

# Die Glenohumerale Instabilität – Definition und modellhafte Abbildung

von T. Rieder und M. Möser

Aus der Klinik für Orthopädie der Humboldt-Universität zu Berlin (Charité) (Direktor: Prof Dr. sc. med. H. Zippel)

## Definition of Glenohumeral Instability and its Biomechanical Model

**Key words:** shoulder instability – instability, shoulder-joint – glenohumeral instability

**Schlüsselwörter:** Schulterinstabilität – Instabilität, Schultergelenk – glenohumerale Instabilität

### Summary

The complexity of shoulder instability will be described and in combination of the clinical signs „impingement” and „transient instability” newly defined. By means of statically determined „model of forces” the development of rotatory failure of the humeral neck will be demonstrated and the functional importance of these described failed rotation discussed.

### Zusammenfassung

Die Komplexität der „Instabilität des Schultergelenkes” wird beschrieben und unter Einbeziehung der Termini „Impingement” und „flüchtige Instabilität” neu definiert. Anhand eines statisch bestimmten Kräfte Modells werden die Entwicklung von Torsionsfehlern des Humerushalses dargestellt und die funktionelle Bedeutung der beschriebenen Torsionsfehler diskutiert.

### Komplexität des Instabilitätsbegriffes

Wenngleich es näherungsweise möglich scheint, ein gedankliches Modell zum Verständnis des „stabilen Schultergelenkes” zu entwickeln, so scheitern wir bisher an der umfassenden Erklärung der „instabilen Schulter”. Instabilität infolge eines adäquaten Traumas ist beschreibbar; das Einsetzen von Instabilität im jugendlichen Alter und ohne adäquates Trauma wirkt oft viele Fragen auf. Die Unterscheidung dieser beiden in ihrer Genese verschiedenen Formen und ihre zuverlässige Zuordnung sind sehr bedeutungsvoll für die Festlegung der Therapie, für prognostische Einschätzungen und für die Beantwortung gutachterlicher Fragestellungen. Wir befürworten die Benennung (Abb.1) als Primäre Gle-

nohumere oder Sekundäre Glenohumerale Instabilität (Prim./Sek. GHI).

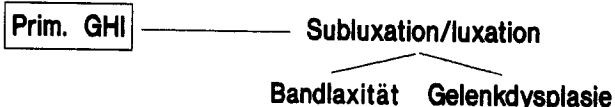
Die Analyse von Funktionsstörungen des Schultergelenkes muß die Funktion von fünf integralen Einzelgelenken (Tab. I) berücksichtigen. Sie muß sich der Schwierigkeit unterziehen, ursächliche und reaktive Störungen zu unterscheiden.

Das Schultergelenk ist ein ausschließlich muskulär/ligamentär stabilisiertes Gelenk. Seine Rotatorenmanschette wirkt als muskulotendinöse Gelenkpfanne (8). Primäre und sekundäre Arthroseentwicklung sind praktisch von untergeordneter Bedeutung. Der ‘Schulterschmerz’ wird fast immer durch Veränderungen der kapsulären und perikapsulären Weichteilstrukturen des Gelenkes verursacht. Die Analyse der ‘instabilen Schulter’ sollte darum der Muskulatur und dem passiven Halteapparat besondere Beachtung schenken.

Die Eindeutigkeit, besser noch die Einheitlichkeit der Interpretation von ‘Instabilität’, ist Voraussetzung für die Analyse.

