

I.J. Banke¹, A.B. Imhoff¹

Knotenlose und flächige Refixation von Rotatorenmanschettendefekten mittels maßgeschneiderter Speedbridge-Technik

Knotless and laminar repair of rotator cuff lesions with the tailored Speedbridge-Technique

Zusammenfassung: Für die erfolgreiche Rekonstruktion von Rotatorenmanschetteläsionen ist die richtige Balance zwischen suffizienter Primärstabilität und Respektierung der durch Verletzung und/oder Degeneration oft schon vorbestehend beeinträchtigter Biologie der Sehnenheilung entscheidend. Die neueren Bridging-Techniken scheinen hier einen möglichen Vorteil zu bieten. Die Innovation der Speedbridge-Technik besteht in der knotenlosen und flächigen Refixation des gerissenen Sehnenmaterials. Ihre verschiedenen Applikationsmöglichkeiten – wie die bekannte, knotenlos gekreuzte Doppelreihenkonfiguration mit 4 Ankern oder die knotenlose V- oder W- (sog. „Kassiopeia“) oder sogar VW-Konfiguration – ermöglichen eine weitestgehend maßgeschneiderte Adressierung der jeweiligen Rupturform. Zielsetzung der Speedbridge-Technik ist eine die jeweilige Rupturform respektierende und das Heilungspotenzial der Sehne möglichst wenig kompromittierende Naht von Rotatorenmanschettendefekten bei gleichzeitig hoher Anwenderfreundlichkeit in der Praxis.

Schlüsselwörter: Rotatorenmanschetteläsion, Supraspinatussehnenruptur, Subscapularissehnenruptur, Doppelreihenrekonstruktion, Speedbridge-Technik, knotenlos

Abstract: The optimal balance between sufficient initial fixation strength to last long enough for tendon healing and protection of the degenerative or traumatic compromised healing biology is essential for successful rotator cuff repair. The novel bridging techniques may be advantageous in rotator cuff repair. The Speedbridge-technique provides knotless and laminar repair of the torn tendon(s). Due to its various possible configurations such as the V- or W- (so called “cassiopeia”) or even VW-configuration besides the known knotless and crossed double row with 4 anchors, different types of cuff tear can be adequately addressed. The goal of the Speedbridge-technique is a tailored and tissue respecting, user-friendly rotator cuff repair.

Keywords: rotator cuff tear, supraspinatus tendon tear, subscapularis tendon tear, double row, Speedbridge-Technique, knotless

¹ Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München
DOI 10.3238/oup.2012.0244-0248

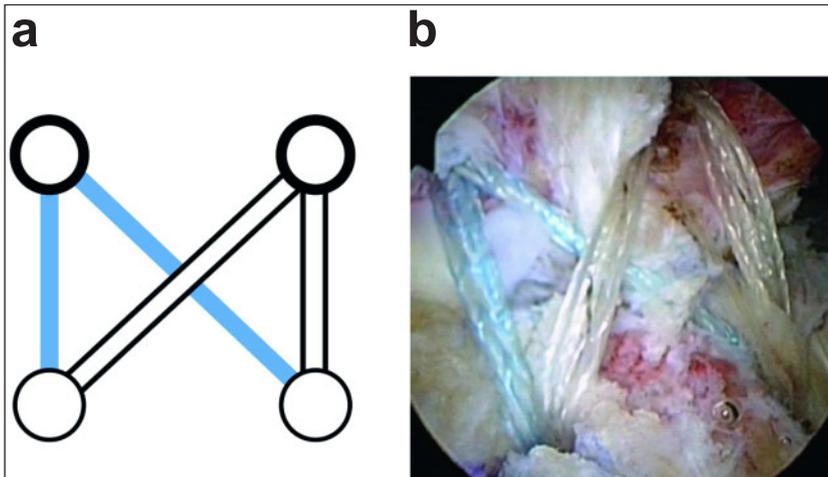


Abbildung 1 a) Ursprüngliche Speedbridge-Technik (dicker Kreis = mediale Reihe, dünner Kreis = laterale Reihe, blaue/weiße Striche = Fadenband). **1 b)** Intraoperativ knotenlose und flächige Refixation einer isolierten Supraspinatussehnenruptur in gekreuzter Doppelreihenkonfiguration (oben mediale Reihe, unten laterale Reihe) mit 2 FiberTapes (jeweils blau und weiß) und 4 bioresorbierbaren Ankern.

