

Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie
der Technischen Universität München
Klinikum rechts der Isar
(Leitung: Univ.-Prof. Dr. A. B. Imhoff)

Klinik und Diagnostik von SLAP-Läsionen: eine klinische und isokinetische Studie von Patienten mit SLAP-Läsion

Carolin Knebel

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität
München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. A. B. Imhoff
2. Univ.-Prof. Dr. R. Gradinger

Die Dissertation wurde am 20.01.2004 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 16.06.2004 angenommen.

*In Liebe und Dankbarkeit
meinen Eltern gewidmet*

Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung.....	3
1.1. Problemstellung	3
1.2. Schulteranatomie	4
1.3. Labrum glenoidale	5
1.4. Einteilung der SLAP-Läsion	8
1.5. Ätiologie der SLAP-Läsion.....	13
1.6. Diagnostik der SLAP-Läsion	15
1.7. Isokinetische Meßmethode	17
2. Material und Methode	19
2.1. Gruppeneinteilung	19
2.2. Klinische Untersuchung	24
2.2.1. Allgemeine Schulteruntersuchung.....	24
2.2.2. Spezielle Schulteruntersuchung.....	25
2.2.3. Spezielle Untersuchung zur Überprüfung einer SLAP-Läsion	26
2.3. Isokinetische Untersuchung.....	30
2.3.1. Versuchunggerät.....	30
2.3.2. Versuchsaufbau.....	31
3. Ergebnisse.....	35
3.1. Klinische Untersuchung	35
3.1.1. Allgemeine Schulteruntersuchung.....	35
3.1.2. Spezielle Schulteruntersuchung.....	38
3.2. Isokinetische Untersuchung.....	41
3.2.1. Abduktion und Adduktion	41
3.2.2. Außenrotation und Innenrotation in 30°-Abduktionsstellung	54
3.2.3. Außenrotation und Innenrotation in 125°-Elevationsstellung.....	66
4. Diskussion.....	76
5. Zusammenfassung	90
6. Literaturverzeichnis	92
7. Anhang.....	103
7.1. Abbildungsverzeichnis	103
7.2. Diagrammverzeichnis	104

7.3. Tabellenverzeichnis	105
7.4. Abkürzungsverzeichnis	106
7.5. Constant-Score	107
7.6. Cybex-Untersuchungsbogen am Beispiel der Abduktion und Adduktion.....	110
8. Danksagung	111
9. Lebenslauf.....	112

1. Einleitung

Die Ausübung von Sport nimmt in der heutigen Freizeitgestaltung unserer Bevölkerung einen großen Zeitraum ein. Dabei stellen die sog. Überkopfsportarten einen wichtigen Anteil der ausgeübten Sportarten insgesamt dar. Unter Überkopfsportarten werden verschiedene Ballsportarten (Baseball, Basketball, Handball, Volleyball u.a.), Schlägersportarten (Badminton, Squash, Tennis u.a.) und weitere Individualsportarten (Schwimmen, Speerwerfen u.a.) verstanden. Die Durchführung dieser Sportarten stellt eine hohe Belastung an das Schultergelenk dar [1, 2]. Verletzungen im Bereich der Schulter nehmen einen erheblichen Anteil der beklagten Verletzungen insgesamt dar. Ein gemeinsames Symptom der beklagten Verletzungen ist der Schmerz und ein Gefühl der Einklemmung während der Überkopfbewegung, das sog. Impingement. Ursächlich können verschiedene Pathologien im Bereich des Schultergelenks sowohl intraartikulär wie subacromial verantwortlich sein. Durch die Durchführung moderner radiologischer Untersuchungen wie der Computertomographie oder Kernspintomographie sowie die Möglichkeit der Arthroskopie des Schultergelenks ist eine exakte Diagnosestellung und Therapie möglich geworden.

1.1. Problemstellung

Das Ziel dieser prospektiven Studie über einen Zeitraum von 15 Monaten war zum einen die Evaluation der häufig verwendeten klinischen Tests zur Diagnostik der SLAP-Läsion. Die in der Literatur angegebenen hohen Sensitivitäts- und Spezifitätswerte sollten überprüft werden. Zum anderen sollte durch die Durchführung einer isokinetischen Messung eventuell vorhandene Kraftminderungen untersucht und objektiviert werden, die von den Sportlern häufig anamnestisch bei der von ihnen ausgeübten Überkopfsportart angegeben werden. Diese Kraftdefizite entziehen sich meist der üblichen klinischen Untersuchung. Ein objektives Messverfahren stellt die isokinetische dynamische Untersuchung mit dem Cybex-Gerät dar. Dazu wurde eine neue Testposition gewählt. Die Außen- und Innenrotationskraft wurde neben einer bekannten Messposition in 30° glenohumeraler Abduktion auch in einer hohen Elevationsstellung von 125° untersucht. Diese wurde gewählt, um den Bedürfnissen der Überkopfsportler gerecht zu werden, die in dieser Position Wurf- und Schlagbewegungen zu bewältigen haben. Zudem sollten Erkenntnisse durch den Vergleich mit der Rotationsmessung in der tiefen Position gewonnen werden. Die Untersuchung wurde durch die Messung der Abduktionskraft und Adduktionskraft komplementiert. Um Vergleiche mit altersgleichen Probanden machen zu können, wurde sowohl eine Kontrollgruppe ohne Überkopfbelastung und eine beschwerdefreie Gruppe von Überkopfsportlern untersucht. Insgesamt sollte die isokinetische Untersuchung im Hinblick auf den möglichen Einsatz und die Praktikabilität im klinischen Alltag in der Routinediagnostik der SLAP-Läsion getestet werden.

1.2. Schulteranatomie

Der Schultergürtel besteht aus insgesamt 5 Gelenken [98, S. 100]: dem Schultergelenk im engeren Sinne dem sog. glenohumeralen Gelenk zwischen Humeruskopf und der Cavitas glenoidalis, dem Acromioclaviculargelenk, dem Sternoclaviculargelenk, dem Subacromialraum und der scapulothorakalen Verschiebeschicht. Das Acromioclaviculargelenk und das Sternoclaviculargelenk werden durch straffe Bandverbindungen stabilisiert und in ihrer Beweglichkeit eingeschränkt. Das Acromioclaviculargelenk verbindet dabei das laterale Claviculaende mit dem Acromion. Die Bandverbindungen umfassen neben dem Ligamentum acromioclaviculare das aus zwei Anteilen bestehende Ligamentum coracoclaviculare (Ligamentum trapezoideum und Ligamentum conoideum). Das Sternoclaviculargelenk stellt die eigentliche Verbindung der oberen Extremität mit dem Thorax dar. Außer dem Discus articularis besteht dieses Gelenk aus insgesamt vier stabilisierenden Bandverbindungen, den Ligamenten sternoclaviculare anterius et posterius sowie dem Ligamentum costoclaviculare und dem Ligamentum interclaviculare. Als scapulothorakales Gelenk wird die bindegewebige Verschiebeschicht zwischen dem ventral der Scapula anliegenden Musculus subscapularis und dem dorsal am Thorax liegenden Musculus serratus anterior verstanden. Es ermöglicht die Bewegung im Schultergelenk über 90° Abduktion und 90° Anteversion hinaus. Der Subacromialraum liegt zwischen dem Schulterdach (gebildet aus dem Acromion und dem Processus coracoideus sowie den zugehörigen Bandverbindungen) sowie dem cranialen Anteil des Humeruskopfes und umfasst neben lockerem Bindegewebe die Bursa subacromialis und die Bursa subdeltoidea [98]. Das eigentliche Gelenk des Schultergürtels ist das glenohumerale Gelenk zwischen dem Humeruskopf und der Schulterpfanne (Cavitas glenoidalis). Es handelt sich um ein Kugelgelenk mit großem Freiheitsgrad. Dafür ist eine relativ schlaffe Kapsel nötig, die von der Scapula zum Collum anatomicum des Humerus zieht. Die Sicherung erfolgt durch den umgebenden Muskelmantel sowie durch die Ligamente glenohumerale (superius, mediale und inferius) und coracohumerale [62, S. 44]. Diese Ligamente sind mit dem Kapselapparat cranial und ventral eng verbunden und verstärken diesen. Die muskuläre Führung des Humeruskopfes im Glenoid sichert die sog. Rotatorenmanschette [97, S. 98], die von vier Muskeln gebildet wird (M. supraspinatus, M. infraspinatus, M. teres minor, M. subscapularis) und ventral die lange Sehne des M. biceps. Die möglichen Bewegungen umfassen die Abduktion und Adduktion, die Anteversion und Retroversion sowie die Außen- und Innenrotation. Bei Bewegungen wie der Abduktion und Anteversion über 90° hinaus ist neben dem Glenohumeralgelenk die freie Beweglichkeit in den anderen oben genannten Gelenken des Schultergürtels erforderlich [113, S. 275]. Die erste Abduktionsphase unter Beteiligung des M. supraspinatus und des M. deltoideus bis 90° wird durch das Anstoßen des Tuberculum majus am Schulterdach beendet. Danach ist die Drehung der Scapula auf dem Thorax nach cranial und ventral erforderlich sowie eine Mitbewegung in den Gelenken der Clavicula. Die endgradige Abduktion und

Anteversion wird durch eine synergistische Mitbewegung der Wirbelsäule erreicht. Aufgrund dieser komplizierten Biomechanik und dem erforderlichen Zusammenspiel der einzelnen Bestandteile des Schultergürtels im Bewegungsablauf ist die Anfälligkeit des Schultergelenks für Verletzungen bei Überbeanspruchung erklärbar.

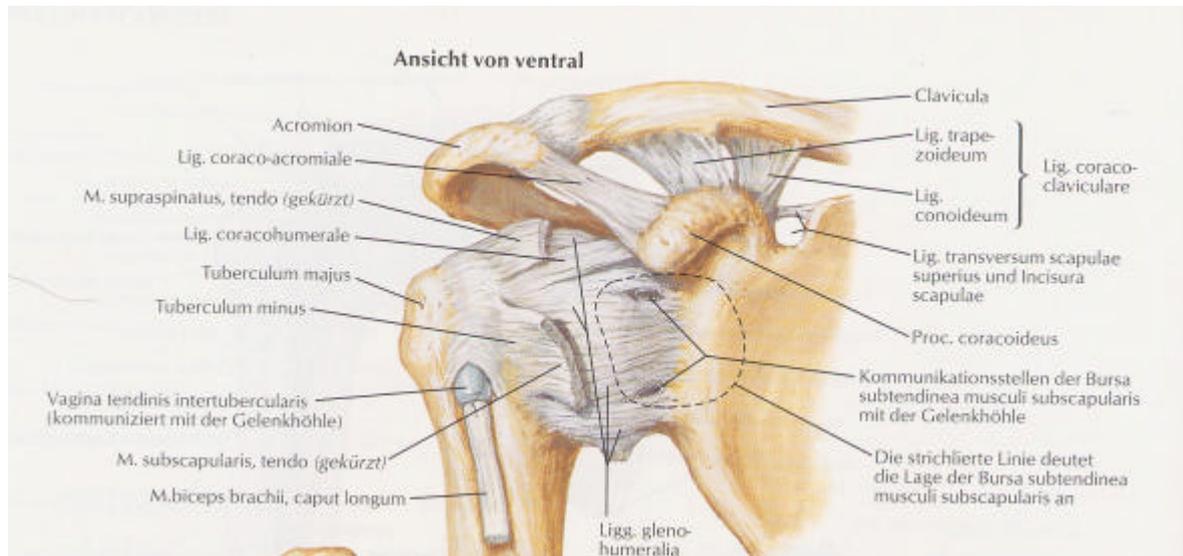


Abb. 1: Schulteranatomie I Ansicht von ventral (aus Netter „Atlas der Anatomie des Menschen“ S. 394 [97])

1.3. Labrum glenoidale

Die Oberfläche der Cavitas glenoidalis hat lediglich ein Viertel bis ein Drittel der Größe des Humeruskopfes. Somit sind bei allen Gelenkstellungen immer nur Teile des Humeruskopfes in Kontakt mit der Pfanne. Verschiedene Strukturen sind deshalb wichtig, um dieses Gelenk aktiv und passiv zu stabilisieren. Einer der passiven Stabilisatoren ist das Labrum glenoidale. Das Labrum glenoidale verbreitert und vertieft die Gelenkpfanne [42, S. 345, 122, S. 608]. Es besteht aus kollagenem Bindegewebe mit wenigen elastischen Fasern und aus faserknorpeligen Anteilen an der Übergangszone zum knöchernen Rand des Glenoids [106, S. 14]. Cooper et al. [40, S. 47] untersuchten in ihrer Studie die verschiedenen Anteile des Labrums von Leichenschultern histologisch. Sie fanden heraus, dass der superiore Bereich morphologische Unterschiede im Vergleich zu dem inferioren aufweist. Das superiore Labrum ähnelt dem Meniskus des Kniegelenkes und ist relativ locker mit dem Glenoid verbunden. Die verbindenden Fasern sind relativ dünn und lassen sich leicht dehnen. Im inferioren Bereich bestehen die verbindenden Strukturen aus

unelastischem fibrösem Gewebe. Das anteriore Band des inferioren glenohumeralen Ligaments inseriert bei den Leichenschultern direkt im anteroinferioren Teil des Labrums und dem Glenoid. Cooper bezeichnete den inferioren Teil des Labrums als eine abgerundete Erweiterung des Gelenkknorpels [40, S. 48]. Er fand dort eine fibrocartilaginäre Übergangszone zwischen dem hyalinen Gelenkknorpel und dem fibrösen Labrum. Im superioren Bereich besteht eine enge Verbindung zwischen dem langen Kopf der Bizepssehne und dem Labrum. Das superiore Labrum inseriert in der 12-Uhr-Position direkt distal der Ursprungsstelle der Bizepssehne am Tuberculum supraglenoidale. Die Kollagenfasern von Bizepssehne und Labrum verlaufen in diesem Bereich gemeinsam. Ein geringerer Anteil der Kollagenfasern des Labrums inseriert direkt am superioren Pol des Glenoids. Tischer und Putz [123, S. 573] beschreiben das Labrum als ein überwiegend aus ringförmig verlaufenden kollagenen Fasern bestehende Struktur mit einer Insertion aus faserknorpeligen Anteilen am Scapulahals. Insgesamt sehen sie es als Teil einer funktionellen Einheit des periartikulären Fasersystems bestehend aus Gelenkkapsel sowie dem Caput longum des M. biceps und dem Caput longum des M. triceps. Dabei erfüllt dem Labrum vielfältige Funktionen. Es vergrößert die Gelenkfläche der Cavitas glenoidalis, was zu einer besseren Kongruenz der beteiligten Gelenkpartner und Stabilität des Gelenks führt. Durch das Zusammenspiel mit der Gelenkkapsel und den glenohumeralen Ligamenten wird die ligamentäre Sicherung des Schultergelenks verbessert. Nur im inferioren und posterioren Bereich des Labrums ist dieses fest mit dem Glenoid verbunden. Im superioren und anterosuperioren Anteil finden sich jedoch häufig Spaltbildungen zwischen Labrum und Glenoid. Eine anatomische Normvariante stellt dabei das Foramen sublabrale dar, bei dem der in der Tiefe liegende Bizepssehnenanker intakt ist. Tischer und Putz sehen in einer unvollständigen Verankerung des Labrum glenoidale im superioren Bereich eine resultierende erhöhte Belastung auf den Bizepssehnenanker und damit die Prädisposition zu einer Labrumläsion. Die Kapsel des Schultergelenks wird in die drei glenohumeralen Ligament weiter differenziert. Das superiore glenohumerale Ligament verstärkt konstant verkommend die Innenseite der Gelenkkapsel, zieht von kranial des Tuberculum minus kommend und inseriert superior gemeinsam mit der langen Bizepssehne am Labrumkomplex [62, S. 30]. Das mittlere glenohumerale Ligament ist inkonstant vorhanden. Es kann somit fehlen oder auch sehnenartig dick („cord-like“) verstärkt ausgebildet sein. Die Insertion des Bandes kann dabei von medial des Tuberculum minus kommend direkt am Glenoid oder auch einstrahlend in den anterosuperioren Teil des Labrums sein. Das inferioren glenohumerale Ligament zieht von unterhalb der Knorpel-Knochen-Grenze des Humeruskopfes kommend und inseriert in den anteroinferioren Labrumkomplex und über diesen am Glenoid [123, S. 575]. Es bildet eine hängenmattenartige Schlinge für den Humeruskopf und stellt einen wesentlichen Faktor für die anteroinferiore Stabilität des Schultergelenks dar. Dabei erfolgt eine Unterteilung des inferioren glenohumeralen Ligaments in das vordere Band, das hintere Band und den dazwischen liegenden axillary pouch. Die arterielle Versorgung des Labrums erfolgt über die A. suprascapularis, die A. circumflexa scapulae und die A. circumflexa humeri posterior. Abgänge dieser Arterien versorgen die

Gelenkkapsel, die Synovialis und das Periost des Glenoids und des Scapulahalses. Die Peripherie des Labrums selbst erhält ihre arterielle Blutzufuhr von Ästen aus der Kapsel und des Periosts. In der Studie von Cooper wurde bei keiner der Leichenschultern eine arterielle Versorgung des Labrums aus dem darunterliegenden Knochen des Glenoids gesehen. Bei der Untersuchung von Cooper [40, S. 48] fiel die relative Minderversorgung des superioren und anterosuperioren Labrums im Vergleich zu dem posterioren und inferioren Bereich auf. Das Caput longum des M. biceps entspringt sowohl am Tuberculum supraglenoidale des Glenoids als auch am Labrum selbst. Nach Vangness [125, S. 951] lassen sich 4 Varianten des Bizepssehnenursprungs unterscheiden. Dabei entspringen ca. 40-60% der Bizepssehnenfasern vom Tuberculum supraglenoidale unter einem Winkel von etwa 20°. Die verbleibenden Fasern strahlen in 4 Variationen in das Labrum ein. Bei Typ I (22% der Fälle) strahlen die restlichen Fasern mit einem kräftigen Zügel alle in das posterosuperiore Labrum ein, während beim Typ II (33%) neben einem kräftigen posterioren Zügel wenige Fasern auch in den anterosuperioren Anteil des Labrum glenoidale einstrahlen. Typ III (37%) ist durch einen ausgeglichenen Anteil an anterosuperioren und posterosuperioren inserierenden Fasern charakterisiert. Typ IV (8%) ist die seltenste Variante bei der die meisten Fasern als anteroposterior einstrahlen und nur wenige posterosuperior. Es kann jedoch keine Aussage dazu gemacht werden, ob ein bestimmter Typ zu Läsionen im Bereich des Bizepssehnenankers prädisponiert oder nicht. Healey [59, S. 378] führten biomechanische Untersuchungen durch und durchtrennten den Ursprung der Bizepssehne am Tuberculum supraglenoidale und am Labrum glenoidale. Die Stabilität änderte sich dabei nach Durchtrennung am Labrum glenoidale kaum, nach Durchtrennung der inserierenden Fasern am Tuberculum supraglenoidale jedoch signifikant. Die stabilisierenden Fasern haben ihren Ursprung demnach vor allem am Tuberculum supraglenoidale, die Fasern am Labrum sind eher formgebend und unterschiedlich stark ausgeprägt. König et al. [62, S. 37] untersuchten das anterosuperiore Labrum histologisch und fanden dabei ebenfalls drei Varianten. Dabei wurde bei fast der Hälfte der Präparate ein sublabraler Recessus gefunden (Typ II 47,2%), der makroskopisch als pathologische Ablösung des Labrums fehlgedeutet werden kann. Die andere Hälfte (Typ I 44,4%) zeigt eine kräftige Übergangszone zwischen hyalinem Knorpel und dem Labrum, es findet sich selten eine meniskoide Struktur und damit makroskopisch keine Ablösung vom Glenoid. Typ III tritt nur selten auf (8,4%) und stellt eine Mischform zwischen Typ I und II dar mit einer schmalen Übergangszone. Sie schlossen aus ihren Untersuchung, dass eine gewisse superiore Mobilität nicht gleichzusetzen ist mit einer superioren Instabilität und eine operative Refixation einer SLAP II-Läsion nur bei klinischer Symptomatik im Sinne eines Impingements notwendig ist. Die stabilisierende Funktion der langen Bizepssehne ist funktionell vor allem in einer abduzierten und außenrotierten Position des Humeruskopfes wichtig [123, S. 575]. Tischer beschreibt zudem eine Belastungsminderung auf das inferiore glenohumerale Ligament durch die lange Bizepssehne.

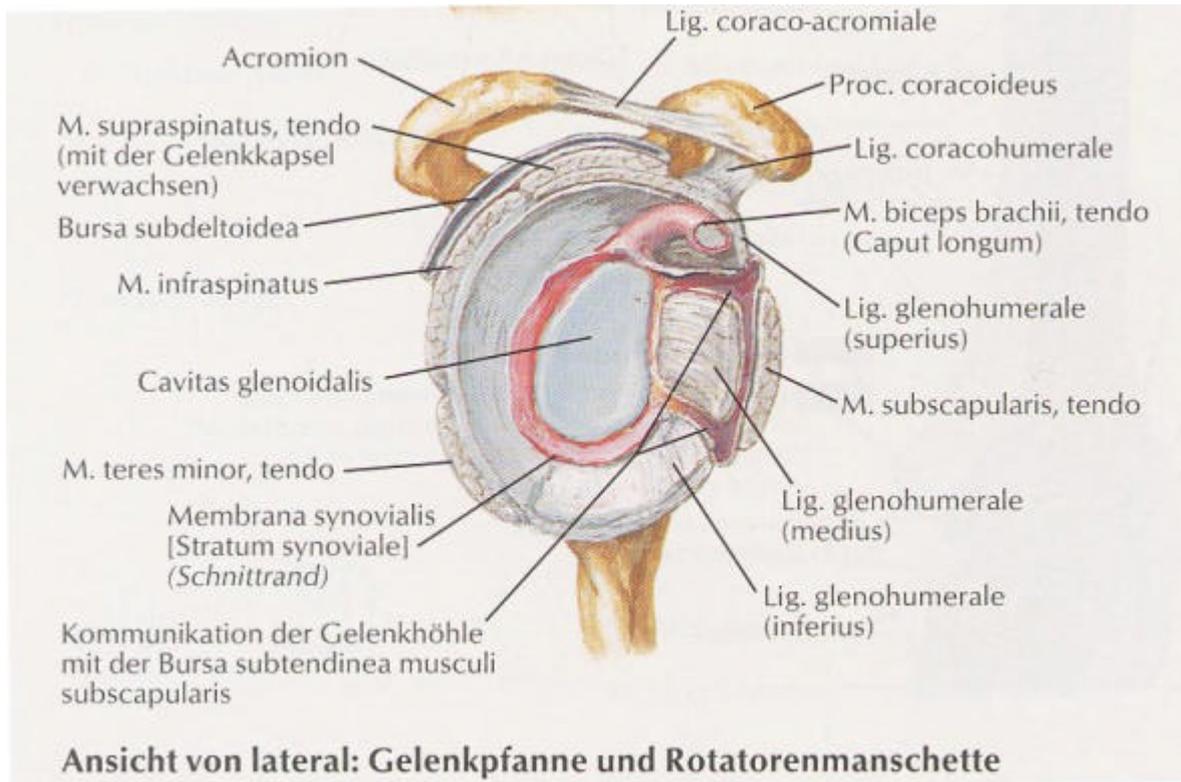


Abb. 2: Schulteranatomie II Ansicht von lateral (aus Netter „Atlas der Anatomie des Menschen“ S. 394 [97])

1.4. Einteilung der SLAP-Läsion

Andrews [4, S. 337] berichtete bereits im Jahr 1985 über eine Verletzung im Bereich des superioren Labrums, gab dieser jedoch keinen speziellen Namen. In seiner Klinik unterzogen sich in den Jahren 1979 bis 1983 120 Patienten einer Schulterarthroskopie. In 73 Fällen handelte es sich um Überkopfsportler. Dabei spielten 51 Patienten Baseball (35 Pitcher). Die weiteren ausgeübten Sportarten waren American Football (6), Softball (6), Tennis (5), Volleyball (3), Speerwerfen (1) und ein nicht näher bezeichnetes Spiel mit Schlägern (1). Das Durchschnittsalter seiner Patienten lag bei 23 Jahren. Das Labrum war häufig direkt im Bereich des Ursprungs der langen Bizepssehne verletzt. Andrews sah makroskopisch den Ursprung der Bizepssehne sowohl am Tuberculum supraglenoidale als auch Verbindungen zum Labrum selbst. Eine Unterscheidung zwischen dem Labrum und der Bizepssehne anterosuperior sah er als schwierig an und bewertete Unterbrechungen der Kontinuität in diesem Bereich als pathologisch. Bei 44 Patienten (60%) sah er eine anterosuperiore Labrumläsion, bei 17 Patienten (23%) war die Labrumläsion sowohl anterosuperior als auch posterosuperior

lokalisiert. In weiteren 7 Fällen (10%) befand sich die Labrumverletzung im anterioren Bereich und in 4 Fällen (6%) im posterosuperioren Anteil des Labrums. Ein weiterer Patient zeigte einen Korbhenkelriss des anterioren Labrums. Eine Partialläsion der langen Bizepssehne im Sinne der erst 5 Jahre später durch Snyder definierten SLAP-IV-Läsion sah Andrews bei 7 Patienten (10%). Als Begleitpathologie fand sich bei 33 Patienten (45%) eine Partialläsion der Supraspinatussehne. Andrews sah als Ursache der Verletzung des superioren Labrums den Zug der langen Bizepssehne am Labrum an. Während der Wurfbewegung ist der Bizepsmuskel während der Dezelerationsphase großen Kräften ausgesetzt. Bei 5 Patienten stimulierte er den Bizepsmuskel während der Arthroskopie elektromyographisch und sah bei allen eine Abhebung des superioren Labrums vom Glenoid. Zugleich beobachtete er dabei wie der Humeruskopf ins Glenoid gedrückt wurde und bewertete dies als stabilisierende Funktion des Bizepsmuskels für das Schultergelenk vor allem während der Durchzugsphase der Wurfbewegung. Andrews konnte somit zeigen, dass eine Zugkraft auf die Bizepssehne sich in den anterosuperioren Labrumbereich fortsetzt und eine Verletzung in diesem Bereich als Folge von Überbelastung bzw. Mikrotraumatisierung aufgrund repetitiver Wurfbewegungen bei Überkopfsportlern entstehen kann.

Stephen Snyder [114, S. 274] beschrieb 1990 eine spezielle Form der oberen Labrumläsion und gab ihr erstmalig den Namen SLAP-Läsion **S**(uperior)**L**(abrum)**A**(nterior and)**P**(osterior). Dabei handelt es sich um eine superiore Labrumverletzung, die sich über den Bereich des Bizepsankers erstreckt. Der lange Kopf der Bizepssehne hilft den Humeruskopf in der Gelenkpfanne zu zentrieren, somit handelt es sich um eine funktionell wichtige Region. Die Verletzung beginnt seiner Ansicht nach posterior und setzt sich nach anterior fort. Snyder sah diese Verletzung nicht sehr häufig. Innerhalb von 48 Monaten konnte bei 700 in seiner Klinik durchgeführten Schulterarthroskopien 27mal eine SLAP-Läsion (3,9%) als Grund für die Schulterprobleme identifiziert werden. In seiner Studie befanden sich 23 Männer und 4 Frauen mit einem Durchschnittsalter von 37,5 Jahren. Als Verletzungsmechanismus erkannte er zwei Möglichkeiten. In 13 Fällen handelte es sich um die Einwirkung einer Kompressionskraft auf die Schulter. Die Patienten waren auf den ausgestreckten Arm gefallen, der sich in einer Abduktions- und Flexionsstellung befand. Snyder stellt sich in diesen Fällen vor, dass das Labrum und der Bizepsanker zwischen dem Humeruskopf und dem Glenoid eingeklemmt und somit geschädigt werden. In 8 Fällen erkannte er einen Zugmechanismus auf den Arm bzw. die lange Bizepssehne. Weitere 6 Fälle ließen sich keinem bestimmten Unfallmechanismus zuordnen. Klinisch klagten alle Patienten über Schulterschmerzen, die sich vor allem bei Überkopftätigkeiten verstärkten. Er definierte die Verletzung arthroskopisch in vier Untergruppen. Der Typ I einer SLAP-Läsion bedeutet ein ausgefranztes superiores Labrum mit degenerativ wirkenden Veränderungen, die peripheren Anteile und die Bizepssehne haften fest am Glenoid. Mit dem Typ II beschrieb er eine Veränderung analog dem Typ I, zusätzlich findet sich jedoch ein Abziehen des superioren Labrum einschließlich des Bizepsankers vom darunter liegenden Glenoid. Es resultiert somit eine Instabilität des Labrum-Bizepsanker-Komplexes. Dadurch kann es bei Kontraktion des M. biceps über den Zug

an der langen Bizepssehne zu einem Einschlagen des verletzten Labrums zwischen Humeruskopf und Glenoid und daraus folgenden Schmerzen kommen. Der Typ III umfaßt einen Korbhenkelriß des superioren Labrums. Das verletzte Labrum schlägt sich in das Gelenk, während die peripheren Anteile dem Glenoid anhaften und auch die Bizepssehne noch intakt ist. Schließlich definierte Snyder einen Typ IV, der dem Korbhenkelriß des Typ III entspricht, der Abriß des Labrums bezieht jedoch die Bizepssehne mit ein. Der Labrum-Bizepsanker-Komplex ist analog dem Typ II instabil und tendiert dazu bei Zug an der langen Bizepssehne in das Gelenk einzuschlagen. Den Typ I fand Snyder bei 3 (11%), den Typ II bei 11 (41 %), den Typ III bei 9 (33 %) und den Typ IV bei 4 (15 %) von 27 Patienten. Als Begleitpathologien zusätzlich zu einer SLAP-Läsion fand Snyder bei sieben Patienten (26%) eine Rotatorenmanschettenpartialruptur, bei vier Patienten (15%) eine full-thickness Rotatorenmanschettenruptur. Außerdem fand er in vier Fällen eine anteriore Instabilität und bei drei Patienten eine Affektion der Acromioclaviculargelenkes im Sinne einer Entzündung. Bei einigen Patienten konnte er mehrere Pathologien gleichzeitig feststellen.

Eine genaue Analyse seiner durchgeführten Schulterarthroskopien veröffentlichte Snyder im Jahr 1995 [113, S. 243], die seine erste Veröffentlichung aus dem Jahr 1990 bestätigte. Im Zeitraum Januar 1985 bis Dezember 1993 (= 9 Jahre) unterzogen sich in seiner Klinik 2375 Patienten einer Schulterarthroskopie, bei 140 Personen (davon 128 Männer (91%) und 12 Frauen) fand sich eine Schädigung des superioren Labrums. Somit fand sich bei sechs Prozent aller durchgeführten Arthroskopien eine Verletzung des superioren Labrums, was die relative Seltenheit zeigt. Als Ursache zeigte sich bei 43 Patienten (31%) ein Sturz oder Schlag auf die betroffene Schulter. Nur bei 16 Patienten (12%) handelte es sich um Überkopfsportler. 27 Patienten (19%) hatten anamnestisch eine Subluxation oder Luxation des betroffenen Schultergelenkes erlitten und bei 23 Personen (16%) traten die Beschwerden erstmals beim Heben eines schweren Gegenstandes auf. Der häufigste Untertyp (isoliert und als Begleitverletzung) war in seiner Untersuchung wiederum die SLAP-II-Läsion in 77 Fällen (55%). Eine Partialläsion der Rotatorenmanschette als häufigste Begleitverletzung fand sich bei 40 Patienten (29%). Eine isolierte Läsion des superioren Labrum ohne Begleitverletzung fand sich nur bei 40 Patienten (28%). Auf das gesamte Kollektiv von 2375 Patienten bezogen, fand sich somit lediglich bei 1,7 Prozent aller Schulterarthroskopien eine isolierte superiore Labrumläsion. Bei 16 Personen (40%) ließ sich ein Trauma, wie ein Sturz oder ein direkter Schlag auf die Schulter als Ursache erkennen, während es sich bei 6 Patienten (15%) um Überkopfsportler handelte. Bei diesen 40 Patienten mit einer isolierten Läsion des superioren Labrums handelte es sich bei 31 Patienten (77%) um eine SLAP-II-Läsion, was mit den Erfahrungen unserer Klinik gut korreliert und somit Gegenstand unserer klinischen und isokinetischen Untersuchung war.

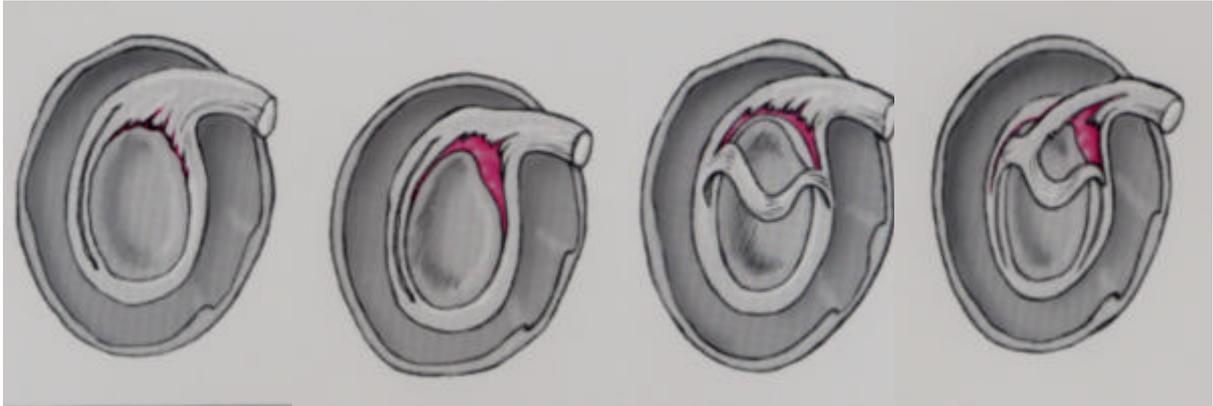


Abb. 3: SLAP-Läsionen Typ I-IV SNYDER Klassifikation (aus Habermeyer „Schulterchirurgie“ S. 589 [57])

Maffet et al. [84, S. 93] erweiterten 1995 die ursprüngliche Klassifikation von Snyder. Sie führten innerhalb von 5 Jahren (04/1987 bis 04/1992) 712 Schulterarthroskopien durch. 52 Patienten (7,3%) hatten Läsionen im Bereich des superioren Labrums im Sinne einer SLAP-II, -III oder -IV-Läsion. Dabei litten 46 Patienten an einer SLAP II-Läsion, sowie je 2 Patienten an einer SLAP-III-Läsion und SLAP-IV-Läsion. 32 Patienten (4,5%) ließen sich nicht in die ursprüngliche Klassifikation von Snyder einordnen, sondern waren komplexer. Dabei handelte es sich in 14 Fällen um eine Fortsetzung einer Bankart-Läsion des anteroinferioren Labrums in den Bereich des superioren Labrums des Bizepssehnenankers, diese Läsion nennt Maffet SLAP-V-Läsion. 7 Patienten hatten einen kleinen Riss des superioren Labrums in Lappenform (sog. instabiler Labrum-„Flap“) in direkter Verbindung mit einem abgelösten Bizepssehnenanker stehend. Die Basis dieses Einriss konnte sowohl posterior oder anterior des Ankers vorhanden sein. Diese Läsion wurde als SLAP-VI-Läsion eingestuft. Bei 11 Patienten setzte sich die Läsion des superioren Labrums nach anterior bis in das mittlere glenohumerale Ligament fort, dieser Untertyp wurde SLAP-VII-Läsion genannt. Als häufigste Begleitpathologie konnte Maffet eine Partiaalläsion der Rotatorenmanschette feststellen (32 von 84 Patienten, 38%), Je 4 Patienten hatten eine komplette Rotatorenmanschettenruptur sowie eine Rotatorenintervallläsion. Bei 20 Patienten wurde zusätzlich eine Hill-Sachs-Läsion diagnostiziert. Maffet bezog keine SLAP-I-Läsionen genauer in seine Studie mit ein. Seiner Ansicht nach stellt diese Läsion einen physiologischen Abnutzungsprozess des Labrums dar, ohne Anhalt dafür für Schulterbeschwerden verantwortlich zu sein. Auch diese Studie zeigt somit die Seltenheit der isolierten SLAP-Läsion ohne Begleitpathologie.

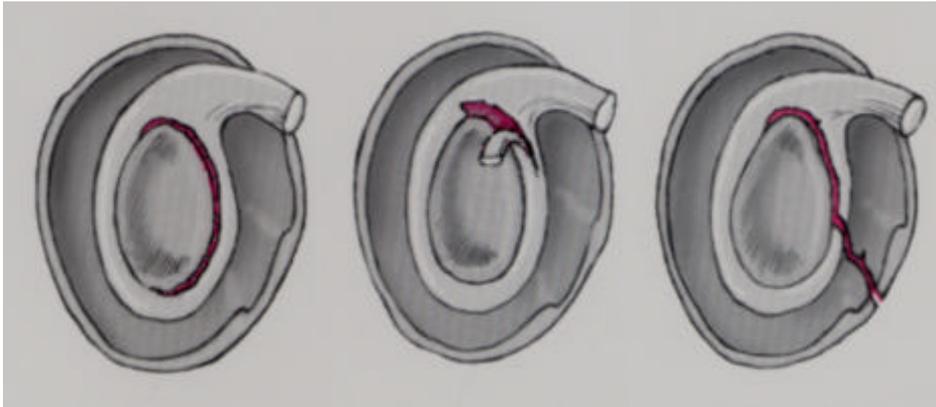


Abb. 4: SLAP-Läsionen Typ V-VII (aus Habermeyer „Schulterchirurgie“ S. 589 [57])

Eine weitere Ergänzung der Einteilung wurde von Burkhart und Morgan [25, S. 637] beschrieben, indem sie bei Typ 2 nach Snyder drei Subklassifizierungen einführten. Der Typ 2 wurde aufgegliedert in den anteriosuperioren, den posteriosuperioren (kurz posterioren) und den kombinierten anterioren und posterioren (kurz kombinierten) Typ. Burkhart und Morgan stützen diese weitere Unterteilung auf die Durchführung von 102 Arthroskopien von SLAP 2 Läsionen innerhalb von 5 Jahren, bei denen sie die posterioren und kombinierten Verletzungen vor allem bei Überkopfsportlern fanden. Diese Läsionen von Sportlern werden laut Burkhart und Morgan einer relativ einheitlichen Diagnostik und Behandlung zugeführt, und grenzen sich somit ihrer Ansicht nach von den anteriosuperioren Läsionen ab.