Physikalisch ist Stabilität dann gegeben, wenn die an einem um eine Achse drehbaren Körper angreifende Kraft so ausgerichtet ist, daß die Angriffslinie der Kraft durch die Drehungsachse des Körpers geht (statisch) bzw. (dynamisch) wenn in jedem Augenblick die bewegende Kraft und die entgegenwirkende dynamische Trägheitskraft im Gleichgewicht sind (27). Werden zum Beispiel in der Technik Lager schief (d.h. nicht fluchtend) eingebaut,

## PRIMÄRE GLENOHUMERALE INSTABILITÄT



## SEKUNDÄRE GLENOHUMERALE INSTABILITÄT

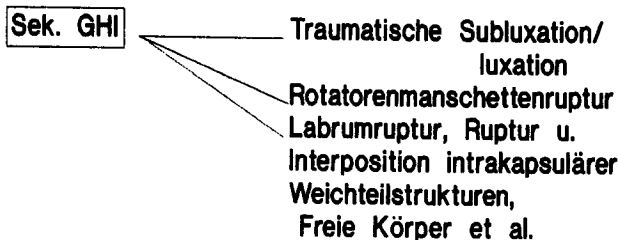


Abb. 1: Glenohumerale Instabilitäten.

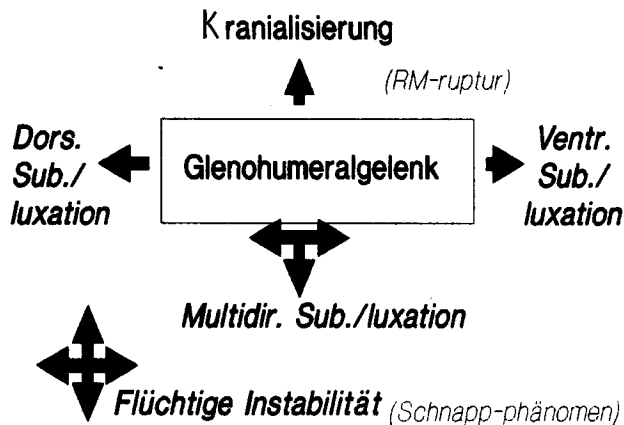


Abb. 2: Typische Instabilitätsrichtungen.

dann verschleißt entweder das Lager schnell (sogenannte „Kantenträger“) oder die Welle bricht, weil zugleich Biegung eingebracht wird. Das Schultergelenk muß, wie jedes andere Gelenk auch, auf den Punkt genau muskulär angesteuert werden. Andernfalls werden die Gelenkflächen nicht gleichmäßig belastet. Entscheidend ist, ob ein angeborener oder erworbener ‚Aussteuerungsfehler‘ besteht. Im ersten Fall scheinen sich die Knochenachse und Gelenkfläche darauf einzustellen. Allerdings setzt die Anatomie hier Grenzen, und das Instabilitätsrisiko bleibt erhöht. Wird ein Aussteuerungsfehler erworben, dann erzeugt man, physikalisch betrachtet, einen „Kantenträger“. Mangels knöcherner Führung gleitet der Gelenkkopf des Humerus an den Pfannrand und kann im Falle eines muskulären Untersteuerns in jede Richtung tendieren und sekundäre Läsionen verursachen. Auch der Subakromialraum wird dadurch belastet, es kann sich ein Impingement entwickeln, und die Sehnen der Rotatorenmanschette geraten unter vermehrte Reibung.

Die zentrale Funktion aller periartikulären Strukturen des Glenohumeralgelenkes ist demnach die *zuverlässige Zentrierung* des Humeruskopfes im Glenoid. Dieses Axiom gilt auch, wenn die Gesamtbewegung, wie im Falle des Schultergelenkes, mehrere Momentendrehachsen (13) einbezieht. Wenn der Gesamtkomplex des Gelenkes dieser Funktion nicht mehr gerecht wird, tritt Instabilität ein (Abb. 2).

*Wir verstehen unter Instabilität des Schultergelenkes die Situation der flüchtigen, rezidivierenden, habituellen oder permanenten Dezentrierung der glenohumeralen Artikulation.*

Dabei macht es keinen prinzipiellen Unterschied, ob wir an rezidivierende Subluxationen und Luxationen („Recurrent instability“) denken, die impingementverursachende Kranialisierung des Humeruskopfes bei der Supraspinatussehnenruptur („Habitual instability“) meinen, permanente Luxationen als Instabilitäten („Permanent instability“) akzeptieren oder die schmerzauslösende Dezentrierung des Humeruskopfes bei Einklemmung z.B. eines rupturierten Labrum glenoidalis als flüchtige Instabilität („Transient instability“) interpretieren.

