Obere Extremität 2016 · 11:16–31
DOI 10.1007/s11678-015-0346-9
Eingegangen: 1. Oktober 2015
Angenommen: 2. Dezember 2015
Online publiziert: 4. Februar 2016
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

Christian Jung[1] · Lena Tepohl[2] · Reina Tholen[3] · Knut Beitzel[4] · Stefan Buchmann[4,5] · Thomas Gottfried[6,14] · Casper Grim[7] · Bettina Mauch[8] · Gert Krischak[2,9,14] · Hans Ortmann[10] · Christian Schoch[11] · Frieder Mauch[12,13]

[1] Schulthess Klinik Zürich, Obere Extremitäten, Zürich, Schweiz
[2] Institut für Rehabilitationsmedizinische Forschung an der Universität Ulm, Bad Buchau, Deutschland
[3] Deutscher Verband für Physiotherapie (ZVK) e.V., Köln, Deutschland
[4] Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie, Klinikum rechts der Isar, München, Deutschland
[5] Orthopädisches Fachzentrum (OFZ), Weilheim i. Obb., Deutschland
[6] Klinik Höhenried gGmbH der Deutschen Rentenversicherung Bayern Süd, Bernried, Deutschland
[7] Klinikum Osnabrück GmbH, Osnabrück, Deutschland
[8] Klinikum Stuttgart – Bad Cannstatt, Stuttgart, Deutschland
[9] Federseeklinik Bad Buchau, Bad Buchau, Deutschland
[10] Verband Physikalische Therapie (VPT) e.V. Landesgruppe Bayern, München, Deutschland
[11] St. Vinzenz Allgäu, Pfronten, Deutschland
[12] Sportklinik Stuttgart, Stuttgart, Deutschland
[13] Leiter der Kommission Rehabilitation der Deutschen Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie e.V. (DVSE), Stuttgart, Deutschland
[14] Sektion Rehabilitation – Physikalische Therapie der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e.V. (DGOU), Bernried, Deutschland

Rehabilitation nach Rotatorenmanschettenrekonstruktion

Eine Arbeit der Kommission Rehabilitation der Deutschen Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie e. V. (DVSE) in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Verband für Physiotherapie (ZVK) e. V., dem Verband Physikalische Therapie, Vereinigung für die physiotherapeutischen Berufe (VPT) e. V. und der Sektion Rehabilitation – Physikalische Therapie der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e. V. (DGOU)

Einleitung

Läsionen und Rupturen der Rotatorenmanschette (RM) sind ein häufiger Grund für Schulterbeschwerden [44]. Die Sehnenrekonstruktion hat sich heute als erfolgreiches operatives Behandlungsverfahren etabliert. Eine Verbesserung bezüglich Kraft, Beweglichkeit und Schmerzsituation kann nach einer Operation erwartet werden [27]. Leider besteht hinsichtlich der sich anschließenden Rehabilitation und deren Inhalte kein Konsens [24].

Die gängigen Rehabilitationsprotokolle nach Rekonstruktion der Rotatorenmanschette (RMR) variieren z. T. erheblich, selbst bei grundlegenden Inhalten wie der Dauer der Ruhigstellung, der Anwendung einer Orthese oder all-

Leitung der Kommission Rehabilitation der DVSE: Dr. Frieder Mauch; Prof. Dr. Gert Krischak.

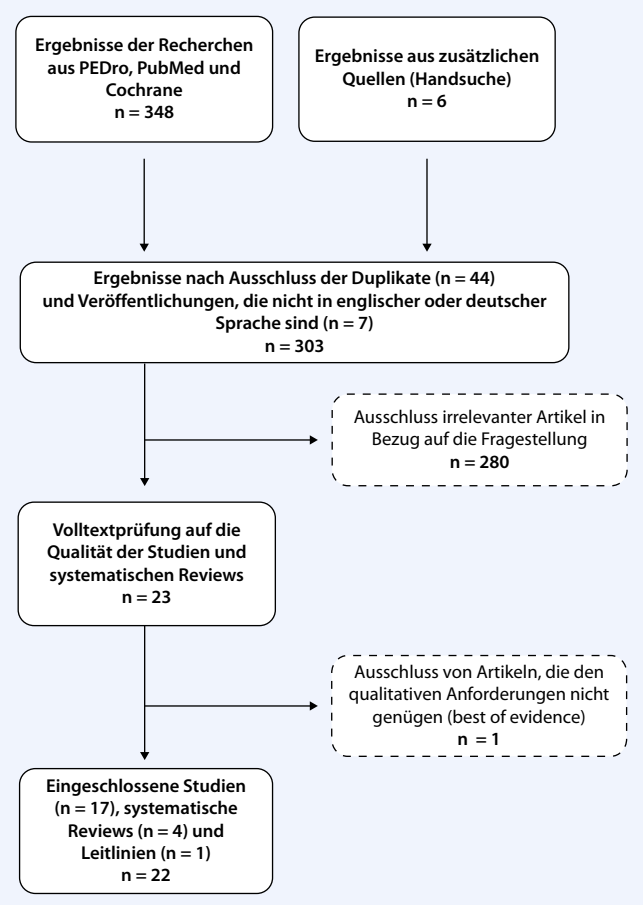

Abb. 1 ◀ Flow-Chart der elektronischen Datenbankabfrage

fälligen Bewegungslimitierungen. Ein Grund hierfür ist die unklare Evidenzlage für viele der gängigen Rehabilitationsinhalte. Dabei ist mit Gründung des „Instituts für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen" im Jahr 2004 die Evidenzbasierung im deutschen Gesundheitssystem zu einem zentralen Thema geworden. Nicht zuletzt aufgrund des Leitlinienprogramms der Deutschen Rentenversicherung wurde das Thema auch zunehmend in den Bereich der Rehabilitation getragen [23, 25].

Die Kommission Rehabilitation der Deutschen Gesellschaft für Schulter und Ellenbogenchirurgie (DVSE) hat sich intensiv mit dieser Problematik auseinandergesetzt. Ziel der vorliegenden Arbeit war es erstens, die wichtigsten Therapieinhalte nach RMR anhand einer umfassenden Literaturrecherche evidenzbasiert zu bewerten und mit Hilfe einer Umfrage unter ausgewiesenen DVSE-Schulterexperten einen evtl. bestehenden Konsens für oder gegen spezifische Therapieinhalte zu eruieren. Gerade bei dünner oder inkongruenter Datenlage kann so das gesammelte Expertenwissen einer Fachgesellschaft dazu beitragen, allen Mitgliedern wertvolle Hinweise für eine „best clinical practice" zu geben.

Material und Methoden

Literaturrecherche

Die Literatursuche erfolgte in hierarchisch angeordneten Schritten („best available evidence") nach Leitlinien, „health technology assessments" (HTA), systematischen Übersichtsarbeiten und klinischen Studien, die die postoperative Rehabilitation nach RMR untersuchten. Darauf aufbauend folgte eine Analyse der recherchierten Primärliteratur (**Abb. 1**).

Begonnen wurde mit der Suche nach nationalen und internationalen Leitlinien in den Datenbanken des „Guidelines International Network" (http://www.g-i-n.net/), verschiedenen anderen nationalen Leitlinien („National Guideline Clearinghouse", AWMF, SIGN, NICE) und HTA (INAHTA, HTAi, EUnetHTA, DIMDI, IQWiG).

Die Recherche nach Metaanalysen, systematischen Reviews und Primärstudien wurde in den elektronischen Datenbanken Medline via PubMed, „Cochrane Central Register of Controlled Trials", „Cochrane Database of Systematic Reviews" und „Physiotherapy Evidence Database" (PEDro), jeweils für den Zeitraum 01/2004 bis 10/2014 durchgeführt. Zusätzlich erfolgte eine Handsuche mit allgemeiner Internetrecherche, Screening der Literaturangaben in den ermittelten Artikeln und nochmaliges Auswerten verschiedener Fachzeitschriften. Zu den Themen Sehnenheilung und Ruhigstellungsdauer erfolgte zudem noch eine Handsuche nach relevanten Tierstudien. Die Auswahl relevanter Publikationen bestimmte neben der inhaltlichen Relevanz für die Fragestellung, die Abfassung in englischer oder deutscher Sprache und die Mindestanzahl von zehn Patienten pro Gruppen bei Vergleichsstudien.

Die Auswahl der Literatur erfolgte auf Grundlage des PICO-Schemas des Cochrane Instituts (**Tab. 1**). Für das Evidenzlevel wurde die Einteilung des „Oxford Center for Evidenz Based Medicine" 2009 (OCEBM) verwendet.

Als Tool für die Bewertung der Einzelstudien wurde die PEDro-Skala (http://www.pedro.org.au) verwendet, und die systematischen Übersichtsarbeiten wurden nach AMSTAR („assessment of multiple systematic reviews"; http://amstar.ca) bewertet. Es dienten nur Studien als Grundlage für das Konsenspapier, die den höchsten erhältlichen Evidenzgrad auswiesen. Dabei sollten mindestens zwei Studien zu einem Thema vorliegen. Lag beispielsweise nur eine Level-I-Studie zu einem Thema vor, wurden vorhandene Level-II-Studien ebenfalls berücksichtigt. Lagen zwei oder mehr Level-I-Studien vor, sollten alle Level-II-, -III- und -IV-Studien nicht mehr berücksichtigt werden. Konsensthemen, die in der Literatur nicht entsprechend abgebildet waren, wurden auf der Basis der „best available evidence" herangezogen.

Zusammenfassung · Abstract

Obere Extremität 2016 · 11:16–31 DOI 10.1007/s11678-015-0346-9
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

C. Jung · L. Tepohl · R. Tholen · K. Beitzel · S. Buchmann · T. Gottfried · C. Grim · B. Mauch · G. Krischak · H. Ortmann · C. Schoch · F. Mauch

Rehabilitation nach Rotatorenmanschettenrekonstruktion. Eine Arbeit der Kommission Rehabilitation der Deutschen Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie e. V. (DVSE) in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Verband für Physiotherapie (ZVK) e. V., dem Verband Physikalische Therapie, Vereinigung für die physiotherapeutischen Berufe (VPT) e. V. und der Sektion Rehabilitation – Physikalische Therapie der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e. V. (DGOU)

Zusammenfassung

Hintergrund. Läsionen und Rupturen der Rotatorenmanschette sind ein häufiger Grund für Schulterbeschwerden. Die Sehnenrekonstruktion hat sich heute als erfolgreiches operatives Behandlungsverfahren etabliert. Leider besteht hinsichtlich der sich anschließenden Rehabilitation und deren Inhalte kein Konsens.

