

## Diagnostik der instabilen Schulter: Erste Ergebnisse zur Quantifizierung der Laxität des Glenohumeralgelenkes

Diagnostic of the unstable shoulder: First results of the quantification of glenohumeral laxity

M. Thomas<sup>1</sup>, H. Busse<sup>2</sup>, MW Busse<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Orthopädische Klinik und Poliklinik am Universitätsklinikum Leipzig AöR (Direktor: Prof. Dr. G. von Salis-Soglio)

<sup>2</sup>Klinik für Diagnostische Radiologie am Universitätsklinikum Leipzig AöR (Direktor: Prof. Dr. Th. Kahn)

<sup>3</sup>Institut für Sportmedizin der Universität Leipzig (Direktor: Prof. Dr. Dr. M.W. Busse)

### Zusammenfassung

Thomas M, Busse H, Busse MW. Diagnostik der instabilen Schulter: Erste Ergebnisse zur Quantifizierung der Laxität des Glenohumeralgelenkes. KCS 2006; 7 (1): 1-11.

*Fragestellung:* Die klinische Diagnostik der verschiedenen Typen einer Schulterinstabilität umfasst die Untersuchung von Instabilität und Laxität des Glenohumeralgelenkes. Dabei kann die glenohumerale Translation mit klinischen Laxitätstests wie dem Schubladentest ausschließlich qualitativ beurteilt werden. Die Entwicklung offener MR-Scanner und schneller MR-Sequenzen hat die Durchführung klinischer Schultertests mit einer gleichzeitigen MRT-Bildgebung möglich gemacht. Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Visualisierung und quantitative Bestimmung der beim Schubladentest provozierten anteroposterioren Translation des Humeruskopfes mit Hilfe einer nahezu Echtzeit-MRT-Bildgebung. Damit sollte die Gelenklaxität quantifiziert werden.

*Material und Methoden:* Es wurden 12 Probanden ohne Hyperlaxität (6 männlich, 6 weiblich) mit einem Durchschnittsalter von 25,1±2,8 Jahren (22 bis 31 Jahre) untersucht. Die Probanden wurden in sitzender Position im vertikal offenen 0,5-T-Magneten (SIGNA SP/i 0,5 T, GE Medical Systems) gelagert und es wurde der vordere und hintere Schubladentest bei gleichzeitiger nahezu real-time MRT-Bildgebung (axiale T1-gewichtete 2D-FSPGR, TR 30 ms, TE 8 ms, FA 45°, Schichtdicke 10 mm, 1 NEX, Matrix 256 x 256) durchgeführt. Die Analyse der MRT-Bilddaten umfasste die Messung der anteroposterioren Translationswerte des Humeruskopfes im Verhältnis zur Cavitas glenoidalis, die Berechnung relativer Translationswerte und des Quotienten D1/D2.

*Ergebnisse:* Die Probanden ohne Hyperlaxität wiesen eine mittlere anteroposteriore glenohumerale Translation von 3,8±1,5 mm bzw. 13,8 Prozent der anteroposterioren Glenoiddistanz auf. Der Quotient D1/D2 betrug für die anteriore Translation 0,8 und für die posteriore Translation 1,3. Eine Seitendifferenz bzw. ein geschlechtsspezifischer Unterschied bestanden nicht.

*Schlussfolgerungen:* Die Translation des Humeruskopfes während des Schubladentests konnte mit einer nahezu real-time MRT-Bildgebung visualisiert und dokumentiert werden. Eine nicht invasive, In-vivo-Methode zur Messung der anteroposterioren glenohumeralen Translation wird vorgestellt. Die Quantifizierung der Laxität des Gleno-

humeralgelenks trägt zur Verbesserung der Instabilitätsdiagnostik bei.

**Schlüsselwörter:** Schulter – Instabilität – Schubladentest – glenohumerale Translation – MRT – offenes MRT

### Summary

Thomas M, Busse H, Busse MW. Diagnostic of the unstable shoulder: First results of the quantification of glenohumeral laxity. KCS 2006; 7 (1): 1-11.

*Aim:* The diagnostic of the shoulder instability contains the diagnostic of instability and laxity of the glenohumeral joint. The glenohumeral translation with clinical laxity tests as the drawer test can be judged in this case exclusively qualitatively. The availability of the open, whole body MRI magnets and the near-real-time imaging capability were essential conditions to perform the specific tests for instability with simultaneous MR imaging. The purpose of the study was the visualization and the measurement of anterior-posterior glenohumeral translation during the drawer test with near-real-time MR imaging. for the quantification of the joint laxity. With that the laxity should be quantified.

*Material and methods:* 12 healthy subjects without hyperlaxity (6 male and 6 female) with an average age of 25.1 years (22 to 31 years) were examined. The healthy subjects were positioned in a sitting position in the vertical open, whole body MRI magnet (SIGNA SP/i 0.5 T, GE Medical Systems) and the drawer test was performed with a simultaneous near-real-time MR imaging (axial fast spoiled two-dimensional T1 weighted gradient echo image, TR 30 ms, TE 8 ms, flip angle 45, slice thickness 10 mm, 1 NEX, matrix 256 x 256). The analysis of the image data contained the measurement of the anterior-posterior translation of the humeral head relative to the glenoid, the calculation of relative translation values and the quotient D1/D2.

*Results:* In healthy subjects without hyperlaxity the anterior-posterior glenohumeral translation was 3.8±1.5 mm corresponding 13.8 percent of the diameter of the glenoid cavity. The quotient D1/D2 was for the anterior translation 0.8 and for the posterior translation 1.3. There were no differences between right and left shoulder and between male and female.

*Conclusions:* The glenohumeral translation during the drawer test could be visualized with a near-real-time MR imaging and documented. A non-invasive, in vivo method

of measurement of anterior-posterior glenohumeral translation during the drawer test is presented. The diagnostic of glenohumeral instability can improved through a quantification of the joint laxity.

