

Wiener M<sup>1</sup>, Mayer F<sup>2</sup>

## Auswirkungen von Physiotherapie auf die maximale Drehmomententwicklung und Schmerzempfindung bei Supraspinatustendinose

*Effects of Physiotherapy on Peak Torque and Pain in Patients with Tendinitis of the Supraspinatus Muscle*

<sup>1</sup> Nuffield Orthopaedic Centre, Oxford, Großbritannien

<sup>2</sup> Rehabilitative und Präventive Sportmedizin, Medizinische Universitätsklinik, Universität Freiburg

### Zusammenfassung

Die physiotherapeutische Behandlung (PT) der Supraspinatustendinose zielt v.a. auf Schmerzlinderung und den Ausgleich von Kraftdefiziten. Ziel der Untersuchung war es, Drehmoment- und Schmerzveränderungen von physiotherapeutisch behandelten (V) mit nicht behandelten Patienten (K) zu vergleichen und die Zusammenhänge zwischen Schmerz (Sz) und Drehmoment (DM) zu diskutieren.

Bei 17 Patienten wurden im Abstand von jeweils 4 Wochen 2x die max. exzentrischen (ex) und konzentrischen (kon) bei jeweils 60°/s sowie die isometrischen (iso) DM der Flexion (Fl), Extension (Ex), Abduktion (Ab), Adduktion (Ad), Außenrotation (Ar) und Innenrotation (Ir) gemessen. Sz wurde anhand von Summenscores aus 2 validierten Sz-Fragebögen, McGill Pain Questionnaire (MPQ) und Pain Disability Index (PDA) erfasst. V erhielten zwischenzeitlich 10 Termine PT mit Schwerpunkt Muskelkräftigung. Die auffälligen Veränderungen in Ab und Ad wo regelmäßig die meisten Schmerzen auftreten - mit einer großen Diskrepanz zwischen ex und kon - lassen sich eher auf funktionelle, vorwiegend schmerzbedingte Kraftveränderungen zurückführen. Die Änderungen in der Rotation, insbesondere der Ir sind hingegen eher mit strukturellen, muskulär bedingten Kraftzunahmen erklärbar.

PT kann sich einerseits über direkte muskuläre Kräftigung auswirken, andererseits sollte der Effekt durch Schmerzlinderung und den damit verbundenen Wegfall der schmerzbedingten Kraftminderung v.a. in den zunächst schmerzhaften Bewegungen stärker beachtet werden.

**Schlüsselwörter:** Schultergelenk, Supraspinatus, Physiotherapie, Isokinetik

### Einleitung und Fragestellung

Ziel der physiotherapeutischen Behandlung von Schulterbeschwerden ist die Schmerzlinderung, die Erhöhung bzw. Wiederherstellung der Muskelkräfte, der Ausgleich von Dysbalancen und die Verbesserung der Koordination. Begleitend werden physikalische Behandlungsformen wie Elektrotherapie, Ultraschall und Eisbehandlung angewandt (8, 9, 10).

Eine Möglichkeit zur Beurteilung des Effektes der durchgeführten Therapie ist die Bestimmung der Kraftleistungsfähigkeit z.B. durch isokinetische Drehmomentmessungen. Die Bedeutung der isokinetischen Arbeitsformen ist jedoch derzeit nur unzureichend zu beur-

### Summary

Rotator cuff tendinosis is a pathological condition often treated with physiotherapy. The goal of treatment is to relieve pain and improve cuff weakness. A randomised control study was conducted to compare changes of pain and peak torque between a group of patients treated with physiotherapy (V) and a control group (C). The relationship between pain (P) and peak torque (PT) was discussed. 17 patients were enrolled. The measured parameters included peak torques during excentric (ex) and concentric (con) movements at 60°/s in addition to isometric torques (iso) during flexion (Fl), extension (Ex), abduction (Ab), adduction (Ad), external rotation (ER) and internal rotation (IR). Pain was measured using two validated questionnaires based on visual analogue scales (McGill Pain Questionnaire MPQ and Pain Disability Index PDI). The measurements were taken on two occasions separated by a four-week interval during which V received ten sessions of physiotherapy. The changes observed in Ab and Ad with a marked discrepancy between ex and con are likely to be due to functional changes of strength caused by pain, which is often experienced during these particular movements, rather than the result of muscular strengthening in physiotherapeutic treatment. On the other hand, the changes in rotation especially IR are better explained by structural changes caused by muscular strengthening. Consequently, physiotherapy helps to build up the muscular strength of the cuff but the influence on pain remains essential to improve weakness in painful movements and hence should be given more attention.