Ziel. Das Ziel ist es, die wichtigsten Therapieinhalte nach Rekonstruktion der Rotatorenmanschette anhand einer umfassenden Literaturrecherche evidenzbasiert zu bewerten und mit Hilfe einer Umfrage unter ausgewiesenen DVSE-Schulterexperten (Deutsche Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie e. V.) einen evtl. bestehenden Konsens für oder gegen spezifische Therapieinhalte zu eruieren.

Material und Methoden. Die Literatursuche erfolgte nach Leitlinien, „health technology assessments", systematischen Übersichtsarbeiten und klinischen Studien, die die postoperative Rehabilitation nach Rekonstruktion der Rotatorenmanschette untersuchten. Abgefragt wurden die Datenbanken des „Guidelines International Network", diverse nationale Leitlinien, PubMed, das „Cochrane Central Register of Controlled Trials", die „Cochrane Database of Systematic Reviews" und die „Physiotherapy Evidence Database", jeweils für den Zeitraum 01/2004 bis 10/2014. Im Rahmen einer Online-Umfrage wurden 63 ausgewählte DVSE-Experten zu spezifischen Therapieinhalten der Rehabilitation befragt.

Ergebnisse. Im Zeitraum seit 2004 ließen sich eine Leitlinie, 4 Reviews und 17 Originalarbeiten identifizieren, die als Grundlage zum Aufbau einer strukturierten Nachbehandlung dienten. In Zusammenschau aller Ergebnisse und unter Einschluss der DVSE-Expertenmeinungen konnte ein Grundkonzept der Nachbehandlung erstellt werden, welches in einem Vier-Phasen-Modell zusammengefasst wurde.

Schlüsselwörter

Nachbehandlung · Sehnenrekonstruktion · Rehabilitation · Rotatorenmanschettenruptur · Physiotherapie

Rehabilitation after rotator cuff repair. A work of the Commission Rehabilitation of the German Society of Shoulder and Elbow Surgery e. V. (DVSE) in collaboration with the German Association for Physiotherapy (ZVK) e. V., the Association Physical Therapy, Association for Physical Professions (VPT) e. V. and the section Rehabilitation – Physical Therapy of the German Society for Orthopaedics and Trauma e. V. (DGOU)

Abstract

Background. Tears and lesions of the rotator cuff are a frequent cause of shoulder pain and disability. Surgical repair of the rotator cuff is a valuable procedure to improve shoulder function and decrease pain. However, there is no consensus concerning the rehabilitation protocol following surgery.

Objectives. To review and evaluate current rehabilitation contents and protocols after rotator cuff repair by reviewing the existing scientific literature and providing an overview of the clinical practice of selected German Society of Shoulder and Elbow Surgery e.V. (DVSE) shoulder experts.

Materials and methods. A literature search for the years 2004–2014 was conducted in relevant databases and bibliographies including the Guidelines International Network, National Guidelines, PubMed, Cochrane Central Register of Controlled Trials, Cochrane Database of Systematic Reviews, and the Physiotherapy Evidence Database. In addition, 63 DVSE experts were contacted via an online questionnaire.

Results. A total of 17 studies, four reviews, and one guideline fulfilled the inclusion criteria. Based on these results and the obtained expert opinions, a four-phase rehabilitation protocol could be developed.

Keywords

Treatment outcome · Rotator cuff repair · Tendon reconstruction · Cuff tear · Physiotherapy

Expertenmeinung

Im Rahmen der Kommission Rehabilitation der DVSE wurde nach Auswertung der Literatur entschieden, zu welchen Themenfeldern gezielt die Meinung von DVSE-Experten eingeholt werden sollte. Die einzelnen Themen wurden in folgenden Gruppen zusammengefasst:

1. Ruhigstellung und Lagerung,
2. physikalische Therapie (Kryotherapie, Elektrotherapie, Bewegungsbad),
3. Physiotherapie, Selbstübungen und CPM („continuous passive motion"),
4. Phasen-Modelle.

Über das Online-Tool „Surveymonkey" (www.surveymonkey.com) wurden 63 ausgewählte DVSE-Experten zwischen 02/2015–04/2015 befragt. Die Teilnehmerquote betrug 69,8 %.

Tab. 1 Darstellung des PICO-Systems (Cochrane Institute)

P	Population	Patienten in der postoperativen Behandlung nach RMR
I	Intervention	Spezifische Therapiemaßnahmen zur postoperativen Behandlung nach RMR (z. B. Art der Therapie, Frequenz, Dauer, Intervalle)
C	Comparator	Patienten ohne vergleichbare spezifische Therapiemaßnahmen nach RMR
O	Outcome	Auswirkungen in Bezug auf die Rehabilitation (Funktion, Schmerzen und Verbesserung von Beeinträchtigungen bzw. der Lebensqualität etc.)

Tab. 2 Ergebnisse Literaturrecherche Reviews

Autor	Jahr	Titel	Evidenzlevel	Studien	Outcome-Measure	Ergebnis
Chan et al.	2014	Delayed versus early motion after arthroscopic rotator cuff repair: a meta-analysis	Review 1A/1+	3	Primary outcome: functional scores from the validated ASES scale. Secondary outcome: Constant-Murley scale (CMS), Simple Shoulder Test (SST), Western Ontario Rotator Cuff (WORC) index, and Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH)	Three level I and 1 level II randomized trials were eligible and included. Pooled analysis revealed no statistically significant differences in American Shoulder and Elbow Surgeons scores between delayed vs early motion rehabilitation (mean difference [MD], 1.4; 95 % confidence interval [CI], −1.8 to 4.7; $P=0.38$, $I(2)=34\,\%$). The risk of retears after surgery did not differ statistically between treatment groups (risk ratio, 1.01; 95 % CI, 0.63–1.64; $P=0.95$). Early passive motion led to a statistically significant, although clinically unimportant, improvement in forward elevation between groups (MD, −1°; 95 % CI, −2° to 0°; $P=0.04$, $I(2)=0\,\%$). There was no difference in external rotation between treatment groups (MD, 1°; 95 % CI, −2° to 4°; $P=0.63$, $I(2)=0\,\%$). None of the included studies identified any cases of postoperative shoulder stiffness.
Shen et al.	2014	Does immobilization after arthroscopic rotator cuff repair increase tendon healing? A systematic review and meta-analysis	Review 1A/1+	3	Primary outcome: tendon healing in the repaired cuff. Secondary outcome: range of motion (ROM) and American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES) shoulder scale, Simple Shoulder Test (SST), Constant, and visual analog scale (VAS) for pain scores	Three RCTs examining 265 patients were included. Meta-analysis revealed no significant difference in tendon healing in the repaired cuff between the early-motion and immobilization groups. A significant difference in external rotation at 6 months postoperatively favored early motion over immobilization, but no significant difference was observed at 1 year postoperatively. In one study, Constant scores were slightly higher in the early-motion group than in the immobilization group. Two studies found no significant difference in ASES, SST, or VAS score between groups.
Du Pleiss et al.	2011	The effectiveness of continuous passive motion on range of motion, pain and muscle strength following rotator cuff repair: a systematic review	Review 1A/1++	3	Shoulder joint range of motion as measured by a goniometer, shoulder score and the constant score; shoulder pain as measured by the visual analogue scale and the shoulder score; and shoulder muscle strength as measured by the hand-held dynamometer and the shoulder score	Continuous passive motion is safe to use with physiotherapy treatment following rotator cuff repair surgery. It may help to prevent secondary complications post operatively.
Baumgarten et al.	2009	Rotator cuff repair rehabilitation: a level I and II systematic review	Review 1A/1+	4	Hospital for Special Surgery System for Assessing Shoulder Function, Mayo Clinic preoperative and postoperative analysis of the shoulder, pain VAS, range of motion, isometric strength, Shoulder Pain and Disability Index (SPADI), Shoulder Service Questionnaire (modified version of the Shoulder Rating Questionnaire)	Two studies examined the use of continuous passive motion for rotator cuff rehabilitation, and 2 studies compared an unsupervised, standardized rehabilitation program to a supervised, individualized rehabilitation program. These studies did not support the use of continuous passive motion in rotator cuff rehabilitation, and no advantage was shown with a supervised, individualized rehabilitation protocol compared to an unsupervised, standardized home program. Each investigation had weaknesses in study design that decreased the validity of its findings.

Tab. 3 Ergebnisse Literaturrecherche Leitlinien

Herausgeber	Jahr	Titel der Leitlinie	Empfehlungen bzw. Statements
American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS)	2010	Optimizing the Management of Rotator Cuff Problems - Guideline and Evidence Report	**Post-Operative Treatment - Cold Therapy** **In the absence of reliable evidence, it is the opinion of the work group that local cold therapy is beneficial to relieve pain after rotator cuff surgery. Strength of Recommendation: Consensus** **Post-Operative –Sling, shoulder immobilizer, abduction pillow, or abduction brace** We cannot recommend for or against the preferential use of an abduction pillow versus a standard sling after rotator cuff repair. Strength of Recommendation: Inconclusive **Post-Operative Rehabilitation – Range of Motion Exercises** We cannot recommend for or against a specific time frame of shoulder immobilization without range of motion exercises after rotator cuff repair. Strength of Recommendation: Inconclusive **Post-Operative Rehabilitation – Active Resistance Exercises** We cannot recommend for or against a specific time interval prior to initiation of active resistance exercises after rotator cuff repair. Strength of Recommendation: Inconclusive **Post-Operative Rehabilitation – Home Based Exercise and Facility Based Rehabilitation** We cannot recommend for or against home-based exercise programs versus facility-based rehabilitation after rotator cuff surgery. Strength of Recommendation: Inconclusive **Post-Operative – Infusion Catheters** We cannot recommend for or against the use of an indwelling subacromial infusion catheter for pain management after rotator cuff repair. Strength of Recommendation: Inconclusive

Ergebnisse und Diskussion

Die Leitliniensuche ergab einen Treffer der „American Academy of Orthopaedic Surgeons". In den Datenbanken konnten 2 systematische Reviews und 13 klinische Studien recherchiert werden. Aus der Handsuche wurden zusätzlich 2 systematische Übersichtsarbeiten und vier Einzelstudien eingeschlossen. Eine komplette Übersicht aller Arbeiten ist tabellarisch aufgeführt (**Tab. 2, 3, 4**).

Um den Umfang des Informationsgehalts gerecht zu werden, sind im Folgenden die einzelnen Unterbereiche des gesamten Rehabilitationsablaufs thematisch einzeln ausgearbeitet und diskutiert. Zudem werden die Ergebnisse der Expertenbefragung themenabhängig dargestellt.