**Key words:** shoulder – instability – drawer test - glenohumeral translation – MRI – open MRI

## Einleitung

Das Schultergelenk ist das am häufigsten von einer Instabilität betroffene Gelenk des Menschen. Die Stabilität des Glenohumeralgelenkes wird durch einen komplexen Mechanismus stabilisierender Elemente gewährleistet. Die muskuläre Balance ist dabei der wichtigste dynamische Stabilisator [18,17]. Sind in bestimmten Gelenkstellungen die dynamischen Stabilisatoren überfordert, wird der Humeruskopf in die Gelenkkapsel gedrückt, wobei diese ihn wie eine Hängematte auffängt [19,21]. Die klinische Diagnostik einer Schulterinstabilität umfasst die Beurteilung der Instabilität und der Laxität des Glenohumeralgelenkes. Instabilität und Laxität sind nicht gleichbedeutend, sondern stellen zwei unterschiedliche Entitäten dar. Eine Instabilität ist eine symptomatische Verschiebung des Humeruskopfes gegenüber der Gelenkpfanne bei Bewegung [3]. Der Humeruskopf kann nicht aktiv in der Gelenkpfanne zentriert werden. Klinisch äußert sich dies in Abhängigkeit vom Grad der Instabilität als Luxation, Subluxation oder Apprehension bzw. in Form einer schmerzhaften Schulterfunktion z.B. bei Überkopfsportlern.

Unter Laxität ist hingegen die passive Verschiebbarkeit des Humeruskopfes gegenüber der Gelenkpfanne zu verstehen, wobei das Ausmaß dieser passiven und symptomlosen Verschiebbarkeit des Humeruskopfes individuell sehr unterschiedlich ist. Eine vermehrte Translation wird als Hyperlaxität bezeichnet und ist nicht auf das instabile Schultergelenk beschränkt. Die Patienten weisen eine vergrößerte glenohumerale Translation auch an der Gegenschulter sowie eine Überstreckbarkeit der Ellenbogen-, Finger- und Handgelenke auf (Abb. 1). Zudem kann häufig eine Rekurvationsfähigkeit der Kniegelenke und eine vergrößerte Dorsalextension der Sprunggelenke beobachtet werden. Eine allgemeine Hyperlaxität liegt vor, wenn drei von fünf der von Carter und Wilkinson [4] beschriebenen Kriterien positiv sind (Tabelle 1). Eine Hyperlaxität führt nicht zwangsläufig zu einer Schulterinstabilität. Nach Gerber [9] handelt es sich aber um einen Risikofaktor für das Auftreten von Schulterproblemen. Zudem ist das Vorhandensein einer Hyperlaxität kein Schutz vor einem Trauma.

- |    |  |
|----|--|
| 1. | Daumen kann passiv bis an den Unterarm geführt werden                                |
| 2. | Passive Hyperextension der Finger bis diese parallel zum Unterarm verlaufen          |
| 3. | Hyperextension der Ellenbogengelenke von mehr als 10 Grad                            |
| 4. | Hyperextension der Kniegelenke von mehr als 10 Grad                                  |
| 5. | Passive Dorsalextension der Sprunggelenke und Eversion der Füße erheblich vergrößert |

Tabelle 1 Klinische Testkriterien für eine generalisierte Hyperlaxität nach Carter und Wilkinson [4]

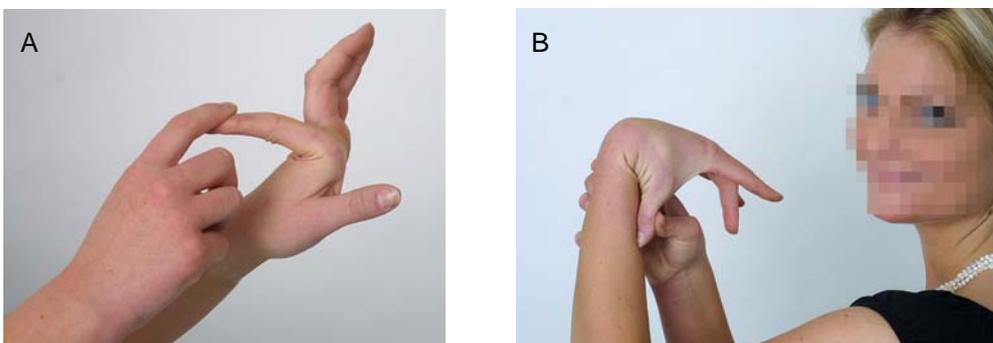


Abb. 1 Positive klinische Testkriterien für eine generalisierte Hyperlaxität nach Carter und Wilkinson [4] bei einer Probandin. A) Erhebliche passive Hyperextension des Zeigefingers im MCP-Gelenk, B) Daumen kann schmerzfrei bis an den Unterarm geführt werden.

In der Klassifikation der Schulterinstabilität nach Gerber [9] wird die Laxität des Glenohumeralgelenkes besonders berücksichtigt. In Abhängigkeit vom Vorliegen einer Hyperlaxität erfolgt eine Differenzierung in die Typen II und III sowie IV und V (Tabelle 2). Das Ausmaß der Laxität ist somit ein wesentliches Kriterium der Differenzierung. Neben dem Einfluss auf die Klassifikation einer Schulterinstabilität hat die Beurteilung der Laxität zudem Konsequenzen für die Auswahl des Therapieverfahrens.

Nach Erhebung einer instabilitätsspezifischen Anamnese umfasst die klinische Diagnostik der Schulterinstabilität zahlreiche Instabilitäts- und Laxitätstests. Instabilitätstests sind beispielsweise der Apprehension-Test, der Fulcrum-Test, der Relocation-Test und der Jerk-Test. Bei den

Instabilitätstests wird mit einer dynamischen Untersuchung der Pathomechanismus der Instabilität nachvollzogen. Tests mit Abduktions- und Außenrotationsbewegungen sind bei vorderer Instabilität und Tests mit Flexions- und Innenrotationsbewegungen bei hinterer Instabilität positiv.