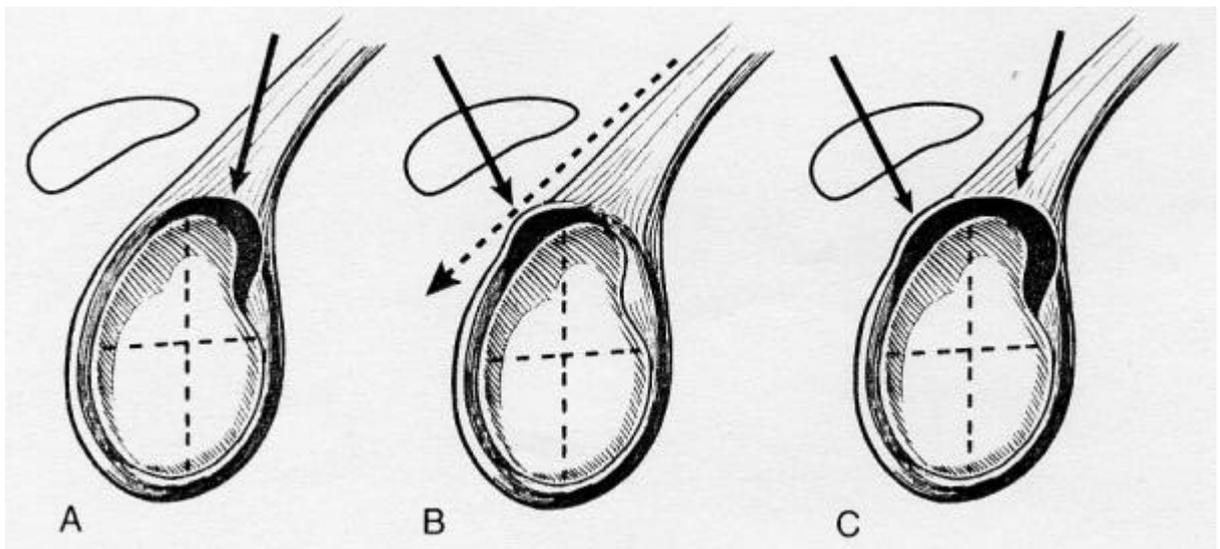


Abb. 5: Subklassifizierungen SLAP-II-Läsion nach Burkhart und Morgan [26, S. 128]

1.5. Ätiologie der SLAP-Läsion

Die Ursache der SLAP-Läsion ist eine in der Literatur häufig diskutierte Frage, die bis heute keine endgültige Antwort kennt. Andrews et al. [4, S. 338] sah diese Verletzung hauptsächlich bei über dem Kopfniveau werfenden Sportlern und folgerte, dass es sich um einen Überlastungsschaden handelt. Die lange Bizepssehne übt einen Zug auf das Labrum vor allem in dem verlangsamenden Abschnitt der Wurfbewegung aus, nachdem der Ball die Hand nach der Durchzugsphase verlassen hat. Sie stimulierten während der Arthroskopie den Musculus biceps elektromyographisch und hoben auf diese Weise das verletzte anterior-superiore Labrum vom darunterliegenden Glenoid ab.

Snyder et al. [114, S. 275] beschrieben sie zum einen als ein fortgeleitetes Trauma mit Sturz auf den ausgestreckten Arm, der sich in einer Abduktions- und leichten Flexionsstellung befindet. Infolgedessen kommt es zu einer Kompression, kranialen Subluxation und einer möglichen Abscherung des superioren Labrums. Die Verletzung beginnt posterior und reicht bis nach anterior. Außerdem beschrieb Snyder als weitere mögliche Verletzungsursache einen Zugmechanismus auf den Arm, entweder als plötzliches Ereignis oder im Sinne einer Überkopfbelastung, wie sie bei Wurfbewegungen von Sportlern auftritt. Das Schultergelenk ist ansonsten stabil.

Rodosky et al. [108, S.121] denken, dass die Bewegung des Armes während der Ausholphase beim Werfen in eine extreme Abduktions- und Außenrotationsstellung den Ursprung des langen Kopfes der Bizepssehne und seine Verbindung zum superioren Labrum stark beansprucht. Rodosky stellt bei einer experimentell erzeugten SLAP-II-Läsion eine resultierende Dekompensation des inferioren glenohumeralen Ligaments fest. Dadurch kommt auch bei weniger Kraftaufwand zu einer vermehrten anterioren Translation.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Pagnani und Mitarbeiter [101, S. 1003]. Sie demonstrierten bei Leichenschultern eine Zunahme der anteroposterioren und superoinferioren Translation, nachdem sie künstlich eine SLAP-Läsion erzeugt hatten.

Maffet et al. [84, S. 93] sehen die SLAP-Läsion als mögliche kraniale Fortsetzung einer instabilitätsbedingten vorderen Pathologie von Labrum, Kapsel und Ligamenten, die ihre Ursache in einem Abduktions- und Außenrotationstrauma hat. Eine durch wiederholte Mikrotraumen induzierte sukzessive Überdehnung des vorderen kapsuloligamentären Komplexes einschließlich des inferioren glenohumeralen Ligaments könnte zu einer Überlastung des superioren Labrum führen.

Burkhart und Morgan [25, S. 637] sehen den Ursprung der Läsion im posterosuperioren Labrum. Sie sahen den sog. „peel-back-Mechanismus“ als mögliche Ursache einer SLAP-II-Läsion an. Bei Werfern kommt es während der Wurfbewegung zu einer Torsionsbelastung am Ursprung der langen Bizepssehne, wenn während der Ausholbewegung der Humerus in eine extreme Abduktions- und Außenrotationsposition gebracht wird. Es kommt somit zu einer Änderung des Kraftvektors der langen Bizepssehne von horizontal-anterior in eine mehr vertikal-posteriore Richtung. Sie nahmen

eine Kraftübertragung der Bizepssehne auf das posteriore Labrum an. Diese Torsionskräfte können ihrer Ansicht nach zu einer Abschälung des Labrums bei andauernder wiederholter Mikrotraumatisierung im Sinne einer SLAP-II-Läsion führen.

Vaitl et al. [122, S. 608] führten eine Studie zur Pathogenese von SLAP-II-Läsionen am Schultergelenk an 16 Leichenschultern durch. Die Studie zeigt, dass es zu einer Entstehung von posterosuperioren Labrumläsionen auch bei einer Adduktions-Innenrotations-Position des Humerus kommen kann, wie sie während der Abbremsphase der Wurfbewegung auftritt. Als möglicher Mechanismus wird durch eine vermehrte Translation des Humeruskopfes nach posterosuperior in diesem Abschnitt der Wurfbewegung ein erhöhter unphysiologischer Kontakt des Humeruskopfes mit dem posterosuperioren Labrum angenommen. Zudem sehen die Autoren in maximaler Innenrotation des Humerus einen Verlust der gelenkzentrierenden Funktion der langen Bizepssehne.

Die häufige Beteiligung der Rotatorenmanschette (v.a. der Supraspinatussehne) in Form von Tendinitis, Partialruptur oder kompletter Ruptur bei einer vorliegenden SLAP-Läsion führen Davidson und Kollegen [43, S. 384] auf ein „inneres Impingement“ zurück. Bei Überkopfsportlern wird meist eine Erhöhung des Umfangs der Außenrotation in der 90°-Abduktionsstellung beobachtet. Bei Arthroskopien brachten sie den Humerus in eine Abduktions- und Außenrotationsstellung in der gleichen Weise wie beim Ausholen während der Wurfbewegung. Dabei sahen sie, dass die artikuläre Seite der Sehnen der Rotatorenmanschette gegen die posterior-superiore Kante des Glenoids gedrückt wird.

Field und Savoie [48, S. 784] führen die Impingement-Symptomatik während der Überkopftätigkeit (v. a. bei SLAP-II-Läsionen und SLAP-IV-Läsionen) auf den Verlust des stabilisierenden Effekts der Bizepssehne und des superioren glenohumeralen Ligaments zurück. In ihrer Studie beobachteten sie eine ungenügende Verbindung des superioren glenohumeralen Ligaments mit dem Labrum-Glenoid-Komplex bei SLAP-Patienten. Dadurch kommt es zu einer „Mikroinstabilität“ oder Subluxation nach anterior-superior bei Überkopfbewegungen und somit zu Impingement-Beschwerden.

Burkart et al. [23, S. 56, 24, S. 606] untersuchten in einer Studie den Effekt einer experimentell erzeugten SLAP-II-Läsion auf die glenohumerale Bewegung. Dazu wurden 8 Kadaverschultergelenke vorher und nachher mit Hilfe eines Robotersystems untersucht. Er konnte bei Ausübung einer Kraft von 50 N in anterior-posteriorer Richtung eine erhöhte Translation sowohl nach anterior und posterior wie auch nach inferior feststellen. Bei Richtung der Kraft in superior-inferiorer Richtung kam es zu einer Zunahme der Translation nach inferior. Auch bei der Durchführung eines dynamischen Apprehension-Test mit einem verwendeten Drehmomentwert von 3 Nm kommt es zu einer erhöhten anterioren, inferioren und posterioren Translation. Burkart schließt aus seinen Ergebnissen, dass die experimentell nachgewiesene Mikroinstabilität ursächlich für die eingeschränkte Überkopfsportfähigkeit sein kann und bei operativer Versorgung mitberücksichtigt werden sollte.

1.6. Diagnostik und Therapie der SLAP-Läsion

Der Patient mit einer SLAP-Läsion stellt sich laut Gartsman und Hammerman [52, S. 117] mit intermittierenden Beschwerden vor, wie dem Gefühl der Blockierung oder einem Schnappen der Schulter während Überkopftätigkeit im Sport oder im Alltag. Sie beschreiben den möglichen Schmerz als stechend und heftig, mit ungenauer Lokalisation tief im Inneren des Schultergelenkes. Die klinische Untersuchung und Diagnostik einer SLAP-Läsion ist häufig schwierig und nicht eindeutig möglich. In der klinischen Routine werden verschiedene Tests verwendet. Dazu zählt das sog. Klickphänomen (Kompressions- und Rotations-Test) wie es von Jerosch beschrieben wird [66, S. 21]. Weitere spezifische Tests sind der „SLAPprehension“-Test [13, S. 121], der sog. „Mimori“-Test [93, S. 137], der O'Brien-Test [98, S. 610] und der Crank-Test [81, S. 721]. Die bildgebende Diagnostik umfasst die Durchführung einer Kernspintomographie des Schultergelenkes als Verfahren der Wahl [97, S. 181, 130, S. 597]. Eine Vielzahl von Studien wurden zur diagnostischen Aussagekraft der Kernspintomographie bei Labrumläsionen durchgeführt [19, 32, 34, 37, 49, 65, 73, 74, 75, 79, 99, 104, 105, 111, 122]. Zur besseren Darstellung der vorliegenden intraartikulären Pathologie wird die Verwendung von Kontrastmittel empfohlen [37, S. 1234, 49, S. 829]. Ein häufig verwendetes Kontrastmittel in klinischen Studien ist Gadolinium [10, S. 268, 34, S. 1117, 127, S. 636]. Andere Autoren verwendeten Kochsalzlösung [32, S. 788, 120, S. 550]. Dieses wird intraartikulär in das Schultergelenk injiziert. Die Vorteile liegen in der Distension des Gelenkraums und den besseren Kontrastverhältnissen zwischen Knorpel, Kapsel-Band-Strukturen, Knochen und dem Gelenkbinnenraum [134, S. 597]. Bencardino et al. [10, S. 267] erreichen dabei eine Sensitivität bei der Diagnose von SLAP-Läsionen von 89% und eine Spezifität von 91%. Legan et al. [75, S. 242] stellten eine Spezifität von 99% fest, bei jedoch deutlich geringerer Sensitivität von 75%. Hohe Sensitivitäts- (91%) und Spezifitätswerte (93%) bei superioren Labrumläsionen stellte Palmer fest [102, S. 645]. Wörtler et al. [134, S. 597] erzielten bei der Detektion von SLAP II-, III- und IV-Läsionen eine Sensitivität von 88% und eine Spezifität von 97%. Sie legten dabei genaue kernspintomographische Kriterien für ihre Studie fest. Eine SLAP-I-Läsion ist ihrer Ansicht nach nicht immer darstellbar, was unter Standardbedingungen wahrscheinlich auf die nicht ausreichende Ortsauflösung der Kernspintomographie zurückzuführen ist, die eine oberflächliche Auffaserung Labrums bzw. des Bizepssehnenankers nicht sicher zeigt. Besondere Sorgfalt muss bei Betrachtung der kernspintomographischen Aufnahmen angewendet werden, um nicht Normvarianten wie den sublabralen Rezessus als SLAP-II-Läsion fehlzudeuten [73, S. 235, 112, S. 251, 134, S. 595]. Wörtler [134, S. 598] legt drei Kriterien in den parakoronaren Schichten zur Differenzierung einer SLAP-II-Läsion im Gegensatz zum physiologischen sublabralen Recessus fest. Der sicherste Nachweis ist seiner Ansicht nach ein nach kranial und/oder lateral in das superiore Labrum und den

Bizepssehnenanker gerichteter Kontrastmitteleintritt. Eine irreguläre Berandung eines vermeintlichen Recessus spricht ebenso gegen diesen und für eine SLAP-II-Läsion, wie auch eine sehr weite Separation zwischen Labrum und Glenoid. Ein drittes Kriterium stellt ein nach medial gerichteter Kontrastmitteleintritt unter das superiore Labrum dar, der in den Aufnahmen erkennbar ist, die dorsal des Bizepssehnenankers liegen. Die Zuverlässigkeit dieses Kriterium wird jedoch durch die von Vangness [125, S. 951] beschriebenen Varianten der Lokalisation des Bizepssehnenankers begrenzt. Die SLAP-III-Läsion als Korbhenkelriss des superioren Labrums kann auf den parakoronaren Schichten der Kernspintomographie als Kontrastmitteleintritt in das Labrum sowie auch zwischen Labrum und intaktem Bizepssehnenanker darstellbar sein. Das Korbhenkelfragment ist zudem häufig nach als nach kaudal dislozierter Anteil des Labrums erkennbar und als dreieckiges Fragment durch zwei signalintensive Grenzflächen von den umgebenden Strukturen getrennt. Eine SLAP-IV-Läsion kann durch ein mit der Bizepssehne verbundenes ebenfalls nach kaudal (analog Typ III) disloziertes Korbhenkelfragment erkannt werden. Im Gegensatz zur SLAP-III-Läsion besteht das Korbhenkelfragment somit zusätzlich zu Labrumanteilen auch aus unterschiedlich großen Anteilen des Bizepssehnenankers. Die parakoronaren Schichten zeigen die Separation durch das eingetretene Kontrastmittel zwischen Labrum und Bizepssehnenanker sowie Glenoidkante, bei stärkerer Dislokation nach kaudal in den Gelenkraum ist das Korbhenkelfragment auch auf den axialen Aufnahmen erkennbar. Die Computertomographie hat an Stellenwert zur Diagnose von Labrumläsionen verloren [19, S. 57, 63, S. 128, 65, S. 695, 79, S. 191, 109, S. 1371], auch wenn in der Literatur teilweise Spezifitätswerte von bis zu 100% angegeben werden, bei jedoch meist deutlich niedrigeren Sensitivitätswerten [31, S. 13]. Die Therapie bei Vorliegen einer SLAP-Läsion ist abhängig vom jeweiligen Typ. Eine Typ I-Läsion, bei der keine Ablösung des Labrums vorliegt, sondern eine Auffaserung des Bizepssehnenankers, wird in aller Regel konservativ behandelt [80, S. 627]. Im Rahmen einer diagnostischen Schulterarthroskopie kann bei Vorliegen einer SLAP-I-Läsion ein mechanisches oder elektrothermisches Debridement erfolgen [80, S. 627, 89, S. 639, 123, S. 634], die alleinige SLAP-I-Läsion stellt jedoch nicht die Indikation zum operativen Vorgehen dar. Die Behandlung einer SLAP-Läsion vom Typ II, III oder IV sollte vor allem beim jungen Patienten die operative Refixation des Labrums an der Glenoidkante mit Hilfe von Fadenanker-Systemen umfassen. Ein Debridement zeigte bei diesen Läsionen schlechte Langzeitergebnisse. Eine Ausnahme stellt laut Linke et al. der ältere Patient dar. Bei starken degenerativen Veränderungen sollte bei diesem eine Tenodese oder Tenotomie der Bizepssehne sowie ein Debridement der abgelösten Labrumanteile durchgeführt werden. Als Fadenankersysteme können sowohl resorbierbare wie auch nicht-resorbierbare Anker bzw. Fäden verwendet werden. Die arthroskopische Technik stellt bedingt durch die Anatomie mit schwer erreichbar oberem Glenoidpol eine Herausforderung für den behandelnden Operateur dar [55, S. 153]. Um eine bessere Übersicht über das Arbeitsfeld zu erreichen wurden verschiedene Techniken entwickelt, wie u.a. die sog. „suspension sling“ nach Imhoff, die durch Verknotung zweier eingebrachter Fäden das posterosuperiore Labrum zurückhält [80, S. 629] und

damit freie Sicht auf den Glenoidhals ermöglicht. Bei Vorliegen einer SLAP-II-Läsion genügt meist die Verwendung von 2 Fadenankern, dabei liegt je ein Anker posterior und ein Anker anterior des Bizepssehnenankers. SLAP-IV-Läsionen erfordern häufig einen 3. oder 4. Fadenanker, zudem muss die gespaltene Bizepssehne reseziert oder genäht werden [80, S. 630]. Analog sind auch bei der SLAP-V-Läsion mit Abriss des anterioren bzw. anteroinferioren Labrums entsprechend mehr Fadenanker zur Refixation erforderlich, um eine Einheilung des Labrums zu ermöglichen und die Wiederherstellung der Funktion des Labrums zu gewährleisten.

1.7. Isokinetische Meßmethode

Die Messung der Muskelkraft kann klinisch grob-manuell beurteilt werden. Die Einteilung erfolgt in Kraftgrade von Grad 0 (keine Muskelkontraktion sichtbar, keine Muskelaktivität) bis Grad 5 (normale Kraft). Sie ist vom Untersucher abhängig. Eine Messung mit dem Isobex-Gerät zeigt die isometrische Maximalkraft in einer wählbaren Gelenkstellung.

Der Begriff „Isokinetik“ stammt aus der griechischen Sprache (iso=gleich und kinesis=Bewegung). Das erste isokinetische Trainingsgerät wurde 1967 von James Perrine, einem New Yorker Biomechaniker, entwickelt [44, S. 26]. Das erste kommerziell erhältliche isokinetische Test- und Trainingsgerät wurde 1969 von der Firma Lumex Cybex-Gerät genannt. Bei einer isokinetischen Messung erfolgt die Kraftentwicklung unter einer vorher festgelegten definierten Bewegungsgeschwindigkeit (Winkelgeschwindigkeit). Das Gerät baut einen dieser Kraft entgegen gesetzten variablen Widerstand auf. Duesberg et al. definierten Isokinetik als „gleichförmige Bewegung bei sich ständig anpassendem Widerstand“. Die Kraftmessung mit einem isokinetischen Messgerät wie dem Cybex Dynamometer hat den somit den Vorteil einer funktionellen dynamischen Messung. Der Patient wird individuell in einem belastungstypischen Bewegungsmuster untersucht. Dabei können an jedem Punkt der Gelenkbewegung die real auftretenden Kräfte untersucht werden. Eine isokinetische Untersuchung kommt den natürlichen Bewegungsmustern somit wesentlich näher als statische Kraftmessmethoden. Boenisch [16, S. 5] betont den Vorteil des Cybex-Gerätes Patientenkollektive unter standardisierten und identischen Bedingungen untersuchen zu können. Die Komplexität der Bewegung im Schultergelenk erklärt die Schwierigkeit, normale und pathologische Schulterfunktionen zu untersuchen und standardisiert zu dokumentieren. Das Cybex-Dynamometer stellt eine mögliche Form der standardisierten Dokumentation dar [16, S. 6]. Die Kraftmessung kann zur Diagnose von Verletzungen des Schultergelenkes und während der Rehabilitation zur Verlaufskontrolle eingesetzt werden [28, S. 90, 35, S. 249]. In der Literatur finden sich einige Studien, in denen die Kraft von Normalprobanden und Sportlern isokinetisch, d. h. mit konstanter Winkelgeschwindigkeit gemessen wurde. Boenisch et al. [16, S. 5] untersuchten in ihrer Arbeit

Patienten nach kompletter Acromioclaviculargelenk-Sprengung postoperativ mit dem Cybex-II-System. Dabei verglichen sie mit den ermittelten Werten für Abduktion, Adduktion, Flexion und Extension zwei Operationstechniken, zum einen die Zuggurtungsosteosynthese und zum anderen die temporäre Claviculafixierung mittels Bosworth-Schraube im Processus coracoideus. Die Abduktionskraft von gesunden Footballspielern war Gegenstand der Untersuchung von Burnham et al. [28, S. 90], die dabei isokinetische und isometrische Messungen mit dem Cybex 340 Dynamometer durchführten. Cahalan et al. [29, S. 249] testeten die Kraft von unverletzten Normalprobanden bei verschiedenen Bewegungsrichtungen des Armes und unterschiedlichen Winkelgeschwindigkeiten. In mehreren Studien wurde die Kraft von sog. Überkopfsportlern gemessen. Dazu gehören die Studien von Chandler et al. [35, S. 455, 36, S. 134], die mit dem Cybex 340 Dynamometer die Außen- und Innenrotationskraft von Tennisspielern in 90°-Abduktionsstellung des Armes bestimmten. In einer Studie von Brown et al. [20, S. 577] wurde die Außen- und Innenrotationskraft von professionellen Baseballspielern untersucht, die keine Verletzung an der oberen Extremität hatten. Ein entscheidender Vorteil isokinetischer Untersuchungen ist die gute Reproduzierbarkeit. Mehrere Untersucher zeigten die gute Reliabilität von isokinetischen Messungen mit dem Cybex Dynamometer [12, 16, 20, 22, 35, 45, 85, 128]. Burnham [28, S. 91] bezeichnet das Cybex Dynamometer sogar als den Goldstandard unter den isokinetischen Messgeräten hinsichtlich Reliabilität und Validität. Bei der Messung kann der genaue Bewegungsumfang individuell festgelegt werden, um dem meist größeren Bewegungsausmaß von Überkopfsportlern vor allem bei der Rotation gerecht zu werden.

2. Material und Methode

2.1. Gruppeneinteilung

Das prospektive Studiendesign umfasste die Untersuchung von drei verschiedenen Gruppen. Die Kontrollgruppe, eine Gruppe mit Überkopfsportlern und eine Gruppe von Patienten mit einer SLAP-Läsion. An der Studie nahmen insgesamt 57 Probanden teil, die sich auf die drei Gruppen aufteilen. In der Kontrollgruppe befinden sich 15 Männer und 15 Frauen, die einen Altersdurchschnitt von 24,6 Jahren (Median: 24 Jahre, Minimum: 21 Jahre, Maximum: 31 Jahre) aufweisen, der genaue Wert bei den Männern und Frauen beträgt 24,5 Jahre bzw. 24,7 Jahre. In der Gruppe enthalten sind zwei Linkshänder, je eine Frau und ein Mann. Die Größe beträgt durchschnittlich 1,75m (Median: 1,75m, range: 1,60-1,87m), das Gewicht 68,3 kg (Median: 66,5 kg, range: 52-96 kg). Die Voraussetzungen, um in die Kontrollgruppe aufgenommen zu werden, waren zum einen eine verletzungsfreie Anamnese beider Schultergelenke, zum anderen durfte keine Sportart mit Überkopfbelastung, d. h. mit Wurf- oder Schlagelementen ausgeführt werden. Zudem durfte die klinische Untersuchung der beiden Schultergelenke keine Auffälligkeiten zeigen, ansonsten erfolgte der Ausschluss aus der schultergesunden Kontrollgruppe. Die Gruppe mit den Überkopfsportlern umfasst insgesamt 15 Sportler, davon 6 Männer und 9 Frauen mit einem Altersdurchschnitt von 24,1 Jahren (Median: 24 Jahre, Minimum: 20 Jahre, Maximum: 30 Jahre). Die männlichen Sportler waren am Zeitpunkt der Messung durchschnittlich 27,3 Jahre alt, die weiblichen Sportler 22,0 Jahre. Zwei der männlichen Probanden sind Linkshänder. Die durchschnittliche Größe beträgt 1,76m (Median: 1,74m, range: 1,66-1,93m) und das Gewicht 68,9 kg (Median: 69 kg, Spannweite: 60-85kg). Die Bedingungen für die Aufnahme in die Sportlergruppe waren ebenfalls eine negative Anamnese hinsichtlich von Schulterverletzungen sowohl der dominanten als auch der nicht-dominanten Seite, eine unauffällige klinische Untersuchung der Schultergelenke besonders hinsichtlich einer SLAP-Läsion oder einer Verletzung der Rotatorenmanschette. Die Ausübung einer Sportart mit Überkopfbelastung hat durchschnittlich mindestens dreimal pro Woche zu erfolgen. Die einzelnen durchgeführten Sportarten der getesteten Sportler mit Alter und Trainings- bzw. Spieleinheiten pro Woche zeigt die folgende Tabelle 1.

	<u>Geschlecht</u>	<u>Alter in Jahren</u>	<u>Sportart</u>	<u>Trainings- bzw. Spieleinheiten pro Woche</u>	<u>Dominante Seite</u>
1	männlich	28	Schwimmen	4	links
2	männlich	27	Schwimmen	3	rechts
3	männlich	25	Schwimmen	3	links
4	weiblich	22	Schwimmen und	2	rechts
			Volleyball	3	
5	weiblich	22	Volleyball	3	rechts
6	weiblich	21	Volleyball	3	rechts
7	weiblich	20	Volleyball	3	rechts
8	weiblich	22	Volleyball und	3	rechts
			Tennis	2	
9	weiblich	24	Tennis	3	rechts
11	männlich	26	Tennis	3	rechts
12	weiblich	23	Tennis	4	rechts
12	weiblich	20	Handball	4	rechts
13	männlich	28	Handball	4	rechts
14	männlich	30	Handball	4	rechts
15	weiblich	25	Basketball	4	rechts

Tab. 1: Zusammensetzung der Gruppe der Überkopfsportler

Die dritte Gruppe umfasst Patienten, die sich in der Poliklinik für Sportverletzungen des Lehrstuhls für Orthopädie und Sportorthopädie der Technischen Universität München im Zeitraum 01.05.1999 bis 31.07.2000 mit der klinischen Symptomatik einer SLAP-Läsion vorstellten und zu einer Studienteilnahme bereit erklärten. Die Anamnese der Patienten musste Beschwerden bei Gebrauch des Armes über dem Niveau des Kopfes bei Sport bzw. sonstigen Tätigkeiten beinhalten. Bei der klinischen Untersuchung wurde mindestens ein positives Ergebnis bei den sog. SLAP-Tests vorausgesetzt, die im folgenden Unterpunkt näher erklärt werden. Eindeutige Ausschlusskriterien waren eine vordere oder hintere Luxation der Schulter in der Anamnese des Patienten oder der Hinweis auf eine frühere Luxation bzw. Instabilität bei der durchgeführten röntgenologischen oder kernspintomographischen Untersuchung (z.B. Hill-Sachs-Defekt) mit intraartikulärem Kontrastmittel

(Gadolinium). Ausgeschlossen von der Studie waren außerdem komplexe Labrumläsionen im Sinne einer Verletzung des Labrums nicht nur im Bereich des Bizepsankers, sondern zusätzlich an anderer Stelle, wie z. B. vorne unten im Sinne einer Bankart-Läsion. Nicht in die Studie aufgenommen wurden Patienten, die an einer Symptomatik des Acromioclaviculargelenks litten. Eine Kraftabschwächung der Muskeln der Rotatorenmanschette in der klinischen Untersuchung oder eine komplette Ruptur derselben in der Magnetresonanztomographie waren weitere Ausschlusskriterien. Ebenfalls zum Ausschluss hätten ein Infekt im Schultergelenk oder ein röntgenologisch oder kernspintomographisch sichtbarer Tumor in diesem Bereich geführt.

Die Gruppe von Patienten, die sich mit dem Verdacht einer SLAP-Läsion einer kernspintomographischen Untersuchung der Schulter mit intraartikulärem Kontrastmittel (Gadolinium) unterzogen, umfasst somit 18 Patienten. Bei 12 dieser 18 Patienten bestätigte sich der Verdacht einer SLAP-Läsion (SLAP II-Läsion). Dabei handelte es sich um 9 Männer und 3 Frauen mit einem Altersdurchschnitt von 28,3 Jahren (Median: 29 Jahre, Minimum: 22 Jahre, Maximum: 35 Jahre). Die männlichen Patienten waren im Durchschnitt 29,0 Jahre alt, die weiblichen 26,3 Jahre alt. Die durchschnittliche Größe beträgt 1,78m (Median: 1,79m, range: 1,59-1,89m) und das Körpergewicht 72,9 kg (Median: 71,5 kg, range: 56-93 kg). Häufig handelte es sich bei den Patienten um Sportler mit Überkopfbelastung. Die von den Patienten ausgeübten Sportarten mit der Angabe der Trainings- bzw. Spieleinheiten pro Woche, der Zeitraum seit Beginn der subjektiv empfundenen Beschwerden und der Kraftmessung, sowie die dominante und verletzte Seite sind der folgenden Tabelle 2 zu entnehmen. Bei einem der Patienten war anamnestisch ein Trauma in Form eines Sturzes auf den ausgestreckten linken Arm beim Basketball zu erheben, wobei es sich hierbei nicht um seine primär ausgeübte Sportart (Volleyball) handelt. Bei einem anderen Patienten ohne Sportanamnese liegt eine berufliche Belastung als Bauarbeiter mit Heben und Tragen von schweren Gegenständen über dem Schulterniveau bzw. teilweise auf der Schulter über einen Zeitraum von ca. fünf Jahren vor. Die anderen 10 SLAP-Patienten konnten sich an kein Trauma erinnern, das dem Beginn der Beschwerdesymptomatik vorausgegangen ist. Alle Patienten wurden kernspintomographisch unter Verwendung von intraartikulärem Kontrastmittel (Gadolinium) untersucht, einem operativen Eingriff unterzogen sich 7 der 12 SLAP II-Patienten.

	<u>Geschlecht</u>	<u>Alter</u>	<u>Sportart</u>	<u>Trainings- bzw. Spieleinheiten pro Woche</u>	<u>Beschwerde- dauer in Monaten</u>	<u>Dominante Seite</u>	<u>Verletzte Seite</u>
1	männlich	26	Baseball	3	3	rechts	rechts
2	männlich	31	Kendo	4	8	rechts	rechts
3	männlich	31	Tennis	3	8	rechts	rechts
4	weiblich	23	Volleyball	3	18	rechts	rechts
5	männlich	29	Klettern	4	5	rechts	rechts
6	weiblich	31	Baseball	3	24	rechts	rechts
7	männlich	24	Baseball	4	9	rechts	rechts
8	männlich	32	-----	---	9	rechts	rechts
9	weiblich	25	Volleyball	4	26	links	links
10	männlich	35	Squash	2	18	links	links
11	männlich	21	Eishockey	3	4	rechts	rechts
			Volleyball	3			
12	männlich	32	Thai-Boxen	3	24	links	links

Tab. 2: Zusammensetzung der Gruppe der SLAP-Patienten

	<u>MRT</u>	<u>Operation</u>	<u>Nebendiagnose</u>
1	Ja	Ja	-----
2	Ja	Ja	Partialruptur Supraspinatussehne
3	Ja	Ja	-----
4	Ja	Nein	-----
5	Ja	Nein	-----
6	Ja	Ja	-----
7	Ja	Nein	-----
8	Ja	Nein	beginnende ACG-Arthrose
9	Ja	Nein	-----
10	Ja	Ja	Partialruptur Supraspinatussehne
11	Ja	Ja	-----
12	Ja	Ja	-----

Tab. 3: Diagnosestellung und Nebendiagnose der SLAP II-Patienten

Bei 6 Patienten (4 Frauen, 2 Männer), die mit der klinischen Verdachtsdiagnose einer SLAP-Läsion ihrer dominanten Schulter zu einer kernspintomographischen Untersuchung mit intraartikulärer Kontrastmittelgabe geschickt wurden, konnte die Diagnose einer SLAP II-Läsion nicht gestellt werden. In zwei Fällen fand sich als zugrundeliegende Pathologie eine Intervallläsion (1 Mann, 1 Frau). Einmal konnte die Diagnose einer Supraspinatussehnen-Partialruptur und einmal einer Supraspinatussehnen-Tendinitis gestellt werden. Bei zwei weiteren Patienten wurde die Diagnose einer multidirektionalen Laxität ohne Luxationsereignis gestellt (1 Frau, 1 Mann). Bei dem männlichen Probanden mit multidirektionaler Laxität wurde sowohl kernspintomographisch als auch anschließend arthroskopisch eine SLAP I-Läsion festgestellt. Diese Patienten finden in der Auswertung der klinischen Tests ihre Berücksichtigung.

	<u>Geschlecht</u>	<u>Alter</u>	<u>Sportart</u>	<u>Trainings- bzw. Spieleinheiten pro Woche</u>	<u>Diagnose</u>
1	weiblich	23	Klettern	1-2	Rotatorenintervallläsion
2	männlich	24	Basketball	2	Rotatorenintervallläsion
			Tennis	2	
3	weiblich	29	Badminton und	2	Partialruptur Supraspinatussehne
			Schwimmen	2	
4	weiblich	20	Tennis	3	Tendinitis Supraspinatussehne
5	weiblich	15	Judo	3	Multidirektionale Laxität
6	männlich	18	Judo	3	Multidirektionale Laxität und SLAP I

Tab. 4: Übersicht über die Sondergruppe

2.2. Klinische Untersuchung

2.2.1. Allgemeine Schulteruntersuchung

Bei der klinischen Untersuchung der Studienteilnehmer wurde zunächst der sog. Constant-Score [33, S.86] erhoben. Dabei handelt es sich um einen Score, der zu 35% subjektive Angaben des Patienten berücksichtigt und zu 65% objektive Messergebnisse des Untersuchers einfließen lässt. Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 100 Punkte. Der Patient macht Angaben zu seinen Schmerzen, zu seinem Aktivitätsniveau, wie Arbeitsfähigkeit, Freizeit- bzw. Sport- und Schlafbeeinträchtigung. Eine weitere subjektiv angegebene Größe ist die mögliche Arbeitshöhe mit dem Arm bzw. Hand. Objektivierbare Parameter seitens des Untersuchers umfassen Überprüfung der Abduktion, der Flexion, der Außen- und Innenrotation, sowie eine Kraftmessung in 90°-Abduktionsstellung des Armes. Eine detaillierte Übersicht über die zu vergebenden Punkte findet sich im Anhang dieser Arbeit.

Bei allen Probanden erfolgte zudem die klinische Messung der Außenrotation in 90°-Abduktionsstellung des Armes.

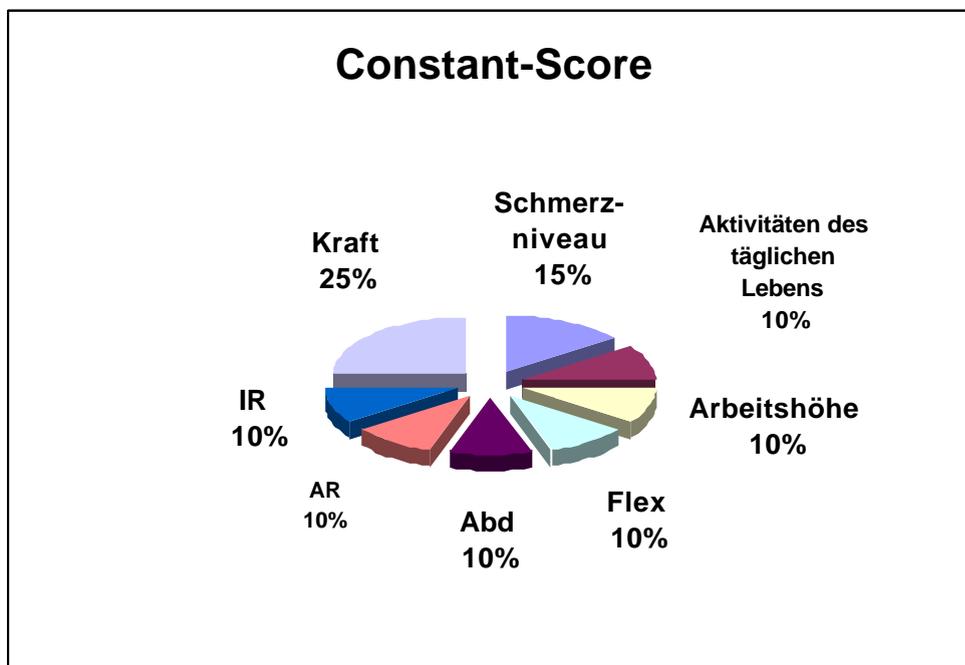


Abb. 6: Constant-Score

2.2.2. Spezielle Schulteruntersuchung

Ein Bestandteil der Untersuchung der Schulter war eine Überprüfung der Rotatorenmanschette. Der Musculus supraspinatus wurde mit seiner Starterfunktion bei der Abduktionsbewegung mit Hilfe des Null-Grad-Abduktionstestes [21, S. 64] untersucht. Dabei versucht der Patient gegen den Widerstand des Untersuchers seine gestreckten am Körper anliegenden Arme zu abduzieren. Bei der Studie wurde die Schmerzangabe bei diesem Manöver oder die feststellbare Kraftabschwächung registriert. Wobei zu erwähnen ist, dass Schmerz- bzw. Kraftabschwächung in der Kontrollgruppe oder der Gruppe der Überkopfsportler zum Ausschluss aus der Studie führten. Die Gruppe der SLAP-Patienten durfte bei diesem Test keine Kraftabschwächung zeigen, während die Angabe von Schmerzen kein Ausschlusskriterium darstellte.

Ein weiterer Test des Musculus supraspinatus nach Jobe [21, S.60] wurde bei gestrecktem Ellenbogengelenk in 90°-Abduktions-, 30° Horizontalflexions- und Innenrotationsstellung des Armes durchgeführt. Der Untersucher übt dabei Druck von kranial nach kaudal auf den Arm des Patienten aus. Wiederum wurde auf Schmerz und Kraftabschwächung geachtet. Die Kriterien für Ausschluss aus der Studie gelten analog wie oben beschrieben.

Der Musculus infraspinatus wurde bei 90° flektiertem Ellenbogen geprüft [21, S.62]. Der Proband versucht seinen Unterarm gegen den Widerstand des Untersuchers nach außen zu rotieren. Der Untersucher legt seine Handinnenflächen gegen den Handrücken des Untersuchten. Wieder werden Schmerzen oder Kraftabschwächung registriert und wie oben verfahren.

Aus der Gruppe der Muskeln der Rotatorenmanschette wurde noch der Musculus subscapularis mit dem sog. Lift-off-Test [66, S. 17] untersucht. Der Patient wird aufgefordert den Arm wie zum Schürzengriff zu führen. Anschließend soll die Hand gegen den Widerstand des Untersuchers weiter vom Rücken weggehalten werden. Alternativ kann die Hand zunächst passiv vom Untersucher vom Rumpf wegbewegt werden. Der Patient soll die Hand dann aktiv in dieser Position halten.