**Key words:** shoulder joint, supraspinatus, physiotherapy, isokinetic

teilen, da bislang nur wenige Untersuchungen zu Normwerten und Validitätsuntersuchungen existieren und deren Ergebnisse oft uneinheitlich sind. Häufig wird deshalb die Veränderung der maximalen Drehmomente während der Therapie verfolgt (2, 14).

Neben der Betrachtung der isolierten Muskelfunktion stehen die afferenten Einflüsse aus dem glenohumeralen Gelenk, insbesondere durch Proprio- und Nozizeptoren aus Gelenkkapsel und Muskulatur, deren neurogene Rückkopplung und der darüber gesteuerten muskulären Reflexstabilisierung zunehmend im Mittelpunkt des Interesses. Bei Verletzungen oder Überlastungen ist deshalb, zusätzlich zur Kraftabnahme durch Hypotrophie infolge Inaktivität oder struktureller Schädigung von einer Be-

Tabelle 1: Prozentuale Drehmomentveränderungen in Verum- (V) und Kontrollgruppe (K), jeweils der betroffenen (S) und nicht betroffenen Schulter (N). Mittelwerte und Standardabweichungen

	Flexion			Extension			Abduktion			Adduktion			Ausserrot.			Innenrot.		
	Exz.	Isom.	Kon.	Exz.	Isom.	Kon.	Exz.	Isom.	Kon.	Exz.	Isom.	Kon.	Exz.	Isom.	Kon.	Exz.	Isom.	Kon.
VS	-1 ± 20	7 ± 30	3 ± 21	2 ± 27	5 ± 27	6 ± 15	4 ± 23	25 ± 37	13 ± 20	-1 ± 17	20 ± 24	19 ± 22	4 ± 14	7 ± 12	9 ± 13	0 ± 23	13 ± 13	6 ± 24
VN	1 ± 34	-2 ± 14	-1 ± 27	-2 ± 26	-3 ± 11	-2 ± 29	-11 ± 25	23 ± 31	10 ± 26	-17 ± 24	28 ± 38	7 ± 22	4 ± 9	8 ± 11	21 ± 56	-7 ± 13	-1 ± 8	7 ± 34
KS	-18 ± 11	4 ± 24	-4 ± 16	-12 ± 16	3 ± 16	2 ± 17	0 ± 27	-9 ± 20	1 ± 10	6 ± 40	-12 ± 26	7 ± 26	7 ± 22	-7 ± 21	1 ± 14	-6 ± 18	-10 ± 21	-1 ± 15
KN	-7 ± 22	-7 ± 14	-9 ± 17	0 ± 13	4 ± 13	-6 ± 14	15 ± 40	-12 ± 21	-4 ± 11	7 ± 46	-3 ± 29	-2 ± 14	7 ± 23	13 ± 40	4 ± 18	4 ± 20	5 ± 40	-3 ± 12

einflussung der Kraft über diese neuromuskulären Mechanismus auszugehen. Bei schmerzhaften Veränderungen sind neben der Propriozeption besonders die über Schmerzrezeptoren vermittelten Einflüsse auf die Muskulatur von Bedeutung. Tritt bei Bewegung Schmerz auf, wird reflektorisch die Muskelkraft nachlassen. Dieser Schmerzreflex dient in der akuten Phase als Schutzmechanismus und kann weitere Verletzungen oder Schäden an Gelenken verhindern. Langfristig führt dies jedoch zur Immobilisierung und den daraus resultierenden negativen Veränderungen der Gelenksituation (6, 11).

Vor diesem Hintergrund ist insbesondere die wechselseitige Beeinflussung von Kraft und Schmerz von Interesse. Diskutiert werden muss hierbei eine mögliche Schmerzlinderung aufgrund einer Kraftzunahme. Andererseits ist zu erörtern, ob funktionelle Mechanismen, wie die Verminderung schmerzbedingter reflektorischer Einflüsse Ihrerseits zu Kraftveränderungen führen. In letzterem Fall wäre eine Besserung der Schmerzsymptomatik auch durch Ruhigstellung und Analgetikagabe, bei jedoch weiter bestehender Anfälligkeit für Schulterpathologien aufgrund verminderter Belastbarkeit, zu erwarten (3, 7).