Rowe (24) gebraucht den Terminus „Transient subluxation“ und beschreibt das Krankheitsbild als traumatisch

Tab. I: Funktionseinheit des Schultergelenkes.

Glenohumeralgelenk
Akromioklavikulargelenk
Sternoklavikulargelenk
skapulothorakale Gleitschicht
subakromiale Gleitschicht

Tab. II: Ursachen funktioneller Dezentrierung.

Glenohumerale Interposition von
- Labrum glenoidale
- Glenohumeralem Ligament
- Synovialzotten, Kapsel
- freien Körpern
Kranialisierung bei
- RM-ruptur
Subakromiales Impingement bei
- Bursitis
- Burso-, Tendinopathia calcarea
- RM-Partialruptur
- Tendinitis
Subluxation

verursacht und klinisch gebunden an den Nachweis eines positiven Apprehensionstestes. Es handelt sich dabei nach unserer Erfahrung nur um graduelle Unterschiede zwischen der Subluxation und der von uns formulierten „Transient instability“. Die Formulierung einer „Transient instability“ erscheint wichtig, um arthroskopische Befundmuster klassifizieren zu können, die klinisch als Krepitation, schmerzhaftes Schnappphänomen oder einfach als flüchtiges Schmerzphänomen bestehen, dabei aber nicht regulär einen positiven Apprehensionstest aufweisen. In Tab. II sind typische arthroskopische Befunde, die prinzipiell als flüchtige Instabilität imponieren können, aufgelistet.

Wir klassifizieren Instabilitäten nach drei Kriterien:

- Ursache der Instabilität
- Primäre
  - Sekundäre Glenohumerale Instabilität
- Richtung der Instabilität
- unidirektionale
    - ventrokaudale
    - dorsale
    - kraniale
  - multidirektionale
- Auslösbarkeit der Instabilität
- willkürlich
  - unwillkürlich
    - transient
    - rezidivierend
    - permanent

Die internationale Literatur läßt vier Trends der wissenschaftlichen Bearbeitung des Instabilitätsproblems der Schulter erkennen:

1. Weg, über morphometrische Messungen am Nativ- oder am computertomographischen Bild Fragen der Gelenkdyplasie zu bearbeiten (3,4,7,9,10,21,22,23,25)
2. Weg, über biomechanische Berechnungen die Tragfähigkeit von Modellen zu prüfen (6,12,13,20)
3. Weg, über Testierungen der Muskulatur anhand elektromyographischer und isokinetischer Messungen funktionelle Störungen in Genese und Auswirkung zu beschreiben
4. Weg, über Hypermobilitätstestierungen und den Nachweis einer Bandlaxität Rückschlüsse zum Morbiditätsrisiko des Gelenkes zu ermöglichen (1,27).

### Statisch bestimmtes Kräftemodell

Physikalisch betrachtet, kann man der Natur unterstellen, daß ihr Bauprinzip dem des „technischen Leichtbaus“ vergleichbar ist. Dieser Umstand kommt unserem Vorstellungsvermögen entgegen. Wir können das Schultergelenk in Anlehnung an das von Möser (17) vorgestellte Hüftgelenksmodell als „Seilspannwerk“ abbilden. Danach würden die Röhrenknochen einem System von Druckstäben entsprechen, die durch Seile (Ligamentärer/muskulärer Komplex) miteinander verspannt sind. Entsprechend wurde ein „statisch bestimmtes Kräfte-schema“ entwickelt.

Am Schultergelenk ergeben sich hinsichtlich wirksamer Kräfte folgende Bedingungen:

1. Eine Kraft, die über den Arm einläuft, muß in das Schulterblatt umgelenkt werden.
2. Das Schulterblatt ist auf dem Brustkorb zu fixieren, d. h., die Kraft ist auf die Rippen weiterzuleiten.