Zur Überprüfung einer vorliegenden Impingement-Symptomatik wurde der Test von Hawkins und Kennedy [117, S.158] verwendet. Die eine Hand des Untersuchers liegt von kranial der Scapula auf, während die andere den 90° flektierten und innenrotierten Arm des Probanden adduziert. Bei einem positiven Ergebnis kommt es durch das Einklemmen der Supraspinatussehne unter das Ligamentum coracoacromiale zu einem Schmerz bei dieser Bewegung.

2.2.3. Spezielle Untersuchung zur Überprüfung einer SLAP-Läsion

Die klinische Untersuchung beinhaltet verschiedene in der Literatur beschriebene Tests zur Überprüfung einer vorliegenden SLAP-Läsion. Es wurde der sog. SLAPprehension-Test von Berg und Ciullo [13, S. 121] durchgeführt. Dabei führt der sitzende oder stehende Patient eine Horizontaladduktion des Armes (d. h. Adduktionsbewegung des 90° flektierten Armes) mit gestrecktem Ellenbogen und proniertem Unterarm durch, der Daumen des Patienten zeigt dabei nach unten (Innenrotation im Schultergelenk). Als positives Ergebnis wird ein Gefühl des Apprehension (d. h. Besorgnis des Patienten aufgrund des Gefühls einer Instabilität) oder ein empfundener Schmerz im Sulcus bicipitalis gewertet. Dabei kann es gelegentlich zu einem hörbaren oder palpablen Klicken im Schultergelenk kommen. Dies ist jedoch nicht obligat bei Durchführung dieses Manövers zu erwarten. Der Test wird anschließend wiederholt, jedoch mit supiniertem Unterarm und nach oben gehaltenem Daumen (Außenrotation im Schultergelenk). Der Schmerz muss sich dabei reduzieren, wenn das nicht der Fall ist, gilt der Test als negativ.



Abb. 7: SLAPprehension-Test in Pronation



Abb. 8: SLAPprehension-Test in Supination

Ein weiterer Bestandteil der klinischen Untersuchung war der Test von O'Brien et al. [98, S. 610]. O'Brien bezeichnete diese Untersuchung als sog. aktiven Kompressionstest zur Diagnose von Verletzungen des Labrums oder des Acromioclaviculargelenks. Der stehende Patient flektiert zunächst den Arm um 90°, dabei wird der Ellenbogen voll gestreckt gehalten. Dann wird der Arm zusätzlich um 10°-15° medial zur Sagittalebene des Körpers adduziert und innenrotiert, der Daumen zeigt dabei nach unten. Der Untersucher steht dabei hinter dem Patienten und übt eine gleichmäßige nach unten gerichtete Kraft auf den Arm des Patienten aus. Anschließend wird die Hand voll supiniert, während der Arm in seiner vorherigen Stellung verbleibt. Der Untersucher richtet wieder eine gleichmäßige

Kraft nach unten auf den Arm. Das Ergebnis gilt als positiv, wenn während des ersten Abschnittes ein Schmerz vom Patienten empfunden wird, der sich im zweiten Abschnitt reduziert oder nicht mehr auftritt. In Pronationsstellung des Armes wird die lange Bicepssehne maximal gespannt und es kommt dadurch zu einem verstärkten Zug am Bicepsanker-Labrumkomplex. In Supinationsstellung reduziert sich die Zugkraft auf die lange Bicepssehne und damit auch die Krafteinwirkung auf den Bereich des Bicepsankers. Die Lokalisation des Schmerzes gibt Aufschluss über die Art der Verletzung. Schmerzen in Projektion auf das Acromioclaviculargelenk deuten auf eine Pathologie in diesem Bereich hin, während ein Schmerz oder ein schmerzhaftes Klicken im Inneren des Schultergelenkes auf eine Labrumverletzung hinweisen.



Abb. 9: O'Brien-Test in Pronation



Abb. 10: O'Brien-Test in Supination

Der „Crank-Test“ wurde von Liu et al. [81, S. 721] entwickelt. Dabei eleviert der stehende Patient den Arm 160° in der Ebene der Scapula. Der Ellenbogen ist ca. 90° flektiert. Die eine Hand des Untersuchers übt eine axiale Belastung entlang des Humerusschaftes aus, während die andere Hand eine maximale Außen- und Innenrotationsbewegung des Oberarmes durchführt. Eine positive Beurteilung erfolgt, wenn Schmerzen während der Untersuchung auftreten (gewöhnlich während der Außenrotation), dabei kann es zu einem Klicken im Schultergelenk kommen, das aber nicht obligat zu erwarten ist. Alternativ ist der Test ebenfalls als positiv zu bewerten, wenn der Patient Symptome wie Schmerz oder Einklemmung im Schultergelenk empfindet, wie sie ihm in der Vergangenheit von seinem Sport oder seiner Arbeit bekannt sind. Der Untersuchung sollte laut Liu et al. beim liegenden und somit häufig besser entspannten Patienten wiederholt werden. Wenn der Test beim stehenden Patienten positiv war, ist in der liegenden Position in der Regel das gleiche Ergebnis zu erwarten.



Abb. 11: Crank-Test in Außenrotation



Abb. 12: Crank-Test in Innenrotation

Die Probanden wurden zudem mit dem Provokationstest für Verletzungen des superioren Labrums von Mimori et al. [93, S. 137] untersucht. Der Patient abduziert seinen Arm 90° - 100° , während sich das Ellenbogengelenk in ca. 90° Flexionsstellung befindet. Der Untersucher führt eine Außenrotationsbewegung der Schulter durch. Der Unterarm wird während der Testdurchführung in eine maximale Pronations- und eine maximale Supinationsstellung gebracht. Das Ergebnis wird als positiv bewertet, wenn während der Pronationsstellung ein Schmerz auftritt. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass der Patient in beiden Positionen Schmerzen empfindet. In diesem Fall gilt der Test als positiv, wenn der Schmerz in Pronationsstellung stärker ist wie in Supinationsstellung der Hand.



Abb. 13: Mimori-Test in Pronation



Abb. 14: Mimori-Test in Supination

Die Patienten wurden auch auf das Auftreten eines Klickphänomens (Kompressions-Rotations-Test [66, S. 21]) untersucht. Dabei bewegt der Untersucher den entspannten im Ellenbogengelenk ca. 90° gebeugten Arm des Patienten in verschiedene Richtungen. Die andere Hand des Untersuchers liegt dem Schultergelenk im Bereich des Acromions vollständig auf. In einer Position von mehr als 90° Abduktion bzw. 90° Flexion wird während der Bewegung wiederholt eine axial entlang des Humerusschaftes eingeleitete Kompressionskraft ausgeübt, während der Humerus rotiert wird. Diese

Kompression des Humeruskopfes gegen das Glenoid bzw. Labrum erzeugt im positiven Fall ein fühlbares oder hörbares Klicken im Schultergelenk. Alleinige Reibegeräusche sind nicht als positives Testergebnis zu werten.

Zudem wurden die Studienteilnehmer mit dem sog. Yergason-Test [21, S. 76] untersucht. Er dient der Überprüfung der Funktion der langen Bizepssehne. Der Arm des Patienten liegt dem Körper an. Das Ellenbogengelenk befindet sich in Flexionsstellung von ca. 90°. Der Untersucher nimmt die Hand des Patienten wie zum Gruß und palpiert mit dem Zeigefinger seiner anderen Hand den Sulcus intertubercularis bzw. die Bizepssehne. Der Patient supiniert seinen Unterarm gegen den Widerstand des Untersuchers. Schmerzen im Bereich des Sulcus intertubercularis weisen auf eine Verletzung, wie z. B. eine Tenosynovitis der langen Bizepssehne hin. Durch Druck auf die Sehne im Sulcus kann der Schmerz noch verstärkt werden.

Die Untersuchung der Probanden umfasste auch den sog. Palm-up-Test [21, S. 74]. Dabei handelt es sich ebenfalls um einen Schmerzprovokationstest der langen Bizepssehne. Der Patient hält seinen gestreckten Arm in 90° Abduktion und 30° Horizontalflexion, der Unterarm befindet sich in maximaler Supinationsstellung. Die Hand des Untersuchers übt einen Druck von kranial in Richtung Boden auf den Unterarm des Patienten aus. Der Patient sollte gegen den Widerstand des Untersuchers versuchen, die Hand zu halten oder noch weiter zu abduzieren. Schmerzen im Bereich des Sulcus intertubercularis mit seitendifferenter Abduktionskraft sprechen für eine Erkrankung der langen Bizepssehne, wie eine Tenosynovitis oder einem Subluxationsphänomen.

2.3. Isokinetische Untersuchung

2.3.1. Versuchsgerät

Die Untersuchung der Probanden erfolgte in der Poliklinik für Sportorthopädie mit dem „CYBEX NORM System“ (Abb. 12). „CYBEX“ und „NORM“ sind eingetragene Warenzeichen der Firma „Cybex Division of Lumex, Inc. Ronkonkoma, New York, USA“. Dieses Gerät wird in Forschung, Rehabilitation und bei der Durchführung klinischer Tests verwendet. Das Meßsystem besteht aus dem Dynamometer mit Hebelarm, dem Sitz für den Patienten und einem angeschlossenen Computer inklusive Software. Mit diesem System besteht die Möglichkeit neben der hier durchgeführten Testung der Schulter, auch weitere Gelenke zu untersuchen. Dazu gehören Ellenbogen-, Hand-, Hüft-, Knie- und Sprunggelenk, sowie Wirbelsäule. Die Messung der Muskelkraft erfolgt mit dem vom Patienten bedienten längenverstellbaren Hebelarm, der wiederum mit dem Dynamometer verbunden ist.



Abb. 15: CYBEX-Gerät der Firma Cybex Division of Lumex, Inc. Ronkonkoma

Die Software liefert eine tabellarische Übersicht folgender Absolutwerte (ein Beispiel eines Probanden findet sich im Anhang S. 110):

- ?? Drehmomentmaximum in Nm (Newtonmeter)
- ?? Drehmomentmaximum pro Kilogramm Körpergewicht des Probanden in Prozent
- ?? den Winkel bei dem das Drehmomentmaximum erzielt wird
- ?? Arbeit in J (Joule)
- ?? Arbeit pro Kilogramm Körpergewicht des Probanden in Prozent
- ?? Durchschnittliche Leistung in W (Watt)
- ?? Durchschnittliche Leistung pro Kilogramm Körpergewicht des Probanden in Prozent
- ?? Gesamtarbeit in J (Joule)

Eine graphische Darstellung erfolgt in Form von Drehmoment-Winkel-Kurven. Auf der Y-Achse wird das Drehmoment in Newtonmeter und auf der X-Achse der Winkel in Grad aufgetragen.

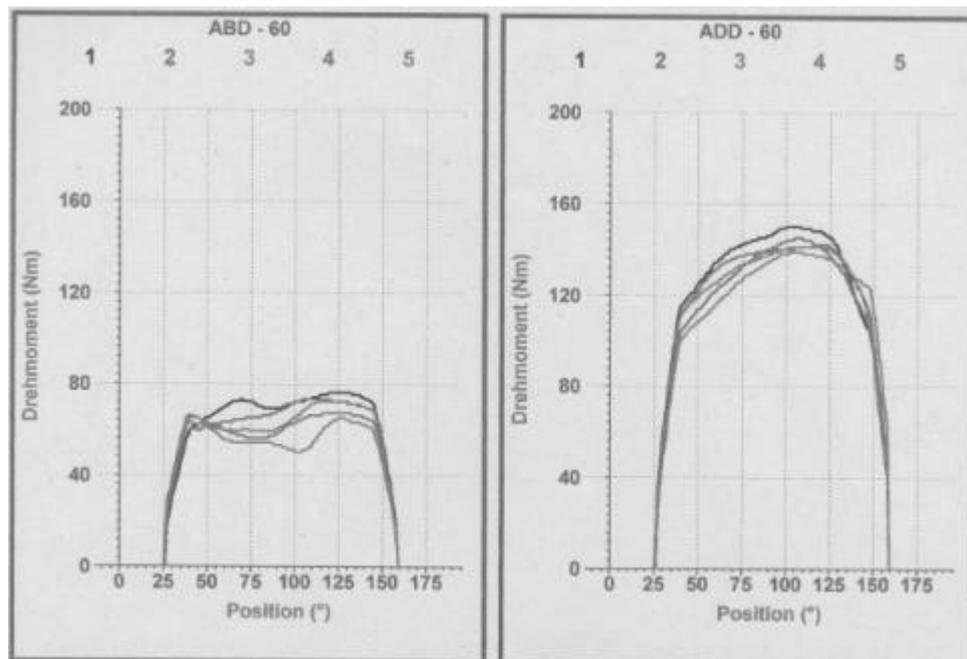


Abb. 16: Beispiel Graphik CYBEX Abduktion und Adduktion

2.3.2. Versuchsaufbau

Die Einstellungen am Messgerät erfolgten gemäß der Anleitung des Handbuchs bzw. der integrierten Software. Diese Einstellungen beinhalten die Position des Sitzes unten und oben auf Schienen, die

Höhe und Drehung des Sitzes und die Kippung der Sitzfläche bzw. der Sitzlehne. Das Dynamometer kann ebenfalls in Höhe, Drehung und Kippung verändert werden. Einige der Einstellungen müssen individuell für jeden Probanden abhängig von der Körpergröße angepasst werden. Auch die beiden Hebelarme für Abduktion/Adduktion und Außen-/Innenrotation wurden individuell aufgrund der unterschiedlichen Armlänge der Probanden angepasst. Ziel war es, dass die Achse des Dynamometers mit dem Drehpunkt des Schultergelenkes weitgehend übereinstimmte. Die Bewegung zu den Umschlagspunkten sollte ohne Ausweichbewegung und kontinuierlich gut möglich sein. Um Hilfsbewegungen mit dem Rumpf zu verhindern, wurden die integrierten Sitzgurte für Brust und Becken verwendet. Außerdem wurde darauf geachtet, dass die Probanden die Haltegriffe am Sitz für die gerade nicht getestete Extremität benutzten. Es wurde mit einer Winkelgeschwindigkeit von 60°/Sekunde isokinetisch gemessen. Unter einer isokinetisch gemessenen Kraft versteht man die Kraft, die während der Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit gemessen wird. Die konstante Winkelgeschwindigkeit wird dadurch erreicht, dass sich der Widerstand vollständig der aufgebrachten Kraft anpasst. Das vorhandene Muskelpotential wird im gesamten Bewegungsablauf auf diese Weise maximal ausgelastet. Die getestete Kraft wird über einen Hebelarm erzeugt, somit ist die ermittelte Größe das Drehmoment in Newtonmeter (Nm). Diese Winkelgeschwindigkeit wird im Handbuch zur Ermittlung der Maximalkraft vorgeschlagen, und wurde bereits von anderen Autoren verwendet [12, 16, 17, 28, 29, 36, 45, 64, 83, 128]. Bei den verletzten Probanden wurde mit der Messung der gesunden Extremität, bei den gesunden Versuchspersonen wurde abwechselnd mit der dominanten oder nicht-dominanten Seite begonnen. Vor der eigentlichen Messung wurde bei jeder Bewegung ein Test mit 3-5 Wiederholungen über den gesamten Bewegungsumfang durchgeführt. Dies diente zum einen dazu, den Probanden mit der geforderten Bewegung vertraut zu machen, und zum anderen die erforderlichen Korrekturen an der Einstellung des Hebelarmes oder der anderen Komponenten zu erkennen und auszuführen. Die Probanden wurden angewiesen über den gesamten Bewegungsumfang die maximal mögliche Kraft aufzubringen. Jede Bewegung wurde fünfmal wiederholt. Damit die Versuchspersonen sich nicht auf das Mitzählen der Versuche konzentrieren mussten, und es aus diesem Grund eventuell zu einem artefiziellen Kraftabfall gekommen wäre, wurde laut und deutlich vom Untersucher mitgezählt.

Die isokinetische Messung erfolgte in drei verschiedenen Messpositionen. Bei zwei Messpositionen (Rotationsbewegungen) testeten wir zudem vor und nach einer von uns vorgegeben Belastung, um eine Ermüdung oder zunehmende Schmerzsymptomatik erfassen zu können.

Die Abduktion und Adduktion wurde bei allen Probanden in einem Winkelbereich von 25° bis 160° gemessen. Der Beginn der Messung in der Neutralstellung des Armes bei 0° war aus gerätetechnischen Gründen nicht möglich, deshalb lag der Ausgangspunkt der fünf Wiederholungen bei 25° Abduktion. Die Endpunkte der Bewegung empfindet der Proband als weichen Anschlag.



Abb.17/18: Abduktion und Adduktion Bewegungsausmaß

Nach der Abduktion und Adduktion wurde zuerst die Außen- und Innenrotation in einer Abduktionsstellung des Armes von 30° gemessen. Das Ende der Innenrotation wurde bei jedem Probanden mit -15° festgesetzt. Die maximale Außenrotation wurde bei jedem Probanden individuell ermittelt, um dem größeren Bewegungsausmaß in der Gruppe der Überkopfsportler und SLAP-Patienten, im Vergleich zu der Kontrollgruppe gerecht zu werden. Es wurde darauf geachtet, dass nur die glenohumerale Beweglichkeit gemessen wurde, und die Probanden keine Ausweichbewegungen mit der Wirbelsäule ausführten. Die Überlegung bei der individuellen Anpassung des Ausmaßes der Außenrotation war begründet. Eine vorherige Festlegung der Begrenzung der Außenrotation in einen Bereich den jeder Proband in der Lage ist zu erreichen, würde die maximale Arbeitsfähigkeit der Überkopfsportler nicht zeigen. Einbußen der Kraft bei den SLAP-Patienten, bei denen es sich häufig um Überkopfsportler handelt, wären somit ebenfalls nicht erkennbar, wenn diese im endgradigen Winkelbereich auftreten. Der Punkt der Neutralnullstellung bei dieser Messung hat somit keine besondere Bedeutung, da das Entscheidende der gemessene Gesamtwinkelbereich ist. Der Beginn der Messung ist in maximaler Außenrotationsstellung (systembedingt wird zunächst die Innenrotation gemessen), die in dieser Studie von maximal 110° (minimal 90°) bis -15° reichte. Bei 5 von 57 Probanden (3 Überkopfsportler, 2 SLAP-Patienten) war das Bewegungsausmaß auf der dominanten Seite um 5° größer wie auf der nicht-dominanten, bei weiteren 2 von 57 (2 SLAP-Patienten) um 10° , dies wurde in der Auswertung berücksichtigt. Nach den fünf Wiederholungen der Messung analog der Abduktion und Adduktion, wurde der Patient angehalten weitere zehn Bewegungen mit maximaler Kraft auszuführen. Dies sollte eine Belastung der Probanden darstellen, die nicht aufgezeichnet wurde. Danach wurden weitere fünf Bewegungen mit maximaler Kraftanstrengung aufgezeichnet. Somit gliedern sich die Ergebnisse in einen Teil vor Belastung und in einen zweiten Teil nach Belastung. Der gemessene Bewegungsumfang vor und nach Belastung war bei jedem Probanden der Gleiche.



Abb. 19/20: tiefe Außenrotation und Innenrotation Bewegungsmaß

Anschließend wurde die Außenrotation und Innenrotation in 125°-Elevationsstellung des Armes gemessen. Bei dieser Bewegung wurde sowohl das Ausmaß der Außen- wie auch der Innenrotation, aus den gleichen Überlegungen wie oben angeführt, individuell bestimmt. Das Ausmaß der glenohumeralen Beweglichkeit war bei diesem Abschnitt der Untersuchung bei einem Teil der weiblichen Probanden größer als die tatsächlich gemessene Beweglichkeit. Dies begründet sich in der Tatsache, dass der zu überwindende Anfangswiderstand der Innenrotation aus der maximalen Außenrotationsstellung nicht überwunden werden konnte. Die eingestellten Endpunkte der Bewegung wurden wieder individuell bestimmt. Hier reichte die gemessene Außenrotation von maximal 100° bis minimal 65°, die Innenrotation von maximal -40° bis minimal -20°. Bei 2 von 57 Personen (2 SLAP-Patienten) betrug das Bewegungsmaß 5° mehr auf der dominanten wie auf der nicht-dominanten Seite. Bei 2 von 57 Probanden (1 Kontrollperson, 1 SLAP-Patient) waren zwischen dominanter und nicht-dominanter Seite 10° Differenz. Analog gliederte sich dieser Teil der Untersuchung in zunächst 5 maximale Wiederholungen (vor Belastung), 10 maximale Belastungszyklen und 5 maximale abschließend aufgezeichnete Wiederholungen.



Abb. 21/22: hohe Außenrotation und Innenrotation Bewegungsmaß

3. Ergebnisse

3.1. Klinische Untersuchung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm „SPSS“. „SPSS“ ist ein eingetragenes Warenzeichen der SPSS GmbH München. Die Analyse der isokinetischen Daten erfolgte mit dem Mann-Whitney-U-Test für quantitative unverbundene Merkmale mit beliebiger Verteilung und mit dem Wilcoxon-Test für verbundene Merkmale mit beliebiger Verteilung. Das Signifikanzniveau wurde mit $p < 0,05$ festgelegt.

3.1.1. Allgemeine Schulteruntersuchung

a) Constant-Score

Die männlichen Teilnehmer der Kontrollgruppe und der Überkopfsportler erreichten einen nahezu identischen Constant-Score auf der dominanten und auf der nicht-dominanten Seite. Die SLAP-Patienten erzielten schmerzbedingt auf ihrer verletzten Seite einen niedrigeren Wert.

Der ermittelte Constant-Score war bei den Männern der Kontrollgruppe auf der dominanten Seite mit 99,1 Punkten ohne signifikanten Unterschied wie auf der nicht-dominanten Seite mit 98,7 Punkten. Bei den männlichen Sportler beträgt der Wert auf beiden Seiten 99,2 Punkte. Die 9 männlichen Patienten erzielten auf ihrer verletzten Seite (in einem Fall der nicht-dominante Arm) einen Wert von 87,8 Punkten im Gegensatz zu den normalen Werten mit dem unverletzten Arm (98,2 Punkte). Die niedrigere Punktzahl von 10 Punkten ergibt sich alleine aufgrund der angegebenen Schmerzen und der Einschränkung der Sportfähigkeit, die Kraftmessung und das Bewegungsausmaß erbrachte völlig normale seitengleiche Werte. Die statistische Signifikanz ist bei den männlichen Patienten entsprechend hoch ($p < 0,001$ Vergleich Kontrollgruppe, $p = 0,001$ Vergleich Überkopfsportler). Der altersbezogene (21-30 Jahre) Constant-Score [33, S. 88] beträgt bei den Männern $98 \pm 4,2$ Punkte.

Bei den weiblichen Teilnehmern der Studie erzielten die Sportlerinnen den höchsten Wert, gefolgt von den weiblichen Kontrollprobanden und den SLAP-Patientinnen.

Die Überkopfsportlerinnen erreichten mit ihrem dominanten Arm einen Wert von 94,7 Punkten und mit ihrem nicht-dominanten Arm 93,9 Punkte. Sie waren damit signifikant ($p = 0,001$) besser im Vergleich zu ihren weiblichen Kontrollpersonen, die dominant 91,8 Punkte bzw. 91,4 Punkte auf der nicht-dominanten Seite schafften. Die niedrigeren Werte liegen in der Kraftmessung begründet, hier waren die weiblichen Kontrollpersonen schwächer wie die Sportlerinnen. Die 3 weiblichen Patienten erreichten mit dem verletzten Arm 80,7 Punkte, im Gegensatz zum normalen Wert des unverletzten Arms mit 92,0 Punkten. Auch die Patientinnen gaben Schmerzen an und fühlten sich in ihrer Sportfähigkeit eingeschränkt, dadurch verringert sich der erreichte Wert im Constant-Score um 10

Punkte. Der Vergleich zur Kontrollgruppe und zur Gruppe der Überkopfsportlerinnen ergibt eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,007$ bzw. $p=0,011$ und ist somit statistisch signifikant. Der altersbezogene (21-30 Jahre) Constant-Score bei den Frauen beträgt $97 \pm 4,7$ Punkte.

<u>Gruppe</u>	<u>Mittelwert</u>	<u>Standardabweichung</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>
Kontrolle m	99,1	1,19	97	100
Sportler m	99,2	2,04	95	100
Patienten m	87,8	4,97	77	93
Kontrolle w	91,8	1,37	90	95
Sportler w	93,9	1,83	92	98
Patienten w	80,7	5,13	75	85

Tab. 5: Constant-Score dominante Seite

<u>Gruppe</u>	<u>Mittelwert</u>	<u>Standardabweichung</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>
Kontrolle m	98,7	1,29	96	100
Sportler m	99,2	2,04	95	100
Patienten m	98,2	2,05	95	100
Kontrolle w	91,4	1,12	90	94
Sportler w	93,9	1,83	92	98
Patienten w	92,0	3,00	89	95

Tab. 6: Constant-Score nicht-dominante Seite

b) Außenrotation

Die klinisch gemessene Außenrotation in 90° -Abduktionsstellung des Armes war am größten bei den Überkopfsportlern und den SLAP-Patienten. Die Kontrollpersonen hatten den geringsten Außenrotationswinkel im Gruppenvergleich, bei insgesamt normalen Werten.

Bei den Sportlern mit Überkopfbelastung wurde dominant durchschnittlich ein Wert von 103° und nicht-dominant eine leicht verminderte Außenrotation von 100° festgestellt. Unterteilt man die Gruppe in weibliche und männliche Probanden, erreichten die 9 Überkopfsportlerinnen dominant 103° und die Überkopfsportler 102° bei der Außenrotation. Auf der nicht-dominanten Seite betrug der Wert 101° bei den Sportlerinnen bzw. 100° bei den Sportlern. Die Außenrotationsmessung bei den SLAP-Patienten ergab für die dominante Seite einen Wert von 98° und auf der nicht-dominanten Seite einen

Wert von 95°. Die männlichen Patienten hatten dominant 96° Außenrotation und 94° mit dem nicht-dominanten Arm. Bei den Patientinnen war die Außenrotation mit 103° dominant bzw. 97° nicht-dominant etwas größer wie bei den Männern. Der Vergleich zur Gesamtheit der Gruppe der Überkopfsportler ergibt einen statistisch signifikanten Unterschied sowohl für die dominante Seite ($p=0,003$), als auch für die nicht-dominante Seite ($p=0,003$). Die durchschnittlich gemessene Außenrotation in 90°-Abduktionsstellung des Armes betrug in der Kontrollgruppe auf beiden Seiten 92°. Der Mittelwert der 15 männlichen Probanden war mit 90° für dominante und nicht-dominante Seite kleiner wie bei den 15 weiblichen Studienteilnehmern mit durchschnittlich 94°. Der Vergleich der Kontrollgruppe mit der Gruppe der Überkopfsportler ergibt einen hoch signifikanten Unterschied ($p<0,001$) sowohl für die dominante wie auch für die nicht-dominante Seite. Die Werte der SLAP-Patienten unterscheiden sich signifikant für den dominanten Arm im Vergleich zu der Kontrollgruppe ($p=0,025$). Die nicht-dominante Seite zeigt keinen statistisch signifikanten Unterschied.

<u>Gruppe</u>	<u>Mittelwert</u>	<u>Standardabweichung</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>
Kontrolle	92	4,82	80	100
Sportler	103	4,95	95	115
Patienten	98	5,82	90	110

Tab. 7: Außenrotation dominante Seite

<u>Gruppe</u>	<u>Mittelwert</u>	<u>Standardabweichung</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>
Kontrolle	92	5,19	80	105
Sportler	100	3,99	90	105
Patienten	95	4,50	90	100

Tab. 8: Außenrotation nicht-dominante Seite

3.1.2. Spezielle Schulteruntersuchung

In der Kontrollgruppe waren alle durchgeführten klinischen Tests sowohl auf der dominanten wie auch auf der nicht-dominanten Seite negativ. Dies war Bedingung, um in die Kontrollgruppe aufgenommen zu werden.

Bei den Überkopfsportlern erbrachten insbesondere die durchgeführten SLAP-Tests sowohl auf der dominanten, wie auch auf der nicht-dominanten Seite ein negatives Ergebnis. Eine unauffällige klinische Untersuchung war Bedingung für die Zugehörigkeit zu dieser Gruppe. Die Testpersonen waren in ihrer Sportart und im Alltag vollkommen beschwerdefrei.

Der Verdacht einer SLAP-Läsion, der primär durch die erhobene Anamnese und klinische Untersuchung geäußert wurde, konnte bei 12 von 18 Patienten durch Kernspintomographie bzw. Operation bestätigt werden. Die Untersuchung des Patientenkollektivs erbrachte im Einzelnen folgende Ergebnisse. Der SLAPprehension-Test war bei 9 von 12 SLAP-II-Patienten positiv und bei 3 Patienten negativ (75% Sensitivität). In der Sondergruppe, bei der die Kernspintomographie bzw. die Operation keine SLAP-II-Läsion ergab, hatten 4 der 6 Patienten einen positiven und 2 einen negativen SLAPprehension-Test (33% Spezifität). Der O'Brien-Test war bei 7 der 12 SLAP-Patienten positiv (58% Sensitivität), in der Sondergruppe waren 5 positive Testergebnisse bei 6 Patienten zu verzeichnen (17% Spezifität). Der Crank-Test erbrachte bei 6 von 12 SLAP-Patienten einen positiven Befund (50% Sensitivität), in der anderen Gruppe konnte ein positives Ergebnis erhoben werden (83% Spezifität). Der Mimori-Test war bei 7 von 12 SLAP-Patienten positiv (58% Sensitivität), bei den anderen 6 Patienten war der Test in 4 Fällen positiv und in 2 Fällen negativ (33% Spezifität). Der Test mit der größten Sensitivität von 92% war das Klickphänomen mit 11 positiven und einem negativen Befund bei der Gruppe der SLAP-Patienten. In der Sondergruppe konnte bei 2 Patienten ein Klicken im Schultergelenk ausgelöst werden (67% Spezifität).

Der sensitivste Test bei unserem Patientenkollektiv war somit die Auslösung eines Klickphänomens, gefolgt vom SLAPprehension-Test und dem O'Brien- bzw. Mimori-Test. Auffällig ist außerdem ein häufig positiver Impingement-Test. Der Hawkins-Kennedy-Test war in beiden Patientengruppen in 2/3 der Fälle positiv. Eine Übersicht der gesamten klinischen Testergebnisse zeigt die folgende Tabelle 9.

<u>Klinische Testergebnisse</u>	<u>SLAP-II-Patienten (N=12)</u>	<u>Sondergruppe (N=6)</u>
SLAPprehension positiv	9	4
SLAPprehension negativ	3	2
O'Brien positiv	7	5
O'Brien negativ	5	1
Crank positiv	6	1
Crank negativ	6	5
Mimori positiv	7	4
Mimori negativ	5	2
Klickphänomen positiv	11	2
Klickphänomen negativ	1	4
Yergason positiv	3	1
Yergason negativ	9	5
Palm-up positiv	3	2
Palm-up negativ	9	4
Null-Grad-Abduktion positiv	2	3
Null-Grad-Abduktion negativ	10	3
M. supraspinatus (Jobe) positiv	2	3
M. supraspinatus (Jobe) negativ	10	3
M. infraspinatus positiv	0	1
M. infraspinatus negativ	12	5
Lift-off positiv	0	0
Lift-off negativ	12	12
Hawkins-Kennedy positiv	8	4
Hawkins-Kennedy negativ	4	2

Tab. 9: Übersicht der klinischen Untersuchungsergebnisse

Die fünf speziellen klinischen Tests zur Überprüfung einer SLAP-Läsion umfassen in dieser Studie den SLAPprehension-Test, O'Brien-Test, Crank-Test, Mimori-Test und das Klickphänomen. Wenn man diese Untersuchungen kombiniert, ergeben sich folgende Ergebnisse.

<u>Klinische Testergebnisse</u>	<u>SLAP-II-Patienten (N=12)</u>	<u>Sondergruppe (N=6)</u>
Mind. 1 positives Testergebnis	12	6
Mind. 2 positive Testergebnisse	10	6
Mind. 3 positive Testergebnisse	9	2
Mind. 4 positive Testergebnisse	5	1
5 positive Testergebnisse	4	1

Tab. 10: Übersicht über die Kombination von SLAP-Tests

Somit ergibt die Kombination von 2 positiven SLAP-Tests eine Sensitivität von 83% und eine Spezifität von 0%. Ergeben 3 von 5 möglichen Tests zur Überprüfung einer SLAP-Läsion ein positives Ergebnis, reduziert sich die Sensitivität auf 75% und die Spezifität steigt auf 67%. Die Kombination von 4 positiven Untersuchungsergebnissen steigert die Spezifität auf 83% und die Sensitivität sinkt auf 42%. Fünf positive Befunde bei der Untersuchung von Patienten mit Verdacht auf eine SLAP-II-Läsion steigert die Spezifität von 83% in dieser Studie nicht mehr. Die Sensitivität beträgt 33%.

3.2. Isokinetische Untersuchung

3.2.1. Abduktion und Adduktion

Der Bewegungsumfang bei der Messung der Abduktions- und Adduktionskraft war bei allen teilnehmenden Probanden wie oben bereits beschrieben identisch. Dabei ist erwartungsgemäß der absolute Wert des Drehmomentmaximums und der Arbeit bei den weiblichen Studienteilnehmern geringer als bei den männlichen Teilnehmern. Die statistische Auswertung für diese Absolutwerte erfolgte deshalb getrennt für Frauen und Männer. Bei der Berechnung von Verhältniswerten konnten die Männer und Frauen wieder zu einer Gruppe zusammengefasst werden, da die schwächeren Absolutwerte von weiblichen Probanden im Vergleich zu den männlichen Studienteilnehmern bei Verhältniswerten keine Rolle spielen. Der Drehmomentmaximumwert ist der maximal erzielte Wert des Probanden während der gesamten Messung. Der Arbeitswert wird aus der Fläche unterhalb des Graphen mit dem größten Drehmomentmaximumwert ermittelt.

3.2.1.1. Drehmomentmaximum

A) Abduktion

Die männlichen und weiblichen Überkopfsportler sind bei der Abduktion sowohl auf ihrer dominanten, als auch auf ihrer nicht-dominanten Seite stärker als die Kontrollgruppe und die SLAP-Patienten.

Die männlichen Sportler erreichen auf der dominanten Seite für die Abduktion ein durchschnittliches Drehmomentmaximum von 50,67 Nm. Auf der nicht-dominanten Seite ist der Wert mit 49,33 Nm nur unwesentlich niedriger. Bei den Überkopfsportlerinnen beträgt das durchschnittliche Drehmomentmaximum 29,33 Nm dominant bzw. 28,11 Nm nicht-dominant.

Die SLAP-Patienten sind bei der Abduktion schwächer wie die Kontrollgruppe.

Die männlichen Kontrollprobanden erreichen mit 44,27 Nm auf der dominanten Seite größere Werte als die männlichen SLAP-Patienten mit 40,89 Nm. Dieser Unterschied ist aber statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$). Auf der nicht-dominanten Seite sind die Werte mit 46,73 Nm für die Kontrollgruppe und 45,78 Nm bei den Patienten fast identisch, aber insgesamt schwächer wie bei den Sportlern. Bei den weiblichen Studienteilnehmern zeigt sich das gleiche Ergebnis. Die weiblichen Kontrollpersonen erzielen auf der dominanten Seite 25,80 Nm und die SLAP-Patientinnen 18,67 Nm. Auf der nicht-dominanten Seite sind die Unterschiede wiederum geringer. Die weiblichen Kontrollprobanden erreichen bei diesem Wert durchschnittlich 23,40 Nm und die SLAP-Patientinnen 21,67 Nm. Die Spannweite der Absolutwerte ist jedoch bei allen Gruppen relativ groß.

Bei der Berechnung der Verhältniswerte für das Drehmomentmaximum von nicht-dominanter zu dominanter Seite bei der Abduktion wurden die weiblichen und männlichen Studienteilnehmer zu den drei Versuchsgruppen zusammengefasst, da die schwächeren Absolutwerte der Frauen bei der Berechnung von Verhältniswerten keine Rolle spielen. Ein weiterer Grund für die Berechnung von Verhältniswerten liegt darin, dass die größere Spannweite der Absolutwerte, d. h. größere Unterschiede der Kraft zwischen den einzelnen Versuchspersonen einer Gruppe, keinen Einfluss auf den Gruppenvergleich hat.

Hierbei zeigt sich, dass die SLAP-Patienten auf ihrer dominanten Seite ca. 15% schwächer sind wie auf ihrer nicht-dominanten Seite. Im Gegensatz dazu ist die Kontrollgruppe und die Gruppe der Überkopfsportler auf ihrer dominanten Seite gleich stark bzw. leicht stärker als im Vergleich zu ihrem nicht-dominanten Arm.

Die Kontrollgruppe erreicht einen Wert von nicht-dominanter Seite zu dominanter Seite von 99,28% und die Überkopfsportler haben einen berechneten Wert von 96,20%. Das Verhältnis der SLAP-Patienten beträgt 115,51% und ist damit sowohl im Vergleich zu der Kontrollgruppe, wie auch zu der Gruppe der Überkopfsportler statistisch signifikant erhöht ($p=0,013$ bzw. $p=0,002$). Auch der Unterschied zwischen dominanter und nicht-dominanter Seite innerhalb der Gruppe der SLAP-Patienten alleine betrachtet, ist statistisch signifikant verschieden ($p=0,003$).