In der durchgeführten Untersuchung sollte der Effekt der physiotherapeutischen Behandlung auf die Variablen "Kraftleistungsfähigkeit der Schultermuskulatur" und "Schulterschmerz" bei Patienten mit Impingementsymptomatik aufgrund von Tendinosen der Supraspinatussehne gemessen werden. Neben den Veränderungen der einzelnen Drehmomente sind auch die Veränderungen deren Agonisten-Antagonisten-Verhältnissen von Interesse.

## Material und Methode

Im Rahmen einer Anwendungsbeobachtung wurden 17 männliche Probanden mit Supraspinatustendinose randomisiert einer Verum- bzw. Kontrollgruppe zugeordnet. Ausschlusskriterien waren gesicherte muskulotendinöse Rupturen, eine Schulterinstabilität, ein eingeschränktes Bewegungsausmaß oder Schmerzen über das gesamte getestete Bewegungsausmaß.

Alle Probanden wurden im Abstand von 35 Tagen zweimal der gleichen isokinetischen Drehmomentmes-

sung und Schmerzeinschätzung unterzogen. Die Verumgruppe erhielt in diesem Zeitraum eine aus zehn Terminen bestehende krankengymnastische Behandlung von je 30 Minuten Dauer. Jede Behandlung bestand aus Dehnung der Brustmuskulatur, Kräftigung der wirbelsäulennahen Schulterblattmuskulatur, der Rotatorenmanschette, der Humeruskopfdepressoren und des M. deltoideus, ergänzt durch neurophysiologische Techniken mit Aktivierung gesamter Muskelschlingen (PNF) und Querfraktionen. Zusätzlich erfolgte eine physikalische Therapie mit Eisbehandlung und Elektrotherapie bzw. Ultraschall der betreffenden Strukturen. Die Teilnehmer der Kontrollgruppe erhielten keine Therapie. Die Tabellen 3 und 4 zeigen die durchgeführten Maßnahmen mit der jeweiligen Anwendungsdauer, den angesprochenen Strukturen (Applikationsort) und der erwarteten (Haupt-)Wirkung.

Die Drehmomentmessungen (Lidoactive, Loredan Biomedical Inc) von Flexion und Extension wurden in Rückenlage, von Abduktion und Adduktion in Seitenlage in der Frontalebene und von Außen- und Innenrotation in Rückenlage mit 90° abduziertem Oberarm und 90° gebeugtem Ellenbogengelenk durchgeführt. Konzentrisch und exzentrisch wurden jeweils fünf Zyklen bei 60°/s gemessen. Isometrische Messungen der Flexion/Extension

Tabelle 2: Mittlere Intensität des Summscores der einzelnen Schmerzqualitäten im PDI und MPQ und deren Veränderungen. Mittelwerte und Standardabweichungen. <sup>1</sup>= Die prozentualen Veränderungen der einzelnen Probanden können bei insgesamt geringen Veränderungen sehr groß sein. Zum Beispiel wäre ein Rückgang von 1 auf 0 im PDI eine Veränderung von 100%. Deshalb erscheint es nicht sinnvoll, hier die mittleren prozentualen Veränderungen der Einzelpersonen zu betrachten. Die prozentuale Veränderung der erhaltenen Mittelwerte ist weniger sensibel für solche Einflüsse

	PDI	vor	nach	Differenz	rel. Differenz <sup>1</sup>
Verumgruppe (n=8)		12,5 ± 12,9	9,0 ± 7,3	-3,5 ± 7,2	-28 %
Kontrolle (n=9)		4,9 ± 3,4	4,3 ± 3,5	-0,7 ± 2,6	-17 %
	MPQ	vor	nach	Differenz	rel. Differenz <sup>1</sup>
Verumgruppe (n=8)		45,1 ± 23,7	32,0 ± 26,5	-13,1 ± 32,6	-29 %
Kontrolle (n=9)		30,4 ± 7,8	21,2 ± 12,6	-9,2 ± 9,9	-30 %

bzw. Abduktion/Adduktion erfolgten jeweils bei 30°, 50°- und 70°-Flexion bzw. Abduktion, die der Rotation jeweils bei 20° Außenrotation, Nullstellung und 20° und 40° Innenrotation.