### Kräfte in der Frontalebene

Eine vereinfachte Darstellung frontal wirksamer Kräfte wird von Abb. 3 wiedergegeben. Angenommen wurde der

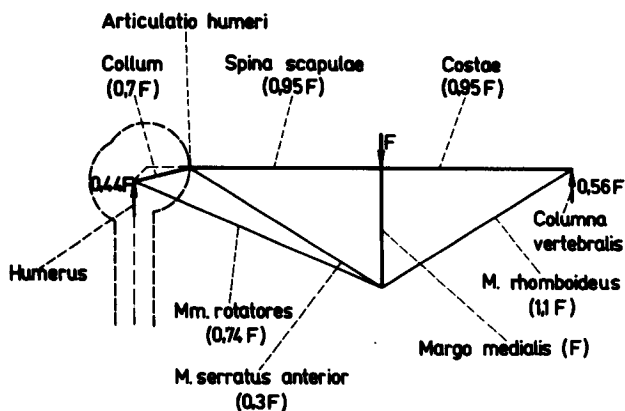


Abb. 3: Der knöchernen Schultergürtel.

Fall, daß die Schulter bei aufgestütztem Arm belastet wird. Als zweite Stütze dient die Wirbelsäule. Der Träger selbst besteht aus der horizontalen Verdickung des Schulterblattes (Spina) und den Rippen dieses Bereiches. Beide Trägereile sind gelenkig miteinander verbunden. Auf den Gelenkpunkt wirkt die Last  $F$  von oben ein, die vom Margo medialis abgefangen wird. Dieser hängt seinerseits in einem Untergurt, der zum Arm hin hauptsächlich durch die Rotatoren (M. infraspinatus und M. subscapularis) und zur Wirbelsäule hin durch den M. rhomboideus gebildet wird. Das Schulterblatt interpretieren wir als dreieckige Anordnung von Röhrenknochen, gegeben durch Spina – Margo medialis – und Margo lateralis.

Von besonderem Interesse ist die Abspannung des Humerus zur Skapula. Sie hat zu verhindern, daß der Gelenkkopf einfach am Glenoid vorbeigleitet. Hier finden sich zwei Knotenpunkte, erstens der Halsansatz, zweitens das Gelenk selbst, das wir als Punkt in den Gelenkspalt legen. Zum Hals zählen wir nicht nur das Collum anatomicum, sondern den ganzen Kopf bis zur Gelenkfläche.

Die Kraftumlenkung vom Schaft des Humerus in den Hals (bzw. umgekehrt) wird durch Rotatoren (M. infraspinatus, M. subscapularis) besorgt, die, wie schon erwähnt, als Teiluntergurt des Systems wirksam werden. Den Halsansatz umgreifen sie wie eine Zange. Sie fächern stark auf und ziehen in ihrer Gesamtheit auf die halbe Höhe des Margo medialis. Am eigentlichen „Gelenkpunkt“ wird die Kraftrichtung nur noch wenig verändert. Dem dazu notwendigen schwachen Zug haben wir in unserer Zeichnung dem M. serratus anterior unter der Annahme zugeschrieben, daß er teilweise in die Gelenkkapsel eingreift. Andernfalls müßte die Margo lateralis diesen Zug übernehmen, was für einen Knochen jedoch die Ausnahme sein sollte.

### Kräfte in der Transversalebene

Das System Oberarm/Schulterblatt kann nur dann auf dem Brustbein fixiert werden, wenn es auch nach ventral zum Brustbein hin, verspannt wird (Abb. 4). Dazu stützt es

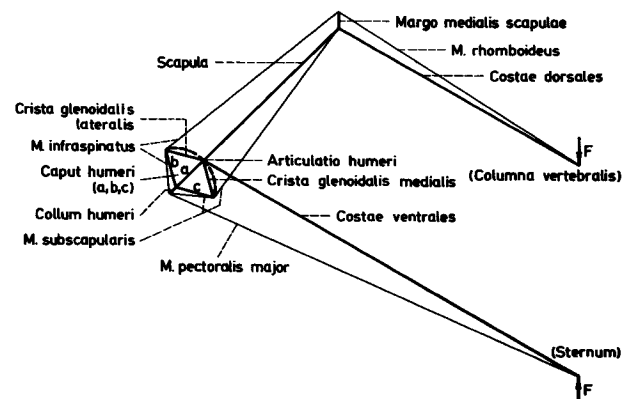


Abb. 4: Schultergürtel im horizontalen Schnittbild.

