

1.10 Die Gelenke der Schulter und des Schultergürtels

Die Schulter- und Schultergürtelregion beherbergt nicht nur eines, sondern fünf Gelenke, die insgesamt einen Gelenkkomplex bilden (► Abb. 39), und mit dessen Hilfe wir die Bewegungen der oberen Extremität definieren wollen. Die fünf Gelenke teilen sich in 2 Gruppen.

- Erste Gruppe, zwei Gelenke beinhaltend:
 - Das Schultergelenk (Articulatio humeri). Anatomisch gesehen ein echtes Gelenk (Kontakt zwischen zwei überknorpelten Gelenkflächen). Es ist das wichtigere der beiden Gelenke der ersten Gruppe.
 - Das akromiale Nebengelenk („articulation sous-deltoidienne“) oder „zweites Schultergelenk“. Hierbei handelt es sich anatomisch nicht um ein echtes Gelenk, jedoch hat es physiologisch die Bedeutung einer Artikulation, da zwei Flächen gegeneinander gleiten. Dieses Nebengelenk ist mechanisch eng an das Schultergelenk gekoppelt. Jedwede Schultergelenksbewegung zieht eine Bewegung im Nebengelenk nach sich.

- Zweite Gruppe, drei Gelenke beinhaltend:
 - „Gelenk“ zwischen Schulterblatt und Thorax. Auch hier handelt es sich nur physiologisch und nicht anatomisch um ein Gelenk. Es ist das wichtigste „Gelenk“ dieser Gruppe, wenngleich es seine Funktion ohne die beiden übrigen, mit denen es mechanisch eng verknüpft ist, nicht ausüben kann.
 - Akromioklavikulargelenk: echtes Gelenk am äußeren Ende der Klavikula.
 - Sternoklavikulargelenk: echtes Gelenk am inneren Ende der Klavikula.

Zusammenfassend kann man den Gelenkkomplex folgendermaßen einteilen:

- Erste Gruppe: Ein echtes Gelenk als Hauptgelenk: Schultergelenk. Ein „falsches“ Gelenk als Nebengelenk: akromiales Nebengelenk.
- Zweite Gruppe: ein falsches Gelenk als das wichtigere: Skapulothorakalgelenk und zwei echte Gelenke als Nebengelenke: akromiales und sternales Klavikulargelenk.

In beiden Gruppen sind die Gelenke mechanisch verknüpft, d.h., sie sind immer gleichzeitig in Funktion. De facto erfolgt auch das Gelenkspiel beider Gruppen gleichzeitig, wobei die Gelenke der Gruppen in Abhängigkeit von den Bewegungen unterschiedlich beteiligt sind.