Das maximale exzentrische und konzentrische Drehmoment wurde jeweils als Mittelwert der Maxima der drei höchsten Drehmomente der 5 Wiederholungen berechnet. Als isometrisches Maximum wurde der Höchst-

Tabelle 3: Physiotherapeutische Maßnahmen

Maßnahme	Dauer	Applikationsort	Wirkung
Dehnung	10 min	Brustmuskulatur	Dehnung verkürzter Muskulatur
Kräftigung	10 min	Schulterblattstabilisatoren, Rotatorenmanschette, Humeruskopfdepressoren, M. deltoideus	Kräftigung abgeschwächter Muskulatur
Querfriktionen	5 min	M. supraspinatus	Lösung von Verklebungen, Lockerung, Verbesserung der Durchblutung
PNF	5 min	gesamte Muskelschlingen	Training gesamter Muskelschlingen, Koordinationstraining, Propriozeption

wert über alle Winkeleinstellungen definiert. Artefakte wie Drehmoment-Peaks an den Umkehrpunkten bei konzentrischen Messungen in atypischen Gelenkwinkelstellungen gingen nicht in die Berechnungen ein (2, 17).

Für die Schmerzerfassung wurden Summenscores aus zwei validierten Schmerzfragebögen (McGill Pain Questionnaire, Pain Disability Index), basierend auf visuellen Analogskalen, eingesetzt (16, 18).

Die Veränderungen von Schmerz und maximalem Drehmoment wurden deskriptiv ausgewertet und die Anzahl der Patienten mit Beschwerdeverbesserung in den beiden Gruppen gegenübergestellt. Als Parameter für die Korrelation von Schmerz- und Drehmomentveränderung diente die konzentrische Abduktion, bei der gewöhnlich die größten Schmerzen auftreten (painful arc).

### Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt die Drehmomentveränderungen in allen gemessenen Bewegungsrichtungen. Die Agonisten-Antagonistenverhältnisse (reziproke Drehmomente) ließen in der Sagittalebene keine therapiespezifischen Veränderungen, in der Frontalebene geringe Veränderungen in Richtung Adduktion und in der Rotation Verschiebungen hin zur Innenrotation in den schmerzhaften Schultern erkennen.

Tabelle 2 gibt die Veränderung der Schmerzwahrnehmung (MPQ) und -beeinträchtigung (PDI) wieder. Beide Scores zeigen eine Schmerzreduktion sowohl in der Verum- als auch in der Kontrollgruppe. Die mittlere Reduktion (Absolutwerte) ist in der Verumgruppe jeweils größer als in der Kontrollgruppe.

Betrachtet man die relativen Differenzen der subjektiven Schmerzveränderung im Verhältnis zum Ausgangsniveau, so ergibt sich in der Verumgruppe ein deutlich stärkerer Rückgang der schmerzbedingten Beeinträchtigung

Tabelle 4: Physikalische Maßnahmen

Maßnahme	Applikationsort	Wirkung
Elektrotherapie und Ultraschall - Diadynamischer Strom - Hochvolt-, Ultrareizstrom - Impulsschall 1,5 W/cm <sup>2</sup>	M. supraspinatus	gesteigerter Stoffwechsel antientzündlich Beeinflussung von Nozizeptoren
Eisbehandlung	M. supraspinatus	antientzündlich Beeinflussung von Nozizeptoren

(PDI), wohingegen die Schmerzintensität (MPQ) wenig verändert ist.

Abbildung 1 zeigt die Veränderungen der einzelnen Probanden. Im PDI kam es bei 5 Probanden zu einer Besserung, bei einem zu keiner Veränderung und bei zwei zu einer Verschlechterung der schmerzbedingten Beeinträchtigungen, gegenüber der Kontrollgruppe mit 7 Verbesserungen und 2 Verschlechterungen. Die Rate der einzelnen Ver-

besserungen im MPQ lag bei 7 (Kontrolle 8) mit jeweils einer Verschlechterung in beiden Gruppen. Die Daten weisen auf einen mittleren Zusammenhang zwischen Kraftzunahme und Abnahme der Schmerzen bzw. der schmerzbedingten Beeinträchtigungen hin. Bei Differenzierung in Verum- und der Kontrollgruppe ergibt sich in der Verumgruppe ein mittlerer bis hoher und in der Kontrollgruppe kein Zusammenhang zwischen Kraft- und Schmerzveränderung.

