

Neueste Ansätze zur besseren Rotatorenmanschetteneinheilung

VERLETZUNGEN DER MUSKELMANSCHETTE UM DEN OBER-ARMKOPF zählen zu den häufigsten Ursachen für operative Eingriffe an der Schulter. Das hohe Ausmaß an Rerupturen lässt sich unter anderem auf die limitierte Regenerationsfähigkeit der Sehnen zurückführen. Die Förderung der Einheilung durch Ausschaltung der bekannten Narbenheilung ist die große Herausforderung für die Zukunft.

TROTZ TECHNISCHER Weiterentwicklung in der Rotatorenmanschettenrekonstruktion kommt es postoperativ nach wie vor zu Rerupturen in unerwünscht hohem Ausmaß. Ein Grund dafür ist die Tatsache, dass bei der Sehnenheilung, bedingt durch eine limitierte Regenerationsfähigkeit, Narbengewebe anstelle einer normalen Sehnen-Knochen-Einheilung entsteht. Narbengewebe ist aber dem normalen Gewebe sowohl in funktioneller als auch in biomechanischer Hinsicht unterlegen und durch viele äußere Faktoren (wie Ernährung, Nikotinabusus etc.) beeinflussbar.

Eine Rotatorenmanschettennaht wird von verschiedensten Parametern beeinflusst. Einerseits bieten biomechanische Faktoren (wie Fadenankerdesign, Fadenankerinsertion, Fadenmaterial, etc.) die Grundlage für eine erfolgreiche Einheilung der Sehne am Knochen. Andererseits sind biologische Faktoren (wie Knochenqualität, Muskelqualität und fettige Veränderungen am Muskel, Sehnenqualität, Retraktion der Sehne sowie genetische und metabolische Faktoren [Ernährung, Lebensstil]) dafür verantwortlich, dass die Umgebung für ein aussichtsreiches Einwachsen der Sehne geschaffen wird. Dazwischen stehen die verschiedenen Nahtkonfigurationen, um die Sehnenrekonstruktion so stabil wie möglich zu gestalten, aber noch ausreichend Durchblutung zuzulassen und das biologische Ambiente nicht zu kompromittieren.

REKONSTRUKTION DER SEHNE IN IHREM KNOCHENBETT

Zuallererst sollte für eine erfolgreiche Rotatorenmanschettenrefixation eine anatomische Rekonstruktion der Rotatorenmanschette am Knochen angestrebt werden. Nach neuesten Erkenntnissen ist zu beachten, dass der Supraspinatusfootprint weit kleiner ist als früher berichtet und der größte Teil des Footprints am Tuberculum majus von der Infraspinatussehne überzogen wird, die, von dorsal kommend, über den Footprint in die Supraspinatussehne hineinstrahlt und sich am Ansatz mit der Sehne des Supraspinatus verflocht.

Des Weiteren ist bei der Rekonstruktion eines Sehnenrisses darauf zu achten, dass diese aus mehreren Schichten besteht, wovon zwei makroskopisch eindeutig zu identifizieren sind: eine tiefe, meist weiter retrahierte Schicht und eine oberflächliche, weniger retrahierte, jedoch rigidere Schicht. Folglich erscheint eine Rekonstruktion beider Schichten sinnvoll für eine anatomische Wiederherstellung der Rotatorenmanschette, obwohl es dafür

nur Hinweise, aber noch keine wissenschaftliche Evidenz gibt. Es konnte in Studien gezeigt werden, dass die größte Stabilität des Sehnen-Naht-Konstrukts durch doppelt geladene Fadenanker gegeben ist, wohingegen transossäre Nähte durch den Knochen schneiden. Fadenanker zeichnen sich vor allem durch die Breite und Durchgängigkeit der Gewindegänge aus, was für die Ankerstabilität entscheidend ist.

Das verwendete Ankermaterial ist weniger entscheidend für die Stabilität, lediglich von den früher verwendeten PLDLA-Ankern ist bekannt, dass diese zu Knochenosteolysen führen können. Mit den neuen PLLA-Ankern (Biocomposit) konnte dieses Problem umgangen werden.

Die Schwäche des Fadenmaterials ist mit neuartigem Material aus höher vernetzten Werkstoffen behoben und stellt keine Schwachstelle in der Sehnen-Naht-Konstruktion mehr dar. Trotz der Tatsache, dass der Fiberwire #2 mit 283 N Reißfestigkeit das mit Abstand stärkste Fadenmaterial am Markt ist, ist ein sorgfältiger Umgang mit dem Material zu empfehlen.