Ruhigstellung und Lagerung

Bereits unmittelbar nach Operationsende stellt sich die Frage, ob und in welchem Ausmaß die frisch operierte Schulter bewegt werden darf. Hierbei gilt es die Gefahr einer Reruptur bzw. gestörter Sehnenheilung durch zu viel Belastung, gegenüber einer Schultersteife durch zu lange Ruhigstellung abzuwägen. Kadaverstudien zeigten, dass die sog. „time zero strength" der genähten Supraspinatussehne 70–100 % der auf sie wirkenden Kräfte wiederherstellt [40]. Allerdings zeigen biomechanische Studien bei zyklischer, klinisch relevanter Belastung auch bei Double-row-Nahtkonstrukten einen „Gapping-Effekt" [40].

Mit fortschreitender Sehnenheilung ändern sich die biomechanischen Eigenschaften des Sehnen-Naht-Konstrukts. Es sollte daher der zeitliche Ablauf der Sehnenheilung berücksichtigt werden. Hierzu wird aus verständlichen Gründen häufig auf tierexperimentelle Studien zurückgegriffen. Der Sehnenheilungsprozess ist hier bereits intensiv untersucht. In Tiermodellen zeigte sich in der entzündlichen Phase 0–14 Tage postoperativ noch eine fragile Narbe [7]. In der anschließenden proliferativen Phase 3–4 Wochen postoperativ wachsen Fibroblasten, Myofibroblasten und endotheliale Zellen ein, die Neoangiogenese startet und es entsteht eine stärkere Sehnen-Knochen-Verbindung. In der Reifungs- und Remodeling-Phase ab der 4. bis 6. Woche wird Kollagen III zunehmend durch reifes Kollagen I ersetzt, die Sehnenintegration in den Knochen wird gestärkt und stabiler.

In Tierstudien variieren die Zeitangaben bis zum Erreichen der vollen Widerstandskraft zwischen 12–26 Monate [7]. Überträgt man nun die Fragestellung der frühen Bewegungstherapie auf das Tiermodell, gibt es Schwierigkeiten im Vergleich und der Interpretation der unterschiedlichen Tiermodelle, sowie der offensichtlichen Schwierigkeit einer standardisierten Bewegungsübung bei Tieren und letztlich auch bei der Übertragbarkeit der Resultate auf den Menschen.

Li et al. [30] fanden eine durch frühe passive Beübung begünstigte Sehnenheilung beim Kaninchen. Peltz et al. [36] zeigten in einem Rattenmodell, dass bei direkter postoperativer passiver Beübung durch vermehrte Narbenbildung die Beweglichkeit schlechter war. Bezüglich der Sehnenheilung zeigten sich keine Unterschiede. Dementgegen fanden Gimbel et al. [16] bessere mechanische Eigenschaften der einheilenden Sehne im Rattenmodell bei verlängerter Ruhigstellung. Interessant ist jedoch, dass sich eine komplette Lastreduzierung mittels Botulinum-Toxin negativ auf die Sehnenheilung im Tiermodell auszuwirken scheint [13]. In einer Vergleichsstudie zwischen direkter Freigabe der Beweglichkeit, kurzzeitiger Ruhigstellung mit folgender passiver Bewegungsübung sowie vollständiger Ruhigstellung im Kaninchenmodell fanden Zhang et al. [47] keine negativen Effekte einer direkten postoperativen passiven Beübung unter zwischenzeitlicher Ruhigstellung auf die Sehnenheilung histologisch und im Magnetresonanztomogramm (MRT). Eine komplette Freigabe der Funktion führte jedoch zu einer Verschlechterung der Sehnenheilung.

Im Vergleich zu den doch uneinheitlichen Tierstudien gibt es zwischenzeitlich eine gute Datenlage aus prospektiven Studien beim Menschen. Es zeichnet sich dabei kein Nachteil einer früher passiven Bewegungsübung ab [19]. So konnten

Tab. 4 Ergebnisse Literaturrecherche Originalarbeiten

Autor	Jahr	Titel	Evidenzlevel	Anzahl Patienten (*n*=)	Outcome-Measure	Ergebnis
Arndt et al.	2012	Immediate passive motion versus immobilization after endoscopic supraspinatus tendon repair: a prospective randomized study	RCT 2b/1-	100 50/50	Passive range of motion with a goniometer (in anterior elevation and external rotation) and Constant and Murley score	The mean preoperative Constant score improved significantly from 46.1 points to 73.9 at the final follow-up. The rate of intact cuffs was 58.5 %. Functional results were statistically better after immediate passive motion with a mean passive external rotation of 58.7° at the final follow-up versus 49.1° after immobilization ($p=0.011$), a passive anterior elevation of 172.4° versus 163.3° ($p=0.094$) respectively, a Constant score of 77.6 points versus 69.7 ($p=0.045$) respectively, and a lower rate of adhesive capsulitis and complex regional pain syndrome. Results for healing seemed to be slightly better with immobilization, but this was not statisti-cally significant: the cuff had a normal appearance in 35.9 % of cases after immobilization compared to 25.6 % after passive motion, an image of intratendinous addition was found in 25.6 % versus 30.2 %, punctiform leaks in 23.1 % versus 20.9 %, and recurrent tears in 15.4 % versus 23.3 % respectively.
Blum et al.	2009	Repetitive H-wave device stimulation and program induces significant increases in the range of motion of post operative rotator cuff reconstruction in a double-blinded randomized placebo controlled human study	RCT 2b/1-	22 12/10	Range of motion	Patients who received HWDS compared to placebo demonstrated, on average, significantly improved range of motion. Results confirm a significant difference for external rotation at 45 and 90 days postoperatively; active range at 45 days postoperatively ($p=0.007$), active at 90 days postoperatively ($p=0.007$). Internal rotation also demonstrated significant improvement compared to placebo at 45 and 90 days postoperatively; active range at 45 days postoperatively ($p=0.007$), and active range at 90 days postoperatively ($p=0.006$). There was no significant difference between the two groups for strength testing.
Brady et al.	2008	The addition of aquatic therapy to rehabilitation following surgical rotator cuff repair: a feasibility study	RCT 2b/1-	18 12/6	Passive range of motion; Ontario Rotator Cuff Index	There was a significant improvement in both range of motion and Western Ontario Rotator Cuff scores in all subjects with treatment ($p<0.001$). Furthermore, participation in aquatic therapy significantly improved passive flexion range of motion measures at three weeks (mean 46°, 95 % CI 17–75, $p=0.005$) and six weeks (30°, 95 % CI 8–51, $p=0.01$). There was no significant difference in the attendance rates (80 % in both groups) or patients perceptions of the programmes (100 % confidence and assurance in both groups).
Cuff et al.	2012	Prospective randomized study of arthroscopic rotator cuff repair using an early versus delayed post-operative physical therapy protocol	RCT 2b/1-	68 33/35	American Shoulder and Elbow (ASES) questionnaire, Simple Shoulder Test (SST) scores and range of motion (digitally recorded)	Both groups had similar improvements in preoperative to postoperative American Shoulder and Elbow Surgeons scores (early group: 43.9 to 91.9, $p<0.0001$; delayed group: 41.0 to 92.8, $p<0.0001$) and Simple Shoulder Test scores (early group: 5.5 to 11.1, $p<0.0001$; delayed group: 5.1 to 11.1, $p<0.0001$). There were no significant differences in patient satisfaction, rotator cuff healing, or range of motion between the early and delayed groups.
Düzgün et al.	2011	Comparison of slow and accelerated rehabilitation protocol after arthroscopic rotator cuff repair: pain and functional activity	RCT 2b/1-	29 13/16	Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) questionnaire, active range of motion	There was no significant difference between the slow and accelerated protocols with regard to pain at rest ($p>0.05$). However, the accelerated protocol was associated with less pain during activity at weeks 5 and 16, and with less pain at night during week 5 ($p<0.05$). The accelerated protocol was superior to the slow protocol in terms of functional activity level, as determined by DASH at weeks 8, 12, and 16 after surgery ($p<0.05$).

Tab. 4 Ergebnisse Literaturrecherche Originalarbeiten (Fortsetzung)

Autor	Jahr	Titel	Evidenzlevel	Anzahl Patienten (*n*=)	Outcome-Measure	Ergebnis
Ellsworth et al.	2006	Electromyography of selected shoulder musculature during unweighted and weighted pendulum exercises	Case-control study 3a/2-	26 9/17	Muscle activity (EMG)	When grouped across all patients and all other factors included in the ANOVA, the type of pendulum exercise did not have a significant effect on shoulder EMG activity regardless of patient population or muscle tested. Generally, the supraspinatus/upper trapezius muscle activity was significantly higher than the deltoid and infraspinatus activity – especially in the patients with pathological shoulders.
Garofalo et al.	2010	Effects of one-month continuous passive motion after arthroscopic rotator cuff repair: results at 1-year follow-up of a prospective randomized study	RCT 2b/1-	100 54/46	Pain with the VAS scale (0–10) and the range of motion (ROM)	Our findings show that postoperative treatment of an arthroscopic rotator cuff repair with passive self-assisted exercises associated with 2-h CPM a day provides a significant advantage in terms of ROM improvement and pain relief when compared to passive self-assisted exercise alone, at the short-term follow-up. No significant differences between the two groups were observed at 1 year postoperatively.
Holmgren et al.	2012	Supervised strengthening exercises versus home-based movement exercises after arthroscopic acromioplasty: a randomized clinical trial	RCT 2b/1-	36 18/18	Function, pain (Constant-Murley (CM) and Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) scores), and health-related quality of life	The PT-group exhibited significantly greater improvements in CM ($p=0.02$) and DASH ($p=0.05$) scores. After treatment, the between-group mean difference in CM scores was 14.2 p (95 % confidence interval 2 to 26). At the 6-month follow-up, the between-group mean difference in DASH scores was 13.4 p (95 % confidence interval 0.1 to 23).
Hultenheim Klintberg et al.	2008	Early activation or a more protective regime after arthroscopic subacromial decompression – a description of clinical changes with two different physiotherapy treatment protocols – a prospective, randomized pilot study with a two-year follow-up	RCT 2b/1-	34 20/14	Pain, patient satisfaction, active range of motion and muscular strength were evaluated. Shoulder function was evaluated using Constant score, Hand in neck, Pour out of a pot and Functional Index of the Shoulder.	Both groups showed significant improvements in pain during activity and at rest, in range of motion in extension and abduction, in strength of external rotation and in function. There were no clinical differences in changes between groups. Most patients were pain-free from six months. After two years, the majority of patients achieved ≥ 160° in flexion, ≥ 175° in abduction and 80° in external rotation, the traditional achieved 67 and the progressive group 87 with Constant score.
Keener et al.	2014	Rehabilitation following arthroscopic rotator cuff repair: a prospective randomized trial of immobilization compared with early motion	RCT 2b/1-	124 67/62	Visual analog pain scale score, American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES) score, Simple Shoulder Test (SST), relative Constant score, and strength measurements at six, twelve, and twenty-four months.	There were no significant differences in patient age, tear size, or measures of preoperative function between groups at baseline. Final clinical follow-up was available for 114 subjects (92%). Active elevation and external rotation were better in the traditional rehabilitation group at three months. No significant differences were seen in functional scores, active motion, and shoulder strength between rehabilitation groups at later time points. Functional outcomes plateaued at six or twelve months except for the relative Constant score, which improved up to twenty-four months following surgery. Ninety-two percent of the tears were healed, with no difference between rehabilitation protocols ($p=0.46$).
Kim et al.	2012	Extracorporeal shock wave therapy is not useful after arthroscopic rotator cuff repair	RCT 2b/1-	71 35/36	Pain score (VAS), Constant score, University of California, Los Angeles (UCLA) score, ROM, manual muscle tes (MMT)	All patients were available for a minimum one-year follow-up. The mean age of the ESWT and control groups was 59.4 (SD: 7.7) and 58.6 years (SD: 7.8) (n.s.). There were no significant differences in tear size and repair method between the two groups (n.s.). The mean Constant and UCLA scores, respectively, increased from 54.6 to 90.6 ($p<0.001$) and from 18.5 to 27.4 ($p<0.001$) in the ESWT group, and from 58.9 to 89.3 ($p<0.001$) and 18.5 to 27.4 in the control group. Computed tomographic arthrography was performed in 26 patients from the ESWT group and 24 from the control group, and cuff integrity was maintained in 46 out of 50 patients. Definite re-tear was observed in two patients of the ESWT group and four of the controls. There were no complications associated with SWT.