<u>Gruppe</u>	<u>Mittelwert</u>	<u>Standardabweichung</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>
Kontrolle m	44,27	12,40	25	68
Sportler m	50,67	15,36	38	80
Patienten m	40,89	7,44	29	51
Kontrolle w	25,80	5,63	15	39
Sportler w	29,33	5,20	23	40
Patienten w	18,67	8,02	11	27

Tab. 11: Abduktion Drehmomentmaximum in Nm dominante Seite

Gruppe	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Kontrolle m	46,73	12,94	20	70
Sportler m	49,33	18,84	36	87
Patienten m	45,78	6,00	33	54
Kontrolle w	23,40	5,01	15	30
Sportler w	28,11	6,19	21	37
Patienten w	21,67	6,51	15	28

Tab. 12: Abduktion Drehmomentmaximum in Nm nicht-dominante Seite

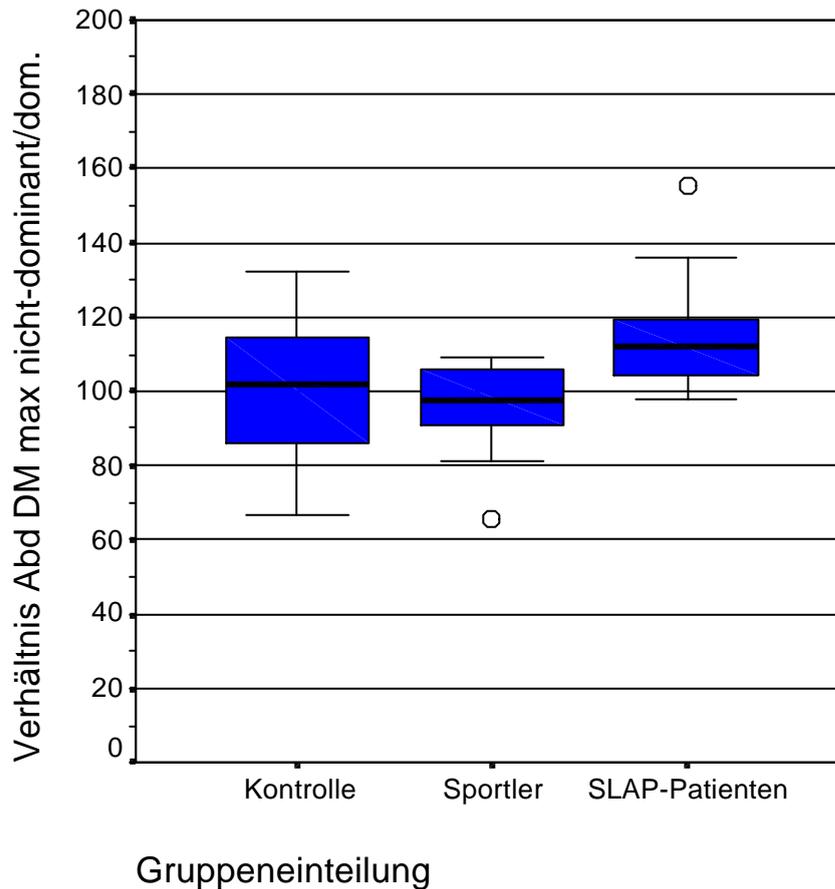


Diagramm 1: Boxplot Abduktion Verhältnis des Drehmomentmaximums nicht-dominante Seite zu dominanter Seite

B) Adduktion

Bei der Adduktion erreichen die weiblichen und männlichen Überkopfsportler ebenfalls die größten Kraftwerte. Diese Aussage gilt wiederum sowohl für die dominante Seite wie auch für die nicht-dominante Seite.

Das durchschnittliche Drehmomentmaximum für die Adduktion auf der dominanten Seite beträgt bei den männlichen Sportlern 105,00 Nm, bei den Sportlerinnen 69,11 Nm. Die Werte auf der nicht-dominanten Seite sind etwas niedriger mit 100,50 bei den Männern und 61,67 Nm bei den Frauen. Der Unterschied bei den Überkopfsportlerinnen zwischen der dominanten und der nicht-dominanten Seite ist statistisch signifikant ($p=0,012$).

Im Gegensatz zur Abduktion sind die SLAP-Patienten bei der Adduktion aber stärker wie die Kontrollgruppe.

Die männlichen SLAP-Patienten erreichen dominant einen Wert von 96,33 Nm und nicht-dominant 92,22 Nm. Die männliche Kontrollgruppe erzielt dominant und nicht-dominant den schwächsten Wert mit 89,73 Nm bzw. 81,53 Nm. Analog verhält es sich bei den weiblichen Studienteilnehmern. Die SLAP-Patientinnen erreichen 59,67 Nm auf der dominanten und 57,33 Nm auf der nicht-dominanten Seite. Die weibliche Kontrollgruppe ist schwächer mit einem Wert von 58,80 Nm dominant und 52,00 Nm nicht-dominant. Der Unterschied bei den Sportlerinnen verglichen mit den weiblichen Kontrollpersonen ist sowohl für die dominante, wie auch für die nicht-dominante Seite statistisch signifikant ($p=0,012$ bzw. $p=0,019$).

Eine Analyse der Verhältniswerte zeigt ähnliche Werte bei allen drei Gruppen und keine statistisch signifikanten Unterschiede. Das Verhältnis der nicht-dominanten Seite zur dominanten Seite bei der Adduktion ergibt bei der Kontrollgruppe einen Wert von 91,79%, bei den Überkopfsportlern 92,56% und bei den SLAP-Patienten 95,28%.

Eine statistische Signifikanz ergibt sich jedoch innerhalb der Kontrollgruppe und der Gruppe der Überkopfsportler. Die dominante Seite ist bei diesen beiden Gruppen signifikant stärker wie die nicht-dominante Seite ($p=0,001$ Kontrollgruppe, $p=0,010$ Überkopfsportler). Bei den SLAP-Patienten besteht die gleiche Tendenz, aber eine nicht-signifikante Irrtumswahrscheinlichkeit im Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben von $p=0,070$.

Auch bei der Bildung des Verhältniswertes von Abduktion und Adduktion kommt die tendenziell schwächere Abduktion bei den Patienten im Vergleich zu den anderen Gruppen zum Ausdruck.

Auf der dominanten Seite beträgt die Abduktionskraft bei den Kontrollpersonen 46,53% der Adduktionskraft. Bei den Überkopfsportlern ergibt sich ein Prozentwert von 44,82% und bei den SLAP-Patienten der geringste Wert mit 39,78%. Dagegen sind die Werte auf der nicht-dominanten Seite bei allen drei Gruppen ähnlich. Die Kontrollgruppe hat einen Prozentwert von 44,27% Abduktionskraft im Verhältnis zu Adduktionskraft. Die Überkopfguppe und die SLAP-Patienten haben einen fast identischen Wert von 41,99% bzw. 41,28%.

<u>Gruppe</u>	<u>Mittelwert</u>	<u>Standardabweichung</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>
Kontrolle m	89,73	17,58	54	117
Sportler m	105,00	29,11	73	158
Patienten m	96,33	13,43	71	114
Kontrolle w	58,80	7,10	43	69
Sportler w	69,11	9,89	54	88
Patienten w	59,67	8,50	50	66

Tab. 13: Adduktion Drehmomentmaximum in Nm dominante Seite

<u>Gruppe</u>	<u>Mittelwert</u>	<u>Standardabweichung</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>
Kontrolle m	85,27	20,32	34	111
Sportler m	100,50	19,06	76	131
Patienten m	92,22	16,57	66	117
Kontrolle w	52,00	5,67	41	62
Sportler w	61,67	10,17	48	75
Patienten w	57,33	15,04	40	67

Tab. 14: Adduktion Drehmomentmaximum in Nm nicht-dominante Seite

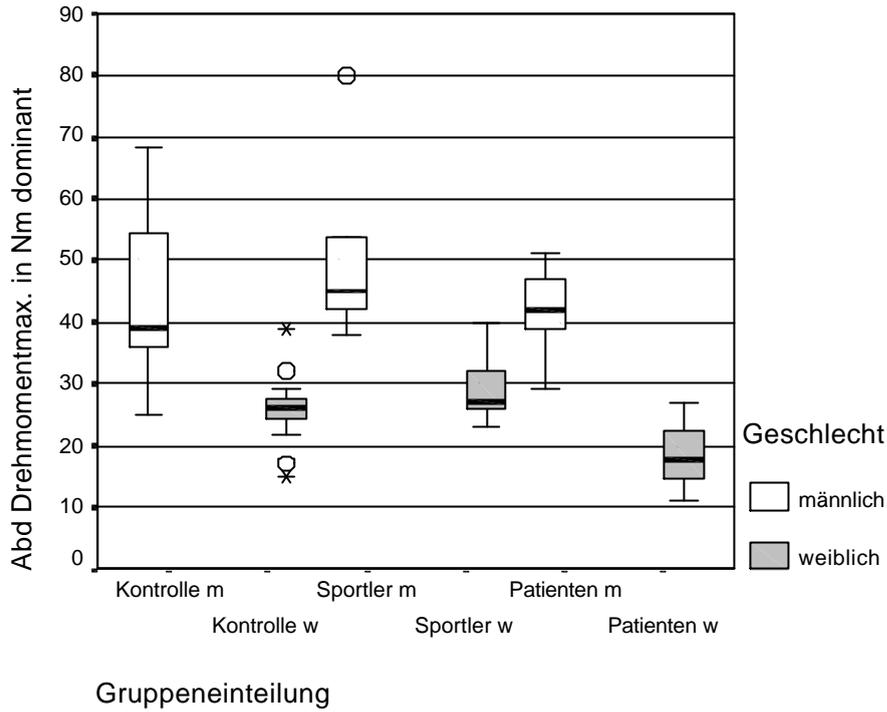


Diagramm 2: Boxplot Abduktion Drehmomentmaximum in Nm dominante Seite

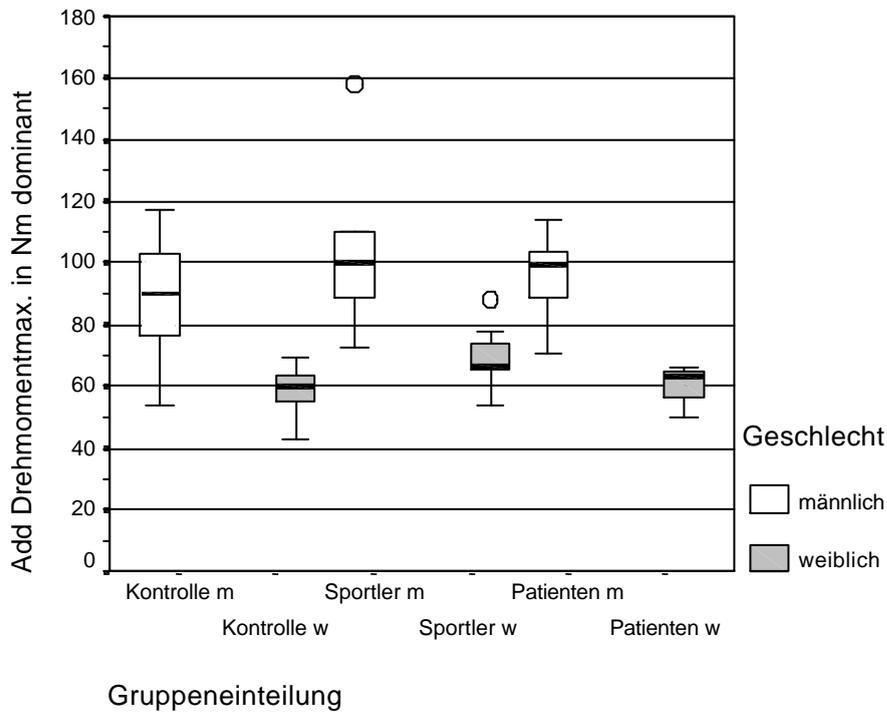


Diagramm 3: Boxplot Adduktion Drehmomentmaximum in Nm dominante Seite

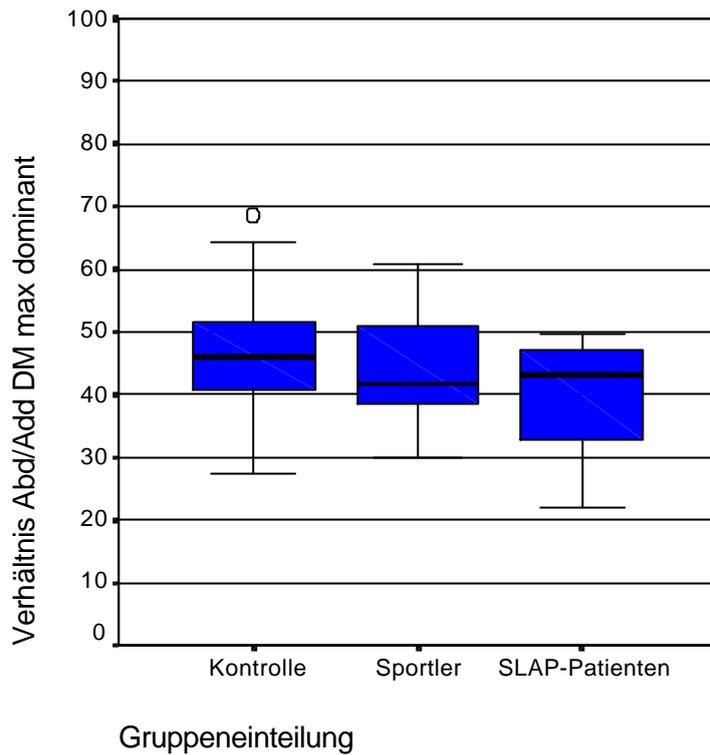


Diagramm 4: Boxplot Verhältnis des Drehmomentmaximums von Abduktion und Adduktion dominante Seite

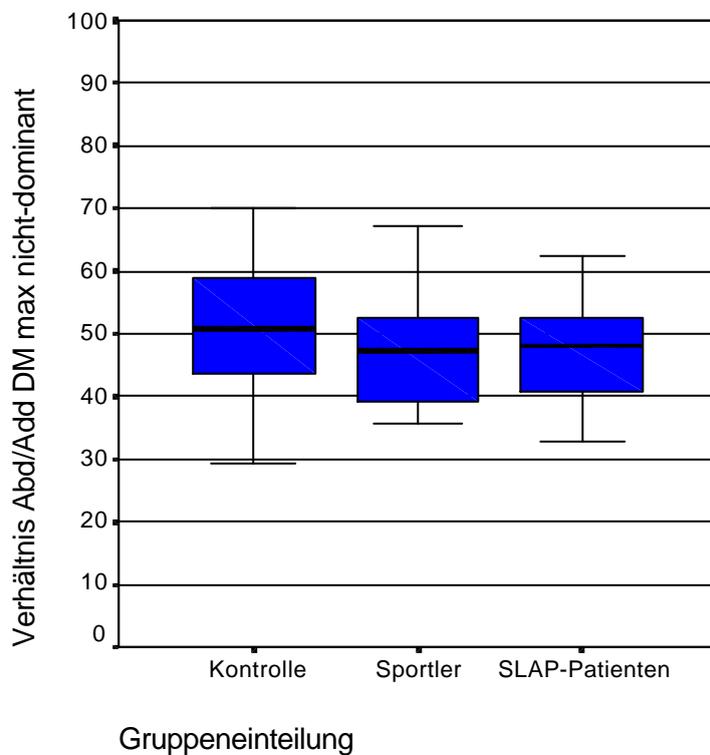


Diagramm 5: Boxplot Verhältnis des Drehmomentmaximums von Abduktion und Adduktion nicht-dominante Seite

3.2.1.2. Winkel bei Drehmomentmaximum

Das Drehmomentmaximum wird an einem bestimmten Punkt innerhalb des gesamten Bewegungsumfangs erreicht. Diese Angabe erfolgt in Grad. Der gemessene Bewegungsumfang betrug bei der Abduktion und Adduktion insgesamt 135° (von 25° bis 160°). Hierbei wurde keine Unterteilung in männliche und weibliche Probanden durchgeführt.

A) Abduktion

Es zeigt sich, dass die Kontrollgruppe ihr Drehmomentmaximum bei der Abduktion durchschnittlich betrachtet in einem höheren Winkelbereich (entspricht einem späteren Zeitpunkt der Abduktionsbewegung) erreicht wie die Überkopfsportler und die SLAP-Patienten. Im Umkehrschluss bedeutet dies somit, dass die Gruppe der Sportler (Überkopfsportler und SLAP-Patienten) durch den regelmäßig durchgeführten Überkopfsport bereits zu einem früheren Zeitpunkt der Abduktionsbewegung ihr Kraftmaximum erreichen kann.

Die Kontrollgruppe erreicht ihr Maximum bei der Abduktion auf der dominanten Seite bei durchschnittlich 104°. Die Überkopfsportler und SLAP-Patienten haben ihr Maximum mit 77° bzw. 75° in einem früheren Abschnitt der Bewegung. Der Unterschied zwischen den Patienten und den Kontrollprobanden ist statistisch signifikant ($p=0,016$). Auf der nicht-dominanten Seite nähern sich die Werte etwas mehr an. Sie betragen bei der Abduktion für die Kontrollgruppe 88°, für die Sportler 80° und für das Patientenkollektiv 74°.

B) Adduktion

Bei der Adduktion haben alle drei Gruppen ihr Maximum im gleichen Winkelbereich. Hier besteht jedoch eine große Spannweite der Einzelwerte für alle Gruppen.

Die Werte für die Winkel bei dem Drehmomentmaximum der Adduktion sind nahezu bei allen Gruppen gleich. Sie sind auf der dominanten Seite bei der Kontrollgruppe bei 84°, bei den Überkopfsportlern bei 85° und bei den SLAP-Patienten bei 83°. Die Werte auf der nicht-dominanten Seite sind ebenfalls im fast identischen Winkelbereich mit 81° bei den Kontrollpersonen, 79° bei den Sportlern und 78° bei den Patienten.

Gruppe	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Kontrolle Abd	104	38,01	37	143
Sportler Abd	77	40,52	38	144
Patienten Abd	75	25,33	38	115
Kontrolle Add	84	18,67	46	127
Sportler Add	85	19,62	56	119
Patienten Add	83	18,81	48	112

Tab. 15: Winkel in Grad bei Drehmomentmaximum dominante Seite

Gruppe	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Kontrolle Abd	88	36,99	39	144
Sportler Abd	80	36,04	39	144
Patienten Abd	74	32,15	40	133
Kontrolle Add	81	14,46	57	112
Sportler Add	79	16,20	54	106
Patienten Add	78	9,25	62	90

Tab. 16: Winkel in Grad bei Drehmomentmaximum nicht-dominante Seite

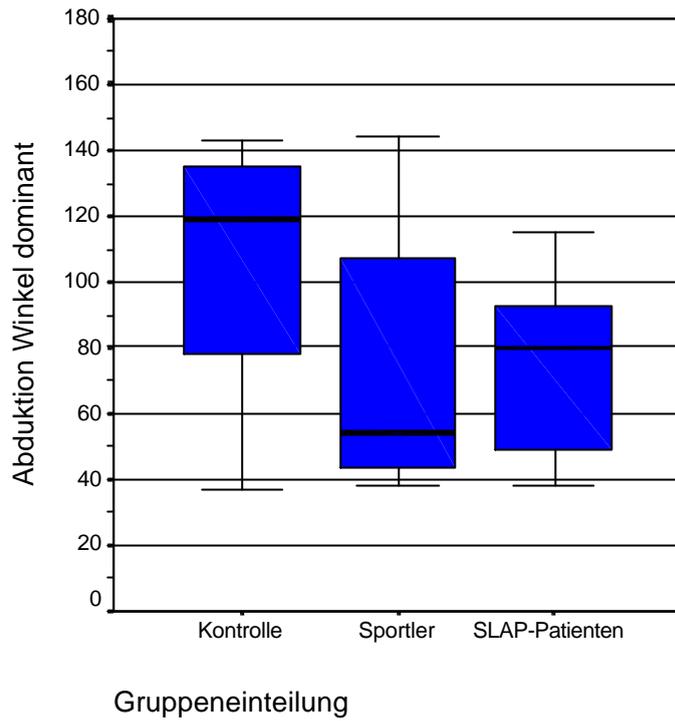


Diagramm 6: Boxplot Winkel bei Drehmomentmaximum Abduktion dominante Seite

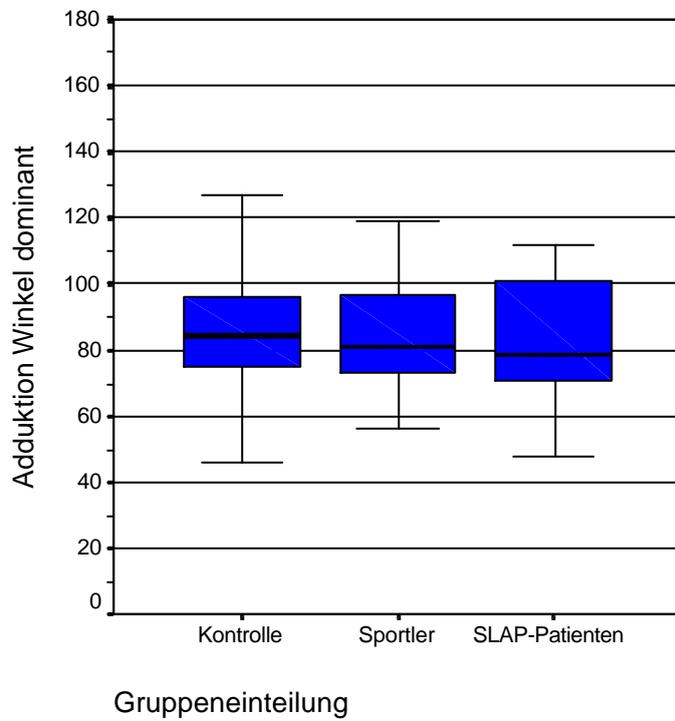


Diagramm 7: Boxplot Winkel bei Drehmomentmaximum Adduktion dominante Seite

3.2.1.3. Arbeit

Der Wert der Arbeit wird durch die Berechnung der Fläche unterhalb des Drehmoment-Winkel-Graphen von der Software des „Cybex“-Computers automatisch berechnet. Die Berechnung erfolgt bei dem besten der 5 Versuche des Probanden. Die Einheit der Arbeit wird in Joule (J) angegeben.

Die erhaltenen Ergebnisse sind denen des Drehmomentmaximumwertes sehr ähnlich und kann somit alternativ zu diesem verwendet werden.

A) Abduktion

Bei der Arbeit erreichen die männlichen und weiblichen Überkopfsportler größere Werte wie die Kontrollprobanden und die SLAP-Patienten. Dies gilt sowohl für die dominante Seite, wie für die nicht-dominante Seite. Die SLAP-Patienten sind wiederum bei der Abduktion dominant schwächer wie die Kontrollgruppe.

Im Einzelnen betrachtet, erreichen die männlichen und weiblichen Überkopfsportler bei der Abduktion auf der dominanten Seite 93,83 J bzw. 46,00 J. Es folgt die Kontrollgruppe mit 81,27 J und 41,67 J. Auffällig ist hierbei der fast doppelte Wert bei den Männern im Vergleich zu den weiblichen Studienteilnehmern. An dritter Stelle kommen die SLAP-Patienten mit den geringsten Werten. Die männlichen Patienten erreichen durchschnittlich 76,44 J und die weiblichen 31,33 J. Die Unterschiede der Gruppen sind jedoch statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$). Auf der nicht-dominanten Seite sind die Werte ähnlich. Die männlichen Sportler erreichen einen nahezu identischen Wert wie auf der dominanten Seite mit 93,67 J. Die Sportlerinnen sind minimal stärker im Vergleich zu ihrer dominanten Seite mit durchschnittlich 48,11 J. Die männliche Kontrollgruppe hat mit 86,87 J einen etwas größeren Wert wie auf der dominanten Seite, dieser Unterschied ist aber nicht signifikant ($p = 0,124$). Die weiblichen Kontrollpersonen sind auf der nicht-dominanten Seite leicht schwächer mit 37,53 J ($p = 0,181$). Der Vergleich mit der nicht-dominanten Seite der Sportlerinnen, ist statistisch signifikant ($p = 0,045$) verschieden voneinander. Die Patienten erreichen 83,22 J und die Patientinnen 35,00 J, was keinen statistisch signifikanten Unterschied zu ihrer dominanten Seite bedeutet.

Eine Analyse der Verhältniswerte, bei der die Männer und Frauen wieder zu einer Gruppe zusammengefasst wurden, zeigt ein fast gleiches Verhältnis von nicht-dominanter zu dominanter Seite bei der Kontrollgruppe und den Überkopfsportlern. Die SLAP-Patienten zeigen eine Abschwächung der Kraft des dominanten Arms von ca. 16% gegenüber dem nicht-dominanten Arm. Die Ergebnisse verhalten sich somit analog zu denen der erhaltenen Drehmomentmaximumwerte (15%).

Die Kontrollprobanden haben hier einen Prozentwert von 100,60% und die Überkopfsportler 102,28%. Die SLAP-Patienten haben einen stärkeren nicht-dominanten Arm im Vergleich zum dominanten Arm (116,63%).

Gruppe	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Kontrolle m	81,27	23,11	47	119
Sportler m	93,83	30,55	59	148
Patienten m	76,44	18,73	44	100
Kontrolle w	41,67	12,55	25	76
Sportler w	46,00	6,86	38	57
Patienten w	31,33	16,04	16	48

Tab. 17: Abduktion Arbeit in Joule dominante Seite

Gruppe	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Kontrolle m	86,87	23,00	31	125
Sportler m	96,67	38,34	67	170
Patienten m	83,22	12,75	55	97
Kontrolle w	37,53	9,39	19	53
Sportler w	48,11	11,04	30	62
Patienten w	35,00	7,55	28	43

Tab. 18: Abduktion Arbeit in Joule nicht-dominante Seite

B) Adduktion

Auch bei der Adduktion ist die erbrachte Arbeit der Überkopfsportler dominant und nicht-dominant am größten im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen.

Die männlichen Sportler erreichen dominant 193,17 J und nicht-dominant einen etwas geringeren Wert von 186,67 J. Bei den Sportlerinnen ist der Unterschied größer. Sie erzielen 124,22 J auf der dominanten und 106,67 J auf der nicht-dominanten Seite. Dieser Unterschied ist innerhalb ihrer Gruppe mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,013$ statistisch signifikant verschieden. Bei den männlichen Studienteilnehmern sind die Patienten stärker als die Kontrollgruppe. Auf der dominanten Seite sind die erzielten 175,78 J der SLAP-Patienten statistisch aber nicht signifikant größer als 167,80 J der Kontrollprobanden.

Die erzielten Werte auf der nicht-dominanten Seite sind geringer als auf der dominanten Seite. Dabei erreichen die Kontrollpersonen 155,60 J, die im Vergleich zu ihrer dominanten Seite signifikant ($p=0,053$) kleiner sind. Die männlichen SLAP-Patienten haben nicht-dominant mit 170,22 J nur einen minimal kleineren Wert wie dominant. Auch die weiblichen Kontrollprobanden haben, analog wie die

männliche Kontrolle, nicht-dominant mit 93,07 J einen signifikant niedrigeren Wert wie die mit dem dominanten Arm erzielten 105,00 J ($p=0,010$). Dabei ist der Vergleich der weiblichen Kontrolle mit den Sportlerinnen statistisch signifikant verschieden ($p=0,023$). Die drei SLAP-Patientinnen sind auf ihrer nicht-dominanten Seite stärker als auf ihrer dominanten Seite.

Die Beschreibung der Verhältniswerte (nicht-dominante Seite zu dominanter Seite) zeigt bei der Kontrollgruppe und der Gruppe der Überkopfsportler einen fast identischen Wert. Die Kontrolle hat hier einen Prozentwert von 90,78% und die Sportler 90,98%. Diese Verhältnisse entsprechen den Werten des bereits oben beschriebenen Drehmomentmaximums. Bei den SLAP-Patienten ist dieser Wert im Vergleich zu dem Wert des Drehmomentmaximums leicht erhöht mit 100,93%. Insgesamt ergeben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede.

<u>Gruppe</u>	<u>Mittelwert</u>	<u>Standardabweichung</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>
Kontrolle m	167,80	34,05	103	214
Sportler m	193,17	54,33	133	291
Patienten m	175,78	29,50	83	155
Kontrolle w	105,00	14,03	78	126
Sportler w	124,22	23,06	83	155
Patienten w	95,67	22,81	82	122

Tab. 19: Adduktion Arbeit in Joule dominante Seite

<u>Gruppe</u>	<u>Mittelwert</u>	<u>Standardabweichung</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>
Kontrolle m	155,60	39,29	56	207
Sportler m	186,67	41,12	138	259
Patienten m	170,22	33,08	118	213
Kontrolle w	93,07	12,12	70	117
Sportler w	106,67	20,58	72	136
Patienten w	105,67	23,12	79	120

Tab. 20: Adduktion Arbeit in Joule nicht-dominante Seite

Die Auswertung der Arbeitswerte erbrachte somit im Vergleich zu denen des Drehmomentmaximums keine zusätzlichen oder anderen Ergebnisse. Ein großer Nachteil der Arbeitswerte besteht jedoch darin, sie nur bei dem exakt gleichen Bewegungsumfang aller Probanden verwenden zu können. Bei der Untersuchung von Überkopfsportlern ist aber häufig der Bewegungsumfang (vor allem die

Außenrotation) größer als bei den Kontrollpersonen, die keinen Überkopfsport ausüben. Aus diesem Grund erscheint eine Auswertung mit den Drehmomentmaximumwerten sinnvoller.

Zusammenfassend lässt sich über die Auswertung von Drehmomentmaximumwerten bei der Abduktion somit sagen, dass die Überkopfsportler sowohl mit dem dominanten wie nicht-dominanten Arm stärker sind wie die Kontrollprobanden und SLAP-Patienten. Die Kontrollprobanden erreichen dominant jedoch etwas höhere Werte wie die SLAP-Patienten, d. h. bei SLAP-Patienten lässt sich eine Einschränkung der Abduktionskraft beobachten. Es zeigt sich kein Kraftunterschied zwischen diesen beiden Gruppen mit dem nicht-dominanten Arm. Diese Aussage kann auch im Vergleich der Verhältniswerte von dominanter zu nicht-dominanter Seite bestätigt werden. Die untersuchten SLAP-Patienten haben eine Minderung der Abduktionskraft ihrer dominanten Seite im Vergleich zu ihrer nicht-dominanten Seite von ca. 15%. Die SLAP-Patienten zeigen keine Minderung der Adduktionskraft.

3.2.2. Außenrotation und Innenrotation in 30°- Abduktionsstellung

3.2.2.1. Drehmomentmaximum

A) Außenrotation

Die männlichen und weiblichen Überkopfsportler erreichen analog wie bei der getesteten Abduktion und Adduktion, auch bei der Außen- und Innenrotation die höchsten Werte.

Dabei zeigen sie nur eine geringe Abnahme der Drehmomentmaximumwerte bei der Außenrotation der dominanten Seite nach Belastung im Vergleich zum Ausgangswert vor der Belastung. Die beschwerdefreien Überkopfsportler haben durch ihr regelmäßiges Training somit keine Kräfteinbußen nach Belastung (die Belastung wurde wie oben im Abschnitt 3.3.2. beschrieben durch die Durchführung von 10 zusätzlichen Versuchen der gleichen Bewegung erreicht).

Die Kontrollgruppe ist bei der Außenrotation auf der dominanten Seite stärker als die SLAP-Patienten. Die männlichen Sportler erzielen auf der dominanten Seite für die Außenrotation ein durchschnittliches Drehmomentmaximum von 26,00 Nm vor Belastung. Der Wert von 25,50 Nm nach Belastung ist fast identisch mit dem Drehmomentmaximum vor Belastung. Die männlichen Kontrollprobanden folgen mit 23,60 Nm für die Außenrotation auf der dominanten Seite vor Belastung. Hier zeigt sich jedoch ein signifikanter Abfall des aufgebrauchten Drehmomentmaximums nach Belastung mit 20,80 Nm ($p=0,002$). Die Werte der SLAP-Patienten sind im Gruppenvergleich kleiner mit 22,11 Nm vor Belastung und 18,78 Nm nach Belastung. Der Unterschied innerhalb der Gruppe selbst zwischen dem Wert vor und nach Belastung ist statistisch signifikant mit einer

Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,049$. Auch der Unterschied zwischen dem Wert der Überkopfsportler und der Patienten nach Belastung ist statistisch signifikant höher bei den Überkopfsportlern ($p=0,029$). Die Analyse der Ergebnisse der Außenrotation bei den weiblichen Studienteilnehmern zeigt ein ähnliches Bild. Die größten Werte auf der dominanten Seite erzielen die Sportlerinnen mit 16,11 Nm vor Belastung und 14,33 Nm nach Belastung. Sie sind damit signifikant stärker wie die weiblichen Kontrollpersonen sowohl vor Belastung ($p=0,004$), als auch nach Belastung ($p=0,018$). Die weibliche Kontrollgruppe ist mit 11,60 Nm vor Belastung nur unwesentlich stärker wie nach Belastung mit 10,60 Nm. Die SLAP-Patientinnen sind die schwächsten und erreichen 9,33 Nm vor Belastung bzw. 9,67 Nm nach Belastung.

Die Drehmomentmaximumwerte für die Außenrotation auf der nicht-dominanten Seite sind bei den Überkopfsportlern und der Kontrollgruppe schwächer als die Werte der dominanten Seite.

Dieser Unterschied ist bei der Kontrollgruppe vor und nach Belastung ($p=0,024$ bzw. $0,001$) und der Gruppe der Sportler nach Belastung ($p=0,040$) statistisch signifikant.

Der Wert der männlichen Sportler ist nach Belastung mit 25,17 Nm signifikant größer als die durchschnittlich erzielten 17,73 Nm der männlichen Kontrollpersonen. Das gleiche signifikante Ergebnis zeigt der Vergleich der weiblichen Kontrollgruppe mit der Gruppe der Sportlerinnen. Das Drehmomentmaximum vor Belastung beträgt bei den Kontrollprobandinnen 10,40 Nm und nach Belastung 8,13 Nm. Die Sportlerinnen erzielen 15,00 Nm vor Belastung bzw. 12,44 Nm nach Belastung. Der Unterschied ist sowohl vor wie auch nach Belastung hoch signifikant mit $p=0,002$.

Im Gegensatz dazu ist die Außenrotationskraft der SLAP-Patienten auf ihrer nicht-dominanten Seite größer als dominant. Zudem liegen ihre erreichten Werte zumeist über denen der Kontrollprobanden und nähern sich denen der männlichen Sportler vor allem vor Belastung an. Der Abfall der Werte nach Belastung im Vergleich zum Ausgangswert ist bei der Kontrollgruppe ($p<0,001$) und bei den SLAP-Patienten ($p=0,020$) signifikant. Diese beiden Gruppen zeigen somit tendenziell eine Ermüdung nach Belastung. Die genauen Werte im Überblick sind der folgenden Tabelle 21 zu entnehmen.

<u>Gruppe</u>	<u>Dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Dominante Seite nach Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite nach Belastung</u>
Kontrolle m	23,60 (13/35)	20,80 (11/30)	21,47 (11/31)	17,73 (6/28)
Sportler m	26,00 (20/30)	25,50 (22/28)	24,00 (20/34)	25,17 (18/36)
Patienten m	22,11 (8/37)	18,78 (6/32)	23,33 (17/35)	21,56 (14/34)
Kontrolle w	11,60 (8/19)	10,60 (5/15)	10,40 (6/17)	8,13 (5/12)
Sportler w	16,11 (11/21)	14,33 (8/20)	15,00 (10/19)	12,44 (7/15)
Patienten w	9,33 (4/18)	9,67 (5/16)	10,33 (9/12)	9,00 (8/10)

Tab. 21: Mittelwerte Drehmomentmaximum in Nm Außenrotation

(in Klammern die Minimum- und Maximumwerte)

Die Analyse der Verhältniswerte, bei deren Berechnung die Untergruppen von Männern und Frauen wieder zu einer Gruppe zusammengefasst wurden, zeigt folgende Ergebnisse.

Der Kraftabfall nach Belastung liegt bei der Außenrotation der dominanten Seite bei allen drei Gruppen auf ähnlichem Niveau. Bei der Kontrollgruppe beträgt der Wert nach Belastung 90,04% des Wertes vor Belastung. Die Überkopfsportler haben einen leicht geringeren Abfall der Kraft mit 93,26%. Einen fast identischen Wert erreichen die SLAP-Patienten mit 93,40%.

Die Betrachtung der entsprechenden Werte auf der nicht-dominanten Seite zeigt, dass die Kontrollgruppe hier nach Belastung im Verhältnis zu dem Ausgangswert vor Belastung signifikant schwächer ist wie die beiden anderen Gruppen. Die Kontrollgruppe erzielt nach Belastung noch 80,15% des Ausgangswertes. Die Überkopfsportler und die SLAP-Patienten haben hier wiederum fast gleiche Prozentwerte mit 91,32% ($p=0,037$) bzw. 91,14% ($p=0,030$).

Die Bildung des Verhältnisses von nicht-dominanter zu dominanter Seite führt zu der gleichen Aussage wie die Betrachtung der Absolutwerte und unterstreicht damit die schwächere dominante Seite der SLAP-Patienten. Die untersuchten SLAP-Patienten haben eine ca. 20% (nach Belastung) bis 30% (vor Belastung) geringere Außenrotationskraft mit dem dominanten Arm.

Die Patienten erreichen vor Belastung mit dem nicht-dominanten Arm 132,30% des Drehmomentmaximums des dominanten Armes. Die Kontrollgruppe und die Gruppe der Überkopfsportler haben auf ihrer nicht-dominanten Seite 92,55% bzw. 93,43% der Kraft der dominanten Seite. Nach Belastung erzielt die Kontrollgruppe noch 83,75% des Ausgangswertes, die Sportler 92,33% und die SLAP-Patienten 122,03%. Der Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und

den Patienten ist vor Belastung noch nicht signifikant mit $p=0,070$, nach Belastung beträgt die Irrtumswahrscheinlichkeit $p=0,013$ und ist damit statistisch signifikant.

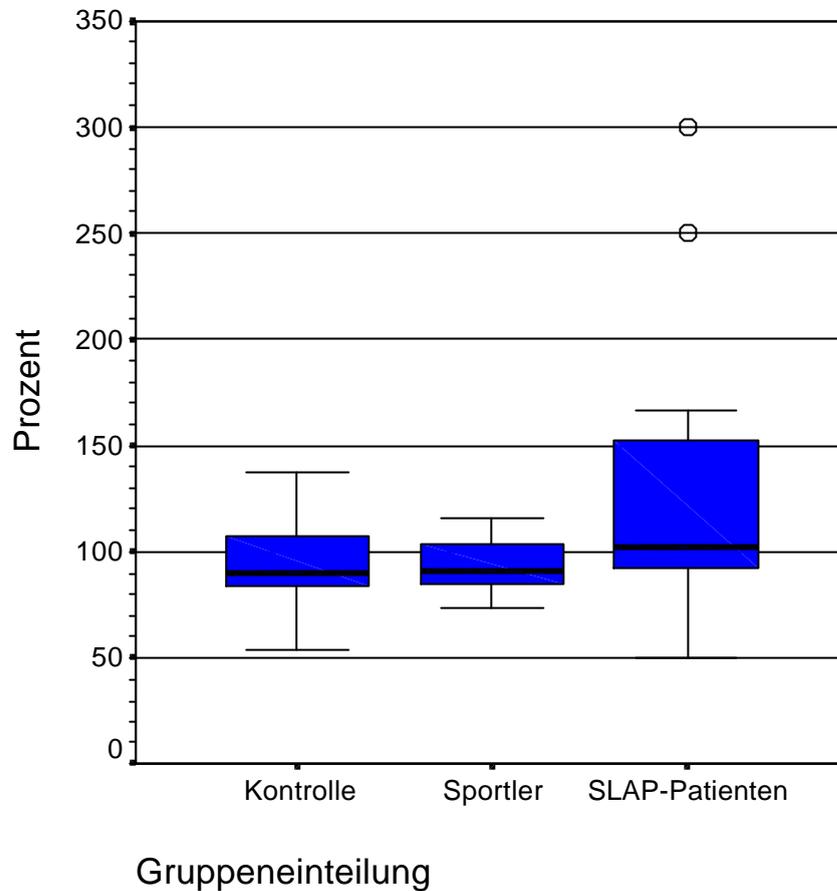


Diagramm 8: Boxplot Außenrotation Verhältnis des Drehmomentmaximums nicht-dominante Seite zu dominanter Seite vor Belastung

B) Innenrotation

Das größte durchschnittliche Drehmomentmaximum bei der Innenrotation erreichen wiederum die Sportler. Im Gegensatz zur Außenrotation sind die SLAP-Patienten jedoch stärker als die Kontrollgruppe. Die SLAP-Patienten zeigen keine Innenrotationsschwäche. Nach Belastung erfolgt bei allen drei Gruppen ein Abfall der Kraft im Vergleich zum Ausgangswert vor Belastung.