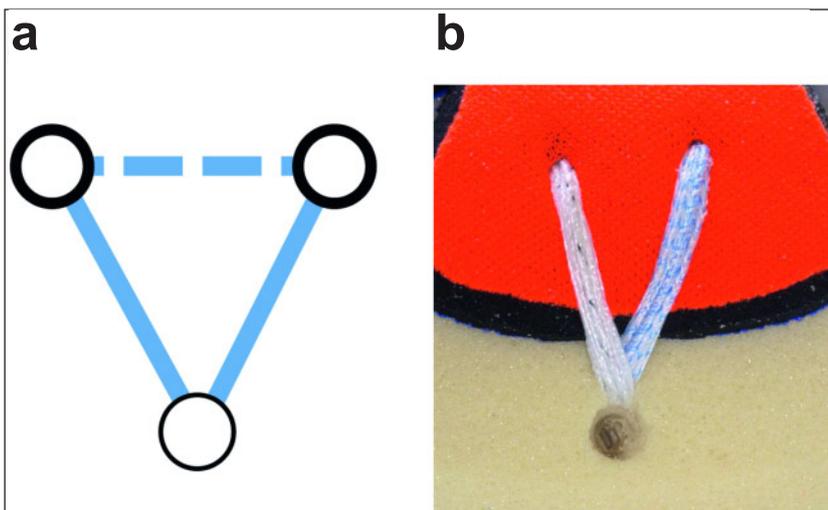


Abbildung 2 a) und 2 b) V-Konfiguration der Speedbridge-Technik mit FiberTape und 3 bioresorbierbaren Ankern.

Einleitung

Sowohl die offene als auch die arthroskopische Versorgung von Rotatorenmanschettentrüppungen gehört mittlerweile, bei einer Vielzahl an etablierten Techniken, zu den Standardoperationen im Schulterbereich. Der Anteil an Patienten mit Reruptur oder ausgebliebener Heilung der Rotatorenmanschette ist jedoch noch immer unbefriedigend hoch, trotz Verbesserung von Diagnostik, Operationstechnik sowie postoperativer Nachbehandlung [1, 2, 3].

Eine Reruptur kann mehrere Ursachen haben. In der frühen postoperativen Phase lässt sie sich entweder auf ein direktes Versagen der Naht (Fadenbruch, Knoteninsuffizienz, Anker- oder Fadendislokation) oder ein Durchschneiden der Naht durch die refixierte Sehne zurückführen. In dieser Phase erfolgt die Lastübertragung noch zum größten Teil über das Nahtkonstrukt selbst. Eine Reruptur in der fortgeschrittenen oder späten postoperativen Phase lässt meist auf eine gestörte Biologie der Sehnenheilung schließen. Faktoren wie u.a. eine zu starke Vorschädigung von

Sehne und Knochen, eine gestörte oder sogar abgeschnittene Blutversorgung, ein reduzierter Allgemeinzustand, Nikotinabusus oder Cortisoneinnahme mögen hier eine mehr oder weniger große Rolle spielen [4, 5].

Die Erhöhung von Primärstabilität und Ausreißkraft der Rotatorenmanschettennahtkonstrukte stand in den letzten Jahren klar im Vordergrund des wissenschaftlichen und industriellen Interesses, wie die Vielzahl an biomechanischen Arbeiten und industriellen Innovationen belegt. Die Folge war eine sprunghafte Optimierung von Naht- und Ankermaterialien sowie Fixationstechniken. Von der Einzelreihenrekonstruktion sind hohe Versagensraten mit Reruptur oder ausgebliebener Heilung größerer Defekte bekannt [2, 3]. Eine anatomische Footprintrekonstruktion ist in der Regel nicht möglich [6]. Geknotete Doppelreihenrekonstruktionen führen zu einer mehr flächigen und damit anatomischeren Footprintrekonstruktion durch Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen Sehne und Knochen [7]. Zudem zeigen sie, sowohl spannungsfrei als auch unter Spannung appliziert, eine höhere Primärstabilität und Versagenslast als die Einzelreihenrekonstruktionen [8, 9]. Burkhart et al. untersuchte eine weiterentwickelte, knotenlose Doppelreihenrekonstruktion an 7 humanen Kadaverschulterpaaren mit dem Ergebnis einer ebenso zufriedenstellenden Primärstabilität wie bei der herkömmlichen Doppelreihenrekonstruktion [10]. Eine weitere Erhöhung der Primärstabilität lässt sich, wie von den neueren Bridging-Techniken bekannt, durch Verstärkung der medialen Reihe mittels zusätzlichen Sehnenperforationen und/oder Knoten, erreichen [11, 12]. Diese Steigerung der mechanischen Stabilität geht jedoch zwangsläufig mit einer Erhöhung der Anzahl der Sehnenperforationen und des Nahtmaterialvolumens in und auf der geschädigten Sehne einher, in Kombination mit einem verstärkten Gewebestress [13, 14]. Inwieweit dies zu einer Kompromittierung der Biologie der Sehnenheilung führt, ist noch weitestgehend Gegenstand künftiger Studien. Christoforetti et al. konnten in einer intraoperativen Fallserie (n = 18) mittels Laser-Doppler-Sonde eine signifikante Reduktion des intratendinösen