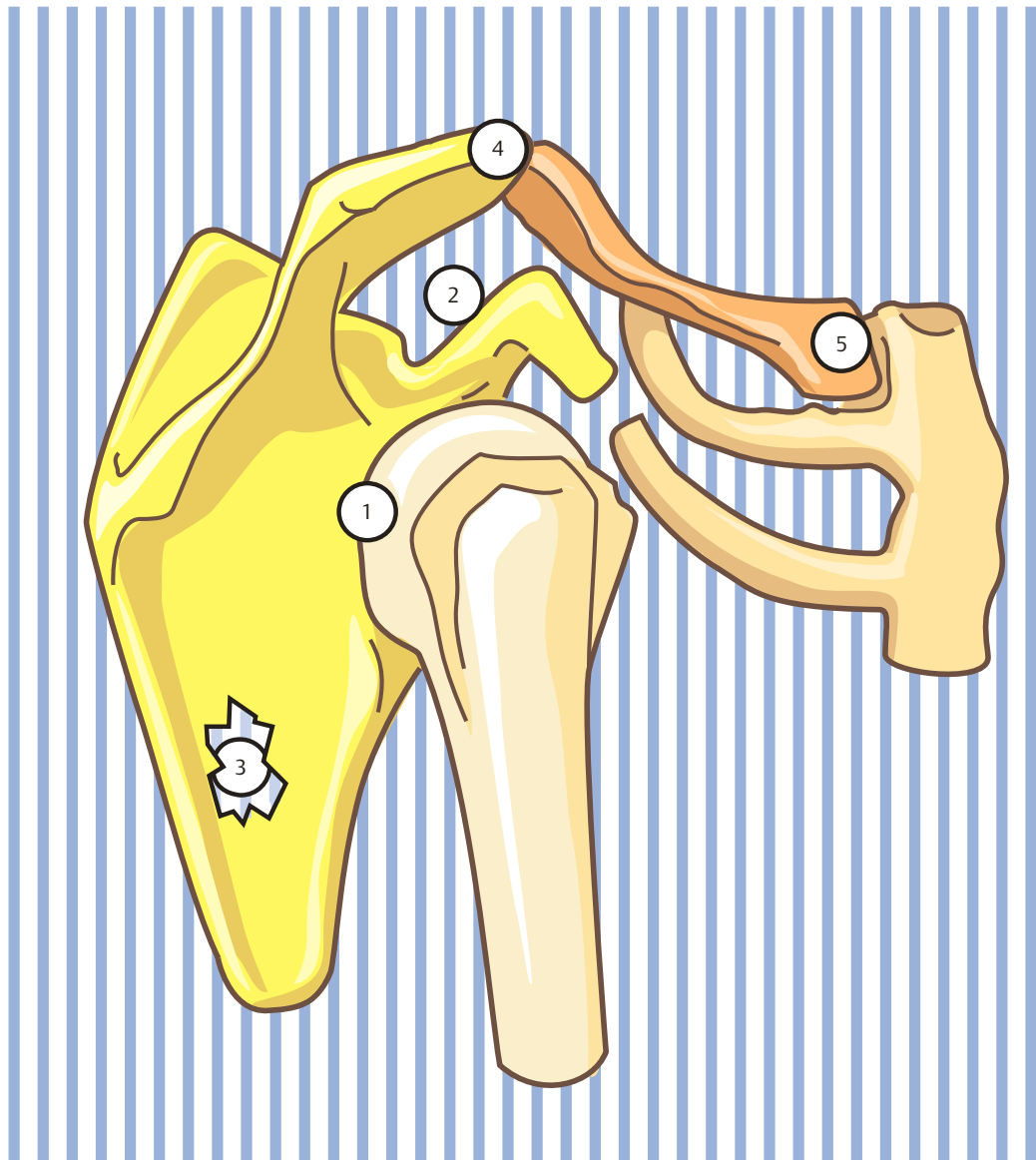


Abb. 39

1.11 Die Gelenkflächen des Schultergelenks

Es handelt sich um sphärische, für ein Kugelgelenk mit drei Achsen und drei Freiheitsgraden typische und charakteristische Oberflächen (► Abb. 40, ► Abb. 41).

1.11.1 Humeruskopf

Nach oben, innen und nach hinten ausgerichtet, entspricht die Gelenkfläche (► Abb. 40) einem Drittel einer Kugeloberfläche (Radius 3 cm). Bei genauer Betrachtung ist die Oberfläche bei weitem nicht gleichmäßig gestaltet, da der vertikale Durchmesser um 3 bis 4 mm größer ist als der sagittale. Desweiteren bemerkt man am frontalen Schnitt (► Abb. 42), dass der Krümmungsradius des Gelenkkopfes von oben nach unten zu beständig abnimmt, und dass nicht nur ein Krümmungsmittelpunkt, sondern eine Serie von Krümmungsradien existieren, deren Zentren auf einer Spirale liegen. Demnach ist der Flächenkontakt am größten und die Gelenkstabilität am ausgeprägtesten, wenn die obere Partie des Humeruskopfes mit der Pfannengelenkfläche artikuliert; dies umso mehr, als die mittleren und unteren Anteile des Ligamentum glenohumerale angespannt sind. Diese 90° Abduktionsstellung entspricht der geschlossenen oder „Closed-packed“-Stellung nach Mac Conaill.

Die Achse des Humeruskopfes bildet mit der Diaphysenachse einen Inklinationswinkel von 135° und mit der Frontalen einen Torsionswinkel von 30°.

Der Kopf wird von dem übrigen Teil der Epiphyse durch das Collum anatomicum abgegrenzt, dessen Ebene um 45° gegen die Horizontale geneigt ist. Flankiert wird der Kopf von zwei Erhebungen, an denen die periartikulären Muskeln inserieren, vom Tuberculum minus, das nach vorne gerichtet ist, und vom Tuberculum majus, das nach lateral schaut.

1.11.2 Cavitas glenoidalis des Schulterblatts

Die Gelenkpfanne befindet sich am oberen äußeren Winkel des Schulterblattkörpers (► Abb. 41). Sie ist nach lateral vorne und leicht nach oben gerichtet. Sie ist bikonkav (vertikal und transversal), die Konkavität ist jedoch unregelmäßig und weniger stark ausgeprägt als die korrespondierende Konvexität des Kopfes. Der Rand der Pfanne ist leicht erhaben, im vorderen oberen Bereich leicht eingekerbt. Die Pfanne ist wesentlich kleiner als die Artikulationsfläche des Kopfes.

1.11.3 Labrum glenoidale – Pfannenlippe

Der Faserknorpelring **b** ist dem Pfannenrand aufgesetzt, er überbrückt die vorne oben gelegene seichte Einkerbung. Durch den Ring wird die Pfannenfläche etwas vergrößert, vor allem aber wird durch ihn die Konkavität verstärkt und somit eine Kongruenz zwischen den artikulierenden Flächen geschaffen. Das Labrum hat im Querschnitt 3 Flächen:

- Eine Innenfläche, befestigt am Pfannenrand;
- Eine Außenfläche, an der Kapselanteile inserieren;
- Eine zentrale Fläche, die in die Knorpelschicht der Pfanne übergeht und mit dem Humeruskopf Kontakt hat.