### Diskussion

Die Ergebnisse sprechen gegen die einfache Vorstellung, bei Vorliegen einer Supraspinatustendinose müsse die Abduktion trainiert werden, um damit eine Kraftzunahme zu erreichen. Die funktionellen und anatomischen Zusammenhänge und die sich daraus ergebende Zielrichtung der Physiotherapie zeigt sich deutlich komplexer.

In der Bestimmung der subjektiven Schmerzempfindung fand sich eine größere absolute Reduktion der Schmerzen in der Verum- gegenüber der Kontrollgruppe. In den relativen Veränderungen besteht in der Schmerzintensitätsminderung (MPQ) nahezu kein Gruppenunterschied, während der Rückgang der Beeinträchtigung durch die Schmerzen (PDI) in der Physiotherapiegruppe deutlich höher ist. Der vergleichsweise starke Rückgang der Schmerzscore-Werte in der Kontrollgruppe ist als Hinweis auf eine hohe Selbstheilungstendenz zu werten. (5, 19). Dennoch fand sich in der Verumgruppe eine deutliche, in der Kontrollgruppe keine Korrelation von Schmerz- und Drehmomentveränderung. Die Schmerzabnahme in der Verumgruppe könnte dementsprechend durch einen, aufgrund der kurzen Therapiedauer, funktionell bedingten Kraftzuwachs erklärt werden. Allerdings stellt sich die Frage, ob der Trainingseffekt tatsächlich auf eine neuromuskuläre Adaptation oder eher eine schmerzbedingte, funktionelle Funktionsverbesserung zurückzuführen ist.

In Studien über isokinetische Kraftmessungen bei Supraspinatustendinose und Impingementsyndrom wurden bereits therapiespezifische Veränderungen der Muskelkräfte nachgewiesen (12, 13). Sowohl in verschiedenen Sportarten als auch bei besonderen Alltagsbelastungen (z.B. bei Rollstuhlfah-

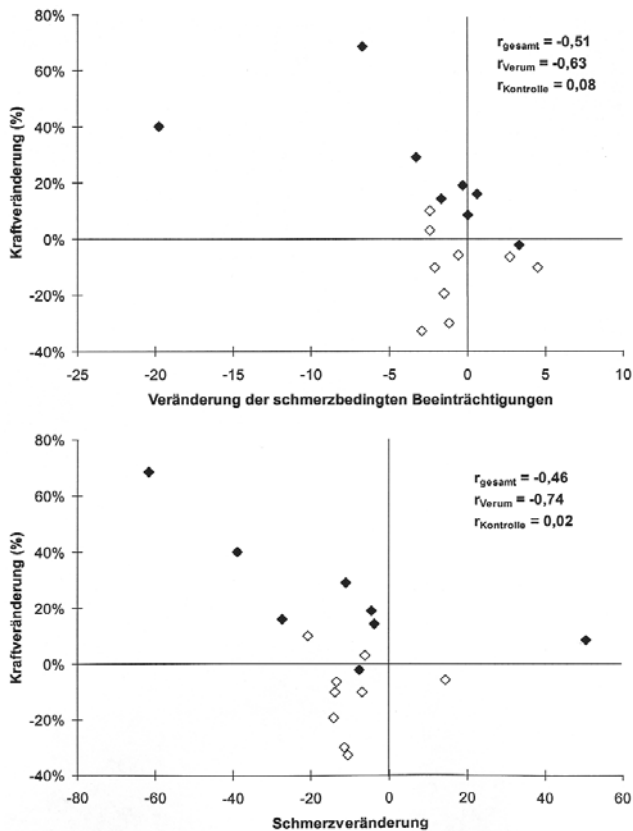


Abbildung 1: Zusammenhang von Kraftveränderung und der Veränderung der "Beeinträchtigung durch die Schmerzen" (PDI, oben) und der Schmerzveränderung (MPQ), unten).  $r$  = Korrelationskoeffizient;  $\blacklozenge$  = Verum,  $\diamond$  = Kontrolle