Tab. 4 Ergebnisse Literaturrecherche Originalarbeiten (Fortsetzung)

Autor	Jahr	Titel	Evidenzlevel	Anzahl Patienten (*n*=)	Outcome-Measure	Ergebnis
Kim et al.	2012	Is early passive motion exercise necessary after arthroscopic rotator cuff repair?	RCT 2b/1-	117 60/57	Range of motion (ROM) and visual analog scale (VAS) for pain were measured preoperatively and 3, 6, and 12 months postoperatively. Functional evaluations, including Constant score, Simple Shoulder Test (SST), and American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES) score, were also evaluated at 6 and 12 months postoperatively. Ultrasonography, magnetic resonance imaging, or computed tomography arthrography was utilized to evaluate cuff healing.	There were no statistical differences between the 2 groups in ROM or VAS for pain at each time point. Functional evaluations were not statistically different between the 2 groups either. The final functional scores assessed at 12 months for groups 1 and 2 were as follows: Constant score, 69.81 ± 3.43 versus 69.83 ± 6.24 (p = 0.854); SST, 9.00 ± 2.12 versus 9.00 ± 2.59 (p = 0.631); and ASES score, 73.29 ± 18.48 versus 82.90 ± 12.35 (p = 0.216). Detachment of the repaired cuff was identified in 12 % of group 1 and 18 % of group 2 (p = 0.429).
Krischak et al.	2013	A prospective randomized controlled trial comparing occupational therapy with home-based exercises in conservative treatment of rotator cuff tears	RCT 2b/1-	43 23/20	Pain intensity (VAS)	Two-thirds of the patients improved in clinical shoulder tests, regardless of the therapy group. There were no significant differences between the groups with reference to pain, range of motion, maximum peak force (abduction, external rotation), the Constant-Murley score, and the EQ-5D index. The only significant difference observed was the improvement in the self-assessed health- related quality of life (EQ-5D VAS) favoring home-based exercises.
Lee et al.	2012	Effect of two rehabilitation protocols on range of motion and healing rates after arthroscopic rotator cuff repair: aggressive versus limited early passive exercises	RCT 2b/1-	85 43/42	A postoperative MRI scan was performed at a mean of 7.6 months (range, 6 to 12 months) after surgery. Strength, ROM	Regarding range of motion, group A improved more rapidly in forward flexion, external rotation at the side, internal and external rotation at 90° of abduction, and abduction than group B until 3 months postoperatively with significant differences. However, there were no statistically significant differences between the 2 groups at 1-year follow-up (p = 0.827 for forward flexion, p = 0.132 for external rotation at the side, p = 0.661 for external rotation at 90° of abduction, and p = 0.252 for abduction), except in internal rotation at 90° of abduction (p = 0.021). In assessing the repair integrity with postoperative MRI scans, 7 of 30 cases (23.3 %) in group A and 3 of 34 cases (8.8 %) in group B had retears, but the difference was not statistically significant (p = 0.106).
Lisinski et al.	2012	Supervised versus uncontrolled rehabilitation of patients after rotator cuff repair-clinical and neurophysiological comparative study	RCT 2b/1-	22 11/11	Pain level (visual analog scale), active range of motion (goniometer), activity of muscle's motor units at rest and during maximal effort with electromyography and transmission of motor fibers in brachial plexus with electroneurography (M-wave stimulation studies).	In the group of supervised patients the active range of movement changed significantly from 26.4° to 101.5° on average for flexion with adduction while flexion with abduction improved from 21° to 95.5°. Pain sensation changed from 6.4 to 3.2. The mean resting electromyogram amplitude decreased to the greatest degree from 80.9 µV to 36.8 µV in trapezius muscle while maximal effort electromyogram amplitude increased in this muscle from 381.8 µV to 790.9 µV. The mean values of amplitudes in electroneurographical suprascapular nerve examinations increased from 536.4 µV to 1691 µV. No significant differences at P = 0.05 were found in these parameters recorded in the patients performing uncontrolled exercises.

Tab. 4 Ergebnisse Literaturrecherche Originalarbeiten (Fortsetzung)

Autor	Jahr	Titel	Evidenzlevel	Anzahl Patienten (*n*=)	Outcome-Measure	Ergebnis
Long et al.	2010	Activation of the shoulder musculature during pendulum exercises and light activities	Case-control study 3a/2-	17	Muscle activity (EMG)	Incorrect and correct large pendulums and drinking elicited more than 15 % maximum voluntary isometric contraction in the supraspinatus and infraspinatus. The supraspinatus EMG signal amplitude was greater during large, incorrectly performed pendulums than during those performed correctly. Both correct and incorrect large pendulums resulted in statistically higher muscle activity in the supraspinatus than the small pendulums.
Oh et al.	2011	Effectiveness of subacromial anti-adhesive agent injection after arthroscopic rotator cuff repair: prospective randomized comparison study	RCT 2b/1-	80 40/40	Pain, passive range of motion (2, 6 weeks, 3, 6, 12 months after surgery), and the functional scores (6, 12 months postoperatively).	The HA/CMC injection group showed faster recovery of forward flexion at 2 weeks postoperatively than the control group but the difference was not statistically significant ($p = 0.09$). There were no significant difference in pain VAS, internal rotation, external rotation and functional scores between two groups at each follow-up period. The functional scores improved 6 months after surgery in both groups but there were no differences between the two groups. The incidence of unhealed rotator cuff was similar in the two groups. There were no complications related to an injection of anti-adhesive agents including wound problems or infections.

sowohl Chan et al. [6], als auch Shen et al. [41] in Metaanalysen randomisierter klinischer Vergleichsstudien zeigen, dass keine signifikanten Unterschiede im klinischen Outcome, sowie bezüglich Rerupturrate zu erwarten sind. Bei früher passiver Beübung ist zusätzlich die volle „range of motion" (ROM) schneller wieder erreichbar, insbesondere die Flexion. Bei detaillierter Auswertung der Metaanalysen und zusätzlicher eigener Literaturrecherche lassen sich insgesamt 4 Level-I-Studien identifizieren, die die Empfehlung hin zu einer frühen passiven Mobilisation stützen [2, 8, 20, 22].

Demgegenüber sind aggressive, aktive frühe Übungen zu vermeiden, da diese die Einheilung negativ beeinflussen [20]. Um den Patienten auch außerhalb eines Therapiesettings vor übermäßiger Belastung zu schützen, hat sich im Alltag das Konzept der Ruhigstellung des Arms mit Hilfe eines Hilfsmittels etabliert. Angelehnt an die zuvor erläuterten Zeitangaben zur Sehnenheilung wird die Dauer der Ruhigstellung sehr variabel gehandhabt, und die Zeitangaben liegen dementsprechend zwischen 4 und 8 Wochen [2, 4, 14, 21, 22, 29]. Dies ist insofern nachvollziehbar, da es keine prospektive Studie gibt, die sich rein mit der Dauer der Immobilisation befasst.

Während also die Dauer der Ruhigstellung kontrovers diskutiert werden darf, wird die Ruhigstellung in leichter Abduktion, auch unter den befragten Experten, überwiegend bevorzugt, da hierdurch die Sehnendurchblutung gesteigert und der Zug auf die Rekonstruktion reduziert wird [38]. Ebenso konnten Gerber et al. [15] und Thomopoulos et al. [45] am Tiermodell zeigen, dass eine Lagerung, die den Zug an der Sehnenrekonstruktion vermindern kann, einen positiven Effekt auf die Kollagenfaserausrichtung und Elastizität der Sehne hat. Orthesen sind grundsätzlich dazu geeignet, die Aktivität der RM-Muskulatur zu senken. Dies konnten Alenabi et al. [1] in einer elektromyographischen Studie nachweisen. Es wurde eine Aktivität der RM-Muskulatur von maximal 10 % der normalen Aktivität bei Beübung des Ellenbogens und der Hand in einer Lagerungsschiene gemessen. Klinische Untersuchungen, die sich speziell mit dem zu

Tab. 5 DVSE-Expertenumfrage zum Thema: Ruhigstellung und Lagerung (in %, Antworten gesamt $n = 44$)

Fragen	Zutreffend	Eher zutreffend	Eher nicht zutreffend	Nicht zutreffend
1: Nach einer RMR sollte die operierte Schulter für 4–6 Wochen ruhiggestellt werden, d. h. weder passiv noch aktiv therapiert werden. Diese Aussage halte ich für:	9,1	9,1	11,4	70,5
2: Die frühe[a] passive Beübung der Schulter nach RMR halte ich für vorteilhaft. Diese Aussage halte ich für:	63,6	22,7	9,1	4,5
3: Bei Ruhigstellung der Schulter nach RMR, ohne passive oder aktive Therapie innerhalb der ersten 4–6 Wochen, befürchte ich eine relevante Einsteifung der Schulter. Diese Aussage halte ich für:	38,6	34,1	22,7	4,5
4: Bei passiver Beübung der Schulter nach RMR ab dem ersten postoperativen Tag befürchte ich eine fehlende Sehnenheilung oder Reruptur. Diese Aussage halte ich für:	6,8	13,6	34,1	45,5
	Kein Hilfsmittel	**Sling**	**Abduktionskissen (Abd: 15–20°)**	**Abduktionskissen (Abd: > 20°)**
5: Verwenden Sie zur Lagerung der Schulter nach RMR ein orthopädisches Hilfsmittel und wenn ja, welches?	2,3	27,9	69,8	11,6
6: Wie lange sollte die Schulter im Hilfsmittel gelagert werden?	1–12 (Ø 4,9; Median 6) Wochen			

[a]In der 1. postoperativen Woche.
Abd. Abduktion.

verwendenden Orthesentyp beschäftigen, gibt es nicht. Der deutsche Hilfsmittelkatalog erlaubt die Verwendung sowohl von Armschlingen als auch Abduktionskissen mit einer variierenden Abduktion von 15–45° für die Nachbehandlung nach einer RMR.