sich auf den vorderen Rippenbogen ab und wird vom *M. pectoralis major* gehalten. Der Knotenpunkt, an dem die Abstützung erfolgt, wird durch das Schultergelenk selbst gegeben. Ohne Belang ist es, daß das Schulterblatt durch zwei Muskeln (*M. subscapularis* und *M. serratus anterior*) vom Brustkorb getrennt ist. Sie dienen praktisch als Gleitschicht für dieses „Skapulothorakgelenk“, das nunmehr aus zwei Knotenpunkten besteht (der erste liegt am *Margo medialis*).

Der knöcherne Schultergürtel besteht damit aus dem hinteren Rippenbogen, dem Schulterblatt mit Humerus und dem vorderen Rippenbogen. Häufig wird der Schultergürtel anders dargestellt, nämlich mit Schlüsselbein und ohne Rippen. Die Klavikula liegt aber zu weit kranial und ist außerdem für die Funktion des ventralen Stabilisators zu schwach dimensioniert. Der Schultergürtel wird umlaufend durch die *M. rhomboideus*, *infraspinatus* und *pectoralis major* verspannt. Der *M. subscapularis* ist dem *M. infraspinatus* parallel geschaltet und hat damit die Aufgabe, den gesamten Schultergürtel auszusteuern.

Die Verspannung des Schultergürtels erzeugt an Brustbein und Wirbelsäule eine geringfügige Kraft, die nach außen gerichtet ist und anderweitig kompensiert werden muß. Die Muskelzange aus *M. infraspinatus* und *M. subscapularis* kann am Humerus nur dadurch funktionieren, daß die *Crista glenoidalis* als Umlenkleiste dient. Um den Angriffswinkel der Muskelzange zu verbessern, ist die Krista durch das *Labrum glenoidalis* verlängert. Die bekannte Vergrößerung der Gelenkfläche ist ein zweiter Effekt (11).

### Adaptation des Glenohumeralgelenkes

Der komplette Ausfall nur eines Muskels der umlaufenden Verspannung hat für die aktive Führung des Armes katastrophale Folgen. Der Patient erlernt sogenannte Trickbewegungen, d. h., er versucht über Innervation für die Bewegung nicht spezifischer Muskelgruppen sein Ziel zu erreichen und nutzt dabei häufig Schwungphasen, um muskuläre Defizite zu überbrücken. Bereits beim Ausfall von zwei sogenannten „essentiellen Muskeln“ ist keine nennenswerte Armbewegung mehr möglich (16). Weniger eindrucksvoll und in der Regel schwerer erfäßbar als lähmungs- oder verletzungsbedingte Ausfälle sind muskuläre Abschwächungen der Rotatorenmanschette. Dabei interessieren uns in unserem Modell vornehmlich Folgeerscheinungen muskulärer Fehlsteuerungen, die, nicht erfaßt, bereits seit der Kindheit bestehen und Einfluß auf die Gestaltentwicklung des Gelenkes nehmen können.

Am Beispiel einer angenommenen muskulären Fehlsteuerung des *M. subscapularis* sollen die zu erwartenden reaktiven Mechanismen beschrieben werden (Abb. 5): Als Normalfall nehmen wir für die Transversalebene an, daß Humerushals und Schulterblatt auf einer Geraden liegen. Die Berechnung (graphisch) hat ergeben, daß dabei der *M. subscapularis* knapp die halbe Kraft des *M. infraspinatus* aufbringen muß; die andere Hälfte übernimmt der *M. pectoralis major*.