Die männlichen Überkopfsportler haben mit ihrem dominanten Arm vor Belastung ein durchschnittliches Drehmomentmaximum von 58,67 Nm und einen etwas geringeren Wert nach Belastung von 54,00 Nm. An zweiter Stelle folgt das Patientenkollektiv mit 52,67 Nm bzw. 46,33 Nm. Die männliche Kontrollgruppe erzielt die geringsten Werte mit 45,27 Nm und 41,33 Nm. Die Drehmomentmaxima der weiblichen Studienteilnehmer zeigen die gleiche Tendenz. Der Vergleich der

weiblichen Kontrollgruppe mit der Gruppe der Sportlerinnen zeigt statistisch signifikant höhere Werte für die Sportlerinnen. Die gilt für die Innenrotation der dominanten Seite vor ($p < 0,001$) und nach Belastung ($p = 0,001$), sowie analog für den nicht-dominanten Arm ($p = 0,004$ bzw. $p = 0,010$). Der Abfall nach Belastung im Vergleich zum Ausgangswert ist bei allen drei Gruppen statistisch hoch signifikant (Kontrollgruppe $p < 0,001$, Überkopfsportler $p = 0,005$, SLAP-Patienten $p = 0,004$). Die genauen durchschnittlichen Drehmomentmaxima sind der folgenden Tabelle 22 zu entnehmen.

Die Absolutwerte auf der nicht-dominanten Seite sind denen der dominanten Seite sehr ähnlich. Auch hier erfolgt nach Belastung immer ein Abfall der Kraftwerte. Dieser ist bei allen drei Gruppen (Kontrollgruppe $p < 0,001$, Sportler $p = 0,001$, SLAP-Patienten $p = 0,002$) hoch signifikant.

Die Gruppe der Sportler ist mit ihrem dominanten Arm sowohl vor ($p = 0,009$) als auch nach Belastung ($p = 0,023$) signifikant stärker als mit ihrem nicht-dominanten Arm.

Zudem zeigt sich, dass die Patienten auf der nicht-dominanten Seite vor Belastung fast ebenso hohe Werte wie die Überkopfsportler erreichen, und damit stärker wie die Kontrollgruppe sind.

<u>Gruppe</u>	<u>Dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Dominante Seite nach Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite nach Belastung</u>
Kontrolle m	45,27 (28/60)	41,33 (23/59)	46,67 (27/63)	41,20 (25/56)
Sportler m	58,67 (43/87)	54,00 (36/78)	56,00 (42/79)	50,67 (34/74)
Patienten m	52,67 (43/69)	46,33 (34/61)	54,89 (37/74)	43,89 (27/61)
Kontrolle w	29,00 (23/35)	26,13 (20/32)	26,53 (20/34)	24,07 (17/30)
Sportler w	36,89 (31/43)	33,44 (25/37)	33,44 (27/40)	31,00 (23/38)
Patienten w	33,00 (22/42)	30,00 (19/38)	30,00 (23/34)	28,33 (20/33)

Tab. 22: Mittelwerte Drehmomentmaximum in Nm Innenrotation

(in Klammern die Mininum- und Maximumwerte)

Das Verhältnis von Drehmomentmaximumwerten vor und nach Belastung auf der dominanten Seite zeigt keine Unterschiede zwischen den drei Gruppen. Alle haben einen Abfall an Kraft von ungefähr 10 Prozent gegenüber ihrem Ausgangswert vor Belastung.

Der genaue Wert bei der Kontrollgruppe beträgt 90,69%, bei den Überkopfsportlern 91,29% und bei den SLAP-Patienten 88,46%. Auf der nicht-dominanten Seite unterscheiden sich die Werte etwas stärker voneinander, aber die statistische Auswertung zeigt keine Signifikanz. Die Kontrollgruppe

erreicht nach Belastung noch 89,88% des Ausgangswertes, die Sportler 91,48% und die Patienten 83,49%.

Gruppe	<u>Verhältnis AR</u>	<u>Verhältnis AR</u>	<u>Verhältnis IR</u>	<u>Verhältnis IR</u>
	<u>DMmax nach/vor</u> <u>Belastung</u> <u>dominante Seite</u>	<u>DMmax nach/vor</u> <u>Belastung nicht-</u> <u>dominante Seite</u>	<u>DMmax nach/vor</u> <u>Belastung</u> <u>dominante Seite</u>	<u>DMmax nach/vor</u> <u>Belastung nicht-</u> <u>dominante Seite</u>
Kontrolle	90,04	80,15	90,69	89,88
Sportler	93,26	91,32	91,29	91,48
Patienten	93,40	91,14	88,46	83,49

Tab. 23: Mittelwerte Verhältnis des Drehmomentmaximums nach Belastung zu dem Drehmomentmaximum vor Belastung

Die Betrachtung des Verhältniswertes von nicht-dominanter Seite zu dominanter Seite zeigt bei der Innenrotation ebenfalls bei allen drei Gruppen ähnliche Werte und keine signifikanten Unterschiede. Die untersuchten Patienten zeigen keine Innenrotationsschwäche.

Die Kontrollgruppe hat vor Belastung auf der nicht-dominanten Seite 97,67% der Kraft der dominanten Seite. Die Überkopfsportler erreichen nicht-dominant 92,90% und die Patienten 101,54%. Nach Belastung gleichen sich die Ergebnisse noch stärker an, mit einem Wert von 96,98% für die Kontrollgruppe, 93,44% bei den Sportlern und 95,69% bei den SLAP-Patienten.

Gruppe	<u>Verhältnis AR</u>	<u>Verhältnis AR</u>	<u>Verhältnis IR</u>	<u>Verhältnis IR</u>
	<u>nicht-dom./dom.</u> <u>vor Belastung</u>	<u>nicht-dom./dom.</u> <u>nach Belastung</u>	<u>nicht-dom./dom.</u> <u>vor Belastung</u>	<u>nicht-dom./dom.</u> <u>nach Belastung</u>
Kontrolle	92,55	83,75	97,67	96,98
Sportler	93,43	92,33	92,90	93,44
Patienten	132,30	122,03	101,54	95,69

Tab. 24: Mittelwerte Verhältnis der Außen- und Innenrotationdrehmomentmaxima nicht-dominante zu dominanter Seite

Ein Vergleich der Drehmomentmaximumwerte als Verhältnis von Außen- und Innenrotation auf der dominanten Seite dokumentiert die schwächere Außenrotation der SLAP-Patienten im Vergleich zu

den beiden anderen Gruppen. Dabei ist festzustellen, dass die Kontrollgruppe und die Gruppe der Überkopfsportler sowohl vor als auch nach Belastung fast identische Werte haben. Der Wert bei den Patienten liegt unter dem der anderen, bleibt aber vor und nach Belastung konstant. Somit lässt sich vor oder nach Belastung bei keiner der drei Gruppen eine stärkere Ermüdung für die Außen- oder Innenrotation aufzeigen. Die Angabe eines Richtwertes für das Patientenkollektiv ist nicht möglich, da auch hier eine relativ große Spannweite der Werte besteht. Die genauen Werte sind der folgenden Tabelle 25 zu entnehmen. Auf der nicht-dominanten Seite sind die Ergebnisse bei allen drei Gruppen sehr ähnlich. Dies gilt wiederum sowohl für den Wert vor Belastung als auch für den Wert nach Belastung. Lediglich die Kontrollgruppe zeigt nach Belastung einen etwas größeren Abfall ihrer Außenrotation im Vergleich zur Innenrotation. Dieser Abfall ist jedoch nur als tendenziell anzusehen, statistisch signifikant ist dieser Unterschied nicht. Die Darstellung in Form eines Boxplot (Diagramm 9) im Anschluss an die Tabelle zeigt den Unterschied zwischen dominantem und nicht-dominantem Arm graphisch.

<u>Gruppe</u>	<u>Verhältnis AR/IR dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Verhältnis AR/IR dominante Seite nach Belastung</u>	<u>Verhältnis AR/IR nicht-dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Verhältnis AR/IR nicht-dominante Seite nach Belastung</u>
Kontrolle	46,03 (26,7/79,1)	45,41 (22,7/69,8)	43,16 (28,6/66,7)	38,56 (21,4/64,3)
Sportler	44,96 (30,2/62,8)	45,63 (32,0/70,0)	44,31 (37,0/55,9)	44,56 (26,9/60,9)
Patienten	38,03 (14,3/56,1)	38,25 (14,0/54,3)	41,49 (26,5/56,8)	45,70 (27,3/66,7)

**Tab. 25: Mittelwerte Verhältnis des Drehmomentmaximums von Außenrotation
zu Innenrotation (in Klammern die Minimum- und Maximumwerte)**

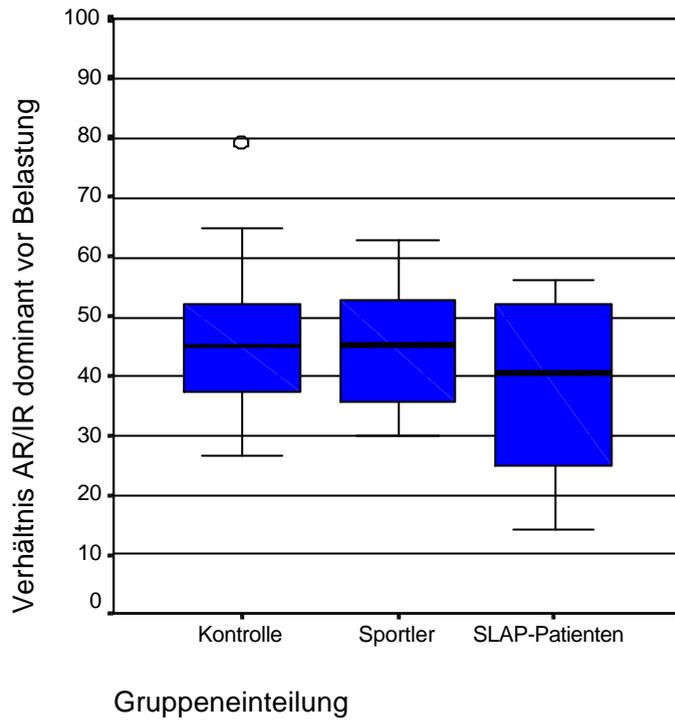


Diagramm 9: Boxplot Verhältnis des Drehmomentmaximums von Außenrotation zu Innenrotation der dominanten Seite vor Belastung

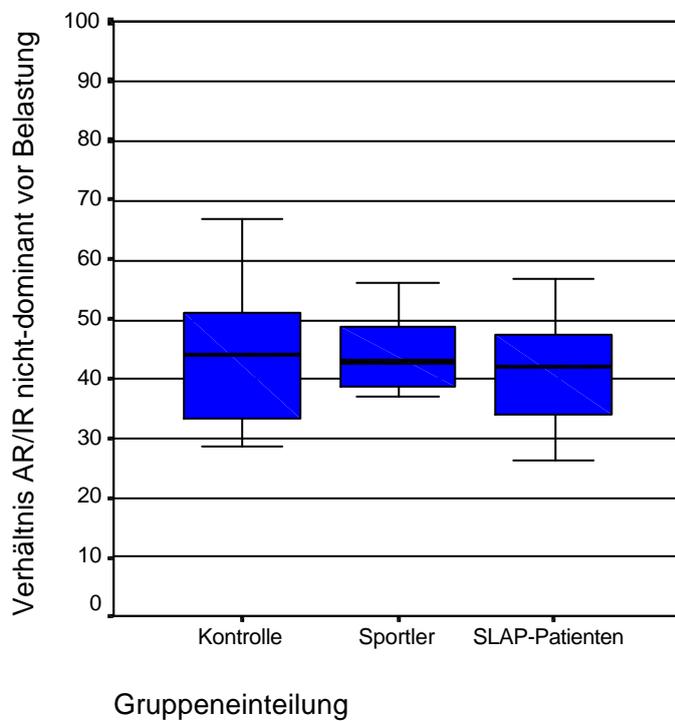


Diagramm 10: Boxplot Verhältnis des Drehmomentmaximums von Außenrotation zu Innenrotation der nicht-dominanten Seite vor Belastung

3.2.2.2. Arbeit pro Winkelgrad

Der durch die Software des „CYBEX NORM Systems“ ermittelte Arbeitswert in Joule wurde aufgrund des getesteten unterschiedlichen Winkelbereiches bei der Rotationsbewegung in einen Wert pro Winkelgrad umgerechnet. Dies bedeutet, dass der Arbeitswert bei jedem Probanden durch seinen individuell gemessenen Winkelbereich dividiert wurde. Somit sind die Arbeitswerte direkt miteinander vergleichbar. Auch ohne diese zusätzliche Berechnung sind die gewonnenen Ergebnisse der Absolutwerte fast identisch, im nachfolgenden werden die Werte jedoch ausschließlich in der umgerechneten Form angegeben. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde die zusätzliche Angabe „pro Winkelgrad“ im Anschluß weggelassen und erfolgt in Joule.

Durch die Betrachtung der erzielten Arbeitswerte lassen sich keine zusätzlichen Ergebnisse gewinnen, die nicht bereits durch den Drehmomentmaximumwert beschrieben werden konnten. Analog erreichen auch hier die männlichen und weiblichen Sportler die größten Werte bei der Außen- und Innenrotation.

Bei der Außenrotation der dominanten Seite sind die SLAP-Patienten schwächer als die Kontrollgruppe und die Überkopfsportler. Dieses Verhältnis ändert sich bei der Innenrotation des dominanten Armes, hier sind die Patienten stärker wie die Kontrollgruppe und nähern sich der Gruppe der Überkopfsportler an. Die Betrachtung der Ergebnisse des Patientenkollektivs mit dem nicht-dominanten Arm zeigt, dass bis auf eine Ausnahme bei der Außenrotation größere Werte wie mit dem dominanten Arm erzielt werden. Die eine Ausnahme bildet die Gruppe der SLAP-Patientinnen, die nur vor Belastung mit ihrem nicht-dominanten Arm stärker sind, nicht jedoch nach Belastung. Dies lässt sich wahrscheinlich mit der kleinen Fallzahl erklären.

Bei der Kontrollgruppe ist der Arbeitswert für die Außenrotation mit dem dominanten Arm größer als der des nicht-dominanten Armes. Die Überkopfsportler erreichen dominant und nicht-dominant fast identische Werte bei der Außenrotation. Bei allen drei Gruppen zeigt sich in 23 von 24 verglichenen Werten für Außen- und Innenrotation ein Abfall des Arbeitswertes nach Belastung im Vergleich zum Ausgangswert vor Belastung. Lediglich bei den weiblichen Patientinnen (N=3) zeigt sich bei der Außenrotation der dominanten Seite vor und nach Belastung kein Abfall (0,107 J vor Belastung, 0,110 J nach Belastung). Insgesamt betrachtet ist ein Abfall der Kraft nach Belastung bei Betrachtung der drei Gruppen hoch signifikant. Bei der Kontrollgruppe beträgt die Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,001$ für alle durchgeführten Analysen mit dem Wilcoxon-Test. Bei den Sportlern liegt der Wert für p zwischen 0,001 bzw. 0,003 und bei den SLAP-Patienten zwischen 0,002 bzw. 0,011.

Ein weiterer statistisch signifikanter Unterschied zeigt sich bei Betrachtung der Absolutwerte der Kontrollprobandinnen und der Überkopfsportlerinnen. Die Sportlerinnen sind bei der Innenrotation sowohl vor wie auch nach Belastung mit dem dominanten ($p=0,001$, $p=0,004$) und mit dem nicht-dominanten Arm ($p=0,027$, $p=0,039$) stärker. Im Gegensatz dazu erzielen sie bei der Außenrotation

nur mit nicht-dominanten Arm signifikant mehr Arbeit ($p=0,004$ vor Belastung bzw. $p=0,002$ nach Belastung).

<u>Gruppe</u>	<u>Dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Dominante Seite nach Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite nach Belastung</u>
Kontrolle m	0,302 (0,15/0,50)	0,243 (0,12/0,38)	0,278 (0,15/0,40)	0,212 (0,07/0,34)
Sportler m	0,330 (0,27/0,38)	0,293 (0,22/0,38)	0,328 (0,25/0,47)	0,297 (0,19/0,46)
Patienten m	0,281 (0,09/0,48)	0,218 (0,05/0,41)	0,300 (0,20/0,46)	0,249 (0,14/0,42)
Kontrolle w	0,142 (0,06/0,26)	0,115 (0,06/0,19)	0,120 (0,07/0,18)	0,088 (0,04/0,13)
Sportler w	0,173 (0,13/0,22)	0,134 (0,08/0,17)	0,170 (0,11/0,21)	0,146 (0,09/0,18)
Patienten w	0,107 (0,05/0,21)	0,110 (0,06/0,21)	0,117 (0,09/0,14)	0,103 (0,08/0,12)

Tab. 26: Mittelwerte Arbeit in Joule pro Winkelgrad Außenrotation

(in Klammern die Minimum- und Maximumwerte)

<u>Gruppe</u>	<u>Dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Dominante Seite nach Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite nach Belastung</u>
Kontrolle m	0,635 (0,41/0,83)	0,565 (0,34/0,76)	0,644 (0,37/0,84)	0,554 (0,33/0,76)
Sportler m	0,832 (0,60/1,25)	0,733 (0,50/1,07)	0,785 (0,59/1,10)	0,698 (0,48/1,00)
Patienten m	0,729 (0,57/0,96)	0,638 (0,49/0,84)	0,743 (0,46/0,97)	0,591 (0,37/0,82)
Kontrolle w	0,387 (0,27/0,49)	0,343 (0,24/0,44)	0,358 (0,25/0,50)	0,321 (0,23/0,41)
Sportler w	0,491 (0,40/0,61)	0,437 (0,35/0,51)	0,432 (0,31/0,54)	0,403 (0,27/0,49)
Patienten w	0,427 (0,26/0,52)	0,393 (0,27/0,46)	0,397 (0,30/0,45)	0,383 (0,26/0,48)

Tab. 27: Mittelwerte Arbeit in Joule pro Winkelgrad Innenrotation

(in Klammern die Minimum- und Maximumwerte)

Die Verhältniswerte verhalten sich ebenfalls analog denen des Drehmomentmaximums. Der Vergleich des Kraftabfalls bei der Außenrotation der dominanten Seite nach Belastung ist bei allen drei Gruppen ähnlich. Die Kraft fällt prozentual jedoch stärker ab wie das Drehmomentmaximum.

Die Kontrollgruppe erreicht nach Belastung 80,98% des Ausgangswertes, die Sportler 83,49% und die SLAP-Patienten 83,63%. Das Drehmomentmaximum fällt bei diesem Vergleich nur um ca. 10% ab. Die nicht-dominante Seite zeigt den stärksten Abfall bei der Kontrollgruppe mit 74,36% im Vergleich

zu den beiden anderen Gruppen. Dieser ist statistisch signifikant mit $p=0,008$ bei dem Vergleich zu den Überkopfsportlern (86,87%) und $p=0,034$ bei den Patienten (84,05%).

Die gebildeten Verhältniswerte von nicht-dominantem zu dominantem Arm bestätigt die ca. 30% schwächere Außenrotationskraft der SLAP-Patienten auf ihrer dominanten Seite. Die Kontrollgruppe und die Sportler haben vor Belastung ähnliche Werte. Nach Belastung jedoch zeigt sich ein stärkerer Abfall der Kraft der nicht-dominanten Seite bei der Kontrollgruppe. Diese Kraftreduktion ist im Vergleich zu den anderen Gruppen statistisch signifikant ($p=0,039$ Überkopfsportler, $p=0,022$ SLAP-Patienten). Die größere Kraft der SLAP-Patienten mit ihrem nicht-dominanten Arm lässt sich ebenfalls an diesen Werten (siehe Tabelle 29) erkennen.

Die Ergebnisse der Verhältniswerte bei der Innenrotation bestätigen die durch die Analyse des Drehmomentmaximumwertes erhaltenen. Alle drei Gruppen erreichen nach Belastung auf der dominanten Seite ein fast identisches Ergebnis, das ungefähr 11 Prozent unter dem des Ausgangsniveaus liegt. Auch der prozentuale Verlust an aufgebrachter Arbeit auf der nicht-dominanten Seite entspricht dem des Drehmomentmaximums. Analoges gilt für den Verhältniswert der Innenrotation von nicht-dominanter zu dominanter Seite. Es existiert kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen. Die genauen Daten sind in den Tabellen 28 und 29 wiedergegeben.

<u>Gruppe</u>	<u>Verhältnis AR</u> <u>Arbeit nach/vor</u> <u>Belastung</u> <u>dominante Seite</u>	<u>Verhältnis AR</u> <u>Arbeit nach/vor</u> <u>Belastung nicht-</u> <u>dominante Seite</u>	<u>Verhältnis IR</u> <u>Arbeit nach/vor</u> <u>Belastung</u> <u>dominante Seite</u>	<u>Verhältnis IR</u> <u>Arbeit nach/vor</u> <u>Belastung nicht-</u> <u>dominante Seite</u>
Kontrolle	80,98	74,36	88,80	88,39
Sportler	83,49	86,87	88,67	91,30
Patienten	83,63	84,05	89,21	83,46

Tab. 28: Mittelwerte Verhältnis der Arbeit nach Belastung zu der Arbeit vor Belastung

<u>Gruppe</u>	<u>Verhältnis AR</u> <u>nicht-dom./dom.</u> <u>vor Belastung</u>	<u>Verhältnis AR</u> <u>nicht-dom./dom.</u> <u>nach Belastung</u>	<u>Verhältnis IR</u> <u>nicht-dom./dom.</u> <u>vor Belastung</u>	<u>Verhältnis IR</u> <u>nicht-dom./dom.</u> <u>nach Belastung</u>
Kontrolle	94,45	88,06	97,39	97,25
Sportler	99,70	105,43	90,77	93,67
Patienten	131,7	141,44	100,50	93,87

Tab. 29: Mittelwerte Verhältnis der Außen- und Innenrotationsarbeit nicht-dominante zu dominanter Seite

Der letzte untersuchte Verhältniswert ist der von Außen- und Innenrotation zueinander. Der Wert der dominanten Seite zeigt die schwächere Außenrotation der SLAP-Patienten im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen. Auf der nicht-dominanten Seite lässt sich vor Belastung kein Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen erkennen. Die Außenrotationsarbeit beträgt ca. 40% der Arbeit der Innenrotation. Nach Belastung erreicht die Kontrollgruppe ihren Ausgangswert nicht mehr und liegt unter dem der Sportler und der Patienten (Tabelle 30).

<u>Gruppe</u>	<u>Verhältnis AR/IR dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Verhältnis AR/IR dominante Seite nach Belastung</u>	<u>Verhältnis AR/IR nicht-dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Verhältnis AR/IR nicht-dominante Seite nach Belastung</u>
Kontrolle	42,69	38,88	39,70	33,72
Sportler	38,37	37,03	41,29	39,55
Patienten	34,93	32,27	39,13	40,22

Tab. 30: Mittelwerte Verhältnis der Arbeit von Außenrotation zu Innenrotation

Zusammenfassend lassen sich somit folgende Ergebnisse feststellen. Die erzielten Drehmomentmaximumwerte der Überkopfsportler sind mit dem dominanten wie mit dem nicht-dominanten Arm sowohl für Außen- wie Innenrotation die größten im Vergleich zu den Kontrollprobanden und den SLAP-Patienten. Die Kontrollprobanden erreichen auf der dominanten Seite bei der Außenrotation höhere Werte wie das Patientenkollektiv. Die SLAP-Patienten zeigen eine Schwäche der Außenrotationskraft des dominanten Arms von ca. 30%. Im Gegensatz dazu sind auf der nicht-dominanten Seite die SLAP-Patienten stärker wie die Kontrollpersonen und haben keinen Verlust der Außenrotationskraft. Die SLAP-Patienten erreichen bei der Innenrotation niedrigere Werte wie die Überkopfsportler, aber dominant wie nicht-dominant höhere Werte wie die Kontrollgruppe. In der 30°-Abduktionsstellung zeigt sich somit keine Einschränkung der Innenrotationskraft bei den untersuchten SLAP-Patienten.

3.2.3. Außenrotation und Innenrotation in 125°-

Elevationsstellung

3.2.3.1. Drehmomentmaximum

A) Außenrotation

Die männlichen und weiblichen Überkopfsportler erreichen in diesem Winkelbereich sowohl bei der Außen- als auch bei der Innenrotation die größten Werte. Auf der dominanten Seite sind die Kontrollprobanden stärker als die SLAP-Patienten. Im Gegensatz dazu steht die nicht-dominante Seite, die Patienten nähern sich den Überkopfsportlern an und erzielen größere Werte wie das Kontrollkollektiv.

Die männlichen Sportler erreichen auf der dominanten Seite für die Außenrotation 32,33 Nm vor Belastung und 32,00 Nm nach Belastung. Danach folgen die Kontrollprobanden mit 30,20 Nm vor Belastung. Nach der Belastung fällt der Wert stärker als bei den Überkopfsportlern auf 27,33 Nm. Dieser Abfall ist innerhalb der gesamten Kontrollgruppe statistisch signifikant mit $p < 0,001$. Das geringste durchschnittliche Drehmomentmaximum auf der dominanten Seite haben die SLAP-Patienten mit 28,22 Nm bzw. 25,89 Nm. Die weiblichen Studienteilnehmer zeigen ein ähnliches Bild. Eine Ausnahme bilden lediglich die Patientinnen nach Belastung. Sie erreichen mit 20,00 Nm einen größeren Wert wie ihr Kontrollkollektiv mit 18,80 Nm. Dieses Ergebnis ist vermutlich durch die geringe Fallzahl bei den Patientinnen bedingt. Der Unterschied der Kontrollprobandinnen und der Sportlerinnen nach Belastung ist statistisch signifikant mit $p = 0,022$.

Die Drehmomentmaximumwerte für die Außenrotation auf der nicht-dominanten Seite sind bei den Überkopfsportlern und der Kontrollgruppe schwächer als die Werte der dominanten Seite.

Dieser Unterschied ist bei der Kontrollgruppe vor Belastung ($p = 0,019$) und bei den Überkopfsportlern nach Belastung ($p = 0,001$) statistisch signifikant. Der Abfall auf der nicht-dominanten Seite nach Belastung im Vergleich zum Ausgangswert vor Belastung ist bei allen drei Gruppen hoch signifikant. Bei der Kontrollgruppe ist die Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,001$, bei den Sportlern $p = 0,004$ und bei den SLAP-Patienten $p = 0,003$.

Die männlichen Patienten sind auf ihrer nicht-dominanten Seite tendenziell, aber nicht signifikant stärker als auf ihrer dominanten. Bei den Patientinnen besteht kein Unterschied zwischen dominant und nicht-dominant. Es lässt sich auf der nicht-dominanten Seite eine Annäherung der Patienten an die Überkopfsportler feststellen. Die vor Belastung erzielten 31,00 Nm sind im Vergleich zu 29,83 Nm der Sportler der einzige Wert der gesamten Studie in der die Sportler nicht den größten Wert haben.

<u>Gruppe</u>	<u>Dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Dominante Seite nach Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite nach Belastung</u>
Kontrolle m	30,20 (22/43)	27,33 (17/37)	27,73 (20/35)	24,87 (17/32)
Sportler m	32,33 (24/44)	32,00 (25/43)	29,83 (20/42)	27,67 (18/38)
Patienten m	28,22 (24/34)	25,89 (22/33)	31,00 (25/39)	27,11 (19/34)
Kontrolle w	20,27 (17/25)	18,80 (13/23)	19,00 (14/25)	17,80 (13/23)
Sportler w	21,33 (16/25)	22,22 (18/28)	21,11 (16/27)	18,56 (12/23)
Patienten w	19,67 (12/24)	20,00 (13/25)	20,00 (15/26)	18,67 (15/23)

**Tab. 31: Mittelwerte Drehmomentmaximum in Nm Außenrotation
(in Klammern die Minimum- und Maximumwerte)**

Die Verhältniswerte der Außenrotation zeigen folgende Ergebnisse:

Das Verhältnis der Drehmomentmaxima vor und nach Belastung zeigt bei der Kontrollgruppe und den SLAP-Patienten ähnliche Werte.

Die Kontrollpersonen erreichen nach Belastung noch 91,63% des Ausgangswertes und die Patienten 94,85%.

Die Überkopfsportler haben keinen Kraftverlust und erzielen nach Belastung 102,85%. Der Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und den Sportlern ist statistisch signifikant ($p=0,006$).

Die entsprechenden Werte auf der nicht-dominanten Seite zeigen keine Unterschiede zwischen den drei Gruppen. Alle Gruppen haben einen Kraftverlust von ungefähr zehn Prozent.

Die Kontrollgruppe erreicht noch 91,64% des Wertes vor Belastung, die Überkopfsportler 90,04% und die SLAP-Patienten 89,01%. Der Unterschied zwischen dem dominanten und dem nicht-dominanten Arm ist bei den Sportlern statistisch hoch signifikant ($p=0,001$). Die Kontrollgruppe hat im Gegensatz dazu einen identischen Wert dominant und nicht-dominant. Die Patienten nähern sich der Kontrollgruppe an und haben keinen statistisch signifikanten Unterschied.

Der Verhältniswert von nicht-dominanter zu dominanter Seite zeigt wiederum die ca. 10% schwächere Außenrotation der dominanten Seite der SLAP-Patienten.

Die Kontrollgruppe zeigt vor Belastung einen Prozentwert von 93,76% und nach Belastung 94,24%. Die Überkopfsportler liegen in einem auch statistisch gesehen gleichen Bereich von 96,45% bzw. 85,01%. Die Patienten erreichen nicht-dominant vor Belastung 109,19% (nach Belastung 102,83%) der Kraft der dominanten Seite. Dieser Wert ist vor Belastung sowohl im Vergleich zu den

Kontrollprobanden ($p=0,010$) wie auch zu der Gruppe der Sportler ($p=0,026$) statistisch signifikant erhöht. Der Vergleich nach Belastung zeigt eine statistische Relevanz zwischen den Sportlern und den Patienten ($p=0,007$).

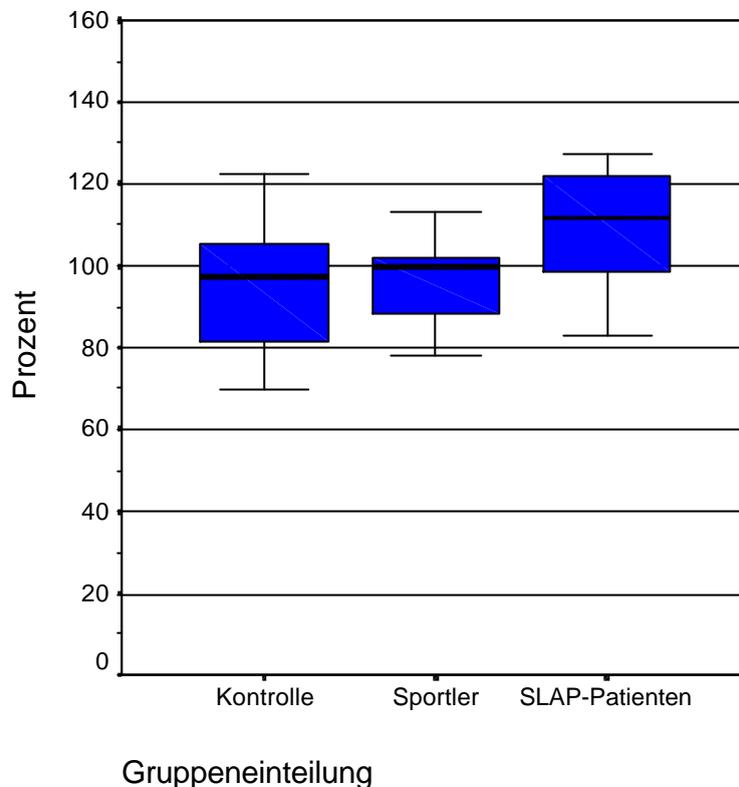


Diagramm 11: Boxplot Außenrotation Verhältnis des Drehmomentmaximums nicht-dominante Seite zu dominanter Seite vor Belastung

B) Innenrotation

Das größte durchschnittliche Drehmomentmaximum bei der Innenrotation erreichen wiederum die Überkopfsportler. Im Gegensatz zur Innenrotation in 30°-Abduktionsstellung sind die Kontrollprobanden jedoch dominant stärker als die SLAP-Patienten, d. h. die SLAP-Patienten zeigen bei der Hochrotation eine Einschränkung der Innenrotationskraft und sind schwächer als das Kontrollkollektiv. Im Gegensatz dazu steht die nicht-dominante Seite, hier liegen alle drei Gruppen in einem ähnlichen Bereich vor Belastung. Nach Belastung lassen sich etwas größere Werte bei den Überkopfsportlern feststellen, gefolgt von den Patienten und schließlich die Kontrollpersonen. Der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben zeigt bei den Kontrollprobanden vor und nach Belastung den Wert von $p < 0,001$. Dies bedeutet einen signifikant größeren Wert der dominanten Seite im Vergleich zur nicht-dominanten Seite. Auch die Überkopfsportler unterscheiden sich signifikant zwischen dominant und nicht-dominant ($p=0,009$ vor Belastung, $p=0,002$ nach Belastung). Der Vergleich zwischen dem Wert vor und dem nach Belastung zeigt bei den Kontrollpersonen ($p=0,003$

dominant, $p=0,001$ nicht-dominant) und den SLAP-Patienten ($p=0,010$ dominant, $p=0,016$ nicht-dominant) einen signifikanten Abfall. Die Überkopfsportler dagegen fallen nach Belastung weder mit dem dominanten Arm ($p=0,387$) noch mit dem nicht-dominatem Arm ($p=0,254$) signifikant ab.

<u>Gruppe</u>	<u>Dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Dominante Seite nach Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite nach Belastung</u>
Kontrolle m	32,47 (17/44)	27,93 (14/39)	28,67 (16/42)	23,27 (11/34)
Sportler m	40,67 (23/65)	37,50 (22/54)	30,33 (14/47)	29,67 (13/52)
Patienten m	30,33 (21/44)	26,33 (16/34)	28,89 (17/43)	25,67 (17/42)
Kontrolle w	20,00 (13/26)	19,13 (11/27)	16,13 (10/22)	15,33 (8/24)
Sportler w	21,56 (18/28)	21,78 (15/31)	19,00 (13/25)	17,00 (12/22)
Patienten w	19,00 (15/22)	15,00 (12/17)	16,67 (9/23)	15,00 (10/21)

Tab. 32: Mittelwerte Drehmomentmaximum in Nm Innenrotation

(in Klammern die Minimum- und Maximumwerte)

Das Verhältnis von Drehmomentmaximumwerten der Innenrotation vor und nach Belastung zeigt auf der dominanten Seite einen signifikanten Unterschied zwischen SLAP-Patienten und Überkopfsportlern ($p=0,023$). Die Überkopfsportler verlieren nach Belastung weniger als zwei Prozent im Vergleich zum Ausgangswert. Die SLAP-Patienten jedoch fast 15 Prozent. Die Kontrollprobanden liegen in der Mitte der beiden anderen Werte mit neun Prozent Kraftabfall nach Belastung. Auf der nicht-dominanten Seite ist der Unterschied statistisch nicht relevant ($p=0,826$).

<u>Gruppe</u>	<u>Verhältnis AR DMmax nach/vor Belastung dominante Seite</u>	<u>Verhältnis AR DMmax nach/vor Belastung nicht-dominante Seite</u>	<u>Verhältnis IR DMmax nach/vor Belastung dominante Seite</u>	<u>Verhältnis IR DMmax nach/vor Belastung nicht-dominante Seite</u>
Kontrolle	91,63	91,64	91,02	88,40
Sportler	102,85	90,04	98,21	95,13
Patienten	94,85	89,01	85,10	90,05

Tab. 33: Mittelwerte Verhältnis des Drehmomentmaximums nach Belastung zu dem Drehmomentmaximum vor Belastung

Die Betrachtung des Verhältniswertes von nicht-dominanter zu dominanter Seite zeigt die schwächere Innenrotation der dominanten Seite im Vergleich zu der nicht-dominanten Seite bei den SLAP-Patienten. Vor Belastung ist der Unterschied zu den beiden anderen Gruppen geringer (ca. 10%), dieser steigt jedoch nach Belastung an (siehe Tabelle 34).

Gruppe	Verhältnis AR	Verhältnis AR	Verhältnis IR	Verhältnis IR
	nicht-dom./dom. vor Belastung	nicht-dom./dom. nach Belastung	nicht-dom./dom. vor Belastung	nicht-dom./dom. nach Belastung
Kontrolle	93,76	94,24	85,35	83,43
Sportler	96,45	85,01	83,34	79,14
Patienten	109,19	102,83	92,77	98,95

Tab. 34: Mittelwerte Verhältnis der Außen- und Innenrotationsdrehmomentmaxima

nicht-dominante zu dominanter Seite

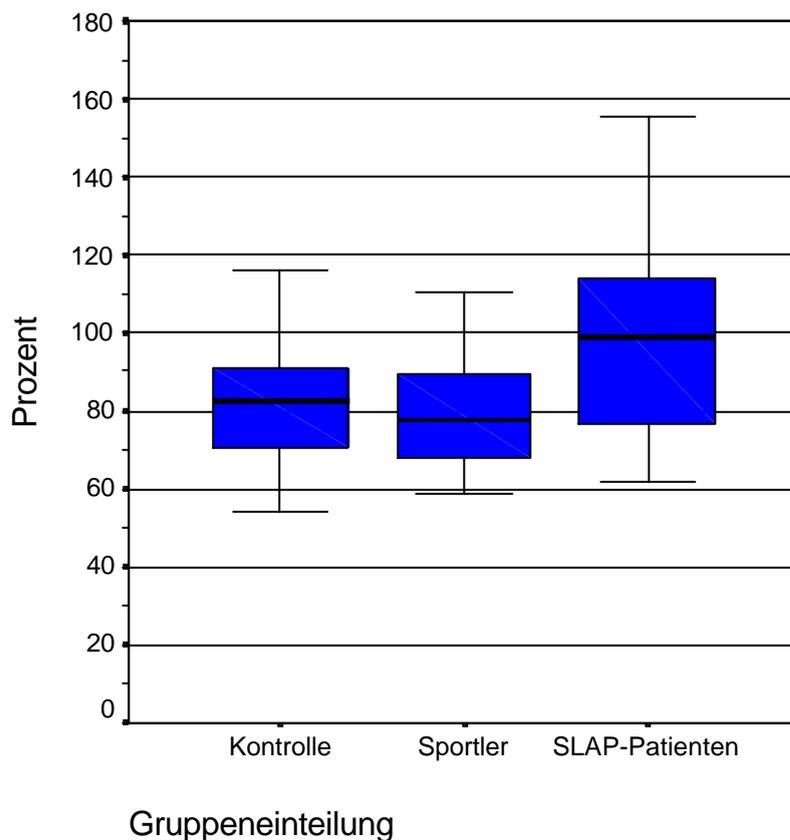


Diagramm 12: Boxplot Innenrotation Verhältnis des Drehmomentmaximums nicht-dominante Seite zu dominanter Seite nach Belastung

Ein Vergleich der Drehmomentmaximumwerte als Verhältnis von Außen- und Innenrotation zeigt annähernd gleiche Werte bei den drei Gruppen (siehe Tabelle 34).