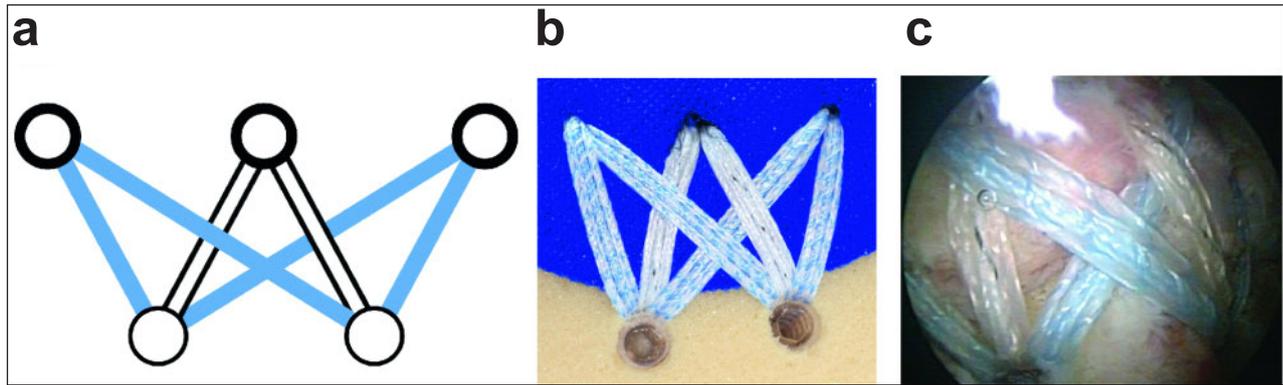


Abbildung 3 a) und 3 b) W-„Kassiopeia“-Konfiguration der Speedbridge-Technik (dicker Kreis = mediale Reihe, dünner Kreis = laterale Reihe, blaue/weiße Striche = Fadenband). **3 c)** Intraoperativ knotenlose und flächige Refixierung einer kombinierten Läsion von Supraspinatus und kranialem Infraspinatus in gekreuzter Doppelreihenkonfiguration mit 3 FiberTapes (2x blau und 1x weiß) und 5 bioresorbierbaren Ankern.

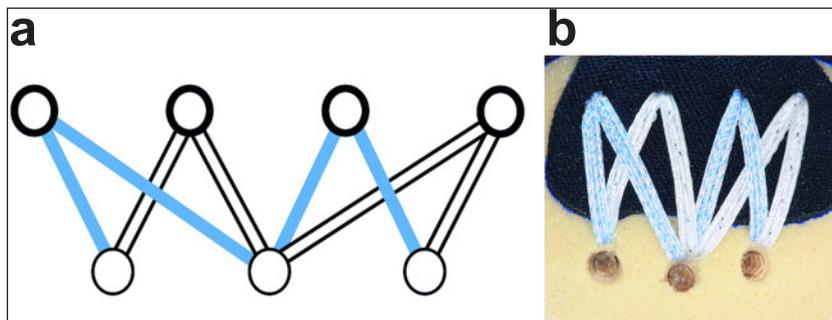


Abbildung 4 a) und 4 b) VW-Konfiguration als Maximalvariante der Speedbridge-Technik mit 4 FiberTapes (jeweils blau und weiß), 4 medialen und 3 lateralen bioresorbierbaren Ankern.