Typ	Beschreibung
I	chronische Luxation
II	unidirektionale Instabilität <i>ohne</i> Hyperlaxität
III	unidirektionale Instabilität <i>mit</i> multidirektionaler Hyperlaxität
IV	multidirektionale Instabilität <i>ohne</i> Hyperlaxität
V	multidirektionale Instabilität <i>mit</i> multidirektionaler Hyperlaxität
VI	willkürliche Luxation

Tabelle 2 Klassifikation der Schulterinstabilität nach Gerber [9]

### Instabilitätstests

Der *Apprehension-Test* nach Rowe ist einer der am häufigsten angewandten Tests zur Prüfung einer vorderen Schulterinstabilität [20]. Am sitzenden oder stehenden Patienten führt der Untersucher den betroffenen Arm in Abduktion, Hyperextension und Außenrotation, während die andere Hand die Skapula fixiert und von hinten oben Druck auf den Humeruskopf ausübt (Abb. 2). Der Test ist positiv, wenn eine unwillkürliche muskuläre Anspannung zur Verhinderung der Subluxation bzw. Luxation auftritt oder wenn der Patient ein Instabilitätsgefühl angibt. Das Auftreten von Schmerzen ist allein nicht positiv, da eine subakromiale Schmerzprovokation durch die Abduktions- und Außenrotation (sog. Hochrotation) ausgelöst sein kann. Ein weiterer Test zur Prüfung einer vorderen Schulterinstabilität ist der *Relokationstest* nach Jobe [14]. Der Patient befindet sich bei diesem Test in Rückenlage und stabilisiert so die Skapula auf der Untersuchungsfläche. Der Untersucher führt den Arm in eine 90-Grad-Abduktionsposition mit einer zunehmenden Außenrotation. Durch längeres Halten ermüdet die ventral stabilisierende Muskulatur und es zeigt sich eine zunehmende muskuläre Anspannung (Apprehension) sowie Schmerzen. Führt in dieser Armposition der Untersucher nun einen Druck von vorn unten auf den Humeruskopf aus, kann bei einem positiven Test die Anspannung verringert, die Schmerzen reduziert und der Arm weiter außenrotiert werden (Abb. 3). Ein positiver Relokationstest findet sich neben der

vorderen Instabilität beim posterosuperioren Impingement. Eine Modifikation des Relokationstests ist der Anterior-release-Test [10]. Der Untersucher führt mit einer Hand den Patientenarm in Abduktion und Außenrotation und drückt mit der anderen Hand gegen den Humeruskopf. Wird dieser Druck plötzlich aufgehoben, kann ein heftiges Apprehensionzeichen ausgelöst werden. Diese Testvariante wird besonders für versteckte Instabilitäten empfohlen.

Beim *Fulcrum-Test* führt der Untersucher mit einer Hand eine Abduktions- und Außenrotationsbewegung am liegenden Patienten aus. Die andere Hand dient dabei als Widerlager unter dem proximalen Oberarm. Damit kann die Hebelwirkung verstärkt und zugleich eine vordere Subluxation provoziert werden.

Zur klinischen Untersuchung einer hinteren Schulterinstabilität beschrieben Hawkins und Bokor den *Jerk-Test* [11]. Bei diesem Test führt der Untersucher den Arm des Patienten in eine 90-Grad-Abduktionsposition. Bei axialem Druck in Richtung Gelenkpfanne kommt es bei innenrotiertem Oberarm und zunehmender Adduktion zu einer dorsalen Subluxation (Abb. 4). Mit einer anschließenden Horizontalabduktion erfolgt die Reposition des Humeruskopfes („clunk“). Der Test ist positiv, wenn der subluxierte Humeruskopf mit einem Schnappen in die Gelenkpfanne zurückspringt. Die hintere Subluxation ist meist schmerzlos.



Abb. 2 Apprehension-Test nach Rowe [20]



Abb. 3 Relokationstest nach Jobe [14]



Abb. 4 Jerk-Test nach Hawkins und Bokor [11]



### Laxitätstests

Die klinische Diagnostik der Schulterinstabilität umfasst neben den verschiedenen Instabilitätstest zudem die Beurteilung der Schulterlaxität. Der Patient sollte bei der Laxitätsuntersuchung die Schultermuskulatur soweit wie möglich entspannen. Die Verschiebbarkeit des Humeruskopfes im Verhältnis zur Gelenkpfanne kann mit verschiedenen Tests wie beispielsweise dem Schubladentest, dem Load-and-Shift-Test, dem Sulcusest und dem Hyperabduktionstest geprüft werden.

Der *vordere und hintere Schubladentest* ist ein klinischer Routinetest zur Beurteilung der vorderen und hinteren Verschiebbarkeit des Humeruskopfes gegenüber der Gelenkpfanne.

Am sitzenden Patienten führt der Untersucher eine Verschiebung des Humeruskopfes nach vorn und anschließend nach hinten aus. Hierzu umfasst die eine Hand des Untersuchers die Spina scapulae und den Processus coracoideus. Mit der anderen Hand wird der Humeruskopf in der Fossa glenoidalis zentriert und anschließend soweit wie möglich nach von bewegt. Nach Zentrierung des Gelenkes wird anschließend die Schublade nach hinten ausgeführt (Abb. 5a). Es werden immer beide Schultern untersucht und das Ausmaß der

Translation miteinander verglichen. Einige Autoren empfehlen die Durchführung des Schubladentests in liegender Position, da hierbei das Schulterblatt besser fixiert sei [8].