ren), gehen typische, sich oft wiederholende Bewegungen mit veränderten Kräfteverhältnissen und einer erhöhten Inzidenz von Schulterpathologien einher (4, 15). Die hier vorliegenden Daten liegen im Vergleich mit Normalpersonen (14) mit Ausnahme der Innenrotation um 10-20 % höher. Andere Studien verweisen im Gegensatz dazu meist auf höhere Innenrotationswerte bei Sportlern. Zu berücksichtigen ist hier allerdings, dass diese Daten meist an Werfern, insbesondere Baseballpitchern, erhoben wurden (12, 20). In der Ab- und Adduktion könnten die hohen isometrischen und konzentrischen Drehmomentzunahmen zwar auch zu einem geringen Teil durch vermehrte trainingsbedingte muskuläre Adaptation bedingt sein, wahrscheinlicher ist jedoch ein schmerzbedingt vermindertes Ausgangsniveau zu Beginn. Die These, dass trainingsbedingte Kraftzunahmen in schmerzhaften Bewegungsrichtungen in erster Linie durch funktionelle Mechanismen wie Wegfall afferenter Einflüsse von Schmerzrezeptoren - also durch Schmerzabnahme und nicht durch relevanten Muskelzuwachs - bedingt sind, wird darüber hinaus durch eine Reihe weiterer Untersuchungen unterstützt (3, 7).

In der exzentrischen Belastungsform fand sich demgegenüber nach der Therapie eine Drehmomentabnahme, etwas ausgeprägter in der Abduktion als in der Adduktion. Diese, großteils der Konzentrik gegenläufigen, Veränderungen könnten zunächst als weiter bestehendes neuromuskuläres Defizit interpretiert werden. Betrachtet man die reflektorische Wirkung auf die Antagonisten könnte der Schmerz als Schutzreflex dazu führen, dass durch Mobilisierung von exzentrischen Kraftreserven die Bewegung in den Schmerz verhindert werden soll (Abb. 2). Eine Schmerzreduktion sollte in den betreffenden Bewegungen deshalb gegensätzliche Wirkung auf exzentrische und konzentrische Bewegungen haben. Bemerkenswert ist nach dieser Überlegung also insbesondere das schmerzbedingt erhöht gemessene Ausgangsdrehmoment in der Exzentrik, wonach - unter der Annahme, dass der schmerzbedingte Effekt überwiegt - Schonung trotz Dekonditionierung zu einer Kraftzunahme, allerdings nur in der Konzentrik, führen kann (Abb. 2 und 3).

Die Berechnung der reziproken Drehmomentwertwerte zeigt auch in der Frontalebene keine richtungsweisen Veränderungen. Eine erwartete Drehmomentzunahme der Abduktion mit folgender Erhöhung des Quotienten ist nicht erkennbar. Der schmerzbedingte Effekt scheint somit gegenüber der muskulären Adaptation zu überwiegen. Der fassbare Drehmomentzuwachs nach klinisch häufig durchgeführter subacromialer Injektion eines Lokalanästhetikums (z.B. Neer-Test), könnte als klinisches Korrelat für die größerer Bedeutung einer Schmerzhemmung gegenüber rein muskulären Effekten diskutiert werden (3).

Die reziproken Kraftrelationen haben sich weder im Seitenvergleich, noch im Vergleich mit der Kontrollgruppe, mit Ausnahme der Rotation, wesentlich geändert. Dies