Schlussfolgerung

Eine frühe passive, postoperative Bewegungsübung kann ohne Hinweise für eine erhöhte Rate an Einheilungsstörungen oder Rerupturen angewandt werden. Der Schutz vor zu früher aktiver Belastung kann mittels Ruhigstellung in einer Orthese umgesetzt werden. Es gibt keine evidenzbasierten Empfehlungen hinsichtlich der Dauer der postoperativen Ruhigstellung. Die Anwendung eines Armabduktionskissens kann erwogen werden (*DVSE-Expertenmeinung* zum Thema Ruhigstellung und Lagerung s. **Tab. 5**).

Physikalische Therapie

Kryotherapie, Elektrotherapie und Übungen im Bewegungsbad sind häufig eingesetzte physikalische Therapieverfahren in der Nachbehandlung nach RMR. Speer et al. [43] untersuchten 1996 in einem RCT mit 50 Patienten die Effekte des Einsatzes eines Kryotherapiesystems nach verschiedenen Schulteroperationen, darunter auch RMR. Durchgehende Kryotherapie führte in der Nacht nach der Operation zu einer Schmerzreduktion, geringerem Bedarf an Schmerzmitteln und besserer Schlafqualität. Im Zeitraum von 10 Tagen postoperativ traten bei Nutzung von Kryotherapie (4- bis 6-mal täglich nach Bedarf der Patienten) weniger Schmerzen in Ruhe und bei Bewegungen auf. Anhand eines weiteren RCT beobachtete dieselbe Arbeitsgruppe 1–21 Tage nach offen und arthroskopisch durchgeführten Schulteroperationen ($n = 70$) in der Kryotherapiegruppe (Wassertemperatur 7–13 °C; Tragedauer: 48 h postoperativ kontinuierlich; Tage 3–7 nachts; Tage 8–21 täglich 2-4 h im Anschluss Bewegungstherapie) ebenfalls klinisch relevante Effekte auf Schmerz in Ruhe und bei physischer Belastung der Schulter [42]. Die Arbeitsgruppe um Speer zeigte zudem, dass kontinuierliche Kryotherapie unmittelbar nach Rekonstruktion der RM die Temperatur im glenohumeralen Gelenk und subakromialen Raum um etwa 0,5–1,0° reduziert [35].

Blum et al. [4] verglichen in einem RCT mit 22 Patienten nach Rekonstruktion der RM zwei Arten der Elektrotherapie. Die Kontrollgruppe erhielt täglich 2×1 h Elektrotherapie in Verbindung mit einer 6–8 Wochen postoperativ beginnenden Physiotherapie, die Interventionsgruppe erhielt eine Sham-Elektrotherapie mit gleicher Dauer in Verbindung mit einer 8 Wochen postoperativ beginnenden Physiotherapie. In der Interventionsgruppe waren 45 und 90 Tage postoperativ die Beweglichkeit um etwa 10° gegenüber der Kontrollgruppe verbessert, nicht jedoch die Kraft. Die methodische Qualität der Studie ist kritisch zu sehen, und es liegt zudem ein relevanter Interessenskonflikt der Autoren vor.

Eine nicht-randomisierte Studie weist positive Effekte für eine zusätzliche Gruppentherapie im Bewegungsbad (Beginn 10 Tage nach Rekonstruktion) auf passive Beweglichkeit (Anteversion und Außenrotation), sowie Schmerzen und Alltagsfunktion („Western Ontario Rotator Cuff Score") 3 und 6 Wochen, nicht jedoch 12 Wochen postoperativ auf [5]. Die Effekte waren allerdings gering und können auch auf die insgesamt höhere Dosis aktiver Intervention in der Bewegungsbadgruppe zurückgeführt werden.

Schlussfolgerung

Zur Unterstützung der Rehabilitation und insbesondere der Schmerztherapie nach RMR ist Kryotherapie in einem Zeitraum von 3 Wochen postoperativ zu empfehlen [43]. Auf Basis aktuell publizierter Studien kann jedoch keine klare Empfehlung für oder gegen Elektrotherapie, Beweglichkeitstraining im Be-

Tab. 6 DVSE-Expertenumfrage zum Thema: Physikalische Therapie (in %, Antworten gesamt $n = 44$)

Frage	Zutreffend	Eher zutreffend	Eher nicht zutreffend	Nicht zutreffend
1: Der Einsatz von Kryotherapie zur Schmerzreduktion nach einer RMR ist sinnvoll. Diese Aussage halte ich für:	36,4	40,9	18,2	4,5
2: Der Einsatz von Elektrotherapie spielt eine relevante Rolle in der Nachbehandlung der RMR. Diese Aussage halte ich für:	6,8	13,6	40,9	38,6
3: Unterstützende aktive Übungen im Bewegungsbad können einen relevanten Beitrag zur Verbesserung der aktiven Beweglichkeit nach einer RMR erbringen. Diese Aussage halte ich für:	45,5	36,4	15,9	2,3

wegungsbad, Wärmeanwendungen, Massagen, therapeutischem Ultraschall, extrakorporaler Schockwelle und Injektionen von Hyaluronsäure ausgesprochen werden [4, 5, 21, 34]. Einzelne Studien weisen aber auf einen potenziellen Nutzen von Elektrotherapie und Gruppentraining im Bewegungsbad hin (*DVSE-Expertenmeinung* zum Thema Physikalische Therapie s. **Tab. 6**).

„Continuous passive motion"

Die kontinuierliche passive Bewegungstherapie mit einer motorisierten CPM-Schiene („continuous passive motion") zählt zu den häufig eingesetzten Therapieelementen nach Operationen am Schultergelenk und insbesondere nach einer RMR. Die passive Bewegungsschiene dient hierbei typischerweise der frühen postoperativen Mobilisierung des Gelenks, ohne dass der Patient die Bewegungserweiterung aktiv unterstützen muss.

In der Literatur finden sich aktuell zu diesem Thema lediglich 2 Reviews [3, 10] und eine prospektiv randomisierte Studie [14]. Das Review von Baumgarten et al. [3] beruht auf 2 Studien mit 26 Patienten [37] und 31 Patienten [28], bei denen eine CPM-Schiene eingesetzt wurde. Beide Untersuchungen vergleichen eine physiotherapeutische Behandlung im Sinne manueller passiver Übungen mit der Anwendung einer CPM-Schiene. Baumgarten et al. [3] kommen zu dem Schluss, dass die Validität der Daten aufgrund der geringen methodischen Qualität begrenzt ist und keine ausreichende Beweiskraft für die Entwicklung eines evidenzbasierten Rehabilitationsprotokolls vorliegt. Es konnte keine Überlegenheit der CPM-Therapie nachgewiesen werden.

Du Plessis et al. [10] beschäftigen sich mit den Auswirkungen einer CPM-Therapie in Kombination mit einer physiotherapeutischen Behandlung im Vergleich zu einer physiotherapeutischen Standardbehandlung. In der Gruppe der mit CPM und Physiotherapie behandelten Patienten wurden passive, isometrische und aktiv unterstützte Übungen, Schultermobilisation und Krafttraining durchgeführt. In der Gruppe mit physiotherapeutischer Standardbehandlung wurden manuelle passive Mobilisation und aktiv assistive Mobilisation, aktive Übungen und angeleitete Eigenübungen eingesetzt. Es wurden Daten zum Bewegungsumfang, zur Muskelkraft und zur Schmerzlinderung erhoben, wobei die bereits aufgeführten Studien von Raab et al. [37] und Lastayo et al. [28], aber auch die Arbeit von Michael et al. [33] mit einbezogen wurden.

Die Autoren des Reviews kommen zu dem Ergebnis, dass der Einsatz einer CPM-Schiene in Kombination mit einer physiotherapeutischen Behandlung in der Nachbehandlung nach RMR als sicher angesehen werden kann [10]. In der Arbeit von Garofalo et al. [14] wurde bei 100 Patienten ein Standardprogramm aus passiven Übungen (Eigenübungen unter physiotherapeutischer Aufsicht: drei Serien mit 10 Wiederholungen, Pendelbewegungen, passive Abduktion, Flexion und Außenrotation) verglichen mit demselben Programm unter zusätzlichem Einsatz eines CPM-Stuhls. Die Anwendung erfolgte zwei Stunden am Tag für 4×30 min. In diesem Vergleich führte der zusätzliche Einsatz des CPM-Stuhls zu einer Ergebnisverbesserung. Unklar bleibt jedoch, ob das Gerät selbst oder aber die zusätzliche Bewegung zu diesem Effekt geführt haben [14].

Schlussfolgerung

Auf Basis der eingeschlossenen Studien kann keine Empfehlung mit hohem Evidenzlevel für oder gegen die Anwendung einer CPM-Therapie nach RMR und auch nicht für die Dauer, Frequenz und Intensität der CPM–Behandlung gegeben werden. Es bleibt jedoch anzumerken, dass eine starke Evidenz dafür vorliegt, dass sich passive Bewegungsübungen nicht negativ auf den Heilungsprozess auswirken (*DVSE-Expertenmeinung* zum Thema CPM s. **Tab. 7**).

Selbstübungen

Neben der CPM-Anwendung stellen Selbstübungen einen weiteren wichtigen Pfeiler der postoperativen Nachbehandlung dar, werden jedoch in sehr unterschiedlichem Maße eingesetzt [8, 11, 18, 29]. Es gibt große Unterschiede in Zeitpunkt, Intensität, Art der Übungen und Begleitmaßnahmen. Die Instruktion der Patienten kann durch schriftliche Anleitung, Videos und/oder Anleitung durch den Physiotherapeuten (PT) erfolgen. Roddey et al. [39] konnten keine signifikanten Unterschied im postoperativen Outcome zwischen einer Instruktion durch den PT und einer Videoinstruktion zeigen.