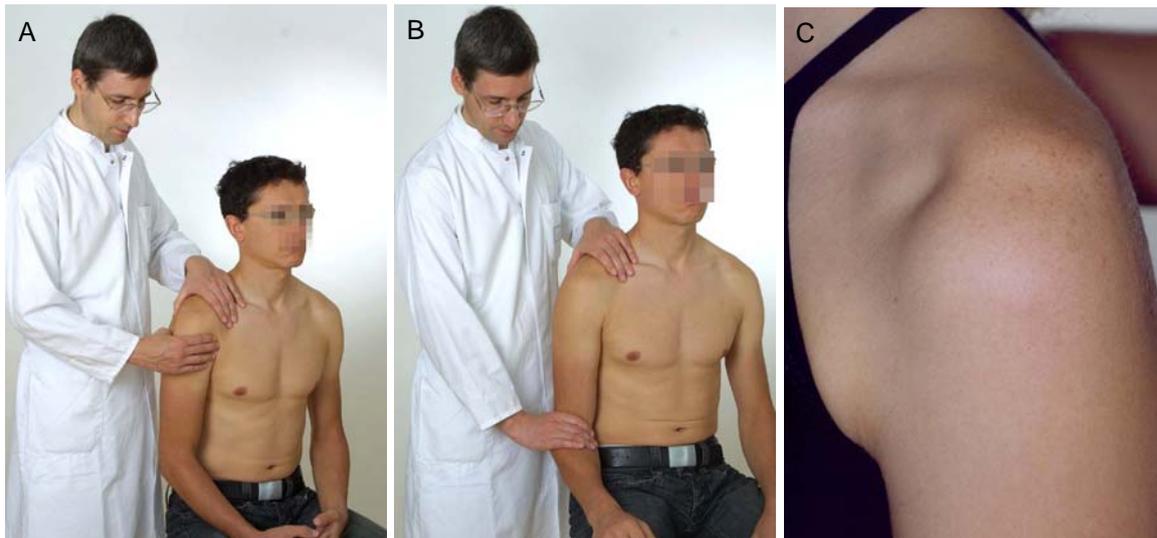
Ein weiterer Test zur Prüfung der vorderen und hinteren Verschiebbarkeit des Humeruskopfes im Verhältnis zur Gelenkpfanne ist der *Load-and-Shift-Test* [11]. Der Patient befindet sich in Rückenlage. Bei Abduktion und Außenrotation des Patientenarmes umfasst die eine Hand des Untersuchers den distalen Oberarm und übt einen axialen Druck in Richtung Gelenkpfanne aus. Die andere Hand des Untersuchers umgreift den Oberarmkopf und versucht diesen aus der Pfanne nach vorn zu verschieben. Eine zunehmende Abduktion und Außenrotation kann eine Subluxation auslösen, während die Rückführung des Armes zur Reposition führt. Die hintere Verschiebbarkeit wird bei leichter Innenrotation des Armes überprüft. Das Ausmaß der Translation kann mit den Fingern der Hand am Oberarmkopf untersucherabhängig ermittelt werden. Hawkins und Bokor [11] gaben für den Load-and-Shift-Test eine semiquantitative Einteilung der Verschiebbarkeit des Humeruskopfes im Verhältnis zur Pfannengelenkfläche in vier Grade an (Tabelle 3).

Grad	Ausmaß der Verschiebbarkeit des Humeruskopfes
0	minimale oder geringe Verschiebbarkeit
1	bis an den Rand des Glenoid
2	bis zur Hälfte der Humeruskopfbreite auf den Glenoidrand, spontane Reposition bei Nachlassen des Druckes auf den Humeruskopf
3	Gesamter Humeruskopf kann über den Glenoidrand hinaus verschoben werden, keine spontane Reposition bei Nachlassen des Druckes auf den Humeruskopf

**Tabelle 3** Einteilung der Verschiebbarkeit des Humeruskopfes im Verhältnis zum Glenoid bezogen auf den Load-and-Shift-Test nach Hawkins und Bokor [11]

Die untere Verschiebbarkeit des Humeruskopfes kann mit dem *Sulcusest* geprüft werden. Am sitzenden oder stehenden Patienten fixiert der Untersucher mit einer Hand die Skapula und führt mit der anderen Hand im Bereich des Ellenbogens eine Traktion entlang der Armachse aus (Abb. 5b). Der Test ist positiv, wenn sich unterhalb des Akromions eine Rinne bildet. Dies wird auch als Sulcuszeichen bezeichnet (Abb. 5c). Die Tiefe der Rinne kann in cm geschätzt werden. Auch dieser Test wird im Seitenvergleich durchgeführt.

Ein Test zum Nachweis einer Hyperlaxität der unteren Kapsel-Band-Strukturen insbesondere des inferioren glenohumeralen Bandes (IHGL) ist der *Hyperabduktionstest* nach Gagey [7]. Der Untersucher fixiert mit einer Hand die Skapula und führt mit der anderen Hand eine passive glenohumerale Abduktion aus. Der Test ist positiv, wenn eine glenohumerale Abduktion über 105 Grad möglich ist (Abb. 6).



**Abb. 5** Laxitätstests zur Prüfung der Verschiebbarkeit des Humeruskopfes. A) vorderer und hinterer Schubladentest, B) Sulcustest, C) typisches Sulcuszeichen bei positivem Sulcustest



**Abb. 6** Positiver Hyperabduktionstest nach Gagey [7]. Die passive glenohumerale Abduktion ist größer als 105 Grad.

Mit den klinischen Instabilitätstests kann das Vorliegen einer Instabilität und die Richtung der Instabilität diagnostiziert werden. Das Ausmaß der Instabilität kann nur zwischen Apprehension, Subluxation und Luxation bestimmt werden. Die Laxitätstests erlauben eine qualitative bzw. semiquantitative Beurteilung des Ausmaßes der Verschiebbarkeit des Humeruskopfes im Verhältnis zur Gelenkpfanne im Vergleich mit der kontralateralen Schulter. Die semiquantitative Beurteilung nach Hawkins ist in hohem Maße vom subjektiven Empfinden des Untersuchers abhängig. Eine exakte Beurteilung des Ausmaßes der provozierten glenohumeralen Translation bei Durchführung des Schubladentests kann nur mit einem externen Messverfahren bzw. mit einer Bildgebung während der Testdurchführung erfolgen.

Die MRT gilt heute als der „Gold-Standard“ in der morphologischen Diagnostik der Schulterinstabilität. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Erkennung von Luxationsfolgen am Humeruskopf und Glenoid, Labrum-Kapsel-Komplex, Knorpel sowie von Begleitverletzungen der Rotatorenmanschette. Neben der Diagnostik morphologischer Veränderungen kann die MRT auch zu morphometrischen Untersuchungen der Schulter eingesetzt werden.