Wir haben nun in unseren Rechengang eingegeben, daß der *M. subscapularis* das Doppelte oder nur die Hälfte

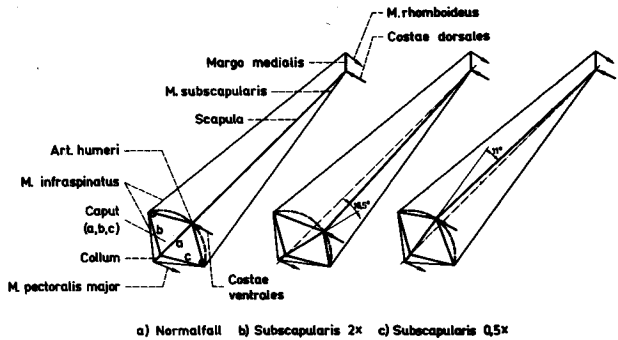


Abb. 5: Änderungen der Humerustorsion bei muskulärem Aussteuerungsfehler.

des Normalzuges leistet. Das System kommt dadurch wieder ins Gleichgewicht, daß sich die Wachstumsrichtung des Humerushalses zum Schulterblatt ändert.

Abb. 5 zeigt das Prinzip der Berechnung. Zieht der *M. subscapularis* zu stark (Fall b), dreht sich der Hals auf ihn zu, stemmt sich ihm gewissermaßen entgegen. Im Laufe des weiteren Wachstums resultiert eine verminderte Retrotorsion des Collum humeri oder sogar eine Antetorsion. Vom zu schwachen *M. subscapularis* (Fall c) dreht sich das Collum humeri weg, es wächst in Richtung einer vermehrten Retrotorsion.

Der Humeruskopf drückt im Fall b verstärkt auf die Vorderkante und im Fall c verstärkt auf die Hinterkante des Glenoids.

Da sich die Zugrichtung des zu stark ziehenden Muskels und die Druckresultierende des Humerushalses einander annähern, wird der Rotationsbereich, in dem Stabilität gewährleistet ist, schmaler. Das Gelenk luxiert leichter.

Da der ganze Schultergürtel sehr beweglich ist, kann der Grad der Fehlstellung des Halses zum Schulterblatt nicht direkt bestimmt werden. Es ist aber anzunehmen, daß diese Fehlstellung sich im Grad der Retrotorsion des Humerus widerspiegelt, d. h. im Winkelunterschied zwischen Humerushals und Achse des Ellenbogengelenkes. Ähnlich reaktive Anpassungen sind für das Glenoid zu erwarten, aber morphometrisch schwerer zu erfassen.

### Diskussion

Die Nosologie von Schultererkrankungen ist durch die Einbeziehung neuer Termini, wie Impingement (18), Subluxation und Instabilität, uneinheitlich geworden, da diese Begriffe mit der *Duplayschen* Einteilung kollidieren.

Die meisten unspezifischen Erkrankungen der Schulter lassen sich nach dem Kriterium „Instabilität“ einordnen. Instabilität bezeichnet dabei den Verlust der vornehmlich muskulär/ligamentär gesicherten Zentrierung (s.o.) der glenohumeralen Artikulation. Im Widerspruch zur klassischen Meinung (8, 18, 23, 24, 29) neigen wir dazu, die Rotatorenmanschettenruptur und sogenannte Impingementsyndrome ebenfalls als Instabilität mit der Spezifikation „kraniale Instabilität“ zu benennen. So betrachtet, ordnet sich der Terminus „Impingement“ als Symptom der Diagnosekategorie „kraniale Instabilität“ unter. Das

„Impingement“ ist als Diagnose nicht einsetzbar, da es die tatsächliche morphologische Veränderung nicht näher beschreibt.

Wichtig ist die Einbeziehung des Begriffs „flüchtige Instabilität“ („Transient instability“) zur Kennzeichnung arthroskopisch differenzierbarer Schnapp-Phänomene (s.o.).