In der 1. postoperativen Phase werden häufig Pendelübungen beschrieben. Biomechanische Studien konnten zeigen, dass die korrekte Ausführung für eine geringe Elektromyographie-Aktivität (EMG) der rekonstruierten RM wichtig ist (s. unten, [32]). Die geringste Aktivität zeigten hierbei kleine Pendelkreise ($d = 20$ cm) mit einer Initiierung der Armbewegung durch die Rumpfbewegung und nicht durch die Schultermuskulatur selbst [32]. Eine zusätzliche Verwendung von einem Gewicht von 1,5 kg am hängenden Arm erhöht die

Tab. 7 DVSE-Expertenumfrage zum Thema: Physiotherapie, Selbstübungen und CPM (in %, Antworten gesamt $n = 44$)

Frage	Zutreffend	Eher zutreffend	Eher nicht zutreffend	Nicht zutreffend	
1: Der Einsatz von Selbstübungen ist bereits in der frühen[a] postoperativen Phase nach RMR sinnvoll. Diese Aussage halte ich für:	36,4	20,5	22,7	20,5	
2: Ich gebe dem Patienten einen Selbstübungsplan für die postoperativen Phasen nach einer RMR an die Hand. Diese Aussage halte ich für:	38,6	18,2	9,1	34,1	
3: Die primäre Instruktion der Selbstübungen nach einer RMR durch einen Physiotherapeuten ist sinnvoll. Diese Aussage halte ich für:	68,2	27,3	4,5	0	
4: Eine Visualisierung der Eigenübungen (in Form von Fotos/Videos) auf dem Selbstübungsplan ist sinnvoll. Diese Aussage halte ich für:	59,1	29,5	6,8	4,5	
5: Selbstübungen können die physiotherapeutischen Einheiten nach RMR ersetzen. Diese Aussage halte ich für:	9,1	11,4	40,9	38,6	
6: Der Einsatz einer CPM-Schiene ist in der postoperativen Rehabilitation nach RMR sinnvoll. Diese Aussage halte ich für:	22,7	13,6	34,1	29,5	
	Keine CPM	**1 × 30 min[b]**	**2 × 30 min[b]**	**3 × 30 min[b]**	**4 × 30 min[b]**
7: In welcher Frequenz sollte die CPM-Schiene in der postoperativen Rehabilitation eingesetzt werden?	56,8	4,5	18,2	13,6	6,8

[a] In der 1. postoperativen Woche.
[b] Angabe pro Tag.

EMG-Aktivität von M. supraspinatus und M. infraspinatus, jedoch nicht statistisch signifikant [12]. Des Weiteren stellen Mobilisationsübungen (Mithilfe des kontralateralen Arms) und in späteren Phasen die Muskelaktivierungs-/Kräftigungsübungen mit einfachen Hilfsmitteln (z. B. Theraband, Hanteln) die hauptsächlich angewendeten Selbstübungen dar [8, 11, 46]. Für das Ausmaß und den zeitlichen Beginn der passiven Mobilisation liegen inhomogene Daten vor [2, 8, 21, 29].

Nur unzureichend kann die Frage beantwortet werden, ob zusätzlich zur Physiotherapie die Selbstübungen einen positiven Effekt aufweisen. In vielen publizierten Studien wird jedoch die Kombination aus beiden angewendet, eine direkte Vergleichsstudie existiert bis dato jedoch nicht [11, 31, 33, 46]. In der Literatur liegen nur zwei randomisierte Kontrollstudien zur Frage der Selbstübungen versus physiotherapeutische Beübung vor [3].

Hayes et al. [17] konnten in ihrer Level-II-Studie 58 Patienten in zwei Kontrollgruppen randomisieren. Nach einer Anleitung zum Eigenprogramm in der ersten Woche für beide Gruppen wurde darauf folgend die eine Gruppe physiotherapeutisch behandelt, die andere führte weiter das Selbsttrainingsprogramm durch. Zu allen Nachuntersuchungszeiträumen (6, 12 und 24 Wochen) konnte kein signifikanter Unterschied in ROM, Kraftmessung und Schulterscores festgestellt werden. Kritisch ist hierbei die geringe Fallzahl, die hohe Konversionsrate von der Selbstübungsgruppe in die Physiotherapiegruppe ($n = 9$) sowie die hohe Drop-out-Rate (27 %) zu sehen.

Die zweite Studie untersuchte pro Gruppe 11 Patienten 20 und 40 Tage postoperativ sowohl klinisch als auch neurophysiologisch [29]. Hierbei zeigte sich eine signifikant bessere aktive Beweglichkeit in der physiotherapeutisch behandelten Gruppe zu beiden Nachuntersuchungszeitpunkten. Im EMG konnte diese Gruppe auch im Verlauf eine signifikante Verbesserung der Aktivierung der motorischen Einheiten erzielen, in der Selbstübungsgruppe war dies nicht nachweisbar. In dieser Studie sind jedoch die geringe Fallzahl und der kurze Nachuntersuchungsraum mit fehlenden klinischen Scores kritisch zu beurteilen.

Schlussfolgerung

Es kann keine Level-I basierte Empfehlung für oder gegen die Anwendung von Selbstübungen gegeben werden, jedoch ist der Einsatz aufgrund der Studienlage zu erwägen (*DVSE-Expertenmeinung* zum Thema Selbstübungen s. **Tab. 7**).

Physiotherapie und Phasen-Modell

Rehabilitationsphasen (zeit- und kriterienbasiert)

Um eine kontinuierliche Progression der Nachbehandlung zu ermöglichen, sollte der postoperative Verlauf in unterschiedliche Phasen aufgeteilt werden. In der vorhandenen Literatur zeigt sich meist eine Gliederung in 4 postoperative Phasen, welche eine sinnvolle Aufteilung in unterschiedliche Behandlungsschwerpunkte und damit verbundene Ziele ermöglicht [24, 27, 40, 44].

- Die 1. Phase umfasst den Zeitraum direkt postoperativ bis zur 6. Woche, in welchem allenfalls aktiv assistive Übungen durchgeführt werden.
- Daran schließt sich die 2. Phase über einen weiteren Zeitraum von 6 Wochen an, in welcher aktive Funktionen wiedererlangt werden (7. bis 12. Woche postoperativ).
- Ab dem 3. postoperativen Monat folgt die 3. Phase des Kraftaufbaus (3. bis 4. Monat).
- Im Anschluss dann die 4. Phase, welche den Wiedereinstieg in den Sport umfasst (**Tab. 8**; [20]).

Die zeitlichen Angaben orientieren sich an den allgemeinen Wundheilungsphasen und aus den von Tierstudien bekannten Zeitverläufen der Gewebsheilung. Diese

Tab. 8 4-Phasen-Modell der Nachbehandlung

Phase und Dauer	Ziel nach ICF	Inhalte	Übergang zur nächsten Phase	ADL und Kernübungen
I: 1. Tag postoperativ bis 6. Woche [20]	**Körperfunktion/Körperstruktur** - Schmerzlinderung, Resorptionsförderung - Erhalt/Verbesserung der Gelenkbeweglichkeit - Regulierung beeinträchtigter vegetativer und neuromuskulärer Funktionen – Verbesserung der Gelenkstabilität - Sehnenheilung und Prävention von postoperativen Verwachsungen - Vermeidung von Funktions- und Strukturschäden - Verbesserung der die Sensomotorik betreffenden Funktionen – Erlernen der optimalen Skapulapositionierung und der Humeruskopfzentrierung **Aktivitäten/Teilhabe:** - Durchführen der täglichen Routine unter Entlastung des operierten Armes – Förderung der Mobilität - Abbau von Barrieren, die die Teilhabe erschweren	- Immobilisation als Schutz in 15–45° ABD - ABD-Kissen/Schlinge darf zum Duschen, Essen und für die Physiotherapie abgenommen werden [8] - Pendelübung [8, 26, 46] - Bei reizfreien Wundverhältnissen Beübung im Bewegungsbad [5] - Ggf. CPM [10] - Keine aktive Schultergelenkbewegungen gegen Widerstand - Limitation: 30° AR, Flex und ABD 90° im schmerzfreien Bereich [29, 37], ADD PROM vermeiden - Ab der 4. Woche kann mit assistiv aktiver Beübung im schmerzfreien Bereich und unter Beachtung der ROM-Limitation begonnen werden [5, 33, 46]	**Symmetrische und schmerzfreie Bewegung im Vergleich zur Gegenseite:** - PROM Flexion 90° - PROM AR und IR mit anliegender Skapula 45° - PROM ABD mit anliegender Skapula 90°	- Pendelübung in Elev [8, 26, 46] - Elev in geschlossener Kette: Stand vor Tisch und Arm nach vorne schieben - Aktives Bewegen von Ellenbogen, Handgelenk und Fingern [46] - Haltungsaufrichtung und Skapulakontrolle [26] - Isolierte Skapula Depression und Protraktion [46] - Zum Ende der Phase: Aqua-Training [46]
II: 6.–12. Woche [20]	**Körperfunktion/Körperstruktur**: - Gewebeheilung, endgradig PROM, Aufbau der dynamischen Schulterstabilisation, Schmerzlinderung, Linderung der Entzündung [3] - Sehnenheilung und Remodeling-Phase – „low level loading" ist erlaubt - Narbenmobilisation zur Vermeidung von Verklebungen - Resorptionsförderung - Verbesserung der die Sensomotorik betreffenden Funktionen - Regulierung beeinträchtigter vegetativer und neuromuskulärer Funktionen - Verbesserung der Funktionen der Muskelkraft - Vermeiden von Funktions- und Strukturschäden - AAROM endgradig übergehend in AROM gegen die Schwerkraft - Verbesserte Kinematik des Schultergelenks und des Skapulasettings [9] **Aktivitäten/Teilhabe**: - Durchführen der täglichen Routine (Haushalt, Körperpflege) - Haltungskorrektur (Erarbeiten ökonomischer Haltung) - Mobilität (Gegenstände tragen/heben, Arm-Hand-Gebrauch) - Teilnahme am Gemeinschaftsleben - Selbständiges Durchführen eines Heimtrainingsprogramms	- AAROM endgradig übergehend in AROM gegen die Schwerkraft - Narbenmobilisation - Aqua-Gymnastik/Bewegungsbad [5] - ggf. CPM [10] - Training in geschlossenen Ketten zur Kräftigung - Training in offenen Ketten zur Verbesserungen der intramuskulären Koordination - Limitation: bis zur Schmerzgrenze [8] - Keine Widerstands- und Kräftigungsübungen	- Aktives Erreichen des vollen möglichen aktiven Bewegungsausmaßes [9] - Keine thorakoskapulare Funktionsstörung - Ausreichend glenohumerale- und thorakoskapulare Funktionalität vorhanden – weiter in Phase 3 [9]	- Rückenlage: betroffene Seite mit nicht-betroffener Seite unterstützen und Arm über Kopf bewegen (AAROM) [46] - Schulung von Alltagsbewegungen – Essen, Haare Kämmen, Anziehen etc. [46] - Stabilisation in geschlossener Kette - Propriozeptives Training in der offenen Kette [46] - Isometrische Kräftigung der RM mit max. 50 % der Kraft

Tab. 8 4-Phasen-Modell der Nachbehandlung (Fortsetzung)