Eine wesentliche technische Voraussetzung für die Durchführung kinematischer MRT-Untersuchungen der Schulter war die Entwicklung offener MRT-Systeme. Erste kinematische Untersuchungen der Schulter an einem vertikal offenen MR-System wurden 1999 von Beaulieu et al. [1] publiziert. Es folgten Untersuchungen von Patienten mit verschiedenen Typen einer Schulterinstabilität, wobei

auch dynamische MRT-Untersuchungen und Untersuchung in sitzender Position durchgeführt wurden [2,12]. Mit der Entwicklung offener MR-Scanner und schneller Bildgebungssequenzen waren die technischen Voraussetzungen für die Durchführung klinischer Schultertests bei gleichzeitiger nahezu Echtzeit-MRT-Bildgebung gegeben. In der Literatur finden sich nur vereinzelt Untersuchungen zum klinischen Schubladentest bei gleichzeitiger MRT-Bildgebung. Erstmals wurde 1999 der Schubladentest in einem vertikal offenen MRT-System an 5 Probanden durchgeführt [1]. Eine Differenzierung der Probanden hinsichtlich einer Hyperlaxität erfolgte nicht. Der Schubladentest ist ein klinischer Routinetest zur Beurteilung der vorderen und hinteren Verschiebbarkeit des Humeruskopfes gegenüber der Gelenkpfanne. Eine

genaue Angabe des Ausmaßes der Translation ist mit dem klinischen Test allein nicht möglich. Eine Quantifizierung der Verschiebbarkeit des Humeruskopfes kann nur mit einem externen Messverfahren oder einer Bildgebung während der Testdurchführung mit anschließender morphometrischer Analyse durchgeführt werden. Die MRT-Bildgebung in einem offenen MR-System war aufgrund der Abwesenheit einer ionisierenden Strahlung besonders geeignet.

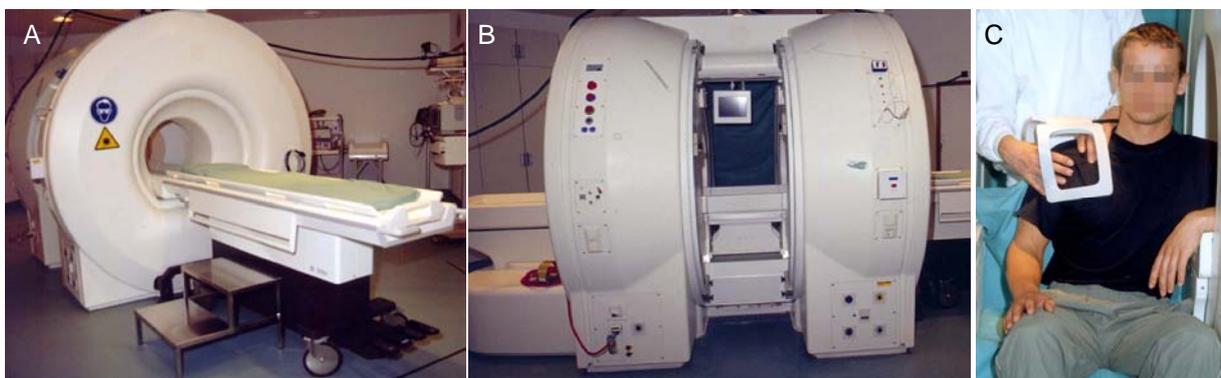
Das Ziel der Untersuchung war die Durchführung des Schubladentests bei gleichzeitiger nahezu Echtzeit-MRT-Bildgebung zur Visualisierung und Quantifizierung der anteroposterioren glenohumeralen Translation bei schultergesunden Probanden ohne Hyperlaxität.

## Material und Methoden

Bei 12 schultergesunden Probanden (6 männlich, 6 weiblich, mittleres Alter  $25,1 \pm 2,8$  Jahre, von 22 bis 31 Jahren) wurde der vordere und hintere Schubladentest mit einer gleichzeitigen nahezu real-time MRT-Bildgebung durchgeführt. Alle Probanden wiesen keine klinischen Zeichen einer Hyperlaxität auf.

Die Bildgebung während des Schubladentests erfolgte an einem vertikal offenen Kernspintomographen (SIGNA® SP/i 0,5T, General Electric Medical Systems, Milwaukee, WI, USA) (Abb. 7a,b). Die Probanden wurden in sitzender Position gelagert, wobei die Schulter möglichst nahe dem Isozentrum des Magneten positioniert wurde. Mit Hilfe einer speziellen Lagerungskonstruktion mit Rückenlehne sowie einer Abstützung der Füße konnte eine Stabilisierung des Oberkörpers und eine gute Entspannung der Muskulatur gewährleistet werden. Der zu untersuchende Arm wurde in Neutralflexion, geringer Abduktion und ca. 20 Grad Innenrotation gelagert. Die Probanden wurden aufgefordert, die Muskulatur der zu untersuchenden Schulter während des Schubladentests weitgehend zu entspannen. Eine Narkose kam nicht zur Anwendung.

Die Durchführung des Schubladentests erfolgte ausschließlich durch einen Untersucher mit langjähriger Erfahrung in der klinischen Schulteruntersuchung und Schulterchirurgie. Der hinter dem Probanden stehende Untersucher fixierte mit einer Hand die Skapula und Klavikula des Probanden (Abb. 7c). Mit den Fingern der anderen Hand wurde der Humeruskopf zunächst durch axialen Druck in der Pfanne zentriert und anschließend ohne Schmerzprovokation so weit wie möglich nach anterior, d. h. bis zum klinischen Endpunkt der Translationsbewegung, verschoben. Die aufgewandte Druckkraft entsprach der üblichen Kraft bei der Durchführung des klinischen Schubladentests. Danach erfolgte die posteriore Verschiebung des Humeruskopfes in der Gelenkpfanne durch manuellen Druck des Untersuchers auf den vorderen Anteil des Humeruskopfes. Das Nachlassen des Druckes bewirkte die spontane Reposition des Humeruskopfes in die Ausgangsstellung. Die Untersuchungen erfolgten im Seitenvergleich. Alle Probanden tolerierten die Untersuchung schmerzfrei.