Auf der dominanten Seite vor Belastung erreicht die Kontrollgruppe einen fast identischen Außenrotations- zu Innenrotationswert von 99,92%. Die Überkopfsportler und die Patienten haben einen leicht geringeren Außenrotationswert. Er beträgt bei den Sportlern 93,84% der Innenrotation und bei den Patienten 96,79%.

Auch die Werte der nicht-dominanten Seite gleichen sich zwischen den drei Gruppen.

Die Kontrollgruppe erzielt vor Belastung eine Außenrotationskraft von 110,76% der Kraft der Innenrotation. Die Sportler haben 111,30% und die SLAP-Patienten 117,79%.

<u>Gruppe</u>	<u>Verhältnis AR/IR dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Verhältnis AR/IR dominante Seite nach Belastung</u>	<u>Verhältnis AR/IR nicht-dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Verhältnis AR/IR nicht-dominante Seite nach Belastung</u>
Kontrolle	99,92	101,87	110,76	116,75
Sportler	93,84	98,85	111,30	108,95
Patienten	96,79	109,15	117,79	118,96

Tab. 35: Mittelwerte Verhältnis des Drehmomentmaximums von Außenrotation zu Innenrotation

3.2.3.2. Arbeit pro Winkelgrad

Analog den Messungen in 30°-Abduktionsstellung des Armes (siehe 4.2.2.2., S. 54) wurde auch in 125°-Elevation der ermittelte Arbeitswert in Joule in einen Wert pro Winkelgrad umgerechnet. Die Arbeitswerte sind somit direkt miteinander vergleichbar. Auch ohne diese Umrechnung ist die Aussagekraft der Arbeitswerte fast gleich, die Werte werden aber im folgenden Abschnitt nur in der umgerechneten Form angegeben (in Joule).

Die Arbeitswerte sind den Ergebnissen des Drehmomentmaximums ähnlich. Die Überkopfsportler erreichen im hohen Winkelbereich bis auf zwei Ausnahmen die größten Werte bei der Außen- und Innenrotation. Die Ausnahme bildet die Außenrotation der nicht-dominanten Seite (unverletzte Seite) vor Belastung, hier sind die männlichen SLAP-Patienten am stärksten und die Innenrotation ebenfalls auf der nicht-dominanten Seite nach Belastung (weibliche SLAP-Patienten am stärksten). Auf der nicht-dominanten Seite lässt sich somit erwartungsgemäß zeigen, dass die SLAP-Patienten keine

Krafteinschränkung haben. Die Kontrollprobanden sind auf der dominanten Seite bei der Außenrotation stärker, bei der Innenrotation gleich stark (vor Belastung) bzw. ebenfalls stärker (nach Belastung) wie die SLAP-Patienten. Die nicht-dominante Seite der Kontrollprobanden ist schwächer wie die der SLAP-Patienten.

Die SLAP-Patienten haben somit im Gruppenvergleich auf ihrer dominanten Seite durch die Verletzung weniger Kraft.

Die einzelnen Werte sind den nachfolgenden Tabellen 36 und 37 zu entnehmen.

<u>Gruppe</u>	<u>Dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Dominante Seite nach Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite nach Belastung</u>
Kontrolle m	0,387 (0,21/0,60)	0,355 (0,17/0,53)	0,358 (0,20/0,51)	0,330 (0,19/0,47)
Sportler m	0,413 (0,29/0,66)	0,410 (0,28/0,61)	0,372 (0,22/0,60)	0,365 (0,20/0,55)
Patienten m	0,348 (0,26/0,43)	0,321 (0,21/0,39)	0,397 (0,28/0,48)	0,348 (0,26/0,43)
Kontrolle w	0,237 (0,17/0,31)	0,221 (0,16/0,29)	0,213 (0,10/0,31)	0,207 (0,10/0,30)
Sportler w	0,260 (0,19/0,34)	0,260 (0,18/0,32)	0,247 (0,17/0,35)	0,228 (0,14/0,30)
Patienten w	0,203 (0,09/0,28)	0,197 (0,10/0,28)	0,217 (0,15/0,27)	0,210 (0,15/0,27)

Tab. 36: Mittelwerte Arbeit in Joule pro Winkelgrad Außenrotation

(in Klammern die Minimum- und Maximumwerte)

<u>Gruppe</u>	<u>Dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Dominante Seite nach Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite vor Belastung</u>	<u>Nicht-dominante Seite nach Belastung</u>
Kontrolle m	0,411 (0,20/0,58)	0,335 (0,13/0,55)	0,346 (0,14/0,58)	0,269 (0,07/0,46)
Sportler m	0,562 (0,28/0,96)	0,500 (0,26/0,81)	0,410 (0,18/0,74)	0,412 (0,15/0,80)
Patienten m	0,413 (0,24/0,61)	0,326 (0,21/0,42)	0,374 (0,21/0,59)	0,316 (0,15/0,56)
Kontrolle w	0,216 (0,12/0,30)	0,197 (0,12/0,29)	0,152 (0,08/0,22)	0,140 (0,05/0,23)
Sportler w	0,257 (0,20/0,36)	0,250 (0,17/0,37)	0,204 (0,12/0,33)	0,162 (0,06/0,24)
Patienten w	0,217 (0,14/0,29)	0,180 (0,11/0,23)	0,180 (0,07/0,26)	0,180 (0,07/0,28)

Tab. 37: Mittelwerte Arbeit in Joule pro Winkelgrad Innenrotation

(in Klammern die Minimum- und Maximumwerte)

Der Vergleich der Verhältniswerte vor und nach Belastung zeigt einen etwas höheren Kraftabfall bei der Außenrotation der dominanten Seite der SLAP-Patienten im Vergleich zu den Überkopfsportlern. Die Überkopfsportler haben keinen Kraftabfall nach Belastung (101,40%), die SLAP-Patienten knapp 6% (94,28%), die Kontrollgruppe ungefähr 7% (92,60%). Die Ergebnisse des Drehmomentmaximums sind sehr ähnlich und werden somit bestätigt.

Der Kraftabfall bei der Innenrotation der dominanten Seite ist bei den SLAP-Patienten deutlich größer wie bei den Überkopfsportlern (statistisch signifikant $p=0,004$). Auf der nicht-dominanten Seite haben alle drei Gruppen einen annähernd gleichen Abfall (siehe Tabelle 38).

<u>Gruppe</u>	<u>Verhältnis AR</u> <u>Arbeit nach/vor</u> <u>Belastung</u> <u>dominante Seite</u>	<u>Verhältnis AR</u> <u>Arbeit nach/vor</u> <u>Belastung nicht-</u> <u>dominante Seite</u>	<u>Verhältnis IR</u> <u>Arbeit nach/vor</u> <u>Belastung</u> <u>dominante Seite</u>	<u>Verhältnis IR</u> <u>Arbeit nach/vor</u> <u>Belastung nicht-</u> <u>dominante Seite</u>
Kontrolle	92,60	94,78	86,49	84,96
Sportler	101,40	95,46	95,01	89,53
Patienten	94,28	90,11	80,43	87,52

Tab. 38: Mittelwerte Verhältnis der Arbeit nach Belastung zu der Arbeit vor Belastung

Die Verhältniswerte von nicht-dominantem zu dominantem Arm zeigen die ca. 15% schwächere Außenrotationskraft der SLAP-Patienten auf ihrer dominantem Seite. Die Kontrollgruppe und die Überkopfsportler haben vor Belastung fast identische Werte. Sie erreichen mit dem nicht-dominantem Arm ca. 93% der Kraft des dominanten Arms (siehe Tabelle 39/Diagramm 13). Die SLAP-Patienten erreichen mit dem nicht-dominantem Arm deutlich höhere Werte wie dominant (116,89%). Der Unterschied zwischen den SLAP-Patienten und den beiden anderen Gruppen ist sowohl vor Belastung (Kontrollgruppe versus SLAP-Patienten $p=0,011$, Überkopfsportler versus SLAP-Patienten $p=0,005$) als auch nach Belastung statistisch signifikant (Kontrollgruppe versus SLAP-Patienten $p=0,041$, Überkopfsportler versus SLAP-Patienten $p=0,002$).

Das Verhältnis der Innenrotation von nicht-dominantem zu dominantem Arm zeigt bei den SLAP-Patienten ebenfalls einen Kraftunterschied von ca. 10% zugunsten des nicht-dominanten Arms im Vergleich zu Kontrollprobanden und Überkopfsportlern. Dieser Unterschied ist jedoch nicht statistisch signifikant ($p=0,064$ Kontrollgruppe versus SLAP-Patienten nach Belastung).

Gruppe	Verhältnis AR nicht-dom./dom. vor Belastung	Verhältnis AR nicht-dom./dom. nach Belastung	Verhältnis IR nicht-dom./dom. vor Belastung	Verhältnis IR nicht-dom./dom. nach Belastung
Kontrolle	92,85	95,54	78,58	77,29
Sportler	92,87	88,35	78,24	71,23
Patienten	116,89	111,76	88,65	98,60

Tab. 39: Mittelwerte Verhältnis der Außen- und Innenrotationsarbeit nicht-dominante zu dominanter Seite

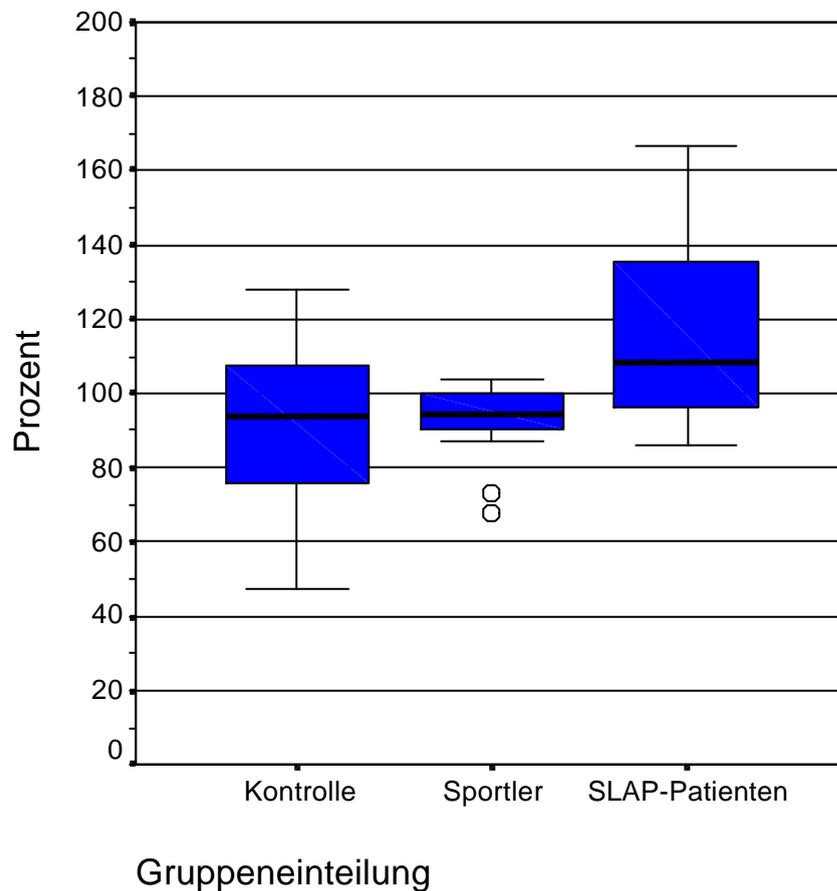


Diagramm 13: Boxplot Außenrotation Arbeit pro Winkelgrad Verhältnis nicht-dominante Seite zu dominanter Seite vor Belastung

Die Verhältniswerte von Außenrotation zu Innenrotation zeigen im Vergleich zu denen des Drehmomentmaximums größere Unterschiede, jedoch nur einen statistisch signifikant höheren Wert der Kontrollgruppe im Vergleich zu den SLAP-Patienten (dominante Seite vor Belastung $p=0,021$). Die anderen Prozentwerte sind statistisch gesehen gleiche Ergebnisse bei allen Gruppen im Vergleich zueinander, d.h. kein Unterschied zwischen den drei getesteten Gruppen in dieser Auswertung.

<u>Gruppe</u>	<u>Verhältnis AR/IR</u> <u>dominante Seite</u> <u>vor Belastung</u>	<u>Verhältnis AR/IR</u> <u>dominante Seite</u> <u>nach Belastung</u>	<u>Verhältnis AR/IR</u> <u>nicht-dominante</u> <u>Seite vor</u> <u>Belastung</u>	<u>Verhältnis AR/IR</u> <u>nicht-dominante</u> <u>Seite nach</u> <u>Belastung</u>
Kontrolle	105,48	114,74	127,05	147,84
Sportler	93,49	99,05	119,80	141,61
Patienten	87,35	102,06	122,18	128,69

Tab. 40: Mittelwerte Verhältnis der Arbeit von Außenrotation zu Innenrotation

Zusammenfassend lassen sich somit folgende Ergebnisse feststellen. Die Drehmomentmaximumwerte der Überkopfsportler sind auch in diesem hohen Winkelbereich mit dem dominanten wie mit dem nicht-dominanten Arm sowohl für Außen- wie Innenrotation die größten im Vergleich zu den Kontrollprobanden und den SLAP-Patienten. Die Kontrollprobanden erreichen auf der dominanten Seite bei der Außenrotation höhere Werte wie das Patientenkollektiv, d. h. bei SLAP-Patienten zeigt sich eine Einschränkung der Außenrotationskraft von ca. 10% in diesem Winkelbereich. Im Gegensatz dazu nähern sich auf der nicht-dominanten Seite die Werte der SLAP-Patienten den Überkopfsportlern an und sind größer wie die der Kontrollpersonen. Im Gegensatz zu den Ergebnissen in 30°-Abduktionsstellung des Armes ist jedoch die Kraft der Kontrollprobanden auch bei der Innenrotation auf der dominanten Seite größer als die der SLAP-Patienten. Mit dem nicht-dominanten Arm zeigen alle drei Gruppen annähernd gleiche Ergebnisse der Innenrotationskraft. In der 125°-Elevationsstellung konnte somit eine Einschränkung der Außen- und Innenrotationskraft von jeweils ca. 10% auf der verletzten Seite der SLAP-Patienten festgestellt werden.

4. Diskussion

Die isolierte SLAP-Läsion als Ursache für Schulterbeschwerden ist keine häufige Verletzung. Im Zeitraum dieser Studie (15 Monate) stellten sich 12 Patienten mit einer isolierten SLAP-II-Läsion vor. In der Abteilung für Sportorthopädie der TU München werden pro Jahr durchschnittlich etwa 70 arthroskopische Schulterstabilisierungen durchgeführt. Am häufigsten handelt es dabei um Refixationen des anteroinferioren Labrums nach einer Schulterluxation. Der Anteil an isolierten SLAP-Läsionen liegt somit in unserer Klinik bei etwa 10% der arthroskopischen Schulterstabilisierungen. Der Anteil an männlichen Patienten überwiegt dabei. In dieser Studie waren 9 Patienten männlich und 3 Patienten weiblich. In 11 Fällen konnte bei den untersuchten Überkopfsportlern kein adäquates Trauma als Ursache der Schulterbeschwerden eruiert werden. In einem Fall war der Überkopfsportler auf den ausgestreckten abduzierten und flektierten Arm gefallen. Somit erlitt ein Patient ein Makrotrauma und in elf Fällen handelte es sich um repetitive Mikrotraumen bei Überkopfsportlern durch Wurfbewegungen. Der hohe Anteil an Überkopfsportlern erklärt sich dadurch, dass die Abteilung für Sportorthopädie des Klinikums Rechts der Isar verstärkt von Sportlern (Sportstudenten und Leistungssportlern) aufgesucht wird. Die Poliklinik der Abteilung für Sportorthopädie befindet sich auf dem Gelände der Zentralen Hochschulsportanlage der Fakultät für Sportwissenschaft und neben dem Olympiagelände mit dem Olympiastützpunkt München. In der Studie wurden ausschließlich isolierte SLAP-II-Läsionen untersucht, um der isokinetischen Kraftmessung ein einheitliches Verletzungsmuster zugrunde zu legen.

Die klinische Untersuchung von SLAP-Patienten ist schwierig und kein klinischer Test lässt den eindeutigen Schluss auf eine SLAP-Läsion zu. In unserer Studie konnten wir das Klickphänomen als sensitivsten Test beobachten, es war bei 11 von 12 Patienten (92%) zu finden. Allerdings zeigten auch 2 der 6 Patienten ein positives Klickphänomen bei denen sich die SLAP-Läsion nicht bestätigen ließ. Die Untersuchung auf das Vorliegen eines Klickphänomens erscheint geeignet, um den Verdacht auf eine Labrumläsion zu erhärten. Dieser Test ist jedoch mehr vom Patienten abhängig als andere klinische Untersuchungsmethoden. Der Patient darf nicht aktiv gegen die passiven Bewegungen des Untersuchers anspannen, um ein korrektes Untersuchungsergebnis zu erhalten.

Snyder berichtet in seiner Studie [114, S. 275] ebenfalls über dieses Phänomen. Ein schmerzhaftes Klicken während der Überkopftätigkeit beklagten dabei 12 der 27 Patienten (44%). Ein ähnliches Ergebnis präsentiert Snyder 1995 [113, S. 245]. Ein „Schnappen“ oder „Klicken“ in der Schulter zeigten 69 der 140 Patienten (49%). Diese Zahl erhöht sich, wenn nur isolierte SLAP-Läsionen ohne Begleitpathologien betrachtet werden. Hier klagten 28 der 40 Patienten (70%) über ein „Klicken“ oder

„Schnappen“ im Schultergelenk. Andrews [4, S. 338] fand bei 79% der Patienten während der Untersuchung ein Klickphänomen, und 47% der Patienten klagten über ein Klicken im Schultergelenk während der Wurfbewegung. Auch Wallny [129, S. 613] erzielte in seiner Studie für das „Schnappphänomen“ eine relativ hohe Sensitivität (84,6%) und Spezifität (85,7%). Er untersuchte 20 Patienten mit Labrumläsionen, jedoch lag nur in 2 Fällen eine SLAP-Läsion vor. Die anderen Patienten hatten eine anteroinferiore Läsion des Labrums.

Ein spezieller Test zur Diagnostik einer SLAP-Läsion ist der sog. „SLAPprehension“-Test. In unserem Patientenkollektiv war er bei 9 der 12 Patienten (75%) mit SLAP II-Läsion positiv. Jedoch zeigten auch 4 der 6 Probanden ein positives Testergebnis, bei denen sich der Verdacht einer SLAP-Läsion nicht bestätigte. Auch durch diesen Test lassen sich somit nur bedingt Aussagen über das Vorliegen einer SLAP-Läsion machen. Nach dem Klickphänomen ist er aber in dieser Studie der sensitivste Test für das Vorliegen einer SLAP-Läsion.

Der SLAPprehension-Test für instabile SLAP-Läsionen wurde von Berg et al. [13, S. 121] veröffentlicht. Durch die Extension im Ellenbogengelenk und Pronation des Unterarms kommt es zu einem mechanischen Zug an der langen Bizepssehne. Berg erklärt sein Ergebnis damit, dass die anteriore Bewegung der Scapula auf der Thoraxwand bei der Horizontaladduktion durch die Clavicula begrenzt wird. Bei zunehmender Horizontaladduktion kommt es dann durch den Zug der langen Bizepssehne am superioren Labrum zu einem Einklemmen des Bizepssehnen-Labrumkomplexes zwischen die Gelenkpfanne und den Humeruskopf. Bei Supinationsstellung des Unterarms und Außenrotation im Schultergelenk reduziert sich der Zug der langen Bizepssehne auf das superiore Labrum und somit die Einklemmungssymptomatik bzw. der Schmerz. In einer retrospektiven Studie analysierte Berg die Untersuchungsergebnisse von 66 Patienten mit einer SLAP-Läsion, die sich einer Schulterarthroskopie unterzogen. Auch Berg stellte fest, dass Patienten mit SLAP-Läsion häufig nicht eindeutige klinische Symptome zeigen und deshalb mit anderen Schultergelenkspathologien verwechselt werden können. In seine Studie einbezogen wurden 10 SLAP-I-Läsionen, 50 SLAP-II-Läsionen und je 3 SLAP-III- sowie SLAP-IV-Läsionen. Bei den 50 SLAP-II-Patienten lag zusätzlich in 10 Fällen eine Läsion des anteroinferioren Labrums im Sinne einer Bankart-Läsion vor. Bei den SLAP-I-Läsionen (10 Fälle) zeigte sich präoperativ nur bei 5 Patienten (50%) ein positiver SLAPprehension-Test. Die Sensitivität bei den SLAP-II-Läsionen war deutlich höher, hier konnte bei 43 von 50 Patienten (86%) ein positives Testergebnis festgestellt werden. Die Patienten mit SLAP-II-Läsion bei denen zusätzlich eine Bankart-Läsion diagnostiziert wurde, zeigten in 9 von 10 Fällen einen positiven SLAPprehension-Test. Die sechs Patienten mit einer SLAP-III bzw. einer SLAP-IV-Läsion hatten alle ein positives Ergebnis. Berg fasste die SLAP-Läsionen Typ II, III und IV als instabile relevante Läsionen zusammen und konnte somit eine Sensitivität von 87,5% (49 von 56 Patienten) erreichen.

Der sog. „Mimori-Test“ war in unserer Studie bei 7 der 12 SLAP-Patienten (58%) positiv, jedoch auch bei 4 der 6 Patienten, die keine SLAP-Läsion hatten. Somit ist auch dieser Test nur eingeschränkt für die Diagnose einer SLAP-Läsion verwendbar.

Mimori [93, S. 137] veröffentlichte 1999 diesen neuen klinischen Test zur Diagnose einer superioren Labrumverletzung. Bei 32 Patienten (30 Männer und 2 Frauen) mit einem Durchschnittsalter von 20,9 Jahren verglich er die klinischen Testergebnisse mit den Befunden einer kernspintomographischen Untersuchung mit intraartikulärem Kontrastmittel (32 Patienten) und der Arthroskopie (15 der 32 Patienten). Die Studie bestand ebenfalls aus einem Sportlerkollektiv (30 Baseballspieler, 1 Volleyballspieler und 1 Fußballspieler). Ausschlusskriterium in seiner Studie war einerseits eine glenohumerale Instabilität (positiver Schubladentest bzw. Subluxationsereignis in der Anamnese), andererseits eine in der Kernspintomographie sichtbare Rotatorenmanschettenläsion. Ein positiver „Mimori-Test“ fand sich bei 23 der 32 Untersuchten (72%). Die Kernspintomographie zeigt bei 22 der 32 Patienten eine Läsion des superioren Labrums. Bei 11 der 22 Patienten wurde eine Schulterarthroskopie durchgeführt, die eine Verletzung im Bereich des superioren Labrums im Sinne einer SLAP-II-Läsion zeigte. Alle 11 Probanden hatten einen positiven klinischen Befund beim Mimori-Test und einen positiven kernspintomographischen Befund, der präoperativ eine Läsion des superioren Labrums zeigte. Die 4 Patienten bei denen sich arthroskopisch die SLAP-Läsion nicht bestätigen ließ, hatten einen negativen klinischen Untersuchungsbefund und negativen kernspintomographischen Befund bezüglich des superioren Labrums, aber positive Impingementtests. Der Vergleich der Ergebnisse der präoperativen Kernspintomographie mit der Schulterarthroskopie zeigt somit eine eindeutige Übereinstimmung der Befunde, was die Aussagekraft der Kernspintomographie mit intraartikulärem Kontrastmittel bei der Diagnostik von superioren Labrumverletzungen unterstreicht. Mimoris Studie zeigt bei seinem klinischen Test eine Sensitivität von 100% und eine Spezifität von 97%. Mimori erklärt die positiven Untersuchungsbefunde bei Patienten mit einer Verletzung des superioren Labrums damit, dass es bei seinem Test bei proniertem Unterarm und Außenrotation im Schultergelenk zu einem verstärkten Zug auf die lange Bizepssehne kommt. Der verstärkte Zug kommt dadurch zustande, dass die Distanz zwischen Ursprung und Ansatz des Bizepsmuskels bei Pronation des Unterarmes im Vergleich zur Supination größer wird. Mimori glaubt nicht, dass sein eigener Test SLAP-I-Läsionen erkennen kann, obwohl dies in seiner Studie nicht untersucht wurde. Der Spannungsunterschied der langen Bizepssehne in Pronations- bzw. Supinationsstellung hat seiner Ansicht nach keinen Einfluss auf den Schmerz, der lediglich durch eine Auffaserung des superioren Labrums im Sinne einer SLAP-I-Läsion verursacht wird. Mimori macht leider keine genauen Aussagen über die Art der Verletzungen die einen negativen „Mimori-Test“ zeigten. In den 4 Fällen, die arthroskopisch keine SLAP-II-Läsion zeigten, handelte es sich um eine subacromiale Bursitis. In einem anderen Fall diagnostizierte er eine anteroinferiore Labrumläsion. Er stellt aber fest, dass Patienten mit einer Tendosynovitis der langen Bizepssehne ebenfalls einen positiven Mimori-Test zeigen können.

Im unserem untersuchten Patientenkollektiv ließen sich die hohen Werte für Sensitivität und Spezifität somit nicht bestätigen. Die Sensitivität beträgt 58% und die Spezifität 33%. Die Diagnose einer Hyperlaxität oder einer Rotatorenintervallläsion ist somit mit diesem Test von der einer SLAP-Läsion nur schwer abzugrenzen. Die Fallzahl (N=12) ist nicht sehr groß, aber die von Mimori angegebenen Werte erscheinen unrealistisch, da der Test relativ einfach durchführbar ist und keine extremen Unterschiede bei verschiedenen Untersuchern zu erwarten sind. Dieser Vorteil spricht für diesen Test bei dem Versuch der klinischen Diagnose einer SLAP-Läsion. Leider beschreibt Mimori nicht die Verletzungen der Sportler, die in seiner Studie einen negativen Untersuchungsbefund zeigten. Somit lassen sich in dieser Hinsicht auch keine Vergleiche zu unseren Ergebnissen ziehen.

Ähnliche Ergebnisse wie beim Mimori-Test zeigten sich in dieser Studie bei der Durchführung des O'Brien-Test. Er war ebenfalls bei 7 der 12 Patienten (58%) mit SLAP-II-Läsion positiv. Die Spezifität war noch etwas schlechter. Ein positives Testergebnis konnte bei 5 der 6 Patienten erhoben werden, die keine SLAP-Läsion hatten. Darunter waren die beiden Patienten mit multidirektionaler Laxität. Auch dieser Test liefert somit nur bedingt richtige Aussagen. Er ähnelt in der Durchführung dem SLAPprehension-Test, der in dieser Studie jedoch bessere Werte hinsichtlich Sensitivität zeigte.

O'Brien et al. [98, S. 610] entwickelte diesen Test zur Diagnose einer SLAP-Läsion. In einer prospektiven Studie untersuchte er 56 Patienten mit einer Labrumverletzung, die intraoperativ bei 53 Patienten bestätigt werden konnte. Er stellte keine falsch-negativen Befunde in diesem insgesamt 318 Probanden umfassenden Studienkollektiv, die auch Patienten mit Beschwerden im Bereich des Acromioclaviculargelenkes mit einbezog. Auch O'Brien stellte fest, dass die klinische Diagnosestellung einer superioren Labrumläsion schwierig ist. Drei falsch-positive Befunde erhob O'Brien bei Patienten mit multidirektionaler Laxität, was in der eigenen Studie wie bereits erwähnt ebenfalls zu zwei falsch-positiven Befunden führte. O'Brien fand ein negatives Testergebnis bei 48 Patienten mit Schulterinstabilität (anterior: 42 Patienten, posterior: 6 Patienten), 54 Patienten mit Rotatorenmanschettenläsion, 37 Patienten mit Impingementsymptomatik bei degenerativ veränderter Rotatorenmanschette oder Rotatorenmanschettenpartialruptur und 10 Patienten mit Tendinitis der Bizepssehne. Diese Schultergelenkspathologien konnte er somit von denen einer SLAP-Läsion oder Acromioclaviculargelenkserkrankung differenzieren. O'Brien nahm als Kontrollgruppe 50 Personen, die wegen Kniegelenksbeschwerden in seine Sprechstunde kamen und Schulterprobleme verneinten. Bei allen 50 Kontrollpersonen war der O'Brien-Test auf der dominanten untersuchten Seite negativ. O'Brien erzielte bei der Sensitivität zur Erkennung einer Labrumläsion 100% und bei der Spezifität 98,5%. Diese Werte konnten in dieser Studie nicht bestätigt werden. Den Mechanismus bei der Durchführung seines Tests beobachtete O'Brien arthroskopisch. Im Vergleich zur Neutralposition kommt die Bizepssehne bei 90° Flexion, 10-15° Adduktion sowie maximaler Innenrotation im Schultergelenk zunehmend in eine mediale und inferiore Position. Dies wiederum führt zu einem

verstärkten Zug auf den Labrum-Bizepssehnenkomplex. O'Brien meint, dass es dabei sekundär zu abscherenden Kräften auf das Labrum gegenüber dem Glenoid kommen kann. Durch die entgegenwirkenden Kräfte der Kapsel kommt es bei einem instabilen Labrum zu dessen Verschiebung und Repositionierung im Gelenkspalt bzw. in der Gelenkpfanne, was von Patienten häufig als schmerzhaftes Klicken im Schultergelenk empfunden.

Der Crank-Test [81, S. 721] zeigte in dieser Studie die geringste Sensitivität. Nur bei der Hälfte der SLAP-Patienten (6 von 12 Patienten) war dieser Test als positiv zu bewerten. In der anderen Patientengruppe war er jedoch nur in einem Fall positiv, somit liegt die Spezifität bei 83% (5 von 6 Patienten). Als ergänzender Test stellt er somit eine geeignete Untersuchungsmethode dar, bei dessen Negativität das Vorliegen einer SLAP-Läsion, unter Berücksichtigung der Ergebnisse der übrigen speziellen SLAP-Tests, nicht an erster Stelle der Differentialdiagnose steht.

Liu et al. [81, S. 722] untersuchte in seiner Studie 62 Patienten (Durchschnittsalter 28 Jahre (18-57 Jahre), 40 Männer, 22 Frauen) mit Schulterschmerzen, die trotz konservativer Therapie über 3 Monate keine Besserung der Symptomatik zeigten. 35 Patienten (56%) berichteten über ein Trauma in der Anamnese, ausgeschlossen wurden jedoch Patienten mit Schulterluxation. Ebenfalls nicht in die Studie einbezogen wurden Patienten mit Auffälligkeiten in der klinischen Untersuchung hinsichtlich Rotatorenmanschettenverletzung (Kraftabschwächung bei Abduktion, Außen- oder Innenrotation im Schultergelenk). Liu stellte bei der Hälfte der Patienten präoperativ ein positives Ergebnis fest (31 von 62 Patienten). Bei den anderen 31 Patienten vermutete er präoperativ aufgrund positivem Impingementtest (Hawkins-Kennedy-Test), der sich nach subacromialer Injektion von einem Lokalanästhetikum besserte, eine Tendinitis der Rotatorenmanschette. Arthroskopisch sah er bei 32 Patienten eine superiore Labrumläsion (davon 21 SLAP-Läsionen), bei 20 Patienten eine Tendinitis der Rotatorenmanschette und bei 10 Patienten eine Rotatorenmanschettenpartialruptur. Bei zwei Patienten mit einem positiven Crank-Test konnte arthroskopisch der Verdacht nicht bestätigt werden, sondern es handelte sich um artikulare Rotatorenmanschettenpartialrupturen. Die Sensitivität lag bei 91% (29 von 32 Patienten) und die Spezifität bei 93% (28 von 30 Patienten).

Auch Mimori [93, S. 138] untersuchte in seiner Studie neben dem eigenen Test zur Beurteilung des superioren Labrums den sog. Crank-Test. Der Crank-Test war bei 10 von allerdings nur 15 untersuchten Probanden positiv. Die Sensitivität des Crank-Tests beträgt bei Mimori 83%, die Spezifität erreicht sogar 100%.

Durch die Kombination der fünf Tests (Klickphänomen, SLAPprehension-Test, Mimori-Test, O'Brien-Test, Crank-Test) lässt sich zwar eine relativ hohe Spezifität von 83% in unserem Studienkollektiv erzielen, die Sensitivität beträgt jedoch nur 33%. Umgekehrt ist die Sensitivität von 3 positiven Testergebnissen (bei 5 möglichen positiven Tests) bei den SLAP-Patienten in dieser Studie noch recht hoch (75%), die Spezifität liegt dabei aber nur bei 67% (siehe Ergebnisse Tabelle 10). Kritisch zu bemerken ist die kleine Anzahl der untersuchten Patienten mit isolierter SLAP-II-Läsion.

Die geringe Prävalenz von SLAP-Läsionen macht es jedoch schwierig eine größere Anzahl von Patienten zu untersuchen.

Der Palm-up-Test oder „Speed-Test“ dient zur Diagnostik von Läsionen der Bizepssehne. Im Patientenkollektiv dieser Studie war er bei 3 der 12 SLAP-II-Patienten (25%) positiv und bei 2 der 6 Patienten mit anderen Läsionen. Er erkennt vor allem Patient mit Reizungen im Bereich der langen Bizepssehne. Zur klinischen Diagnostik einer SLAP-Läsion ist er somit nur sehr eingeschränkt geeignet.

Bennett et al. [11, S. 789] untersuchte in seiner Studie den sog. Speed-Test. Seine Studie umfasst 45 Patienten (46 Schultergelenke) mit sehr unterschiedlichen Diagnosen, die sich aufgrund von Schulterschmerzen bei ihm vorstellten. In 40 Fällen erhob Bennett ein positives Testergebnis, wobei sich darunter nur 10 Patienten mit einer Bizeps- bzw. Labrum-Pathologie befanden. Dabei handelte es sich um 3 SLAP-Patienten (1 isolierte SLAP-Läsion, 2 SLAP-Läsionen kombiniert mit Bankart-Läsion), 6 Patienten mit Tendinitis der Bizepssehne und 1 Patient mit Abriß der Bizepssehne. Bennett erreichte eine Sensitivität von 90% bei sehr geringer Spezifität von lediglich 13,8%. Dieser klinische Test ähnelt dem O'Brien-Test, differenziert aber nicht so genau, ob Symptome bei Supinations- oder Pronationsstellung des Unterarmes auftreten. Bennett erklärt den Mechanismus dieses Testes folgendermaßen: Bei Elevation des Armes gegen den Widerstand des Untersuchers führt der Zug an der langen Bizepssehne zu einem Anheben des Bizepssehnen-Labrum-Komplexes und damit zu einem Einklemmen unter das Acromion bzw. die subacromiale Bursa. Dauerhaft führt dieser Mechanismus zu einer Reizung der beteiligten Strukturen und somit zu Schmerzen, die sich mit dem Test reproduzieren lassen. Bennett meint, dass dieser Test im Falle des Vorliegens einer Labrum-Bizepssehnenläsion häufig positiv ist, ein positives Testergebnis jedoch auch bei einer Vielzahl weiterer Pathologien im Bereich des Schultergelenkes vorkommen kann.

Der Yergason-Test dient zur Überprüfung von Läsionen der langen Bizepssehne. In dieser Studie konnte bei 3 Patienten (25%) mit SLAP II-Läsion ein positiver Befund erhoben werden. In der anderen Patientengruppe zeigte nur ein Patient mit Rotatorenintervallläsion einen positiven Yergason-Test. Der Yergason-Test ist ein relativ unspezifischer Test für die lange Bizepssehne, gehäuft positiv bei Tenosynovitis, aber zur Beurteilung von SLAP-Patienten nicht geeignet bzw. nur ergänzend anwendbar.

Wallny et al. [129, S. 613] untersuchten in ihrer Studie 20 Patienten (15 Männer, 5 Frauen, Durchschnittsalter 40 Jahre) mit Labrumläsionen. Ausschlusskriterien waren unter anderem eine Tendopathie der Rotatorenmanschette, eine Arthrose des Acromioclaviculargelenkes oder ein frisches Trauma des Schultergelenkes mit Bewegungseinschränkung. Nur zweimal lag jedoch eine SLAP-Läsion vor, in den anderen Fällen handelte es sich um anteroinferiore Labrumläsionen. Alle Patienten gaben unspezifische Schulterschmerzen bei Belastung (vor allem Überkopfsportarten) an, und 10

Patienten (50%) berichteten über ein schmerzhaftes Schnappen im Schultergelenk. Der Yergason-Test erzielte in dieser Studie eine Sensitivität von 53,8% und eine Spezifität von 57,1%.

In unserem Patientengut fand sich bei 8 der 12 SLAP II-Patienten (67%) ein positiver Hawkins-Kennedy-Test, wobei dieser auch bei 4 der 6 Patienten positiv zu bewerten war, bei denen der Verdacht einer SLAP-Läsion nicht bestätigt werden konnte. Bei dem Hawkins-Kennedy-Test [117, S. 158] handelt es sich um einen Impingementtest, bei dem das Tuberculum majus unter das Acromion bzw. dem Ligamentum coracoacromiale gedrückt wird. Zu einem subacromialen Impingementsyndrom kann es bei Irritationen der Rotatorenmanschette, der langen Bizepssehne oder der subacromialen Bursa kommen. Patienten mit SLAP-Läsion leiden relativ häufig an Impingementsymptomatik, was in dieser Studie somit gezeigt werden konnte.