Phase und Dauer	Ziel nach ICF	Inhalte	Übergang zur nächsten Phase	ADL und Kernübungen
III: 3.–4. Monat [20]	**Körperfunktion/Körperstruktur**: - Endgradige AROM - Dynamische Schulterstabilisation, Wiederherstellung Kraft und Dehnfähigkeit, Wiederaufbau der funktionellen Aktivitäten - Verbesserte Kinematik des Schultergelenks [9] - Partizipation in Beruf und Sozialleben [9] - Verbesserung der die Sensomotorik betreffenden Funktionen **Aktivitäten/Teilhabe**: - Erarbeiten einer ökonomischen Haltung in Alltag/Beruf/Sport – Mobilität - Wiedererlangen des Vertrauens in die Bewegung und Stabilität der Schulter - Wiederaufnahme der bezahlten Tätigkeit - Teilnahme am Gemeinschaftsleben - Selbständiges Durchführen eines Heimtrainingsprogramms	- Kräftigung – Langsamer Start der Kräftigung – niedriges Level [8] - Dehnung - Überkopfübungen vermeiden	- Freie funktionelle Beweglichkeit im schmerzfreien Bereich [9] - ADL schmerzfrei möglich –Überkopfübungen vermeiden - Bei ausreichender Kraft der RM, um ADL schmerzfrei und sauber auszuüben, kann mit Phase 4 begonnen werden - 75 % der normalen Kraft und Ausdauer [9]	- Leichte Funktionsübungen [26] - Mobilisation/Kräftigung am Seilzug mit leichten Gewichten [26, 46] - Push-ups gegen Wand [11] - Bizeps und Trizeps Training mit freiem geringen Gewicht [46]
IV: 4.–6. Monat [20]	- Endgradige und schmerzfreie AROM erhalten, Verbesserung Kraft und Dehnfähigkeit, Wiederaufbau der funktionellen Aktivitäten - Wiederherstellung der sport-, alltags- und arbeitsspezifischen Kinematik [9] - Steigerung der Ausdauer und Schnellkraft [9]	- Dehnung - Kräftigung Funktionelles Training	- Nach 6 Monaten zurück in den Sport[a], wenn [46]: - Symmetrische Beweglichkeit und Kraft im Vergleich zur Gegenseite gegeben - Normale thorakoskapulare Beweglichkeit vorhanden ist - Kein Schmerz in Ruhe und bei Aktivitäten vorhanden ist	- PNF gegen Widerstand [26, 46] - Schnellkrafttraining [9] - Sportartspezifisches Training im schmerzfreien Bereich [9]

[a]Überkopfsportarten erst nach Ausgleich aller muskulären Defizite des Schultergürtels und Schmerzfreiheit [9]; Überkopf- und Kontaktsportarten erst nach 6 Monaten und nach ärztlicher Rücksprache [46].

AAROM assistive-aktive range of motion, *AROM* aktive range of motion, *ABD* Abduktion, *ADD* Adduktion, *CPM* continuous passive motion, *AR* Außenrotation, *ADL* activity of daily living, *Elev* Elevation, *Flex* Flexion, *IR* Innenrotation, *PNF* propriozeptive neuromuskuläre Fazilitation, *PROM* passive range of motion

Zeitmarken geben den Rahmen der Nachbehandlungsphasen vor. Es zeigt sich jedoch ein Konsens, dass die Rehabilitation sowohl Zeit als auch nach Kriterien basiert gesteigert werden sollte [9]. Als spezifische Kriterien, welche der Patient zum Übergang zwischen den einzelnen Rehabilitationsphasen erfüllen sollte, lassen sich aus der vorhandenen Literatur keine exakten Kriterien ableiten, jedoch bietet die „International Classification of Functioning, Disability and Health“ (ICF) eine gute Grundlage zur Zieldefinition. Orientierende Kriterien sind jedoch in ◘ **Tab. 8** jeder Phase zugeordnet.

Das 4-Phasen-Modell ist wie folgt aufgebaut: Die 1. Phase dauert 6 Wochen ab dem 1. Tag postoperativ [20]. In dieser Zeit sind die Hauptziele eine gute Sehnenheilung ohne postoperative Verwachsungen und v. a. in den ersten Wochen eine Schmerzlinderung für den Patienten zu erzielen. Während der gesamten 1. Phase wird der Arm in 15–45° Abduktion mit Hilfe einer Orthese gelagert, welches nur für die Physiotherapie abgelegt werden sollte [8].

Bis zum Ende der 4. Woche postoperativ ist ausschließlich ein passives Übungsprogramm erlaubt. Anschließend können schmerzabhängig auch assistive Übungen in die Behandlung integriert werden [5, 33, 46]. Dennoch ist das Bewegungsausmaß auf 30° Außenrotation, 90° Flexion und Abduktion im schmerzfreien Bereich limitiert [29, 37]. Die Adduktion sollte sowohl passiv, als auch assistiv vermieden werden. Die Kernübungen dieser Phase sind das Erlernen von Pendelübungen sowie die optimale Skapulaposition. Sämtliche Übungen zur passiven Erweiterung der Elevation sind nur in einer geschlossenen Kette erlaubt [1]. Lediglich das Training der angrenzenden Gelenke sowie der Hand und Finger ist aktiv und in einer offenen Kette erlaubt [26, 46]. Nach 6 Wochen, am Ende der 1. Phase, sollte eine passive Flexion bis 90°, eine passive Innen- und Außenrotation mit anliegender Skapula bis 45° sowie eine passive Abduktion ebenfalls bei anliegender Skapula bis 90° auf der operierten Seite möglich sein. Die Bewegung sollte symmetrisch im Vergleich

Tab. 9 DVSE-Expertenumfrage zum Thema: Phasen-Modell (in %, Antworten gesamt $n = 44$)

Frage	Zutreffend	Eher zutreffend	Eher nicht zutreffend	Nicht zutreffend
1: Die Rehabilitation nach RMR sollte einem progressiven Aufbau folgen und wird sinnvoller Weise in 4 Phasen unterteilt. Diese Aussage halte ich für:	63,6	34,1	2,3	0
2: Die Rehabilitationsschritte und Belastungssteigerungen sollten sowohl zeit- als auch kriterienbasiert erfolgen. Diese Aussage halte ich für:	81,8	18,2	0	0

zur Gegenseite und schmerzfrei möglich sein.

Die Inhalte der 2. Phase werden bis zur 12. Woche postoperativ durchgeführt. Die Zielsetzungen dieser Phase sind die Gewebeheilung, das Erreichen des endgradigen passiven Bewegungsausmaßes, sowie der Aufbau der dynamischen Schulterstabilisation. In dieser Phase der Sehnenheilung und des Remodeling ist lediglich „low level loading" erlaubt. Gleichzeitig ist die Narbenmobilisation zur Vermeidung von Verklebungen ein wesentliches Element. Zum Ende der Phase kann zusätzlich das endgradige Bewegungsausmaß aktiv assistiv beübt werden und mit der aktiven Bewegungserweiterung gegen die Schwerkraft begonnen werden. Hiermit wird auf die Verbesserung der Kinematik des Schultergelenks abgezielt [9].

Zwölf Wochen nach der Operation soll der Patient das bis zu diesem Zeitpunkt passiv erreichte Bewegungsausmaß auch aktiv erreichen. Hierbei soll darauf geachtet werden, dass keine thorakoskapulären Funktionsstörungen mehr vorliegen [9]. Erst wenn eine ausreichende glenohumerale und thorakoskapuläre Funktionalität vorhanden ist, kann die Therapie in der dritten Phase fortgesetzt werden [9].

In der 3. Phase (3. und 4. Monat postoperativ) soll das endgradige, aktive Bewegungsausmaß, sowie eine dynamische Schulterstabilisation erreicht werden. Zu diesem Zeitpunkt ist die Sehnenheilung weit genug fortgeschritten, dass auch die Kräftigung und Dehnung als zusätzliche Elemente in dieser Phase integriert werden können, um das Ziel des Wiederaufbaus der funktionellen Aktivität und die Partizipation in das Berufs- und Sozialleben zu erreichen [9]. Hierfür bieten sich zu diesem Zeitpunkt leichte Funktionsübungen und Mobilisations-/Kräftigungsübungen am Seilzug mit leichten Gewichten an [26, 46]. Auch Push-ups gegen die Wand [5, 11] und ein Bizeps- und Trizeps-Training mit freien geringen Gewichten sind nun wieder erlaubt [46].

Am Ende des 4. postoperativen Monats sollte der Patient die volle funktionelle Beweglichkeit im schmerzfreien Bereich wiedererlangt haben und auch Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) schmerzfrei durchführen können [9]. Zu diesem Zeitpunkt sind ca. 75 % der normalen Kraft und Ausdauer wiederhergestellt [9]. Bei ausreichender Kraft der RM um ADL schmerzfrei und sauber auszuüben, kann mit Phase 4 begonnen werden.

In der 4. und letzten Phase, die sich bis zu 6 Monaten nach der Operation erstreckt, fokussiert das Training den Erhalt des endgradigen und schmerzfreien aktiven Bewegungsausmaßes, die Verbesserung der Kraft und Dehnfähigkeit, sowie die Steigerung der Ausdauer und Schnellkraft [9]. Der Wiederaufbau der funktionellen Aktivitäten und die Wiederherstellung der sport-, alltags- und arbeitsspezifischen Kinematik sind die Zielsetzungen dieser letzten Phase definiert nach der ICF [9]. Die endgültige Rückkehr in den Sport ist erst nach Abschluss dieser letzten Phase und bei Vorhandensein einer symmetrischen Beweglichkeit und Kraft im Vergleich zur Gegenseite erlaubt. Eine weitere Voraussetzung ist eine normale thorakoskapulare Beweglichkeit sowie Schmerzfreiheit in Ruhe und bei Aktivitäten [46]. (*DVSE-Expertenmeinung* zum Thema Physiotherapie und Phasen-Modell s. **Tab. 7, 9**).

Fazit für die Praxis

Die RMR hat sich heute als Standardverfahren etabliert. Die zu erwartende postoperative Nachbehandlungszeit ist lang und zeitaufwändig. Therapieinhalte und -konzepte werden dementsprechend variabel angewandt und kontrovers diskutiert. Die Anzahl an Publikationen zum Thema ist daher bereits heute enorm. Leider erfüllen bei weitem nicht alle Arbeiten, die geforderten Qualitätskriterien der evidenzbasierten Medizin. Im Zeitraum seit 2004 ließen sich jedoch eine Leitlinie, vier Reviews und 17 Originalarbeiten identifizieren, die als Grundlage zum Aufbau einer strukturierten Nachbehandlung dienten. Für einige Therapien ließen sich klare Empfehlungen herausarbeiten, insbesondere zur frühen passiven Bewegungsübung, der Schmerzbehandlung mittels Kryotherapie, Eigenübungen und der Anwendung von Orthesen. Dennoch verbleiben auch im Jahr 2016 noch Unklarheiten, die anhand der verfügbaren Literatur nicht abschließend zu beantworten sind. In Zusammenschau aller Ergebnisse konnte dennoch ein solides validiertes Grundkonzept der Nachbehandlung erstellt werden, welches in einem 4-Phasen-Modell zusammengefasst wurde. Unterstützt und ergänzt werden die wesentlichen Inhalte dieses Modells durch die erstmals erhobene, gepoolte Expertenmeinung der DVSE-Fachgesellschaft.