**Abb. 7** Vertikal offenes Ganzkörper-MR-System SIGNA® SP/i 0,5T (General Electric Medical Systems, Milwaukee, WI, USA). A) Ansicht von vorn, B) seitliche Ansicht mit 58 cm breiter Öffnung, C) sitzende Lagerung eines Probanden und Durchführung des Schubladentests mit real-time MRT-Bildgebung.

Die Durchführung des Schubladentests wurde von einer nahezu real-time MRT-Bildgebung (1 Bild/4 Sekunden) begleitet. Folgende Bildgebungssequenz kam zur Anwendung: 2D-FSPGR, TR 30 ms, TE 8 ms, FA 45°, Schichtdicke 10 mm, 1 NEX, Matrix 256 x 256. Diese Sequenz wurde in einem kontinuierlichen Modus in axialer Schnittführung eingesetzt. Die MRT-Bildgebung erfolgte mit einer flexiblen Oberflächenspule (Flex 2).

Die anschließende morphometrische Bilddatenanalyse umfasste die quantitative Bestimmung der anteroposterioren Translation des Humeruskopfes gegenüber der Gelenkpfanne. Zuerst wurden die MRT-Bilder der anteroposteriore Glenoiddurchmesser anhand der Distanz zwischen vorderer und hinterer Glenoidbegrenzung gemessen und als Distanz D3 markiert. An den artikulären Anteil des Humeruskopfes wurde ein virtueller Kreis angepasst. Ein vom Kreismittelpunkt ausgehendes Lot unterteilte die Distanz D3 in eine vordere Distanz (D1) und eine hintere Distanz (D2). Alle Distanzen wurden in Millimeter gemessen. Beim vorderen Schubladentest kam es zur Verringerung der Distanz D1 im Vergleich zur

Ausgangsposition. Der hintere Schubladentest führte zu einer Verringerung der Distanz D2.

Anhand der absoluten Translationswerte wurde die relative Translation berechnet, wobei der anteroposteriore Glenoiddurchmesser (Distanz D3) 100 Prozent entsprach.

Zur einfachen Positionsbestimmung des Humeruskopfes im Verhältnis zur Gelenkpfanne wurde ein Quotient aus vorderer Distanz D1 und hinterer Distanz D2 eingeführt. Bei einem Quotient D1/D2 von 1 projiziert sich der Humeruskopfmittelpunkt exakt auf die Mitte der Gelenkpfanne. Ein Quotient D1/D2 kleiner 1 entspricht einer anterioren Position des Humeruskopfes. Dagegen zeigt ein Quotient D1/D2 größer 1 eine posteriore Position des Humeruskopfes an. Bei einem Quotient D1/D2 von 0 ist die Translation des Humeruskopfmittelpunktes bis zum vorderen Pfannenrand erfolgt.

Im Rahmen der statistischen Auswertung erfolgte die Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung. Die Unterschiede wurden für die abhängigen Messwerte mit dem Wilcoxon-Test und für die unabhängigen Messwerte mit dem U-Test von Mann-Whitney geprüft. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0,05$  festgelegt.

## Ergebnisse

Die anteroposteriore Translation des Humeruskopfes im Verhältnis zur Gelenkpfanne konnte während der Durchführung des Schubladentests mit einer nahezu real-time MRT-Bildgebung visualisiert und dokumentiert werden (Abb. 8).

Die anteroposteriore Gesamt-Translation der Probanden betrug durchschnittlich  $3,8 \pm 1,5$  mm. Dies entsprach 13,8 Prozent des anteroposterioren Glenoiddurchmessers. Der Unterschied zwischen rechter und linker Schulter sowie zwischen dominanter und nicht dominanter Schulter war nicht signifikant. Weiterhin fand sich kein geschlechtsspezifischer Unterschied. Das Ausmaß der

anterioren Translation unterschied sich nicht signifikant vom Ausmaß der posterioren Translation.

Für die einfache Beschreibung der Lokalisation des Humeruskopfes im Verhältnis zur Gelenkpfanne wurde der Quotient zwischen der Distanz 1 und 2 eingeführt. Bei einem Quotient D1/2 von 1 befand sich das Humeruskopfzentrum in der Glenoidmitte. Ein Quotient von 0 würde einer anterioren Translation bis zum vorderen Pfannenrand entsprechen. Der Quotient D1/D2 betrug für die anteriore Translation 0,8 und für die posteriore Translation 1,3.

Die anteroposterioren Translationswerte während des Schubladentests sind für die Probanden in Tabelle 4 zusammengefasst.

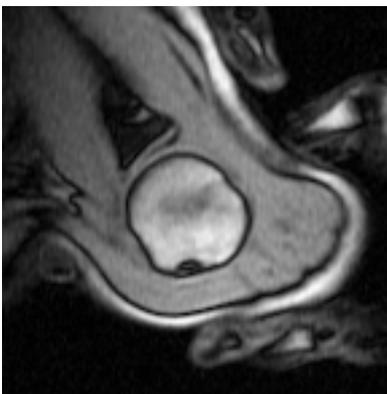


Abb. 8 Axiales MRT-Schnittbild beim vorderen Schubladentest.

Probanden	anteroposteriore Gesamt-Translation		anteriore Translation			posteriore Translation		
	absolut (mm)	relativ (%)	absolut (mm)	relativ (%)	D1/D2	absolut (mm)	relativ (%)	D1/D2
männlich + weiblich	3,8±1,5	13,8±5,7	1,8±1,0	6,7±3,8	0,8±0,1	2,0±1,1	7,4±4,2	1,3±0,2
männlich	3,6±1,5	12,1±5,0	1,7±1,1	5,9±3,5	0,8±0,1	1,9±1,0	6,3±3,3	1,2±0,2
weiblich	3,9±1,4	15,6±6,0	1,8±0,8	7,5±3,9	0,7±0,1	2,1±1,2	8,4±5,0	1,3±0,2

**Tabelle 4** Anteroposteriore Translation während des vorderen und hinteren Schubladentests bei schultergesunden Probanden ohne Hyperlaxität. Angabe von Mittelwert und Standardabweichung. Relative Translationswerte bezogen auf die gesamte anteroposteriore Glenoiddistanz sowie Angabe des Quotienten D1/D2.