Blutflusses von 45% nach Anbringen der lateralen Reihe der SutureBridge (medial 4 Sehnenperforationen mit 2 Knoten) zeigen [13].

Die ursprüngliche Speedbridge-Technik (Arthrex, Inc.) beruht auf einer vollständig knotenlosen Doppelreihenrekonstruktion [11, 12]. Hervorzuheben sind die insgesamt nur 2 Sehnenperforationen und eine den Druck möglicherweise besser verteilende, flächige Fadenbandrefixierung des gerissenen Sehnenmaterials. Der aus der Schonung der Blutversorgung und Reduzierung des Gewebetraumas resultierende erhoffte Vorteil auf die Sehnenheilung mag dabei klinisch relevanter sein als die von Pauly et al. [12] und Anderl et al. [11] gezeigte, niedrigere biomechanisch Primärstabilität verglichen mit den medial geknoteten Bridging-Techniken. Das schlussendliche Versagen der knotenfreien Speedbridge in 10 Rinderschultern [11] als auch 9 Schweineschultern [12] beruhte auf einem Durchschneiden der medialen Reihe durch die Sehne.

Der aus biomechanischen Arbeiten bekannte Vorteil medial geknoteter Doppelreihentechniken spiegelt sich in klinischen Nachuntersuchungen nicht grundsätzlich wider. Gegenüber der arthroskopischen Einzelreihenrekonstruktion zeigen die neueren, medial geknoteten Techniken mit erhöhter Primärstabilität (mit Ausnahme bei größeren Rupturen und Massenrupturen (≥ 3 cm) als gute Indikation für die knotenlose Speedbridge-Technik) bisher keinen signifikanten Einfluss auf das funktionelle Outcome [14]. Verantwortlich mögen dabei eine zu starke Umverteilung der Kraftübertragung auf die mediale Reihe sowie eine gestörte Blutversorgung und Gewebeheilung sein. Einige systematische Übersichtsarbeiten mit meist kernspintomographischer Nachuntersuchung zeigen jedoch eine geringere Rerupturrate mit der Doppelreihenversorgung bei Rissen > 1 cm [15] als Hinweis auf eine verbesserte Sehnenheilung [14]. Längere Nachuntersuchungszeiträume sollen hier Klärung schaffen [14].

Mögliche Konfigurationen der Speedbridge-Technik

Die Vorteile der knotenlosen und druckverteilenden Speedbridge-Technik lassen sich, angepasst an Form und Größe der Rotatorenmanschettentraktur, in verschiedenen, sowohl arthroskopisch als auch offen anzuwendenden, Konfigurationsmöglichkeiten nutzen. Die weitestgehend schonende, anatomische Rekonstruktion des Footprintes wird durch vorangehende, sorgfältige Mobilisation der nach medial zurückgezogenen Sehne und damit Vermeidung einer unphysiologisch hohen Sehnenvorspannung ermöglicht.

Für die isolierte Versorgung einer Supraspinatussehnenruptur eignet sich die ursprünglich beschriebene Speedbridge-Technik (Arthrex, Inc.) (Abb. 1a-b). Mittels eines Shuttlefadens werden zwei 2 mm breite Fadenbänder in die geschädigte Sehne medial der Ruptur eingezogen. Das Einziehen der Fadenbänder durch die Sehne vor Setzen der Anker dient dabei der Reduzierung von Fadenproblemen. 2 jeweils mit einem Fadenband (blau und weiß, Abb. 1a-b) beladene, resorbierbare 4,75 mm Bio-SwiveLock Anker werden im Sinne einer medialen Reihe an der medialen Begrenzung des Footprintes (Übergang Knorpel-Knochengrenze) im Abstand von 1,5–3 cm, abhängig von Rupturgröße und Sehnenspannung, in den Humeruskopf eingebracht. Die Wahl des Abstandes der medialen Reihe zum lateral gelegenen Sehnenstumpf ist dabei von entscheidender Bedeutung. Auch