Korrespondenzadresse

Dr. C. Jung
Schulthess Klinik Zürich, Obere Extremitäten
Lengghalde 2, 8008 Zürich
christian.jung@kws.ch

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. C. Jung, L. Tepohl, R. Tholen, K. Beitzel, S. Buchmann, T. Gottfried, C. Grim, B. Mauch, G. Krischak, H. Ortmann, C. Schoch und F. Mauch geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Alenabi T, Jackson M, Tetreault P et al (2013) Electromyographic activity in the immobilized shoulder musculature during ipsilateral elbow, wrist, and finger movements while wearing a shoulder orthosis. J Shoulder Elbow Surgery 22:1400–1407
2. Arndt J, Clavert P, Mielcarek P et al (2012) Immediate passive motion versus immobilization after endoscopic supraspinatus tendon repair: a prospective randomized study. Orthop Traumatol Surg Res 98:S131–S138
3. Baumgarten KM, Vidal AF, Wright RW (2009) Rotator Cuff Repair Rehabilitation: a Level I and II Systematic Review. Sports health 1:125–130
4. Blum K, Chen AL, Chen TJ et al (2009) Repetitive H-wave device stimulation and program induces significant increases in the range of motion of post operative rotator cuff reconstruction in a double-blinded randomized placebo controlled human study. BMC Musculoskelet Disord 10:132
5. Brady B, Redfern J, Macdougal G et al (2008) The addition of aquatic therapy to rehabilitation following surgical rotator cuff repair: a feasibility study. Physiother Res Int 13:153–161
6. Chan K, Macdermid JC, Hoppe DJ et al (2014) Delayed versus early motion after arthroscopic rotator cuff repair: a meta-analysis. J Shoulder Elbow Surg 23:1631–1639
7. Conti M, Garofalo R, Delle Rose G et al (2009) Postoperative rehabilitation after surgical repair of the rotator cuff. Chir Organi Mov 93 (Suppl 1):S55–S63
8. Cuff DJ, Pupello DR (2012) Prospective randomized study of arthroscopic rotator cuff repair using an early versus delayed postoperative physical therapy protocol. J Shoulder Elbow Surg 21:1450–1455
9. Dreinhofer KE, Schuler S, Schafer M et al (2014) [Rehabilitation concepts and return to sport after interventions on the shoulder]. Orthopade 43:256–264
10. Du Plessis M, Eksteen E, Jenneker A et al (2011) The effectiveness of continuous passive motion on range of motion, pain and muscle strength following rotator cuff repair: a systematic review. Clin Rehabil 25:291–302
11. Duzgun I, Baltaci G, Atay OA (2011) Comparison of slow and accelerated rehabilitation protocol after arthroscopic rotator cuff repair: pain and functional activity. Acta Orthop Traumatol Turc 45:23–33
12. Ellsworth AA, Mullaney M, Tyler TF et al (2006) Electromyography of selected shoulder musculature during un-weighted and weighted pendulum exercises. N Am J Sports Phys Ther 1:73–79
13. Galatz LM, Charlton N, Das R et al (2009) Complete removal of load is detrimental to rotator cuff healing. J Shoulder Elbow Surg 18:669–675
14. Garofalo R, Conti M, Notarnicola A et al (2010) Effects of one-month continuous passive motion after arthroscopic rotator cuff repair: results at 1-year follow-up of a prospective randomized study. Musculoskelet Surg 94(Suppl 1):S79–S83
15. Gerber C, Schneeberger AG, Perren SM et al (1999) Experimental rotator cuff repair. A preliminary study. J Bone Joint Surg Am 81:1281–1290
16. Gimbel JA, Van Kleunen JP, Williams GR et al (2007) Long durations of immobilization in the rat result in enhanced mechanical properties of the healing supraspinatus tendon insertion site. J Biomech Eng 129:400–404
17. Hayes K, Ginn KA, Walton JR et al (2004) A randomised clinical trial evaluating the efficacy of physiotherapy after rotator cuff repair. Aust J Physiother 50:77–83
18. Holmgren T, Oberg B, Sjoberg I et al (2012) Supervised strengthening exercises versus home-based movement exercises after arthroscopic acromioplasty: a randomized clinical trial. J Rehabil Med 44:12–18
19. Hultenheim Klintberg I, Gunnarsson AC, Styf J et al (2008) Early activation or a more protective regime after arthroscopic subacromial decompression–a description of clinical changes with two different physiotherapy treatment protocols–a prospective, randomized pilot study with a two-year follow-up. Clin Rehabil 22:951–965
20. Keener JD, Galatz LM, Stobbs-Cucchi G et al (2014) Rehabilitation following arthroscopic rotator cuff repair: a prospective randomized trial of immobilization compared with early motion. J Bone Joint Surg Am 96:11–19
21. Kim JY, Lee JS, Park CW (2012) Extracorporeal shock wave therapy is not useful after arthroscopic rotator cuff repair. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 20:2567–2572
22. Kim YS, Chung SW, Kim JY et al (2012) Is early passive motion exercise necessary after arthroscopic rotator cuff repair? Am J Sports Med 40:815–821
23. Korsukéwitz C (2008) Evidenz und Qualität in der Rehabilitation: Die Leitlinien der Deutschen Rentenversicherung. In: Bund DR (Hrsg) 17. Rehabilitations-wissenschaftliches Kolloquium. Bremen, p 31–32
24. Korsukewitz C, Rose S, Schliehe F (2003) [The significance of clinical guidelines for rehabilitation]. Rehabilitation (Stuttg) 42:67–73
25. Korsukéwitz C, Rose S, Schliehe F (2003) Zur Bedeutung von Leitlinien für die Rehabilitation. Rehabilitation (Stuttg) 42:67–73
26. Krischak G, Gebhard F, Reichel H et al (2013) A prospective randomized controlled trial comparing occupational therapy with home-based exercises in conservative treatment of rotator cuff tears. J Shoulder Elbow Surg 22:1173–1179
27. Lapner PL, Sabri E, Rakhra K et al (2012) A multicenter randomized controlled trial comparing single-row with double-row fixation in arthroscopic rotator cuff repair. J Bone Joint Surg Am 94:1249–1257
28. Lastayo PC, Wright T, Jaffe R et al (1998) Continuous passive motion after repair of the rotator cuff. A prospective outcome study. J Bone Joint Surg Am 80:1002–1011
29. Lee BG, Cho NS, Rhee YG (2012) Effect of two rehabilitation protocols on range of motion and healing rates after arthroscopic rotator cuff repair: aggressive versus limited early passive exercises. Arthroscopy 28:34–42
30. Li S, Min SX, Zhang H et al (2010) [Effect of continuous passive motion on basic fibroblast growth factor expression during tendon-bone repair after surgical repair of acute rupture of the supraspinatus tendon in rabbits]. Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao 30:1020–1023
31. Lisinski P, Huber J, Wilkosz P et al (2012) Supervised versus uncontrolled rehabilitation of patients after rotator cuff repair-clinical and neurophysiological comparative study. Int J Artif Organs 35:45–54
32. Long JL, Ruberte Thiele RA, Skendzel JG et al (2010) Activation of the shoulder musculature during pendulum exercises and light activities. J Orthop Sports Phys Ther 40:230–237
33. Michael JW, Konig DP, Imhoff AB et al (2005) [Efficiency of a postoperative treatment after rotator cuff repair with a continuous passive motion device (CPM)]. Z Orthop Ihre Grenzgeb 143:438–445
34. Oh CH, Oh JH, Kim SH et al (2011) Effectiveness of subacromial anti-adhesive agent injection after arthroscopic rotator cuff repair: prospective randomized comparison study. Clin Orthop Surg 3:55–61
35. Osbahr DC, Cawley PW, Speer KP (2002) The effect of continuous cryotherapy on glenohumeral joint and subacromial space temperatures in the postoperative shoulder. Arthroscopy 18:748–754
36. Peltz CD, Dourte LM, Kuntz AF et al (2009) The effect of postoperative passive motion on rotator cuff healing in a rat model. J Bone Joint Surg Am 91:2421–2429
37. Raab MG, Rzeszutko D, O'connor W et al (1996) Early results of continuous passive motion after rotator cuff repair: a prospective, randomized, blinded, controlled study. Am J Orthop (Belle Mead NJ) 25:214–220
38. Rathbun JB, Macnab I (1970) The microvascular pattern of the rotator cuff. J Bone Joint Surg Br 52:540–553
39. Roddey TS, Olson SL, Gartsman GM et al (2002) A randomized controlled trial comparing 2 instructional approaches to home exercise instruction following arthroscopic full-thickness rotator cuff repair surgery. J Orthop Sports Phys Ther 32:548–559
40. Ross D, Maerz T, Lynch J et al (2014) Rehabilitation following arthroscopic rotator cuff repair: a review of current literature. J Am Acad Orthop Surg 22:1–9
41. Shen C, Tang ZH, Hu JZ et al (2014) Does immobilization after arthroscopic rotator cuff repair increase tendon healing? A systematic review and meta-analysis. Arch Orthop Trauma Surg 134:1279–1285
42. Singh H, Osbahr DC, Holovacs TF et al (2001) The efficacy of continuous cryotherapy on the postoperative shoulder: a prospective, randomized investigation. J Shoulder Elbow Surg 10:522–525
43. Speer KP, Warren RF, Horowitz L (1996) The efficacy of cryotherapy in the postoperative shoulder. J Shoulder Elbow Surg 5:62–68
44. Tashjian RZ (2012) Epidemiology, natural history, and indications for treatment of rotator cuff tears. Clin Sports Med 31:589–604
45. Thomopoulos S, Williams GR, Soslowsky LJ (2003) Tendon to bone healing: differences in biomechanical, structural, and compositional properties due to a range of activity levels. J Biomech Eng 125:106–113
46. Van Der Meijden OA, Westgard P, Chandler Z et al (2012) Rehabilitation after arthroscopic rotator cuff repair: current concepts review and evidence-based guidelines. Int J Sports Phys Ther 7:197–218
47. Zhang S, Li H, Tao H et al (2013) Delayed early passive motion is harmless to shoulder rotator cuff healing in a rabbit model. Am J Sports Med 41:1885–1892