Auch Snyder [113, S. 243] beobachtete positive Impingementzeichen. Bei der klinischen Untersuchung hatten 66 der 140 Patienten (47%) positive Impingementtests, wobei Snyder nicht erwähnt, welchen Impingementtest er bei dieser Studie verwendete. Bei der klinischen Untersuchung der 40 Patienten, die eine isolierte Verletzung des superioren Labrums zeigten, fand sich bei 24 Patienten (60%) ein positiver Impingementtest. Maffet [84, S. 95] fand bei 41 seiner 84 Patienten (49%) mit Läsionen des superioren Labrums einen positiven Hawkins-Kennedy-Test. Dieses sekundäre Impingement kommt seiner Ansicht nach durch die vermehrte glenohumerale Translation des Humeruskopfes nach superior gegen die Rotatorenmanschette zustande.

Einschränkend muss bei einer isokinetischen Untersuchung bemerkt werden, dass der natürliche Bewegungsablauf nur nachgeahmt werden kann, und die isokinetische Messung keine 1:1-Abbildung der Wurfbewegung darstellen kann. Die Winkelgeschwindigkeiten während des Werfens können bei Baseballspielern Werte von 6000°/sec [45, S. 323] und mehr erreichen. Eine Kraftmessung der Schulter bei 60°/sec wurde von mehreren Autoren als sinnvoll angesehen. Die Messung bei höheren Winkelgeschwindigkeiten erlaubt weniger exakte Aussagen über die Maximalkraft, als über die Ausdauerfähigkeit und Leistung des untersuchten Probanden [12, 16, 17, 28, 29, 36, 45, 64, 83, 128]. Am häufigsten ausgewertet wurde von oben genannten Autoren das Drehmomentmaximum. Dieser Wert ist von unterschiedlichen Bewegungsumfängen der Probanden unabhängig. Er wird häufig mit der Maximalkraft synonym verwendet. Streng genommen stimmt dies jedoch nicht. Das Drehmomentmaximum bezeichnet den größtmöglichen Wert, der während der isokinetischen Messung von einer Muskelgruppe aufgebracht werden kann. Die größte Kraft bei konzentrischer Bewegung (Maximalkraft) wird jedoch bei der isometrischen Kontraktion erreicht und somit unter isometrischen Bedingungen gemessen. Für eine Winkelgeschwindigkeit von 60°/sec nähert sich die dynamisch gemessene Kraft aber der isometrischen Maximalkraft an [86, S. 45]. Walker et al. [128, S. 1043]

beschreiben, dass es bei der isokinetischen Messung zu einer maximalen Aktivierung der motorischen Einheiten der beteiligten Muskeln kommt.

Der Arbeitswert der isokinetischen Kraftmessung ist von dem gemessenen Bewegungsumfang abhängig und muss somit bei unterschiedlichem Umfang korrigiert werden. In den Auswertungen in unserem Studienkollektiv konnten kein Vorteil oder zusätzliche Aussagen aus dem Vergleich der Arbeitswerte gezogen werden. Eine spezifische Diagnosestellung aufgrund unterschiedlicher Defizite oder Kurvenverläufe in den Drehmomentkurven ist nicht möglich. In unserer Studie konnten keine typischen Drehmomentkurven bei definierter Pathologie identifiziert werden. Maier et al. [86, S. 45] sehen diese Möglichkeit, dass die qualitative Auswertung der Drehmomentkurven zusammen mit der klinischen Untersuchung zu der Diagnosestellung beitragen oder ein Verlaufparameter bei der Beurteilung des Behandlungserfolges sein kann. Durch die isokinetische Untersuchung können funktionelle Störungen der Gelenkmechanik und muskuläre Defizite erkannt werden [44, S. 31, 50, S. 67]. Ein Nachteil im Einsatz eines Dynamometers im klinischen Alltag ist der relativ große Zeitaufwand durch Umbauarbeiten am Gerät während der einzelnen Messungen und der hohe Anschaffungspreis.

Die Einschlusskriterien dieser isokinetischen Studie waren eng definiert. Die Kontrollprobanden und Überkopfsportler durften anamnestisch sowohl zum Untersuchungszeitpunkt wie auch in der Vergangenheit an keiner Schulterverletzung leiden. Zudem durfte die klinische Untersuchung keine Auffälligkeiten zeigen. Andere Studien in der Literatur hatten ähnliche Einschlusskriterien [64, S. 384, 17, S. 13, 20, S. 577, 29, S. 249, 91, S. 638] oder fassten diese teilweise sogar weiter, indem lediglich im Jahr vor der isokinetischen Untersuchung keine Verletzung an der Schulter aufgetreten sein durfte [45, S. 323, 83, S. 265]. Anderen Autoren [3, S. 248, 28, S. 90] reicht als Einschlusskriterium die subjektive Angabe der Studienteilnehmer zum Untersuchungszeitpunkt hinsichtlich des Schultergelenkes beschwerdefrei zu sein. Andrews et al. [3, S. 248] haben aus diesem Grund bei ihrer isometrischen (nicht isokinetischen) Kraftmessung ein großes Studienkollektiv von 156 „asymptomatischen“ Probanden mit einem Durchschnittsalter von 64 Jahren. Eine kernspintomographische Untersuchung der beschwerdefreien Sportler und Kontrollprobanden zur radiologischen Bestätigung der Unversehrtheit des Schultergelenkes wäre zwar theoretisch wünschenswert. Eine solche Untersuchung konnte aus Kostengründen und vor allem aus ethischen Gründen (Injektion von intraartikulärem Kontrastmittel, Infektionsgefahr) nicht durchgeführt werden. Auch die Autoren anderer Studien führten diesen Beweis nicht.

Das Kontrollkollektiv mit 30 Probanden (Altersverteilung 21-31 Jahre, Median 24 Jahre) stellte für unsere Studie die Basis zum Vergleich mit den Sportlern und Patienten in dieser Altersgruppe dar. Ivey et al. [64, S. 384] werden häufig in isokinetischen Studien zum Schultergelenk zitiert, in ihrer Studie mit 31 Normalprobanden (18 Männer, 13 Frauen) führten jedoch 12 Probanden regelmäßig Sport durch, 12 Probanden gar keinen Sport und 7 waren gelegentliche Sportler. Zudem war die

Altersverteilung mit 21-50 Jahren sehr weit gefasst. Eine weitere häufig genannte Studie ist die von Maddux et al. [83, S. 264], sie untersuchten 19 Männer und 19 Frauen. Die Altersverteilung wird nicht genau beschrieben, auch fehlen Angaben, ob es sich um Sportler handelt.

Die Achsen der Bewegung im Schultergelenk müssen mit denen des Dynamometers in Einklang stehen [17, 20, 45, 47, 83, 87]. Auch in unserer Studie wurde zusätzlich zu den empfohlenen Standardeinstellungen durch den Hersteller besonders auf die erforderlichen individuellen Einstellungen zum Beispiel bei unterschiedlicher Körpergröße der Probanden geachtet. Aus diesem Grund wurde die Außenrotation in 30° glenohumeraler Abduktionsstellung in sitzender und die hohe Außenrotation in liegender Position der Studienteilnehmer durchgeführt. Bonci [17, S. 12] und Ellenbecker [45, S. 323] untersuchten ihre Probanden ebenfalls in Rückenlage in 90° glenohumeraler Abduktionsstellung mit einem Bewegungsausmaß von 90° Außenrotation und 20° (bzw. 65°) Innenrotation aus der Neutralstellung heraus. Chandler et al. [35, S. 455] testeten 24 College Tennisspieler (11 Männer und 13 Frauen) in Rückenlage, gaben jedoch nicht das gemessene Bewegungsausmaß an. Die Wurfbewegung kann in dieser liegenden Position gut simuliert und der Rumpf gut stabilisiert werden. Brown et al. [20, S. 584] führten die Rotationsmessung in stehender Position durch, sehen darin jedoch selbst das Problem der standardisierten stabilen Messposition, und der Gefahr von Ausgleichsbewegungen des Rumpfes und der Extension im Handgelenk.

Die Probanden führten bei jeder gemessenen Bewegung 5 Wiederholungen durch. Die erhaltenen Drehmomentkurven verliefen gleichförmig mit nur geringen Abweichungen zwischen den einzelnen Versuchen. Daraus kann auf die Mitarbeit der Probanden geschlossen werden, bei fehlender Motivation würden die Kurven unterschiedlich verlaufen [44, S. 31, 64, S. 385]. Verschiedene Autoren in der Literatur führten ebenfalls zwischen 3 bis 5 Wiederholungen durch (Ivey (5) [64], Maddux (5) [83], Walker (3) [128], Brown (5) [20], Burnham (4) [28], Cahalan (5) [29], Chandler (3) [35], Ellenbecker (5) [45], Leroux (5) [77], Mayer (5) [86], Warner (5) [131]).

Die Probanden in dieser Studie klagten nicht über Schmerzen während der Bewegungsmessung. Subjektiv zeigten sie sich häufig am Ende der Untersuchung sehr zufrieden, während bei der isokinetischen Kraftmessung Defizite zu erkennen waren. Boenisch beobachtete Ähnliches in seinem Studienkollektiv. Das Ergebnis des isoliert nachweisbaren Kraftverlustes zeigt seiner Ansicht nach die Sensitivität der Untersuchungsmethode [16, S. 9].

Die Männer erreichen in unserer Studie größere Kraftwerte wie die weiblichen Studienteilnehmer. Die meisten Autoren zeigen das gleiche Ergebnis, auch wenn die Drehmomentmaximumwerte mit Körpergewicht oder Körpergröße (body-mass-Index) korrigiert wurden [29, S. 249, 86, S. 264, 88, S. 19, 78, S. 49]. Cahalan et al. [29, S. 249] untersuchten in ihrer Studie 50 gesunde Probanden (26 Männer und 24 Frauen) mit einem Durchschnittsalter von 29 Jahren mit dem Cybex II Dynamometer. Sie führten die isokinetische Untersuchung in drei verschiedenen Winkelgeschwindigkeiten durch (60°/sec, 180°/sec und 300°/sec). Dabei stellten sie abnehmende Drehmomentmaximumwerte bei steigender Winkelgeschwindigkeit fest, jedoch bei allen getesteten Bewegungen und

Winkelgeschwindigkeiten auch nach Korrektur der Werte durch das Körpergewicht höhere Werte bei den Männern im Vergleich zu den Frauen.

Die Probanden der Kontrollgruppe und die Überkopfsportler unserer Studie sind mit dem dominanten Arm bei allen getesteten Bewegungen gleich stark oder stärker als auf der nicht-dominanten Seite. Die SLAP-Patienten dagegen erreichen bei der Abduktion signifikant schwächere Ergebnisse auf der verletzten Seite wie nicht-dominant. Die Adduktionskraft der SLAP-Patienten zeigt keinen Unterschied zu den beiden anderen Gruppen. Bei der tiefen Rotationsmessung in 30° glenohumeraler Abduktion zeigen die SLAP-Patienten dominant ein Defizit der Außenrotationskraft im Vergleich zur nicht-dominanten Seite, während die Innenrotationskraft im Gruppenvergleich unauffällig ist. Die Rotationsmessung in 125° Elevation zeigt die Krafteinbußen auf der dominanten Seite gegenüber dem nicht-dominanten Arm sowohl für die Außenrotation wie für die Innenrotation. Die Studien in der Literatur zeigen unterschiedliche Ergebnisse bezüglich dem Vergleich der Kraft mit dem dominanten oder nicht-dominantem Arm. Keinen signifikanten Unterschied von dominanter zu nicht-dominanter Schulter bei beschwerdefreien Probanden stellten die Autoren Maddux [83, S. 264], Murray [95, S. 268], Burnham [28, S. 92], Leroux [78, S. 49] und Mayer [88, S. 21] fest. Tendenziell mehr Kraft des dominanten Armes bei ähnlichen Kollektiven zeigten Ivey [64, S. 384], Brown [20, S. 580] und Chandler [35, S. 456]. Chandler [35, S. 455] stellten bei ihrem Studienkollektiv (24 College Tennisspielern) bei der Innenrotationskraft auf der dominanten Seite höhere Drehmomentmaximumwerte wie auf der nicht-dominanten Seite fest. Die Außenrotationskraft war mit dem dominanten genauso groß wie mit dem nicht-dominanten Arm. Ein analoges Ergebnis bei Baseballspielern wurde durch Ellenbecker et al. [45, S. 323] erhoben. Walker sieht einen Unterschied von 10% zwischen der kräftigeren dominanten Seite im Vergleich zu nicht-dominant als regelrecht an [128, S. 1041]. Warner fand dominant eine stärkere Innenrotationskraft bei seiner untersuchten beschwerdefreien Kontrollgruppe, während die Außenrotationskraft auf beiden Seiten gleich groß war [131, S. 370]. Die Messung der unverletzten im Vergleich zur verletzten Seite gibt Aufschluss über die normale Leistungsfähigkeit der Testpersonen, da es schwierig erscheint am Schultergelenk Normwerte festzulegen [16, S. 8]. Boenisch stuft ein Kraftdefizit der nicht-dominanten Seite von 10% im Vergleich zur dominanten Seite als noch normal ein. Für die Adduktion erweitert er diesen Normalbereich sogar auf 15%.

Die meisten Studien der Literatur beschränken sich auf eine getestete Bewegung (Abduktion/Adduktion oder Außenrotation/Innenrotation) [17, 12, 20, 28, 35, 77, 85, 87, 91]. Ivey et al. [64, S. 384] führten die umfangreichste Messung mit Abduktion, Adduktion, Außen- und Innenrotation sowie Extension und Flexion durch.

Die Abduktion und Adduktion wurde in verschiedenen Studien mit dem gleichen Bewegungsumfang von insgesamt 170° oder 180° gemessen [64, 28]. Die Außen- und Innenrotation wurde im Literaturvergleich mit unterschiedlichem Bewegungsumfang gemessen. Dabei wurde von mehreren

Autoren [64, 83] eine glenohumerale Abduktionsstellung von 90° gewählt. In unserer vorliegenden Studie wurde bewusst eine Elevation von 125° gewählt, um die Wurfbewegung besser nachzuahmen, die häufig in noch höheren Winkelbereichen durchgeführt wird. Ein definierter Bewegungsumfang bei der Außen- und Innenrotation von insgesamt 180° (Außenrotation/Innenrotation $90/0/90$, [64, S. 384]) erscheint nicht realistisch. Individuelle Schwankungen von 5° oder mehr sind häufig zu beobachten, und Probanden mit geringerem Bewegungsumfang würden eher mit dem Rumpf oder Handgelenk Ausgleichsbewegungen machen. Dies sollte in der vorliegenden Studie verhindert werden. Zur Vermeidung dieser Ausgleichsbewegungen ist die Stabilisation des Rumpfes mit Gurten sehr wichtig [17, S. 14, 35, S. 450, 77, S. 48, 128, S. 1041]. Kleinere Bewegungsumfänge, die von allen Studienteilnehmern bewältigt werden können, würden wiederum nicht die Kräfteinbußen bei den Sportlern oder SLAP-Patienten zeigen, die sich häufig erst in den höheren Winkelbereichen manifestieren. Auch andere Autoren [17, S. 12, 83, S. 265] bestimmten das Bewegungsausmaß ihrer Probanden individuell.

Die Absolutwerte des Drehmomentmaximums in dieser Studie sind denen von Ivey [64], Maddux [83] und Cahalan [29] ermittelten Werten sehr ähnlich. Eine Ausnahme bildet die Adduktion. Hier erzielten die Probanden von Ivey und Maddux niedrigere Werte und die Studienteilnehmer von Cahalan höhere Werte wie unsere Studienteilnehmer. Ein Grund dafür liegt darin, dass Maddux die Abduktions- und Adduktionsmessung nur in einem Winkelbereich von 0° bis 90° durchführte. Die Teilnehmer unserer Studie erreichten ihre Maximalwerte durchschnittlich jedoch bei ca. 90° (im gemessenen Bewegungsumfang von 10° bis 180°), diese Maxima konnte Maddux somit nicht erfassen, da sie bei seiner Messung nicht enthalten waren. Zudem sind für die Adduktion neben dem M. teres major vor allem Muskeln des Rumpfes (M. pectoralis major, M. pectoralis minor, M. latissimus dorsi) verantwortlich. Mayer et al. [88, S. 22] untersuchten 51 untrainierte Normalprobanden. Diese erreichten das Drehmomentmaximum bei der Adduktion ebenfalls im Mittel in höheren Winkelbereichen um ca. 90° .

Die Absolutwerte streuen relativ stark, so dass die Auswertung von Verhältniswerten sinnvoll erscheint. Auch andere Autoren stellten eine relativ große Schwankungsbreite (Standardabweichung) bei den Absolutwerten fest [64, S. 385, 83, S. 264, 29, S. 254] und betonen aus diesem Grund die Wichtigkeit von Verhältniswerten [16, S. 5]. Bei der Bildung von Verhältniswerten sind auch die Daten von Männern und Frauen direkt miteinander vergleichbar, da die kleineren Absolutwerte von Frauen keine Rolle mehr spielen [83, S. 264].

Der Vergleich der Abduktionskraft zur Adduktionskraft liegt in der vorliegenden Studie bei ca. 45%. Der Literaturvergleich zeigt analoge Werte von 1:2 [64, S. 384, 83, S. 267]. Die größere Muskelmasse der für die Adduktion verantwortlichen Muskeln (M. latissimus dorsi, M. pectoralis major, M. teres major, M. teres minor, M. coracobrachialis, Anteile des M. deltoideus [111, S. 286] ist trotz erfolgter Schwerkraftkorrektur am Cybex Dynamometer dafür verantwortlich.

Der Vergleich der Kraft von Außen- zu Innenrotation zeigt in unserer Studie durchschnittlich ein Verhältnis von ca. 45% bei der tiefen Rotationsmessung. Bei der Rotationsmessung in 125° glenohumeraler Abduktionsstellung war das Ergebnis mit einem annähernden 1:1-Verhältnis deutlich ausgeglichener. Malerba et al. [87, S. 547] testeten 24 Patienten mit unterschiedlichen Verletzungsmustern am Schultergelenk und kommen dabei zu ähnlichen Ergebnissen bei der tiefen Rotation. Das Überwiegen der Innenrotationskraft der Schulter bei Überkopfsportlern im Vergleich zur Außenrotationskraft stellt für Chandler eine trainingsinduzierte muskuläre Imbalance dar [35, S. 455]. Dies prädisponiert seiner Ansicht nach zu Überlastungsschäden und Verletzungen im Bereich des Schultergelenkes bei wiederholter Überkopfbelastung. Er fand bei seinem Studienkollektiv (24 Tennisspielern) auf der dominanten Seite ein Verhältnis von Außenrotations- zu Innenrotationskraft von 60,5% (nicht-dominanter Arm 70,3%). Warner [131, S. 366] sehen in der Imbalance der Außen- und Innenrotatoren einen wichtigen ätiologischen Faktor für Instabilität im Schultergelenk und Impingement-Symptomen. Die Muskeln der Rotatorenmanschette sind dynamische Stabilisatoren des Schultergelenkes, die während der Wurfbewegung neben der statischen Stabilisation durch den Kapsel-Labrum-Komplex für die Zentrierung des Humeruskopfes im Glenoid verantwortlich sind. Warner untersuchte in seiner Studie Patienten mit Impingement-Symptomatik (N=8) und anteriorer Instabilität (N=18) im Vergleich zu einer Kontrollgruppe (N=15). Die Probanden der Kontrollgruppe mussten asymptomatisch hinsichtlich Schulterschmerzen sein und bei der klinischen Untersuchung ein seitengleiches Bewegungsausmaß im Schultergelenk besitzen. Die Verletzungen der beiden anderen Gruppen werden in dieser Studie nicht genau definiert, lediglich Patienten mit kompletter Rotatorenmanschettenruptur und willkürlicher Instabilität wurden ausgeschlossen. Die Untersuchung erfolgte im Stehen in ca. 25° glenohumeraler Abduktionsstellung. Warner stellte bei der Impingement-Gruppe ein deutliches Überwiegen der relativen Innenrotationskraft im Vergleich zur Außenrotationskraft fest (ca. 2:1-Verhältnis). Er führt dies auf eine relative Schwäche der Außenrotatoren und nicht auf eine kräftigere Innenrotation zurück. Er betont jedoch, dass es sich dabei um eine Hypothese handelt, der Beweis durch die Ermittlung der Absolutwerte gelingt aufgrund der großen Standardabweichungen nicht. Es könnte sich ebenso um eine relativ größere Innenrotationskraft handeln, da es sich bei den untersuchten Patienten um Überkopfsportler handelt, die diese Muskelgruppe während der Wurfbewegung besonders beanspruchen. Im Gegensatz dazu werden die Außenrotatoren während der Wurfbewegung vor allem wiederholt exzentrisch belastet, was zu einer Reizung und Schwäche dieser Muskeln führen kann und einen wichtigen ätiologischen Faktor der Impingement-Symptomatik darstellt [131, S. 372]. Die „Instabilitätsgruppe“ hatte bei der Kraftmessung annähernd ein 1:1-Verhältnis der Außenrotationskraft zur Innenrotationskraft. Dies liegt seiner Ansicht nach in einer Imbalance der Innenrotatoren aufgrund der größeren anterioren Translation des Humeruskopfes bei Instabilität. Die Ergebnisse der Normalprobanden lagen zwischen den beiden anderen Gruppen. Ellenbecker [45, S. 325] erhob mit dem dominanten Arm ein Verhältnis der Außenrotations- zur Innenrotationskraft von 66,6% und nicht-dominant 73,5%. Die

Rotationsmessungen wurden im Vergleich zu unserer Studie in einer Zwischenstellung hinsichtlich der glenohumeralen Abduktion durchgeführt (90°). Mikesky [91, S. 640] sieht in unterschiedlichen Testpositionen einen wichtigen Grund für voneinander abweichende Studienergebnisse bei verschiedenen Autoren. Die größere Innenrotationskraft im Vergleich zur Außenrotation liegt seiner Ansicht nach in der größeren Muskelmasse der Innenrotatoren. Die kräftige Innenrotation wird durch die koordinierte Kontraktion und das Zusammenspiel von *M. subscapularis*, *M. pectoralis major*, *M. latissimus dorsi* und *M. teres major* erbracht. Die Außenrotation durch die Muskeln der Rotatorenmanschette *M. infraspinatus* und *M. teres minor* [131, S. 367]. Bei zunehmender Abduktion im Schultergelenk nimmt die relative Außenrotationskraft zu und die Innenrotationskraft ab [131, S. 371].

Der Vergleich der Überkopfsportler mit den Normalprobanden zeigt die größere Kraft der Sportler in allen Bewegungsebenen. Durch das mindestens dreimal pro Woche durchgeführte Training in der jeweiligen Sportart kommt es also nicht isoliert, sondern im Bereich aller untersuchten Bewegungsebenen zu einer kräftigeren Muskulatur wie von untrainierten Kontrollpersonen. Auch Brown et al. [20, S. 585] stellten deutlich höhere Absolutwerte bei Sportlern im Vergleich zu Normalprobanden fest. Der Kraftabfall nach Belastung im Vergleich zu den Werten vor Belastung zeigt eine Konstanz der erzielten Kraftwerte bei den Überkopfsportlern. Die Kontrollgruppe zeigt vor allem bei der Außenrotation nach Belastung häufig kleinere Werte wie vor Belastung, d. h. diese Probanden zeigen während der Untersuchung eine Ermüdung. Bei der Innenrotation zeigt auch die Kontrollgruppe keine relevante Ermüdung im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen. Bei der hohen Rotation kann bei den SLAP-Patienten ein deutlicher Abfall der Innenrotationskraft auf der dominanten Seite festgestellt werden, dieser ist im Vergleich zu den Überkopfsportlern statistisch signifikant. Die Patienten ermüden also bei der hohen Rotation im Verlauf der Untersuchung, bei der tiefen Rotation ist dies nicht erkennbar. Die Messung im Vergleich vor und nach einer definierten Belastung lässt somit bestimmte Kraftdefizite besser erkennen.

Die Krafteinbußen der verletzten Schulter der SLAP-Patienten bei der hohen Außen- und Innenrotation (in 125° Elevation) betragen ca. 10 Prozent. Die Ursache dafür kann nicht endgültig angegeben werden. Unter Umständen könnte sie durch die superiore Instabilität mit der Möglichkeit der Migration des Humeruskopfes nach cranial zu erklären sein. Dies kann zu Impingement und daraus folgender Schwäche bei der Kraftmessung führen. Maddux et al. [83, S. 265] vermuteten ein zunehmendes Impingement bei Abduktionsmessungen von 90°. Ellenbecker [46, S. 339] stellte die Hypothese auf, dass es bei Tennisspielern zu einer Verkürzung der posterioren Kapsel kommt. Dadurch wandert der Humeruskopf bei Elevation zunehmend nach oben im Glenoid bis zu einer Subluxationsstellung nach anterior und daraus resultierender Kraftminderung. Muskuläre Imbalancen mit Schwäche der Außenrotatoren, Probleme bei der Zentrierung des Humeruskopfes im Glenoid durch die Ablösung des superioren Labrums bei SLAP-II-Läsionen und der fehlenden stabilisierenden

Funktion des Caput longum des Musculus biceps brachii könnten eine Erklärung für Krafteinbußen bei diesen Patienten darstellen.

Zusammenfassend lässt sich somit feststellen, dass das Cybex-Gerät sehr genau Kraftdefizite messen kann. Eine Kraftminderung im Seitenvergleich von zehn Prozent sind bei der alleinigen klinischen Standarduntersuchung nicht zu erfassen. Bei SLAP-Patienten treten jedoch diese Kraftminderungen häufig auf und lassen sich mit Hilfe der isokinetischen Messung gut differenzieren. Auch andere Pathologien im Bereich des Schultergelenkes und die daraus möglicherweise resultierenden Kraftminderungen wurden bereits mit dem Cybex-Gerät untersucht [87, 127] und sollten weiterhin Gegenstand zukünftiger Untersuchungen sein. Das resultierende Kraftdefizit ist unterschiedlichen Ausmaßes und abhängig von der jeweiligen Einschränkung der betroffenen Muskelgruppe wie zum Beispiel der Rotatorenmanschette. Nicht immer kann jedoch wie auch bei der SLAP-Läsion die genaue Ursache des Kraftdefizits angegeben werden.

5. Zusammenfassung

Die SLAP-Läsion ist eine Verletzung im Bereich des superioren Labrums des Schultergelenks, die vor allem bei Überkopfsportlern auftritt. Sie wurde erstmalig von Snyder im Jahr 1990 beschrieben. Die Sportler klagen häufig über Probleme bei Wurfbewegungen. Die klinische Diagnostik mit Hilfe von Tests ist erfahrungsgemäß schwierig. Die gängigen verwendeten Tests sollten in einer prospektiven Studie evaluiert werden. Im Zeitraum vom 01.05.1999 bis 31.07.2000 stellten sich 18 Patienten mit dem klinischen Verdacht einer SLAP-Läsion in der Poliklinik für Sportverletzungen des Lehrstuhls für Orthopädie und Sportorthopädie der Technischen Universität München vor. Bei 12 dieser 18 Patienten wurde eine SLAP-II-Läsion diagnostiziert. Die 12 Patienten (9 Männer, 3 Frauen, Durchschnittsalter 28,3 Jahre) mit SLAP-II-Läsion wurden einer eingehenden klinischen und isokinetischen Untersuchung unterzogen. Die Kontrollgruppe umfasste 30 Probanden (15 Männer, 15 Frauen, Durchschnittsalter 24,6 Jahre) und die Gruppe der Überkopfsportler bestand aus 15 Probanden (6 Männer, 9 Frauen, Durchschnittsalter 24,1 Jahre). Die hohen in den Originalarbeiten beschriebenen Sensitivitäts- und Spezifitätswerte konnten nicht bestätigt werden. Den sensitivsten Test in der durchgeführten Studie stellte das Klickphänomen mit 92 Prozent dar, die anderen Tests erreichten nur eine Sensitivität zwischen 50 bis 75 Prozent. Der Test mit der größten Spezifität war der Crank-Test mit 83 Prozent. Eine Einschränkung der Kraft ist grob orientierend nicht zu erfassen. Aus diesem Grund wurde das anerkannte reliable Verfahren der isokinetischen Kraftmessung mit dem Cybex-Dynamometer verwendet, um Defizite zu erfassen. Mit der Gegenüberstellung einer Kontrollgruppe und beschwerdefreien Gruppe von Überkopfsportlern sollten Kraftvergleiche ermöglicht werden. Die Messung wurde mit einer Winkelgeschwindigkeit von 60°/sec durchgeführt. Die Kraft wurde bei Abduktion und Adduktion, sowie bei Außen- und Innenrotation gemessen. Die Rotationskraft wurde in 2 verschiedenen Winkelpositionen gemessen (30° Abduktion und 125° Elevation). Zusätzlich erfolgte eine Messung vor und nach einer definierten Belastung von 10 Wiederholungen der getesteten Bewegung. Jede Einzelmessung umfasste 5 Wiederholungen im eingestellten Bewegungsumfang. Ausgewertet wurde neben dem in der Literatur meist verwendeten Drehmomentmaximumwert zusätzlich der Arbeitswert. Diese Auswertung erbrachte jedoch keine anderen Ergebnisse. Männer erzielen höhere Absolutwerte bei der Kraftmessung wie Frauen. Um dennoch die erzielten Werte miteinander vergleichen zu können, wurden Verhältniswerte der Kraft gebildet. Die Überkopfsportler erzielen bei allen durchgeführten Kraftmessungen sowohl mit dem dominanten wie mit dem nicht-dominanten Arm die größten Werte. Bei der Abduktion zeigt sich eine Einschränkung der Kraft der SLAP-Patienten um ca. 15 Prozent im Vergleich mit den Kontrollprobanden, die Adduktion ist nicht kraftgemindert. Bei der tiefen Außenrotation in 30° Abduktion zeigen die SLAP-Patienten ebenfalls eine Einschränkung im Gruppenvergleich von ca. 30 Prozent. Die Innenrotationskraft ist geringer als

bei den Überkopfsportlern, jedoch nicht eingeschränkt im Vergleich mit der untersuchten Kontrollgruppe. Bei der hohen Rotationsmessung in 125° Elevation zeigen die SLAP-Patienten sowohl eine Einschränkung der Kraft bei der Außenrotation wie auch bei der Innenrotation von ca. 10 Prozent. Es konnte somit ein Kraftdefizit bei den SLAP-Patienten gemessen werden, über die Ursache dieses Kraftdefizits kann jedoch nur spekuliert werden. Weitere Vergleiche mit anderen Labrumläsionen könnten in Zukunft zusätzliche Aufschlüsse bringen. Ein Nachteil der isokinetischen Kraftmessung besteht im hohen Zeitaufwand. Langfristige Verlaufskontrollen vor allem nach einer operativen Refixation des Labrums bei SLAP-II-Läsionen sind trotzdem wünschenswert und könnten zeigen, ob präoperativ bestehende Kraftdefizite wieder ausgeglichen werden können.

6. Literaturverzeichnis

1. Allegrucci, M., Whitney, S. L., Irrgang, J. J.
Clinical implications of secondary impingement of the shoulder in freestyle swimmers.
J. Orthop. Sports Phys. Ther. 20 (1994) 307-318
2. Arroyo, J. S., Hershon, S. J., Bigliani, L. U.
Special considerations in the athletic throwing shoulder.
Orthop. Clin. North Am. 28 (1997) 69-78
3. Andrews, A. W., Thomas, M. W., Bohannon, R. W.
Normative values for isometric muscle force measurements obtained with hand-held dynamometers.
Phys. Ther. 76 (1996) 248-259
4. Andrews, J. R., Carson, W. G., McLeod, W. D.
Glenoid labrum tears related to the long head of the biceps.
Am. J. Sports Med. 13 (1985) 337-341
5. Bak, K., Fauno, P.
Clinical findings in competitive swimmers with shoulder pain.
Am. J. Sports Med. 25 (1997) 254-260
6. Bak, K., Magnusson, S. P.
Shoulder strength and range of motion in symptomatic and pain-free elite swimmers.
Am. J. Sports Med. 25 (1997) 454-459
7. Barber, F. A., Morgan, C. D., Burkhart, S. S., Jobe, C. M.
Labrum/biceps/cuff dysfunction in the throwing athlete.
Arthroscopy 15 (1999) 852-857
8. Barton, M. A., Wallace, W. A., Robinson, N.
Isokinetic strength of the shoulder after repair of a torn rotator cuff.
J. Bone Joint Surg. Am. 70 (1988) 1270-1271
9. Beach, M. L., Whitney, S. L., Dickoff-Hoffman, S. A.
Relationship of shoulder flexibility, strength, and endurance to shoulder pain in competitive swimmers.
J. Orthop. Sports Phys. Ther. 16 (1992) 262-268
10. Bencardino, J. T., Beltran, J., Rosenberg, Z. S., Rokito, A., Schmahmann, S., Mota, J., Mellado, J. M., Zuckerman, J., Cuomo, F., Rose, D.
Superior labrum anterior-posterior lesions: diagnosis with MR arthrography of the shoulder.
Radiology 214 (2000) 267-271
11. Bennett, W. F.
Specificity of the speed's test: arthroscopic technique for evaluating the biceps tendon at the level of the bicipital groove.
Arthroscopy 14 (1998) 789-796
12. Ben-Yishay, A., Zuckerman, J. D., Gallagher, M., Cuomo, F.
Pain inhibition of shoulder strength in patients with impingement syndrome.
Orthopedics 17 (1994) 685-688

13. Berg, E. E., Ciullo, J. V.
A clinical test for superior glenoid labral of 'SLAP' lesions.
Clin. J. Sport Med. 8 (1998) 121-123
14. Biasca, N., Gerber, C.
Abklärung von Schulterschmerzen beim Sportler.
Schweiz. Rundschau Med. (PRAXIS) 85 (1996) 1123-1135
15. Bigliani, L. U., Codd, T. P., Connor, P. M., Levine, W. N., Littlefield, M. A., Hershon, S. J.
Shoulder motion and laxity in the professional baseball player.
Am. J. Sports Med. 25 (1997) 609-613
16. Boenisch, U., Huyer, C., Wasmer, G.
Standardisierte Schulteruntersuchung unter Berücksichtigung der computerisierten isokinetischen Kraftmessung (Cybex II).
Sportverletz. Sportschad. 5 (1991) 5-11
17. Bonci, C. M., Hensal, F. J., Torg, J. S.
A preliminary study on the measurement of static and dynamic motion at the glenohumeral joint.
Am. J. Sports Med. 14 (1986) 12-17
18. Boublik, M., Hawkins, R. J.
Clinical examination of the shoulder complex.
J. Orthop. Sports Phys. Ther. 18 (1993) 379-385
19. Bresler, F., Blum, A., Braun, M., Simon, J. M., Cossin, M., Regent, D., Molé, D.
Assessment of the superior labrum of the shoulder joint with CT-arthrography and MR-arthrography: correlation with anatomical dissection.
Surg. Radiol. Anat. 19 (1998) 57-62
20. Brown, L. P., Niehues, S. L., Harrah, A., Yavorsky, P., Hirshman, H. P.
Upper extremity range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators in major league baseball players.
Am. J. Sports Med. 16 (1988) 577-585
21. Buckup, K.,
"Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln"
Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York, 1995
22. Burdett, R. G., van Swearingen, J.
Reliability of isokinetic muscle endurance tests.
J. Orthop. Sports Phys. Ther. 8 (1987) 484-488
23. Burkart, A., Debski, R. E., Musahl, V., McMahon, P. J.
Glenohumeral translations are only partially restored after repair of a simulated type II superior labral lesion.
Am. J. Sports Med. 31 (2003) 56-63
24. Burkart, A., Debski, R., Musahl, V., McMahon, P., Woo, S. L. Y.
Biomechanische Untersuchungen zur Typ-2-SLAP-Läsion am Schultergelenk vor und nach arthroskopischen Repair.
Orthopäde 32 (2003) 600-607

-
25. Burkhart, S. S., Morgan, C. D.
The peel-back mechanism: its role in producing and extending posterior typ II SLAP lesions and its effect on SLAP repair rehabilitation.
Arthroscopy 14 (1998) 637-640
26. Burkhart, S. S., Morgan, C. D., Kibler, W. B.
Shoulder injuries in overhead athletes. The "Dead Arm" revisited.
Clin. Sports Med. 19 (2000) 125-158
27. Burkhart, S. S., Morgan, C. D., Kibler, W. B.
The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology part I: pathoanatomy and biomechanics.
Arthroscopy 19 (2003) 404-420
28. Burnham, R. S., Bell, G., Olenik, L., Reid, D. C.
Shoulder abduction strength measurement in football players: reliability and validity of two field tests.
Clin. J. Sport Med. 5 (1995) 90-94
29. Cahalan, T. D., Johnson, M. E., Chao, E. Y. S.
Shoulder strength analysis using the Cybex II isokinetic dynamometer.
Clin. Orthop. 271 (1991) 249-257
30. Calis, M., Akgün K., Birtane, M., Karacan, I., Calis, H., Tüzün, F.
Diagnostic values of clinical diagnostic tests in subacromial impingement syndrome.
Ann. Rheum. Dis. 59 (2000) 44-47
31. Callaghan, J. J., McNiesh, L. M., Dehaven, J. P., Savory, C. G., Polly, D. W.
A prospective comparison study of double contrast computed tomographic (CT) arthrography and arthroscopy of the shoulder.
Am. J. Sports Med. 16 (1988) 13-20
32. Cartland, J. P., Crues, J. V., Stauffer, A., Nottage, W., Ryu, R. K. N.
MR imaging in the evaluation of SLAP injuries of the shoulder: finding in 10 patients.
Am. J. Roentgenol. 159 (1992) 787-792
33. Casser, H. R., Paus, R.
Problematik der Schulter scores.
Orthopädische Praxis 33 (1997) 86-90
34. Chan, K. K., Muldoon, K. A., Yeh, L., Boutin, R., Pedowitz, R., Skaf, A., Trudell, D. J., Resnick, D.
Superior labral anteroposterior lesions: MR arthrography with arm traction.
Am. J. Roentgenol. 173 (1999) 1117-1122
35. Chandler, T. J., Kibler, W. B., Stracener, E. C., Ziegler, A. K., Pace, B.
Shoulder strength, power, and endurance in college tennis players.
Am. J. Sports Med. 20 (1992) 455-458
36. Chandler, T. J., Kibler, W. B., Uhl, T. L., Wooten, B., Kiser, A., Stone, E.
Flexibility comparisons of junior elite tennis players to other athletes.
Am. J. Sports Med. 18 (1990) 134-136