## Diskussion

Im Rahmen der klinischen Diagnostik einer Schulterinstabilität wird die Instabilität und Laxität des Glenohumeralgelenkes untersucht. Es kommen dabei verschiedene Instabilitäts- und Laxitätstests zur Anwendung. Einer der routinemäßig angewandten Laxitätstests ist der vordere und hintere Schubladentest. Der Untersucher kann die vordere und hintere Verschiebbarkeit des Humeruskopfes im Verhältnis zur Gelenkpfanne qualitativ beurteilen. Eine semiquantitative Bewertung der Translation nach Hawkins und Bokor [11] ist in starkem Maße vom subjektiven Empfinden des Untersuchers abhängig. Eine exakte quantitative Beurteilung des Ausmaßes der Translation ist mit dem klinischen Test allein nicht möglich.

Die Einführung offener MRT-Systeme und die Entwicklung schneller Bildgebungsverfahren, die eine nahezu Real-time-Bildgebung zulassen, waren wichtige technische Voraussetzungen für die Durchführung kinematischer In-vivo-Untersuchungen am Schultergelenk. Eine neue Anwendungsmöglichkeit der MRT ist dabei die Kombination des vorderen und hinteren Schubladentests mit einer nahezu real-time MRT-Bildgebung. Die anschließende morphometrische Analyse lässt eine Quantifizierung der Translation des Humeruskopfes zu.

Die männlichen und weiblichen Probanden wiesen im Mittel eine anteroposteriore Translation von 3,8 mm auf. Probanden mit klinischen Zeichen einer Hyperlaxität waren von der Studie ausgeschlossen. Die gemessenen Translationswerte der Probanden entsprachen den Ergebnissen von Krarup et al. [15] und Court-Payen et al. [5] bei sonographischer Messung und denen von Ellenbecker et al. [6] beim Stress-Röntgen. Größere Translationswerte fanden Jerosch et al. [13] mit der Sonographie, Lippitt et al. [16] mit einem elektromagnetischen Sensor und Beaulieu et al. [1] mit einer dynamischen MRT-Untersuchung. Die sehr großen Translationswerte von Lippitt et al. [16] sind darauf zurückzuführen, dass bei 3 von 8 Probanden eine erhebliche Translation vorlag. Beaulieu et al. [1] fanden bei

der Durchführung des Schubladentests in einem vertikal offenen MR-System bei insgesamt 5 Probanden eine anteriore Translation zwischen 1,0 mm und 6,0 mm sowie eine posteriore Translation zwischen 0,1 mm und 13,4 mm. Die großen Unterschiede im Ausmaß der anterioren und posterioren Translation weisen auf die Einbeziehung von Probanden mit einer Hyperlaxität hin. Dies gilt insbesondere für die eine Probandin mit den erheblichen Translationswerten. Aufgrund der kleinen Untersuchungsgruppen bei Lippitt et al. [16] und Beaulieu et al. [1] führten einzelne Probanden mit sehr hohen Translationswerten zu einer nicht repräsentativen Vergrößerung des Mittelwertes für die gesamte Untersuchungsgruppe. Aus diesem Grund ist eine Differenzierung zwischen Probanden mit und ohne Hyperlaxität für die Ermittlung von Referenzwerten der Translation notwendig.

Um einen Vergleich von Translationswerten unterschiedlich großer Personen zu ermöglichen, wurden relative Translationswerte berechnet. Zudem ist die Vergleichbarkeit von Ergebnissen verschiedener Arbeitsgruppen anhand relativer Translationswerte gewährleistet. Voraussetzung ist dabei die gleiche Bezugsgröße der Berechnung. In der eigenen Untersuchung betrug die relative anteroposteriore Translation der Probanden 13,8 Prozent des anteroposterioren Glenoiddurchmessers.

Mit der Einführung des Quotienten D1/D2 war eine einfache Positionsbestimmung des Humeruskopfes im Verhältnis zur Gelenkpfanne möglich. Ein Quotient D1/D2 von 1 entsprach der Ruheposition des Gelenkes. Beim vorderen Schubladentest betrug dieser 0,8 und beim hinteren Schubladentest 1,3.

Vorzüge der neuen Methode sind die sichere Echtzeit-Visualisierung und die Möglichkeit einer Quantifizierung der glenohumeralen Translation beim Schubladentest. Im Vergleich zum Stress-Röntgen und zur CT können die kinematischen Untersuchungen im MRT wegen der Abwesenheit einer ionisierenden Strahlung beliebig oft wiederholt werden. Aufgrund der In-vivo-Messungen sind

die ermittelten Translationswerte den Ergebnissen aus In-vitro-Messungen an Schulterpräparaten überlegen. Einschränkend muss jedoch auf den hohen apparativen und personellen Aufwand hingewiesen werden. Die Durchführung des Schubladentests bei gleichzeitiger MRT-Bildgebung erfordert ein offenes MRT-System mit der Möglichkeit einer nahezu Echtzeit-Bildgebung. Die Durchführung des Schubladentests in sitzender Untersuchungsposition ist zudem an ein vertikal offenes

MRT-System gebunden. Prinzipiell wäre die Durchführung des Tests auch in Seitenlage an einem horizontal offenen MRT-System möglich. Aufgrund der genannten technischen Voraussetzungen wird das neue Untersuchungsverfahren zunächst Einrichtungen vorbehalten bleiben, die diese Voraussetzungen erfüllen. Eine routinemäßige Anwendung ist somit gegenwärtig nicht zu erwarten.