bei einer stark retrahierten Sehne lässt sich meist durch mediales Fassen der Sehne eine weitestgehend anatomische Rekonstruktion des Footprintes erzielen. Bei zu starker Sehnen-spannung ist jedoch ein medialisierter Footprint zum Erhalt der Biologie der Sehne zu akzeptieren. Nach Überkreuzen jeweils eines freien Fadenbandendes eines Ankers mit demjenigen des anderen Ankers (Abb. 1a-b) werden die beiden neu gebildeten Fadenbandpaare gemeinsam durch eine anterolaterale und ein posterolaterale Arbeitskanüle aus der Schulter ausgeführt. Ziel dabei ist die Vermeidung von Gewebebrücken. Nach Fixieren der beiden Fadenbandpaare mit jeweils einem 4,75 mm Bio-SwiveLock Anker an der lateralen Begrenzung des Footprintes im Abstand von 1,5–3 cm als laterale Reihe werden die Fadenbandenden ankernah abgeschnitten. Beim Fixieren des gesamten Konstrukts durch Setzen der lateralen Ankerreihe ist eine zu hohe Spannung der Fadenbänder mit der Gefahr einer Sehnenstrangulation zu vermeiden.

Bei kleineren Supraspinatussehnenrupturen als Alternative zur Einzelreihe sowie bei größeren Subskapularissehnenendefekten (> 1/3 Sehnenbreite) ist die V-Konfiguration der Speedbridge-Technik anzuwenden (Abb. 2a-b). Im Unterschied zu der ursprünglichen Speedbridge-Technik werden hier die freien Fadenenden nur eines Fadenbandes, welches mit 2 Anker als mediale Reihe am Humeruskopf fixiert wurde, einzeln nach lateral ausgeführt. Als laterale Reihe werden sie dann mit nur einem offenen 4,75 mm Bio-SwiveLock Anker an der lateralen Begrenzung des Footprintes am Humeruskopf fixiert (Abb. 2a-b).

Für die Rekonstruktion ausgedehnter Rotatorenmanschettentraktionen wie z.B. bei der gemeinsamen Refixierung von Supraspinatus und kranialem Infraspinatus (Abb. 3c), welche die räumlichen Möglichkeiten der gekreuzten Speedbridge mit 4 Anker übersteigen, kann die W-„Kassiopeia“-Konfiguration von Nutzen sein (Abb. 3a-c). Hierbei werden, jeweils einfach beladen mit einem vorher in die Sehne eingezogenen Fadenband, insgesamt drei 4,75 mm Bio-SwiveLock Anker als mediale Reihe an der medialen Begrenzung des Footprintes gesetzt. Die freien Fadenbandenden der 3 medialen Anker werden anschließend im Sinne einer „Kassiopeia“-Konfiguration überkreuzt, nach lateral ausgeführt und mit zwei 4,75 mm Bio-SwiveLock Anker an der lateralen Begrenzung des Footprintes im Knochen fixiert (Abb. 3c).

Bei Rotatorenmanschettentraktionen kann die Speedbridge als Reserveoption in einer VW-Konfiguration angewendet werden (Abb. 4a-b). Diese ist eine Kombination aus der V- und der W-Technik mit insgesamt 4 Fadenbändern, überkreuzt gespannt zwischen 4 medialen und 3 lateralen 4,75 mm Bio-SwiveLock Anker (Abb. 4a-b). Diese Konfigurationsmöglichkeit ist allerdings nur in Fällen mit anderweitig nicht suffizient zu deckenden Rotatorenmanschettentraktionen vorbehalten, da ein negativer Effekt auf die Sehnenheilung durch den deutlich erhöhten Material- und Zeitaufwand sowie Gewebestress als wahrscheinlich gilt. Ferner können sich die vielen Anker durch die Humeruskopfkrümmung gegenseitig behindern. Auch die Gefahr von Osteolysenbildung und Humeruskopfnekrose wächst mit steigender Ankerzahl.

Zusammenfassung

Die ursprünglich beschriebene Speedbridge-Technik zur Versorgung von Rotatorenmanschettentraktionen ist eine arthroskopisch oder offen durchführbare, knotenlose Doppelreihentechnik mit flächiger Refixierung der gerissenen Sehne(n) durch druckverteilendes Fadenband und insgesamt nur 2 Sehnenperforationen. Ihre verschiedenen Konfigurationsmöglichkeiten wie die knotenlose V- oder W- (sog. „Kassiopeia“) oder sogar VW-Anordnung ermöglichen eine maßgeschneiderte Adressierung verschiedener Rupturgrößen und -formen. Eine mögliche Verminderung der Gewebestrangulation und damit Schonung der Blutversorgung gegenüber den medial geknoteten Doppelreihentechniken lassen auf einen positiven Einfluss auf die Biologie der Sehnenheilung, insbesondere bei vorbestehender Sehendegeneration, hoffen. Dies mag in der klinischen Anwendung von größerem Stellenwert sein als die in biomechanischen Studien gezeigte niedrigere Primärstabilität verglichen mit den (medial zusätzlich) geknoteten und damit technisch anspruchsvolleren Bridging-Techniken. **OUP**

