung aktivere Probanden über den Interventionszeitraum hinsichtlich der relativen Maximal- ($p=.012$) und Schnellkraft ($p=.004$) für die Knieextension besser entwickeln als weniger aktive Teilnehmer. Bei Probanden, welche innerhalb der ersten 2 Monaten operativ versorgt wurden, zeigten darüber hinaus im hüftnahen Bereich nach 3 Monaten eine tendenziell ($p=.055$) geringere Muskelatrophie des m. quadrizeps femoris im als

Probanden, deren VKB-Rekonstruktion zu einem späteren Zeitpunkt erfolgte. Im mittleren Bereich des m. quadrizeps femoris zeigt sich ein signifikant geringere Atrophie bei aktiven Probanden ($p=.033$).