SUTURE-BRIDGE-TECHNIK

Um eine erfolgreiche Sehnen-Knochen-Heilung zu ermöglichen, ist nicht nur eine komplette Abdeckung des Footprints entscheidend, sondern es hat sich gezeigt, dass auch die Druckverteilung der Sehne am Knochen wichtig für eine Einheilung ist. Im Gegensatz zu einer herkömmlichen Double-Row-Naht mit Vierpunktfixation zeigt

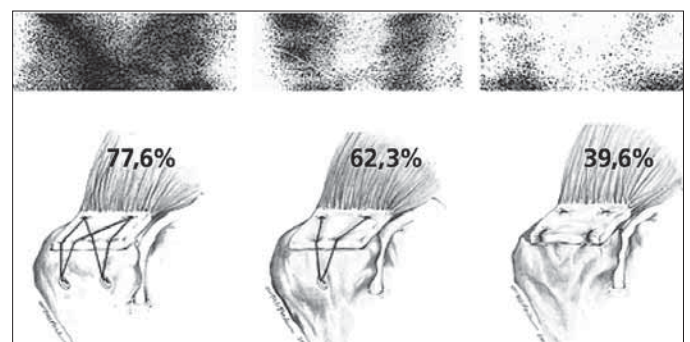


Abb. 1: Druckverteilung verschiedener Nahtkonstruktionen am Footprint (nach Park et al.)

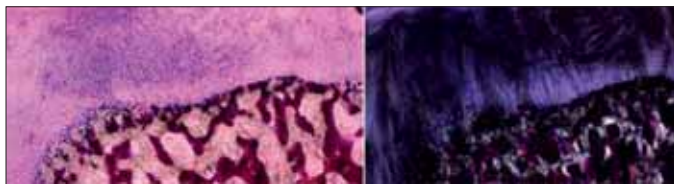


Abb. 2: Histologische Bilder einer nahezu physiologischen Sehnen-Knochen-Entese mit gerichteten Sharp'schen Fasern (im polarisierten Licht) vier Wochen nach Sehnen-Knochen-Naht-Augmentation mit demineralisierter Knochenmatrix (Tierstudie Schafmodell)

eine transossäre Äquivalenznaht (Suture-Bridge-Rekonstruktion), wobei die Sehne mit überkreuzten Fäden an den Footprint gepresst wird, die optimale Druckverteilung am Footprint (Abb. 1).

Die Stabilität einer Sehnen-Knochen-Naht-Konstruktion hängt nicht von der Anzahl der Anker, sondern vor allem von der Anzahl der verwendeten Fäden ab. Zahlreiche biomechanische Studien, unter anderem auch unsere Arbeitsgruppe, haben nachgewiesen, dass unter den möglichen Nahttechniken die Suture-Bridge-Technik die widerstandsfähigste und stabilste ist und somit die sicherste Nahtkonfiguration darstellt. Letztendlich muss es das Ziel sein, ein Gleichgewicht zwischen Erhaltung der Biologie und ausreichend stabilem Nahtkonstrukt zu finden.

WACHSTUMSFAKTOREN

Dass eingehelte Sehnen im Langzeit-Outcome ein signifikant besseres Ergebnis zeigen als rupturierte Sehnen, belegen zahlreiche Studien, und es ist unbestritten. Die Förderung der Sehneneinheilung vor allem gerade in chronischen Situationen – wie bei Rotatorenmanschettenrupturen oft der Fall – ist ausschlaggebend für ein gutes Ergebnis. Rodeo et al. konnten im Tierversuch zeigen, dass sich durch die Zugabe von osteoinduktivem Knochenproteinextrakt wieder eine annähernd physiologische Sehnen-Knochen-Verbindung bildet und die Narbengewebeformation massiv reduziert wird. Dies war der Beginn des Versuches, die Rotatorenmanschetteneinheilung durch die Zugabe von Wachstumsfaktoren positiv zu beeinflussen, um einen annähernd physiologischen Zustand zu reproduzieren. Die ursprüngliche Idee der Nahtaugmentation mit den sogenannten „platelet rich concentrates“ (PRP und PRF) hat sich leider in zahlreichen klinischen Studien als nicht effektiv erwiesen. Die zur Heilungsverbesserung notwendige Menge, Mischung und Abgabe von Wachstumsfaktoren sind derzeit noch unbekannt.