## Fazit

Bisher konnte mit Laxitätstests wie dem Schubladentest die Verschiebbarkeit des Humeruskopfes im Verhältnis zur Gelenkpfanne ausschließlich qualitativ beurteilt werden. Die Durchführung des Schubladentests mit einer nahezu real-time MRT-Bildgebung stellt eine nicht invasive und In-vivo-Methode zur Messung der anteroposterioren glenohumeralen Translation dar. Die Translation des

Humeruskopfes während der Testdurchführung konnte sicher visualisiert werden. Die Quantifizierung der anteroposterioren glenohumeralen Translation beim Schubladentest kann zur Optimierung der Diagnostik und Therapie der verschiedenen Formen der Schulterinstabilität beitragen.

## Literatur

1. Beaulieu CF, Hodge DK, Bergman AG, Butts K, Daniel BL, Napper CL, Darrow RD, Dumoulin CL, Herfkens RJ (1999) Glenohumeral relationships during physiologic shoulder motion and stress testing: initial experience with open MR imaging and active imaging-plane registration. *Radiology* 212(3): 699-705.
2. Beaulieu CF, Dillingham MF, Hodge DK, Butts K, Gold GE, Thabit GH, 3rd, Ladd AL, Bergman AG, *Dynamic evaluation of shoulder instability using open MR imaging.*, in *CARS 2000*, H.U. Lemke, Vannier, M.W., Inamura, K., Farman, A.G., Doi, K., Editors. 2000, Elsevier. p. 309-314.
3. Brunner UH, *Klinische Untersuchung der Schulter*, in *Schulterchirurgie*, P. Habermeyer, Editor. 2002, Urban & Fischer: München-Jena. p. 45-69.
4. Carter C, Wilkinson J (1964) Persistent Joint Laxity and Congenital Dislocation of the Hip. *J Bone Joint Surg Br* 46: 40-45.
5. Court-Payen M, Krarup AL, Skjoldbye B, Lausten GS (1995) Real-time sonography of anterior translation of the shoulder: an anterior approach. *European Journal of Ultrasound* 2: 283-287.
6. Ellenbecker TS, Mattalino AJ, Elam E, Caplinger R (2000) Quantification of anterior translation of the humeral head in the throwing shoulder. Manual assessment versus stress radiography. *Am J Sports Med* 28(2): 161-167.
7. Gagey OJ, Gagey N (2001) The hyperabduction test. *J Bone Joint Surg Br* 83(1): 69-74.
8. Gerber C, Ganz R (1984) Clinical assessment of instability of the shoulder. With special reference to anterior and posterior drawer tests. *J Bone Joint Surg Br* 66(4): 551-556.
9. Gerber C, *Observations on the classification of instability*, in *Complex and revision problems in shoulder surgery*, J.J.P. Warner, Ianotti, J.P., Gerber, C., Editors. 1997, Lippincott-Raven: Philadelphia. p. 9-18.
10. Gross ML, Distefano MC (1997) Anterior release test. A new test for occult shoulder instability. *Clin Orthop* (339): 105-108.
11. Hawkins R, Bokor DJ, *Clinical evaluation of shoulder problems.*, in *The shoulder.*, C.A. Rockwood, Matsen, F.A., Editors. 1990, Saunders: Philadelphia. p. 149-177.
12. Hodge DK, Beaulieu CF, Thabit GH, 3rd, Gold GE, Bergman AG, Butts RK, Dillingham MF, Herfkens RJ (2001) Dynamic MR imaging and stress testing in glenohumeral instability: comparison with normal shoulders and clinical/surgical findings. *J Magn Reson Imaging* 13(5): 748-756.
13. Jerosch J, Marquardt M (1990) Sonographische Untersuchung zur AP-Translation des Humeruskopfes bei der aktiven Bewegung bei traumatischer anteriorer Schulterinstabilität. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 128: 637-641.
14. Jobe FW, Tibone JE, Jobe CM, Kvitne RS, *The shoulder in sports*, in *The shoulder*, C.A. Rockwood, Matsen, F.A., Editors. 1990, Saunders: Philadelphia. p. 961-990.
15. Krarup AL, Court-Payen M, Skjoldbye B, Lausten GS (1999) Ultrasonic measurement of the anterior translation in the shoulder joint. *J Shoulder Elbow Surg* 8(2): 136-141.
16. Lippitt SB, Harris SL, Harryman DT, Sidles J, Matsen FA (1994) In vivo quantification of the laxity of normal and unstable glenohumeral joints. *J Shoulder Elbow Surg* 3: 215-223.
17. Matsen FA, Thomas SC, Rockwood CA, *Glenohumeral instability.*, in *The shoulder.*, C.A. Rockwood, Matsen, F.A., Editors. 1990, W.B. Saunders: Philadelphia. p. 526-622.

18. Matsen FA, Lippitt SB, Sidles JA, Harryman DT, *Practical evaluation and management of the shoulder*. 1994, Philadelphia-London-Toronto-Montreal-Sydney-Tokyo: W.B. Saunders.
19. O'Brien SJ, Neves MC, Arnoczky SP, Rozbruch SR, Dicarlo EF, Warren RF, Schwartz R, Wickiewicz TL (1990) The anatomy and histology of the inferior glenohumeral ligament complex of the shoulder. *Am J Sports Med* 18(5): 449-456.
20. Rowe CR, Zarins B (1981) Recurrent transient subluxation of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am* 63(6): 863-872.
21. Turkel SJ, Panio MW, Marshall JL, Girgis FG (1981) Stabilizing mechanisms preventing anterior dislocation of the glenohumeral joint. *J Bone Joint Surg Am* 63(8): 1208-1217.

**Korrespondenzadresse:** PD Dr. med. habil. Michael Thomas  
Orthopädische Klinik und Poliklinik am Universitätsklinikum Leipzig AöR  
Liebigstrasse 20  
D-04103 Leipzig  
e-mail: [thom@medizin.uni-leipzig.de](mailto:thom@medizin.uni-leipzig.de)  
Tel.: 0049 341 9723200, Fax: 0049 341 9723109