-
37. Chandnani, V. P., Yeager, T. D., DeBerardino, T., Christensen, K., Gagliardi, J. A., Heitz, D. R., Baird, D. E., Hansen, M. F.
Glenoid labral tears: prospective evaluation with MR imaging, MR arthrography, and CT arthrography.
Am. J. Roentgenol. 161 (1993) 1229-1235
38. Connelly Maddux, R. E., Kibler, W. B., Uhl, T.
Isokinetic peak torque and work values for the shoulder.
J. Orthop. Sports Phys. Ther. 11 (1989) 264-269
39. Cook, E. E., Gray, V. L., Savinar-Nogue, E., Medeiros, J.
Shoulder antagonistic strength ratios: a comparison between college-level baseball pitchers and nonpitchers.
J. Orthop. Sports Phys. Ther. 8 (1987) 451-461
40. Cooper, D. E., Arnoczky, S. P., O'Brien, S. J., Warren, R. F., DiCarlo, E., Allen, A. A.
Anatomy, histology, and vascularity of the glenoid labrum.
J. Bone Joint Surg. Am. 74 (1992) 46-52
41. Cordasco, F. A., Steinmann, S., Flatow, E. L., Bigliani, L. U.
Arthroscopic treatment of glenoid labral tears.
Am. J. Sports Med. 21 (1993) 425-431
42. Culham, E., Peat, M.
Functional anatomy of the shoulder complex.
J. Orthop. Sports Phys. Ther. 18 (1993) 342-350
43. Davidson, P. A., Elattrache, N. S., Jobe, C. M., Jobe, F. W.
Rotator cuff and posterior-superior glenoid labrum injury associated with increased glenohumeral motion: a new site of impingement.
J. Shoulder Elbow Surg. 4 (1995) 384-390
44. Duesberg, F., Verdonck, A.
Aspekte isokinetischer Test- und Diagnoseverfahren in der Sportmedizin.
In: „Schmerz und Sport“,
Spintge, R., Droh, R.(Hrsg.), Springer Verlag, Berlin, 1988, 1. Auflage, 26-32
45. Ellenbecker, T. S., Mattalino, A. J.
Concentric isokinetic shoulder internal and external rotation strength in professional baseball pitchers.
J. Orthop. Sports Phys. Ther. 25 (1997) 323-328
46. Ellenbecker, T. S., Roetert, E. P., Piorkowski, P. A., Schulz, D. A.
Glenohumeral joint internal and external rotation range of motion in elite junior tennis players.
J. Orthop. Sports Phys. Ther. 24 (1996) 336-341
47. Falkel, J. E., Murphy, T. C., Murray, T. F.
Suggestion from the clinic. Prone positioning for testing shoulder internal and external rotation on the Cybex II isokinetic dynamometer.
J. Orthop. Sports Phys. Ther. 15 (1987) 368-370
48. Field, L. D., Savoie, F. H.
Arthroscopic suture repair of superior labral detachment lesions of the shoulder.
Am. J. Sports Med. 21 (1993) 783-790

-
49. Flannigan, B., Kursunoglu-Brahme, S., Snyder, S., Karzel, R., Del Pizzo, W., Resnick, D.
MR arthrography of the shoulder: comparison with conventional MR imaging.
Am. J. Roentgenol. 155 (1990) 829-832
50. Froböse, I., Röttker, K.
Diagnostische Verwertbarkeit von Drehmomentkurven.
Sportverl. Sportschad. 9 (1995) 67-68
51. Gallagher, M. A., Zuckerman, J. D., Cuomo, F., Ortiz, J.
The effect of age, speed, and arm dominance on shoulder function in untrained men.
J. Shoulder Elbow Surg. 5 (1996) 25-31
52. Gartsman, G. M., Hammerman, S. M.
Superior labrum, anterior and posterior lesions. When and how to treat them.
Clin. Sports Med. 19 (2000) 115-124
53. Glasgow, S. G., Bruce, R. A., Yacobucci, G. N., Torg, J. S.
Arthroscopic resection of glenoid labral tears in the athlete: a report of 29 cases.
Arthroscopy 8 (1992) 48-54
54. Gohlke, F., Lippert, M. J., Keck, O.
Instabilität und Impingement an der Schulter des Leistungssportlers mit Überkopfbelastung.
Sportverl. Sportschad. 7 (1993) 115-121
55. Golser, K., Wambacher, M.
Die arthroskopische Therapie der SLAP-Läsion.
In: „Schulterinstabilität - Rotatorenmanschette“,
Imhoff, A.B., König, U.(Hrsg.), Steinkopff Verlag, Darmstadt, 1999, 1. Auflage, 153-160
56. Grauer, J. D., Paulos, L. E., Smutz, W. P.
Biceps tendon and superior labral injuries.
Arthroscopy 8 (1992) 488-497
57. Habermeyer, P., Schweiberer, L.
„Schulterchirurgie“
Urban&Fischer Verlag, München-Jena, 2002, 3. Auflage
58. Handelberg, F., Willems, S., Shahabpour, M., Huskin, J.-P., Kuta, J.
SLAP lesions: a retrospective multicenter study.
Arthroscopy 14 (1998) 856-862
59. Healey, J. H., Barton, S., Noble, P., Kohl, H. W., Ilahi, O. A.
Biomechanical evaluation of the long head of the biceps tendon.
Arthroscopy 17 (2001) 378-382
60. Ilahi, O. A., Labbe, M. R., Cosculluela, B. S.
Variants of the anterosuperior glenoid labrum and associated pathology.
Arthroscopy 18 (2002) 882-886
61. Imhoff, A. B., Agneskirchner, J. D., König, U.,
Obere Labrum-pathologie beim Sportler
Orthopäde 29 (2000) 917-927

-
62. Imhoff, A.B., König, U.
„Schulterinstabilität – Rotatorenmanschette“
Steinkopff Verlag, Darmstadt, 1999, 1. Auflage
63. Imhoff, A., Perrenoud, A., Neidl, K.
MRI bei Schulterinstabilität – Korrelation zum Arthro-CT und zur Arthroskopie der Schulter.
Arthroskopie 5 (1992) 122-129
64. Ivey, F. M., Calhoun, J. H., Rusche, K., Bierschenk, J.
Isokinetic testing of shoulder strength: normal values.
Arch. Phys. Med. Rehabil. 66 (1985) 384-386
65. Jahnke, A. H., Petersen, S. A., Neumann, C., Steinbach, L., Morgan, F.
A prospective comparison of computerized arthrotomography and magnetic resonance imaging of the glenohumeral joint.
Am. J. Sports Med. 20 (1992) 695-701
66. Jerosch, J., Castro, W. H.
Orthopädisch-traumatologische Gelenk- und Wirbelsäulendiagnostik.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York, 2002, 2. Auflage
67. Kibler, W. B.
Specificity and sensitivity of the anterior slide test in throwing athletes with superior glenoid labral tears.
Arthroscopy 11 (1995) 296-300
68. Kim, S. H., Ha, K. I., Han K. Y.
Biceps load test: a clinical test for superior labrum anterior and posterior lesions in shoulders with recurrent anterior dislocations.
Am. J. Sports Med. 27 (1999) 300-303
69. Kim, T. K., Queale, W. S., Cosgarea, A. J., McFarland, E. G.
Clinical features of the different types of SLAP lesions. An analysis of one hundred and thirty-nine cases.
J. Bone Joint Surg. Am. 85 (2003) 66-71
70. König, U., Agneskirchner, J. D., Imhoff, A. B.
Schulterverletzungen des Sportlers.
In: „Schulterchirurgie“,
Habermeier, P., Schweiberer, L. (Hrsg.), Urban&Fischer Verlag, München-Jena, 2002, 583-598
71. Kuhlman, J. R., Iannotti, J. P., Kelly, M. J., Riegler, F. X., Gevaert, M. L., Ergin, T. M.
Isokinetic and isometric measurement of strength of external rotation and abduction of the shoulder.
J. Bone Joint Surg. Am. 74 (1992) 1320-1333
72. Kuhn, J. E., Lindholm, S. R., Huston, L. J., Soslowsky, L. J., Blasler, R. B.
Failure of the biceps superior labral complex: a cadaveric biomechanical investigation comparing the late cocking and early deceleration positions of throwing.
Arthroscopy 19 (2003) 373-379
73. Kwak, S. M., Brown, R. R., Resnick, D., Trudell, D., Applegate, G. R., Haghighi, P.
Anatomy, anatomic variations, and pathology of the 11-to 3-o'clock position of the glenoid labrum: findings on MR arthrography and anatomic sections.
Am. J. Roentgenol. 171 (1998) 235-238

-
74. Kwek, J. W., Quek, S. T., Peh, W. C. G.
Clinics in Diagnostic Imaging (72)
Singapore Med. J. 43 (2002) 211-216
75. Legan, J. M., Burkhard, T. K., Goff, W. B., Balsara, Z. N., Martinez, A. J., Burks, D. D., Kallman, D. A., O'Brien, T. J., Lapoint, J. M.
Tears of the glenoid labrum: MR imaging of 88 arthroscopically confirmed cases.
Radiology 179 (1991) 241-246
76. Lehtinen, J. T., Tingart, M. J., Apreleva, M., Ticker, J. B., Warner, J. J. P.
Anatomy of the superior glenoid rim. Repair of superior labral anterior to posterior tears.
Am. J. Sports Med. 31 (2003) 257-260
77. Leroux, J.-L., Codine, P., Thomas, E., Pocholle, M., Mailhe, D., Blotman, F.
Isokinetic evaluation of rotational strength in normal shoulders and shoulder with impingement syndrome.
Clin. Orthop. 304 (1994) 108-115
78. Leroux, J.-L., Hebert, P., Mouilleron, P., Thomas, E., Bonnel, F., Blotman, F.
Postoperative shoulder rotators strength in stages II and III impingement syndrome.
Clin. Orthop. 320 (1995) 46-54
79. Lill, H., Lange, K., Reinbold, W.-D., Echtermeyer, V.
MRT-Arthrographie – verbesserte Diagnostik bei Schultergelenkinstabilitäten.
Unfallchirurg 100 (1997) 186-192
80. Linke, R. D., Burkart, A., Imhoff, A. B.
Die arthroskopische SLAP-Refixation.
Orthopäde 32 (2003) 627-631
81. Liu, S. H., Henry M. H., Nuccion, S. L.
A prospective evaluation of a new physical examination in predicting glenoid labral tears.
Am. J. Sports Med. 24 (1996) 721-725
82. Liu, S. H., Henry M. H., Nuccion, S. L., Shapiro, M. S., Dorey, F.
Diagnosis of glenoid labral tears. A comparison between magnetic resonance imaging and clinical examinations.
Am. J. Sports Med. 24 (1996) 149-154
83. Maddux, R. E. C., Kibler, W. B., Uhl, T.
Isokinetic peak torque and work values for the shoulder.
J. Orthop. Sports Phys. Ther. 9 (1989) 264-269
84. Maffet, M. W., Gartsman, G. M., Moseley, B.
Superior labrum-biceps tendon complex lesions of the shoulder.
Am. J. Sports Med. 23 (1995) 93-98
85. Magnusson, S. P., Gleim, G. W., Nicholas, J. A.
Subject variability of shoulder abduction strength testing.
Am. J. Sports Med. 18 (1990) 349-353

-
86. Maier, P., Scharf, H.-P., Noack, W.
Möglichkeiten und Grenzen bei der Interpretation unterschiedlicher Krankheitsbilder und Trainingszustände mit isokinetischen Systemen in
Puhl, Noack, W., Scharf, H.-P., Sedunke: Isokinetisches Muskeltraining in Sport und Rehabilitation. Perimed Verlag, Erlangen (1991) 43-48
87. Malerba, J. L., Adam, M. L., Harris, B. A., Krebs, D. E.
Reliability of dynamic and isometric testing of shoulder external und internal rotators.
J. Orthop. Sports Phys. Ther. 18 (1993) 543-552
88. Mayer, F., Horstmann T., Heitkamp, H. C., Dickhuth, H. H.
Normal values of isokinetic maximum strength, the strength/velocity curve, and the angle at peak torque of all degrees of freedom in the shoulder.
Int. J. Sports. Med. 15 (1994) Suppl. 1 S19-S25
89. McFarland, E. G., Park, H.-B., Chronopolous, E., Yokota, A., Kim, T. K.
Refixation von SLAP-Läsionen.
Orthopäde 32 (2003) 637-641
90. McMaster, W. C., Long, S. C., Caiozzo, V. J.
Isokinetic torque imbalances in the rotator cuff of elite water polo player.
Am. J. Sports Med. 19 (1991) 72-75
91. Mikesky, A. E., Edwards, J. E., Wigglesworth, J. K., Kunkel, S.
Eccentric and concentric strength of the shoulder and arm musculature in collegiate baseball pitchers.
Am. J. Sports Med. 23 (1995) 638-642
92. Milesky, R. A., Snyder, S. J.
Superior labral lesions in the shoulder: pathoanatomy and surgical management.
J. Am. Acad. Orthop. Surg. 6 (1998) 121-131
93. Mimori, K., Muneta, T., Nakagawa, T., Shinomiya, K.
A new pain provocation test for superior labral tears of the shoulder.
Am. J. Sports Med. 27 (1999) 137-142
94. Morgan, C. D., Burkhart, S. S., Palmeri, M., Gillespie, M.
Type II SLAP lesions: three subtypes and their relationships to supior instability and rotator cuff tears.
Arthroscopy 14 (1998) 553-565
95. Murray, M. P., Gore, D. R., Gardner, G. M., Mollinger, L. A.
Shoulder motion and muscle strength of normal men and women in two age groups.
Clin. Orthop. 192 (1985) 268-273
96. Musgrave, D. S., Rodosky, M. W.
SLAP lesions: current concepts.
Am. J. Orthop. 30 (2001) 29-38
97. Netter, F. H.
„Atlas der Anatomie des Menschen“
Georg Thieme Verlag – Novartis Pharma AG, Stuttgart-New York-Basel, 1999, 2. Auflage
98. Netter, F. H.
„Netters Orthopädie“
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2001, 1. Auflage

-
99. Nidecker, A., Gückel, C., von Hochstetter, A.
Imaging the long head of bicep tendon – a pictorial essay emphasizing magnetic resonance.
Eur. J. Radiol. 25 (1997) 177-187
100. O'Brien, S. J., Pagnani, M. J., Fealy, S., McGlynn, S. R., Wilson, J. B.
The active compression test: a new and effective test for diagnosing labral tears and acromioclavicular joint abnormality.
Am. J. Sports Med. 26 (1998) 610-613
101. O'Brien, S. J., Allen, A. A., Coleman, S. H., Drakos, M. C.
The Trans-rotator cuff approach to SLAP lesions: technical aspects for repair and a clinical follow-up of 31 patients at a minimum of 2 years.
Arthroscopy 18 (2002) 372-377
102. Otis, J. C., Warren, R. F., Backus, S. I., Santner, T. J., Mabrey, J. D.
Torque production in the shoulder of the normal young adult male. The interaction of function, dominance, joint angle, and angular velocity.
Am. J. Sports Med. 18 (1990) 119-123
103. Pagnani, M. J., Deng, X. H., Warren, R. F., Torzilli, P. A., Altchek, D. W.
Effect of lesions of the superior portion of the glenoid labrum on glenohumeral translation.
J. Bone Joint Surg. Am. 77 (1995) 1003-1010
104. Palmer, W. E., Brown, J. H., Rosenthal, D. I.
Labral-ligamentous complex of the shoulder: evaluation with MR arthrography.
Radiology 190 (1994) 645-651
105. Peh, W. C. G.
Magnetic resonance arthrography of the labral-ligamentous complex of the shoulder: an update.
Ann. Acad. Med. Singapore 31 (2002) 614-620
106. Perrin, D. H., Robertson, R. J., Ray, R. L.
Bilateral isokinetic peak torque, torque acceleration energy, power, and work relationships in athletes and nonathletes.
J. Orthop. Sports Phys. Ther. 9 (1987) 184-189
107. Rabin, S. I., Post, M.
A comparative study of clinical muscle testing and Cybex evaluation after shoulder operations.
Clin. Orthop. 258 (1990) 147-156
108. Rockwood, C. A., Matsen, F. A., Wirth, M. A., Harryman, D. T.
"The Shoulder – Volume 1"
W. B. Saunders Company, Philadelphia-London-Toronto-Montreal-Sydney-Tokyo, 1998, 2. Auflage, 1. Band
109. Rockwood, C. A., Matsen, F. A., Wirth, M. A., Harryman, D. T.
"The Shoulder – Volume 2"
W. B. Saunders Company, Philadelphia-London-Toronto-Montreal-Sydney-Tokyo, 1998, 2. Auflage, 2. Band
110. Rodosky, M. W., Harner, C. D., Fu, F. H.
The role of the long head of the biceps muscle and superior glenoid labrum in anterior stability of the shoulder.
Am. J. Sports Med. 22 (1994) 121-130

-
111. Roger, B., Skaf, A., Hooper, A. W., Lektrakul, N., Yeh, L., Resnick, D.
Imaging findings in the dominant shoulder of throwing athletes: comparison of radiography, arthrography, CT arthrography, and MR arthrography with arthroscopic correlation.
Am. J. Roentgenol. 172 (1999) 1371-1380
112. Samani, J. E., Marston, S. B., Buss, D. D.
Arthroscopic stabilization of type II SLAP lesions using an absorbable tack.
Arthroscopy 17 (2001) 19-24
113. Schiebler, T. H., Schmidt, W., Zilles, K.
„Anatomie“
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1995, 6. Auflage
114. Smith, D. K., Chopp, T. M., Aufdemorte, T. B., Witkowski, E. G., Jones, R. C.
Sublabral recess of the superior glenoid labrum: study of cadavers with conventional nonenhanced MR imaging, MR arthrography, anatomic dissection, and limited histologic examination.
Radiology 201 (1996) 251-256
115. Snyder, S. J., Banas M. P., Karzel, R. P.
An analysis of 140 injuries to the superior glenoid labrum.
J. Shoulder Elbow Surg. 4 (1995) 243-248
116. Snyder, S. J., Karzel, R. P., Del Pizzo, W., Ferkel, R. D., Friedman, M. J.
SLAP lesions of the shoulder.
Arthroscopy 6 (1990) 274-279
117. Speer, K. P., Hannafin, J. A., Altchek, D. W., Warren, R. F.
An evaluation of the shoulder relocation test.
Am. J. Sports Med. 22 (1994) 177-183
118. Tamai, M., Okajima, S., Watanabe, Y., Kurokawa, M., Hirasawa, Y.
Newly devised anterior portal technique for arthroscopic bankart repair using suture anchors.
Arthroscopy 18 (2002) 329-331
119. Tennent, T. D., Beach, W. R., Meyers, J. F.
A review of the special tests associated with shoulder examination. Part I: the rotator cuff tests.
Am. J. Sports Med. 31 (2003) 154-160
120. Tennent, T. D., Beach, W. R., Meyers, J. F.
A review of the special tests associated with shoulder examination. Part II: laxity, instability, and superior labral anterior and posterior (SLAP) lesions.
Am. J. Sports Med. 31 (2003) 301-307
121. Thorwesten L., Steinbeck, J., Schröder, M., Jerosch, J.
Isokinetische Kraftmessung am Schultergelenk.
Sportverletz Sportschaden 9 (1995) 62-64
122. Tirman, P. F. J., Stauffer, A. E., Crues, J. V., Turner, R. M., Nottage, W. M., Schobert, W. E., Rubin, B. D., Janzen, D. L., Linares, R. C.
Saline magnetic resonance arthrography in the evaluation of glenohumeral instability.
Arthroscopy 9 (1993) 550-559
123. Tischer, T., Putz, R.
Die Anatomie des oberen Labrumkomplexes im Schultergelenk.
Orthopäde 32 (2003) 572-577

-
124. Trusler, M. L., Bryan, W. J., Ilahi, O. A.
Anatomic and radiographic analysis of arthroscopic tack placement into the superior glenoid.
Arthroscopy 18 (2002) 366-371
125. Vangness, C. T., Jorgenson, S. S., Watson, T., Johnson, D. L.
The origin of the long head of the biceps from the scapula and glenoid labrum.
J. Bone Joint Surg. Br. 76 (1994) 951-954
126. Vaitl, T., Burkart, A., Steinhauser, E., Hohmann, E., Imhoff, A.
Pathogenese der SLAP-II-Läsion am Schultergelenk. Biomechanische Untersuchungen.
Orthopäde 32 (2003) 608-615
127. Waldherr, P., Snyder, S. J.
SLAP-Läsion der Schulter.
Orthopäde 32 (2003) 632-636
128. Walker, S. W., Couch, W. H., Boester, G. A., Sprowl, D. W.
Isokinetic strength of the shoulder after repair of a torn rotator cuff.
J. Bone Joint Surg. Am. 69-A (1987) 1041-1044
129. Wallny, T., Sommer, T., Steuer, K., Vahlensieck, M., Wagner, U. A., Schmitz, A., Schmitt, O.
Klinische und kernspintomographische Diagnostik von Labrum-glenoidale-Verletzungen.
Unfallchirurg 101 (1998) 613-618
130. Walsh, W. M., Peterson, D. A., Shelton, G., Neumann, R. D.
Shoulder strength following acromioclavicular injury.
Am. J. Sports Med. 13 (1985) 153-158
131. Warner, J. J. P., Micheli, L. J., Arslanian, L. E., 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
132. Whitcomb, L. J., Kelley, M. J., Leiper, C. I.
A comparison of torque production during dynamic strength testing of shoulder abduction in the coronal plane and the plane of scapula.
J. Orthop. Sports Phys. Ther. 21 (1995) 227-232
133. Wilk, K. E., Andrews, J. R., Arrigo, C. A., Keirns, M. A., Erber, D. J.
The strength characteristics of internal and external rotator muscles in professional baseball pitchers.
Am. J. Sports Med. 21 (1993) 61-66
134. Wörtler, K., Waldt, S., Burkart, A., Imhoff, A. B., Rummeny, E. J.
Normvarianten des oberen Labrum-Bizepssehnen-Komplexes und differentialdiagnostische Kriterien von SLAP-Läsionen in der Magnetresonanztomographie.
Orthopäde 32 (2003) 595-599

7. Anhang

7.1. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Schulteranatomie I Ansicht von ventral.....	5
Abb. 2 Schulteranatomie II Ansicht von lateral.....	8
Abb. 3 SLAP-Läsionen Typ I-IV SNYDER Klassifikation	11
Abb. 4 SLAP-Läsionen Typ V-VII.....	12
Abb. 5 Subklassifizierungen SLAP-II-Läsion nach Burkhart und Morgan.....	12
Abb. 6 Constant-Score.....	24
Abb. 7 SLAPprehension-Test in Pronation.....	26
Abb. 8 SLAPprehension-Test in Supination	26
Abb. 9 O'Brien-Test in Pronation.....	27
Abb. 10 O'Brien-Test in Supination.....	27
Abb. 11 Crank-Test in Außenrotation	28
Abb. 12 Crank-Test in Innenrotation	28
Abb. 13 Mimori-Test in Pronation.....	28
Abb. 14 Mimori-Test in Supination	28
Abb. 15 CYBEX-Gerät der Firma Cybex Division of Lumex.....	30
Abb. 16 BeispielGraphik CYBEX Abduktion und Adduktion	31
Abb. 17 Abduktion Bewegungsausmaß.....	33
Abb. 18 Adduktion Bewegungsausmaß.....	33
Abb. 19 Tiefe Außenrotation Bewegungsausmaß.....	34
Abb. 20 Tiefe Innenrotation Bewegungsausmaß.....	34
Abb. 21 Hohe Außenrotation Bewegungsausmaß.....	34
Abb. 22 Hohe Innenrotation Bewegungsausmaß.....	34

7.2. Diagrammverzeichnis

Diagramm 1 Boxplot Abduktion Verhältnis des Drehmomentmaximums nicht-dominante Seite zu dominanter Seite	43
Diagramm 2 Boxplot Abduktion Drehmomentmaximum in Nm dominante Seite	46
Diagramm 3 Boxplot Adduktion Drehmomentmaximum in Nm dominante Seite	46
Diagramm 4 Boxplot Verhältnis des Drehmomentmaximums von Abduktion und Adduktion dominante Seite	47
Diagramm 5 Boxplot Verhältnis des Drehmomentmaximums von Abduktion und Adduktion nicht-dominante Seite.....	47
Diagramm 6 Boxplot Winkel bei Drehmomentmaximum Abduktion dominante Seite	50
Diagramm 7 Boxplot Winkel bei Drehmomentmaximum Adduktion dominante Seite	50
Diagramm 8 Boxplot Außenrotation Verhältnis des Drehmomentmaximums nicht dominante Seite zu dominanter Seite vor Belastung	57
Diagramm 9 Boxplot Verhältnis des Drehmomentmaximums von Außenrotation zu Innenrotation der dominanten Seite vor Belastung.....	61
Diagramm 10 Boxplot Verhältnis des Drehmomentmaximums von Außenrotation zu Innenrotation der nicht-dominanten Seite vor Belastung	61
Diagramm 11 Boxplot Außenrotation Verhältnis des Drehmomentmaximums nicht-dominante Seite zu dominanter Seite vor Belastung	68
Diagramm 12 Boxplot Innenrotation Verhältnis des Drehmomentmaximums nicht-dominante Seite zu dominanter Seite nach Belastung	70
Diagramm 13 Boxplot Außenrotation Arbeit pro Winkelgrad Verhältnis nicht-dominante Seite zu dominanter Seite vor Belastung	74

7.3. Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Zusammensetzung der Gruppe der Überkopfsportler	20
Tab. 2 Zusammensetzung der Gruppe der SLAP-Patienten	22
Tab. 3 Diagnose und Nebendiagnose der SLAP-Patienten.....	22
Tab. 4 Übersicht über die Sondergruppe	23
Tab. 5 Constant-Score dominante Seite.....	36
Tab. 6 Constant-Score nicht-dominante Seite	36
Tab. 7 Außenrotation dominante Seite	37
Tab. 8 Außenrotation nicht-dominante Seite	37
Tab. 9 Übersicht der klinischen Untersuchungsergebnisse.....	39
Tab. 10 Übersicht über die Kombination von SLAP-Tests	40
Tab. 11 Abduktion Drehmomentmaximum in Nm dominante Seite	42
Tab. 12 Abduktion Drehmomentmaximum in Nm nicht-dominante Seite	43
Tab. 13 Adduktion Drehmomentmaximum in Nm dominante Seite	45
Tab. 14 Adduktion Drehmomentmaximum in Nm nicht-dominante Seite	45
Tab. 15 Winkel in Grad bei Drehmomentmaximum dominante Seite	49
Tab. 16 Winkel in Grad bei Drehmomentmaximum nicht-dominante Seite	49
Tab. 17 Abduktion Arbeit in Joule dominante Seite	52
Tab. 18: Abduktion Arbeit in Joule nicht-dominante Seite	52
Tab. 19 Adduktion Arbeit in Joule dominante Seite	53
Tab. 20 Adduktion Arbeit in Joule nicht-dominante Seite	53
Tab. 21 Mittelwerte Drehmomentmaximum in Nm Außenrotation	56
Tab. 22 Mittelwerte Drehmomentmaximum in Nm Innenrotation	58
Tab. 23 Mittelwerte Verhältnis des Drehmomentmaximums nach Belastung zu dem Drehmomentmaximum vor Belastung.....	59
Tab. 24 Mittelwerte Verhältnis der Außen- und Innenrotationsdrehmomentmaxima nicht-dominante zu dominante Seite	59
Tab. 25 Mittelwerte Verhältnis des Drehmomentmaximums von Außenrotation zu Innenrotation.	60
Tab. 26 Mittelwerte Arbeit in Joule pro Winkelgrad Außenrotation	63
Tab. 27 Mittelwerte Arbeit in Joule pro Winkelgrad Innenrotation	63
Tab. 28 Mittelwerte Verhältnis der Arbeit nach Belastung zu der Arbeit vor Belastung.....	64
Tab. 29 Mittelwerte Verhältnis der Außen- und Innenrotationsarbeit nicht-dominante zu dominanter Seite	64
Tab. 30 Mittelwerte Verhältnis der Arbeit von Außenrotation zu Innenrotation	65
Tab. 31 Mittelwerte Drehmomentmaximum in Nm Außenrotation	67

Tab. 32 Mittelwerte Drehmomentmaximum in Nm Innenrotation	69
Tab. 33 Mittelwerte Verhältnis Drehmomentmaximum nach Belastung zu dem vor Belastung	69
Tab. 34 Mittelwerte Verhältnis des Außen- und Innenrotationsdrehmomentmaximum nicht-dominante zu dominanter Seite	70
Tab. 35 Mittelwerte Verhältnis des Drehmomentmaximums von Außenrotation zu Innenrotation.	71
Tab. 36 Mittelwerte Arbeit in Joule pro Winkelgrad Außenrotation	72
Tab. 37 Mittelwerte Arbeit in Joule pro Winkelgrad Innenrotation	72
Tab. 38 Mittelwerte Verhältnis der Arbeit nach Belastung zu der Arbeit vor Belastung.....	73
Tab. 39 Mittelwerte Verhältnis der Außen- und Innenrotationsarbeit nicht-dominante zu dominanter Seite	74
Tab. 40 Mittelwerte Verhältnis der Arbeit von Außenrotation zu Innenrotation.....	75

7.4. Abkürzungsverzeichnis

Abd.....	Abduktion
Add.....	Adduktion
AR.....	Außenrotation
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
d. h.	das heißt
DM max.....	Drehmomentmaximum
et al.....	lat. et alii (und andere)
etc.	lat. et cetera (und so weiter)
IR	Innenrotation
J.....	Joule
M.	Musculus
nicht-dom.	nicht-dominant
Nm.....	Newtonmeter
sec	Sekunde
sog.	sogenannt
u.a.	unter anderem
v.a.	vor allem
z. B.	zum Beispiel

7.5. Constant-Score

7.5.1. Subjektive Angaben

Schmerzniveau		
	keine Schmerzen	15 Punkte
	wenig Schmerzen	10 Punkte
	mäßige Schmerzen	5 Punkte
	starke Schmerzen	0 Punkte
Aktivitäten des täglichen Lebens		
	keine bis uneingeschränkte Arbeitsfähigkeit	0-4 Punkte
	keine bis uneingeschränkte Freizeit-/Sportfähigkeit	0-4 Punkte
	ungestörter Schlaf – starke Beeinträchtigung bei Nachtruhe	0-2 Punkte
Arbeitshöhe		
	über Kopf möglich	10 Punkte (max.)
	bis Stirnhöhe möglich	8 Punkte
	bis Nackenhöhe möglich	6 Punkte
	bis Xyphoid möglich	4 Punkte
	bis Hüfthöhe möglich	2 Punkte

7.5.2. Objektivierbare Parameter

a) Bewegungsumfang

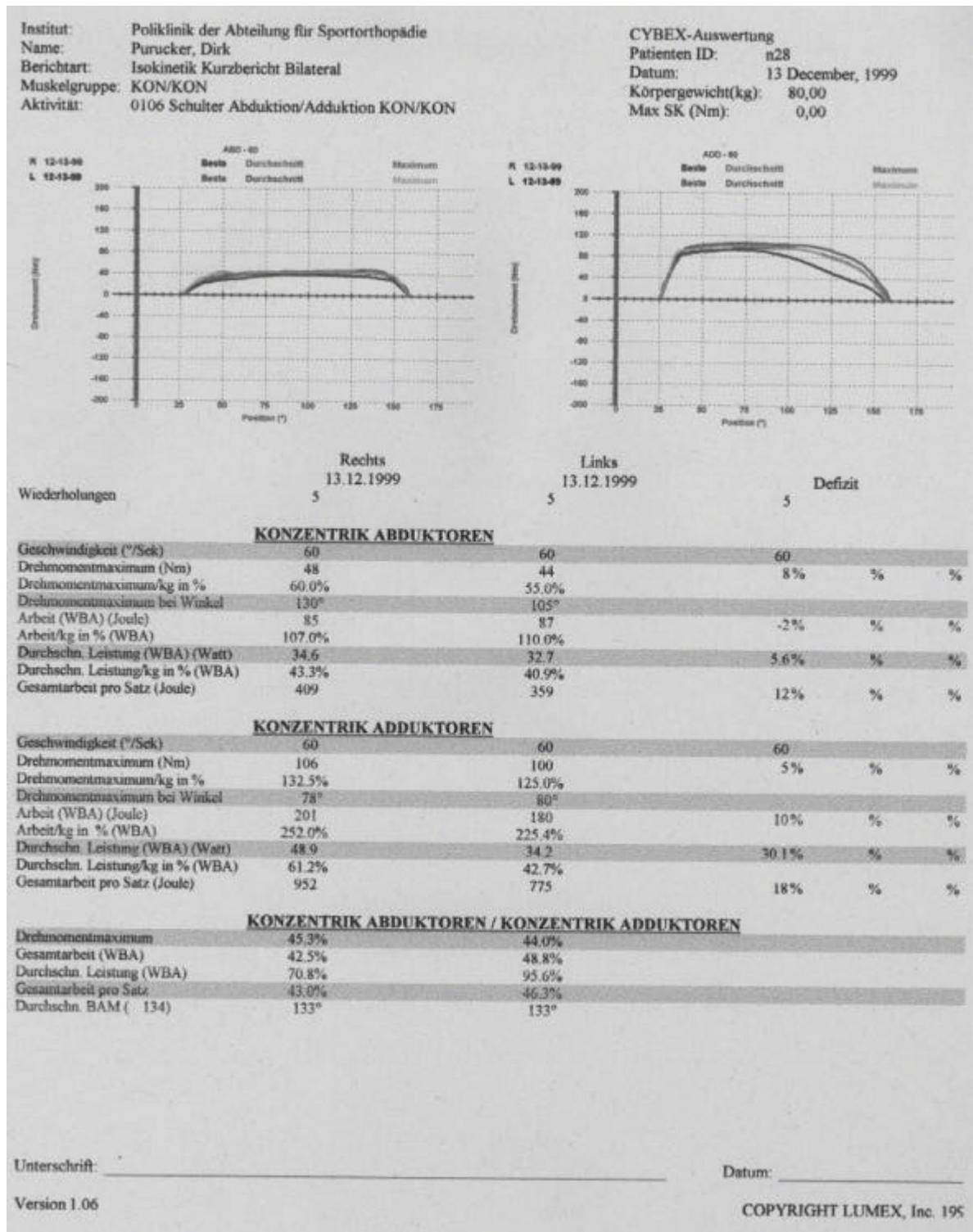
Flexion (max. 10 Punkte)		
	0° - 30°	0 Punkte
	31° - 60°	2 Punkte
	61° - 90°	4 Punkte
	91° - 120°	6 Punkte
	121° - 150°	8 Punkte
	151° - 180°	10 Punkte
Abduktion (max. 10 Punkte)		
	0° - 30°	0 Punkte
	31° - 60°	2 Punkte
	61° - 90°	4 Punkte
	91° - 120°	6 Punkte
	121° - 150°	8 Punkte
	151° - 180°	10 Punkte
Außenrotation (max. 10 Punkte)		
	Hand hinter dem Kopf mit dem Ellenbogen nach vorne gehalten	2 Punkte
	Hand hinter dem Kopf mit dem Ellenbogen nach hinten gehalten	2 Punkte
	Hand auf dem Kopf mit dem Ellenbogen nach vorne gehalten	2 Punkte
	Hand auf dem Kopf mit dem Ellenbogen nach hinten gehalten	2 Punkte
	Volle Elevation vom Kopf aus	2 Punkte

Innenrotation (max. 10 Punkte)		
	Handrücken auf Höhe von Th 7 (Scapula)	10 Punkte (max.)
	Handrücken auf Höhe von Th 12	8 Punkte
	Handrücken auf Höhe von L 3 (Taille)	6 Punkte
	Handrücken am lumbosacralen Übergang	4 Punkte
	Handrücken am Glutaeus maximus	2 Punkte
	Handrücken am Trochanter major	

b) Kraft (in 90° Abduktionsstellung des Armes)

11,0 kg	25 Punkte	8,0 kg	18 Punkte	5,1 kg	12 Punkte	2,2 kg	5 Punkte
10,2 kg	23 Punkte	7,3 kg	17 Punkte	4,4 kg	10 Punkte	1,4 kg	3 Punkte
9,5 kg	22 Punkte	6,6 kg	15 Punkte	3,6 kg	8 Punkte	0,7 kg	2 Punkte
8,8 kg	20 Punkte	5,8 kg	13 Punkte	2,9 kg	7 Punkte		

7.6. Cybex-Untersuchungsbogen am Beispiel der Abduktion und Adduktion



8. Danksagung

Herrn Prof. Dr. A. B. Imhoff (Leiter der Abteilung Sportorthopädie der Orthopädischen Klinik an der Technischen Universität München am Klinikum rechts der Isar) möchte ich für Überlassung des Themas sehr herzlich danken. Seine wissenschaftliche und klinische Kompetenz begleitete mich auch während meines Studiums im Praktischen Jahr und stellte eine außerordentliche Bereicherung meiner klinischen Ausbildung dar.

Herrn Dr. J. Haury von der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der Technischen Universität München, Klinikum rechts der Isar, danke ich für seine Unterstützung und sein Engagement bei allen anfallenden Fragen. Er begleitete mich in der gesamten Zeit von der Idee bis zur Ausfertigung der schriftlichen Arbeit.

Herrn PD Dr. A. Burkart (Oberarzt der Abteilung Sportorthopädie der Orthopädischen Klinik an der Technischen Universität München, Klinikum rechts der Isar) möchte ich für die konstruktive Kritik und die Verbesserungsvorschläge bei der schriftlichen Ausführung der Arbeit danken.

Herrn PD Dr. S. Wagenpfeil am Institut für Medizinische Epidemiologie und Statistik der Technischen Universität München, Klinikum rechts der Isar, danke ich für seine wertvollen Ratschläge und die Einweisung in das verwendete Statistikprogramm.

Herrn Prof. Dr. B. Stübinger von der Chirurgischen Klinik und Poliklinik der Technischen Universität München, Klinikum rechts der Isar, danke ich für alle Anregungen und Hilfen während der Ausfertigung der Arbeit und für seine Unterstützung in allen Lebensbereichen.

Ein großer Dank an alle freiwilligen Probanden (vor allem Tina und Christian für die Geduld im Fotostudio) und Patienten ohne deren Mithilfe diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Herzlichen Dank an Caesar für die große Geduld und die aufmunternden Worte während der Erstellung der Arbeit.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern, ohne deren Unterstützung und Verständnis mein Studium und diese Arbeit nicht möglich gewesen wären.

9. Lebenslauf

Persönliche Daten	Carolin Knebel geboren am 10.05.1976 in Ingolstadt Eltern: Dietmar Knebel (Dipl.-Ing.) und Uschi Knebel (Hausfrau)	
Schulbildung	1982-1986	Grundschule Ingolstadt-Mailing
	1986-1995	Katharinen-Gymnasium Ingolstadt
	30.06.1995	Allgemeine Hochschulreife
Hochschulstudium	11/95-09/97	Studium der Humanmedizin – vorklinischer Studienabschnitt – an der Universität Regensburg
	09/1997	Ärztliche Vorprüfung
	11/97-05/02	Studium der Humanmedizin – klinischer Studienabschnitt – an der Technischen Universität München
	10.05.2002	3. Staatsexamen an der Technischen Universität München und Abschluss des Studiums mit der Gesamtnote „sehr gut“
Beruflicher Werdegang	seit 08/2002	Ärztin im Praktikum Chirurgische Klinik und Poliklinik der Technischen Universität München, Klinikum rechts der Isar (Direktor Univ.-Prof. Dr. J. R. Siewert)