STAMMZELLEN

Ein anderer vielversprechender Ansatz ist die Verwendung von Stammzellen zur Augmentation der Rotatorenmanschettennaht. Stammzellen sind pluripotente Zellen, die sich je nach Umgebung in bestimmte Gewebe differenzieren können. Seit der Einführung von sogenannten „Point of care“-Zentrifugen, die das Prozessieren von Knochenmarkspirat zu einem Stammzellkonzentrat in einem einzeitigen Eingriff erlauben, ist die Anwendung deutlich erleichtert, und Stammzellen können nun auch im klinischen Alltag eingesetzt werden. Auf eine korrekte Entnahme, gute Qualität und eine ausreichende Zellzahl ist dabei zu achten.

Eine kürzlich erschienene klinische Studie zeigt den deutlichen Benefit der Stammzellaugmentation. Im Langzeitvergleich konnten Hernigou et al. nachweisen, dass eine signifikant verringerte Rerupturrate und ein besseres klinisches Ergebnis nach Rotatorenmanschettennaht mit mesenchymaler Stammzellaugmentation zu erwarten sind. Ein Problem, vor allem in der arthroskopischen

Chirurgie, stellen nach wie vor die Applikation des Stammzellenextraktes und der Verbleib desselben an der Sehnen-Knochen-Naht-Konstruktion durch den kontinuierlichen Flow dar.

Vice versa ist es unter diesem Aspekt möglicherweise auch von Vorteil, das Akromion anzufrischen, wo ebenso nachgewiesen wurde, dass es zu einem gesteigerten Ausschwemmen von Wachstumsfaktoren nach einer subakromialen Dekompression kommt.

DEMINERALISIERTE KNOCHENMATRIX

Ein Novum in der Sehnenrekonstruktion, obwohl schon seit Urist 1965 in der Knochenchirurgie bekannt, ist die Verwendung von demineralisierter Knochenmatrix zur Sehnen-Knochen-Naht-Augmentation (Abb. 2). Demineralisierter Knochen steigert die Osteoinduktivität und damit Osteogenese durch die Demaskierung der kollagengebundenen Wachstumsfaktoren. Der Vorteil gegenüber isolierten Wachstumsfaktoren ist, dass demineralisierte Knochenmatrix eine physiologische Menge und ein ebensolches Verhältnis an osteoinduktiven Wachstumsfaktoren bereitstellt und diese auch über einen längeren Zeitraum freisetzt.

Auch unsere Arbeitsgruppe konnte im Schafmodell nachweisen, dass Stellen von Sehnen-Knochen-Verbindungen, die mit demineralisierter Knochenmatrix augmentiert wurden, eine physiologische Entese aufweisen, hingegen Spots, die weiter von der demineralisierten Knochenmatrix entfernt sind, wieder mehr Narbengewebe ausbilden.

Die optimale Umgebung für eine ideale Sehnen-Knochen-Einheilung mag die Kombination von mehreren Verfahren sein, sodass hier die Verwendung von stammzellgetränkter demineralisierter Knochenmatrix zur Sehnen-Knochen-Naht-Augmentation am Footprint die vielversprechendste Variante für eine erfolgreiche Sehnen-Knochen-Einheilung darstellen könnte. Eine dementsprechende klinische Studie ist aktuell im KH BHS im Gange.

FAZIT

Die biomechanische Komponente der Rotatorenmanschettennaht ist nach heutigem Stand schon sehr weit ausgereizt. Nahtkonstrukte sind äußerst stabil, teilweise schon stabiler als eine native Sehnen-Knochen-Verbindung. Die Gefahr besteht nun in einer Kompromittierung der Sehnendurchblutung und der biologischen Umgebung. Die Förderung des regenerativen Potenzials der Sehneneinheilung durch Ausschaltung der bekannten Narbenheilung ist die große Herausforderung für die Zukunft. Mehrere Möglichkeiten bestehen. Was sich durchsetzt und ob sich Ergebnisse aus Tierstudien auf den Menschen übertragen lassen, wird die Zeit weisen.

Literatur bei den Verfassern

OA Dr. MICHAEL HEXEL
Abt. für Orthopädie und orthopädische
Chirurgie, KH der Barmherzigen Schwestern, Wien
michael.hexel@bhs.at



OA Dr. PHILIPP HEUBERER
Abt. für Orthopädie und orthopädische
Chirurgie, KH der Barmherzigen Schwestern, Wien