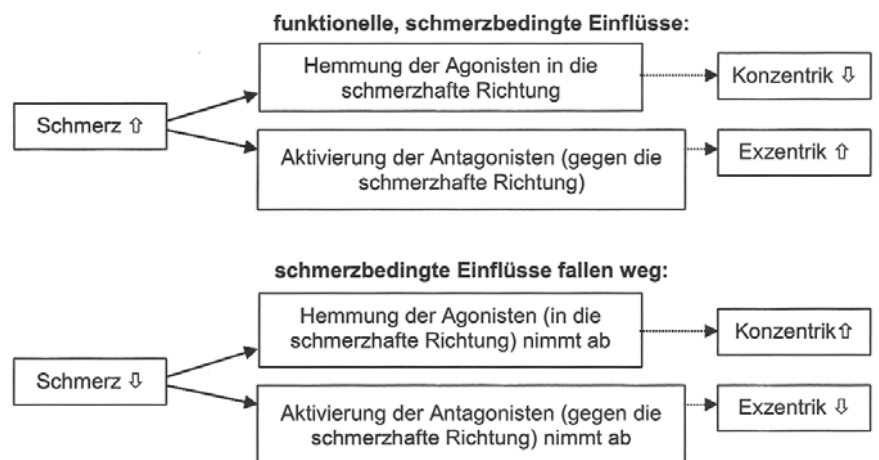


Abbildung 2: Überlegungen zu den Auswirkungen von Schmerzen bzw. schmerzlindernder Therapie auf die Muskulatur und die gemessenen Drehmomente

spricht gegen die Auffassung, dass so genannte Muskeldysbalancen im Sinne von ungünstigen Agonisten-Antagonistenverhältnissen gut zu beeinflussen sind. Möglicherweise ist es von Vorteil, beide Richtungen einer Ebene zu trainieren.

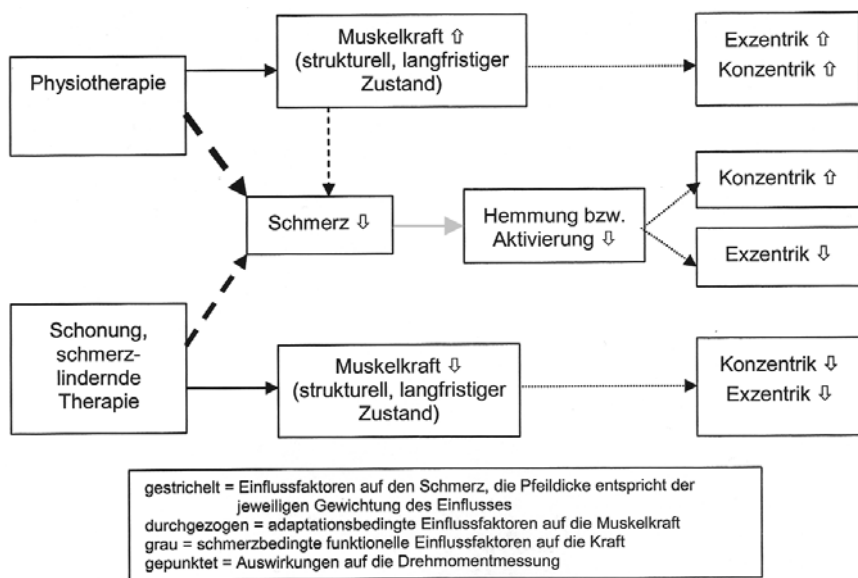


Abbildung 3: Mögliches Diskussionsmodell zu den Auswirkungen von Physiotherapie und Schonung auf die gemessenen Drehmomente und Schmerzen unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen von Schmerz und Muskelkraft

Der weit gefasste Begriff der Muskeldysbalance wird oft unzulänglich definiert und unpräzise verwendet (1). Einerseits werden aus Muskeltests erhaltene Werte mit intra- oder interindividuellen Referenzwerten verglichen, obwohl die Frage der Validität des Normkollektivs meist ungeklärt bleibt. Andererseits muss zwischen ungestörten Regelsystemen als sinnvolle Anpassung an chronische Anforderungen bzw. Afferenzsituationen und schmerzbedingten neuromuskulären Funktions- bzw. Regulationsstörungen, differenziert werden. Ohne Berücksichtigung dieser Effekte erscheint die Beurteilung von isokinetisch gemessenen Drehmomenten hinsichtlich einer Therapieerfolgskontrolle insbesondere von unkritisch bezeichneten muskulären Dysbalancen schwierig. Bei differenzierter Beurteilung lassen sich allerdings wertvolle Hinweise für eine effiziente Therapie ableiten.

Zusammenfassend ist zu folgern, dass der Effekt der hier applizierten physiotherapeutischen Maßnahmen primär Einfluss auf die aktuelle Afferenzsituation und weniger auf strukturelle muskuläre Veränderungen nimmt. Eine Einordnung als Schmerztherapie mit folgender Anpassung der Kraftleistungsfähigkeit scheint daher ein wahrscheinliches Erklärungsmodell.