Interessenskonflikt: A.B. Imhoff ist als Consultant der Firma Arthrex, Inc. tätig.

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Ingo J. Banke
Abteilung und Poliklinik
für Sportorthopädie
Klinikum rechts der Isar
Technische Universität München
Ismaninger Straße 22
81675 München
E-Mail: ingo.banke@gmx.net

Literatur

- Bishop J, Klepps S, Lo IK, Bird J, Gladstone JN, Flatow EL. Cuff integrity after arthroscopic versus open rotator cuff repair: a prospective study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2006; 15: 290–299.
- Galatz LM, Ball CM, Teefey SA, Middleton WD, Yamaguchi K. The outcome and repair integrity of completely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears. *The Journal of bone and joint surgery. American volume.* 2004; 86-A: 219–224.
- Liem D, Lichtenberg S, Magosch P, and Habermeyer P. Arthroscopic rotator cuff repair in overhead-throwing athletes. *Am J Sports Med.* 2008; 36: 1317–1322.
- Longo UG, Berton A, Khan WS, Maffulli N, and Denaro V. Histopathology of rotator cuff tears. *Sports Med Arthrosc.* 2011; 19: 227–236.
- Maffulli N, Longo UG, Berton A, Loppini M, Denaro V. Biological factors in the pathogenesis of rotator cuff tears. *Sports Med Arthrosc.* 2011; 19: 194–201.
- Apreleva M, Ozbaydar M, Fitzgibbons PG, Warner JJ. Rotator cuff tears: the effect of the reconstruction method on three-dimensional repair site area. *Arthroscopy.* 2002; 18: 519–526.

7. Nelson CO, Sileo MJ, Grossman MG, and Serra-Hsu F. Single-row modified mason-allen versus double-row arthroscopic rotator cuff repair: a biomechanical and surface area comparison. *Arthroscopy*. 2008; 24: 941–948.
8. Baums MH, Buchhorn GH, Spahn G, Poppendieck B, Schultz W, Klinger HM. Biomechanical characteristics of single-row repair in comparison to double-row repair with consideration of the suture configuration and suture material. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2008; 16: 1052–1060.
9. Milano G, Grasso A, Zarelli D, Deriu L, Cillo M, Fabbriani C. Comparison between single-row and double-row rotator cuff repair: a biomechanical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2008; 16: 75–80.
10. Burkhart SS, Adams CR, Schoolfield JD. A biomechanical comparison of 2 techniques of footprint reconstruction for rotator cuff repair: the SwiveLock-FiberChain construct versus standard double-row repair. *Arthroscopy*. 2009; 25: 274–281.
11. Anderl W, Heuberger PR, Laky B, Krieglender B, Reihnsner R, Eberhardsteiner J. Superiority of bridging techniques with medial fixation on initial strength. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012 [EPub ahead of Print, Feb 26]
12. Pauly S, Fiebig D, Kieser B, Albrecht B, Schill A, Scheibel M. Biomechanical comparison of four double-row speed-bridging rotator cuff repair techniques with or without medial or lateral row enhancement. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2001; 19: 2090–2097.
13. Christoforetti JJ, Krupp RJ, Singleton SB, Kissenberth MJ, Cook C, Hawkins RJ. Arthroscopic suture bridge transosseus equivalent fixation of rotator cuff tendon preserves intratendinous blood flow at the time of initial fixation. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011; 21: 523–530.
14. Saridakis P, Jones G. Outcomes of single-row and double-row arthroscopic rotator cuff repair: a systematic review. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 2010; 92: 732–742.
15. Duquin TR, Buyea C, and Bisson LJ. Which method of rotator cuff repair leads to the highest rate of structural healing? A systematic review. *Am J Sports Med*. 2010; 38: 835–841.