Die Verwendung des Terminus „Instabilität“ als übergeordneter Begriff erlaubt eine einheitliche Betrachtungsweise der häufigsten funktionellen Störungen des Schultergelenkes, da die mechanische Auswirkung morphologischer Veränderungen klinisch regulär als Instabilität sichtbar wird. Die Kontraktur als vergleichsweise zu anderen Gelenken hypersensible Reaktion auf wiederholte kapsuläre und perikapsuläre Reizungen entspricht einer Umkehrung von Instabilität und betont die Dominanz der kapsulär-muskulär-ligamentären Führung des Gelenkes. Eine Klassifikation von Schultererkrankungen sollte berücksichtigen, ob eine uni- oder multidirektionale, eine willkürliche oder unwillkürliche Instabilität vorliegt (23). Sie muß die Instabilitätsrichtung angeben und sollte die Ursache der Instabilität klären. Die vorgeschlagene Klassifikation berücksichtigt die wesentlichen Aspekte klassischer Einteilungen (14), verzichtet aber auf Spezifikationen zugunsten der übersichtlichen und damit bevorzugt klinischen Einsetzbarkeit. Wesentlicher Gesichtspunkt ist dabei die Unterscheidung anlagebedingter (sogenannte primäre GHI) und erworbener Instabilitäten (sogenannte sekundäre GHI).

Die Pathogenese der Instabilität wurde vielfach beschrieben (5, 11, 18, 23, 25), die Diskussion um die Ursachen primärer Instabilitätsbilder ist noch in vollem Gang. Das initiale Trauma der meist sporttreibenden Jugendlichen ist nicht quantifizierbar und dadurch nicht auswertbar, so daß wir bei der Identifizierung primärer Instabilitäten auf die Erweiterung der Diagnostik durch Computertomographie, Hyperlaxitätsmessungen und Muskelfunktionsteste angewiesen sind. Dieser Weg ist wissenschaftlich akzeptabel, für die praktische Routine aber zu aufwendig.

Muskuläre Fehlsteuerungen wurden jüngst von *Brostrom* und Mitarbeitern (2) elektromyographisch während des Schulterluxationsvorgangs dokumentiert. Das von uns vorgestellte statische Kräfteschema greift die Annahme der muskulären Fehlsteuerung auf und demonstriert am Beispiel eines primären Aussteuerungsfehlers die zwangsläufige Entwicklung einer pathologischen Humerustorsion.

Morphometrische Messungen aus verschiedenen Einrichtungen (3, 4, 9, 10, 22, 25) bestätigen, daß Korrelationen zwischen Instabilitätsrichtung und Retrotorsionswert des Humerushalses nur unregelmäßig nachweisbar sind. Umfangreiche eigene Erfahrungen mit der Fehlergröße der morphometrischen CT-Messung legen uns zusätzlich Zurückhaltung in der Interpretation der Ergebnisse auf. Die detaillierten isokinetischen Messungen von *Harbermeyer* (8) berücksichtigen nicht die Morphometrie des Gelenkes, und umgekehrt berücksichtigen morphometrische Arbeiten die Muskulatur noch zu wenig. Die Kenntnisse über anlagebedingte oder erworbene Hyperlaxitäten und deren möglicher Einflußnahme auf das Gelenk sind noch fragmentarisch (1, 29), so daß ein abschließendes Urteil über den Einfluß derartiger Risikofaktoren aktuell nicht gefällt werden kann. Wir pflichten *Kölbl* (15) bei, wenn er darauf hinweist, daß röntgenologisch ermittelte Torsionsanomalien im Zusammenhang mit Methoden der Funktionsanalyse neu angesehen werden sollen.

Insgesamt ist festzuhalten, daß die Diskussion um die Ätiogenese insbesondere der primären Instabilität nicht abgeschlossen werden kann. Potentiell luxationsbegünstigende Faktoren, wie Torsionsanomalie und Bandlaxität, müssen weiter wissenschaftlich analysiert werden.

Literatur beim Verfasser.

*Anschrift für die Verfasser:*

Dr. med. T. Rieder, Orthop. Klinik der Humboldt-Universität zu Berlin (Charité), Schumannstr. 20/21, O-1040 Berlin.