### Literatur

- Ahlgren E: Zur Bedeutung von auffälligen Befunden in der allgemeinen klinischen und apparativen Muskelfunktionsdiagnostik. *Manuelle Medizin* 38 (2000) 188-191.
- Baltzopoulos V, Brodie DA: Isokinetic Dynamometrie - Applications and Limitations. *Sports Med* 8 (1989) 101-116.
- Ben-Yishay A, Zuckermann JD, Gallagher M, Cuomo F: Pain inhibition of shoulder strength in patients with impingement syndrome. *Orthopedics* 17 (1994) 685-688.
- Burnham RS, May L, Nelson E, Seadward R, Reid DC: Shoulder pain in wheelchair athletes. The role of muscle imbalance. *Am J Sports Med* 21 (1993) 138-142.

- Ginn KA, Herbert RD, Khouw W, Lee R: A randomized, controlled clinical trial of a treatment for shoulder pain. *Phys Ther* 77 (1997) 802-811.
- Hashimoto T, Hamada T, Sasaguri Z, Suzuki K: Immunohistochemical approach for the investigation of nerve distribution of shoulder capsule. *Clin Orthop* 305 (1994) 273-282.
- Itoi E, Minagawa H, Sato T, Sato K, Tabata S: Isokinetic strength after tears of the supraspinatus tendon. *J Bone Joint Surg Br* 79 (1997) 77-82.
- Jobe FW, Moynes DR: Delineation of diagnostic criteria and a rehabilitation program for rotator cuff injuries. *Am J Sports Med* 10 (1982) 336-339.
- Jobe FW, Moynes DR, Brewster CE: Rehabilitation of shoulder joint instabilities. *Orthop Clin North Am* 18 (1987) 473-82.
- Jobe FW, Pink M: Classification and treatment of shoulder dysfunction in the overhead athlete. *J Orthop Sports Phys Ther* 18 (1993) 427-32.
- Lephard SM, Warner JT, Borsa TA, Fu SH: Proprioception of the shoulder joint in healthy, unstable, and surgical repaired shoulders. *J Shoulder Elbow Surg* 3 (1994) 371-380.
- Leroux JL, Codine P, Thomas E, Pocholle M, Mailhe D, Blotman F: Isokinetic evaluation of rotational strength in normal shoulders and shoulders with impingement syndrome. *Clin Orthop* 304 (1994) 108-115.
- Leroux JL, Herbert P, Moilleron P, Thomas E, Bonnel F, Blotman F: Postoperative shoulder rotators strength in stage II and III impingement syndrome. *Clin Orthop* 320 (1995) 46-54.
- Mayer F, Horstmann T, Röcker K, Heitkamp HC, Dickhuth HH: Normal values of isokinetic maximum strength, the strength/velocity curve, and the angle of peak torque of all degrees of freedom in the shoulder. *Int J Sports Med* 15 (Suppl) (1994), 19-25.
- McMaster WC, Long SC, Caiozzo VJ: Shoulder torque changes in the swimming athlete. *Am J Sports Med* 20 (1992) 323-327.
- Melzack R: The short form McGill Pain Questionnaire. *Pain* 30 (1987) 191-197.
- Sapega AA, Nicholas J, Sokolow D, Sarantini A: The nature of torque "overshoot" in Cybex isokinetic dynamometry. *Med Sci Sports Exerc* 14 (1982) 177.
- Tait RC, Chibnall JT, Krause S: The pain disability index: Psychometric properties. *Pain* 40 (1990) 171-182.
- Van der Heijden GJ, Van der Windt DA, De Winter AF: Physiotherapy for patients with soft tissue shoulder disorders: A systematic review of randomized clinical trials. *BMJ* 315 (1997) 25-30.
- Warner JJ, Micheli LJ, Arslanian LE, Kennedy J, Kennedy R: Patterns of flexibility, laxity, and strength in normal shoulders and shoulders with instability and impingement. *Am J Sports Med* 18 (1990) 366-375.

Korrespondenzadresse:  
 Dr. med. Markus Wiener  
 Nuffield Orthopaedic Centre  
 Headington  
 Oxford  
 OX3 7DL  
 UK  
 E-mail: mwiener@gmx.de