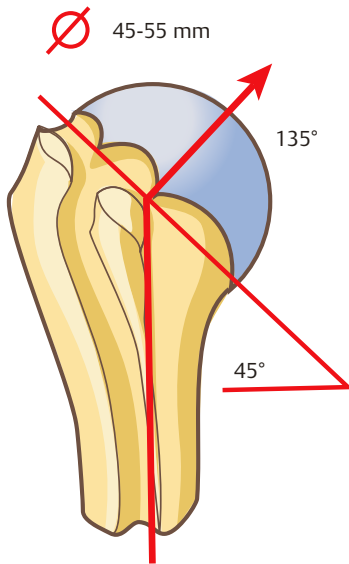


Abb. 40

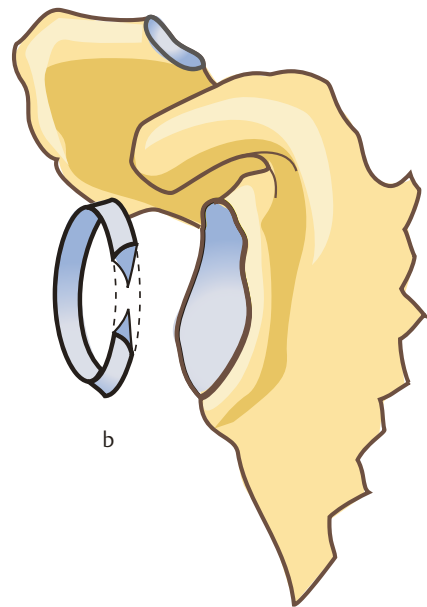


Abb. 41

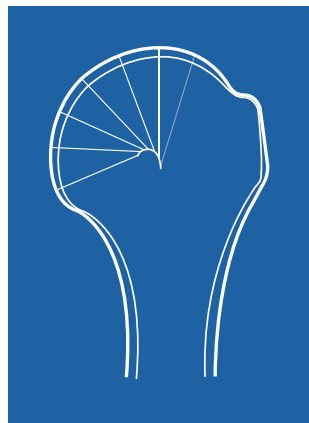


Abb. 42

1.12 Momentandrehachsen

Der Krümmungsmittelpunkt einer Gelenkfläche fällt nicht zwangsläufig mit der Drehachse zusammen, da andere Faktoren, so z. B. die Gestalt der Artikulationsfläche, die die Spannung von Bändern oder Muskelkontraktionen die Gelenkmechanik beeinflussen. In der Vergangenheit wurde der Humeruskopf als ein Kugelabschnitt beschrieben, was zu der Vorstellung führte, dass er ein starres und unbewegliches Bewegungszentrum hätte. Wie die jüngsten Untersuchungen von Fischer et al. zeigen, existiert eine Reihe von Momentandrehpunkten, die den jeweiligen Drehachsen von kleinsten Punkt- zu Punkt-Bewegungen entsprechen. Die Berechnung und Lagebestimmung dieser Drehzentren erfolgt mit Hilfe von Röntgenserienaufnahmen.

Für die reine Abduktion, d. h. eine ausschließliche Bewegung des Armes in der Frontalen, existieren zwei Gruppen von Momentandrehpunkten (► Abb. 43; Humeruskopf in Frontalansicht). Zwischen beiden Gruppen liegt, ursächlich noch nicht erklärbar, eine auffällige Diskontinuität 3–4. Die erste Gruppe liegt innerhalb eines Kreisfeldes **C1** im medial-distalen Kopfbereich. Das Zentrum des Feldes ergibt sich als Schwerpunkt der Momentandrehzentren, sein Radius als Mittelwert der Strecken von diesem Schwerpunkt zu jedem der Momentandrehzentren. Die zweite Gruppe befindet sich in einem weiteren Kreisfeld **C2** nahe der oberen Hälfte des Kopfes. Die beiden Kreise liegen getrennt voneinander. Bei einer Abduktionsbewegung kann das Schultergelenk quasi als Doppelgelenk aufgefasst werden (► Abb. 44; Humeruskopf in Frontalansicht).

- Beim Bewegungsbeginn bis hin zu 50° findet die Drehung des Humeruskopfes um eine Achse statt, die an einer Stelle innerhalb des Kreises **C1** liegt.
- In der zweiten Phase der Abduktion von 50 bis 90° ist das Drehzentrum im Kreisfeld **C2** gelegen.
- Bei etwa 50° Abduktion tritt eine Art Bewegungssprung auf, bei dem sich das Drehzentrum nach oben und innen außerhalb des Kopfes verlagert.

Bei der Anteversion (► Abb. 45; Ansicht von lateral) ist kein derartiger Bewegungssprung der Momentandrehzentren zu erkennen. Diese liegen innerhalb eines Kreisfeldes in der Mitte der unteren Kopfpattie.

Das Kreisfeld für die axiale Rotation schließlich (► Abb. 46; Ansicht von kranial) deckt sich mit dem Markraum der Diaphyse und ist von beiden Kopfrändern gleich weit entfernt gelegen.

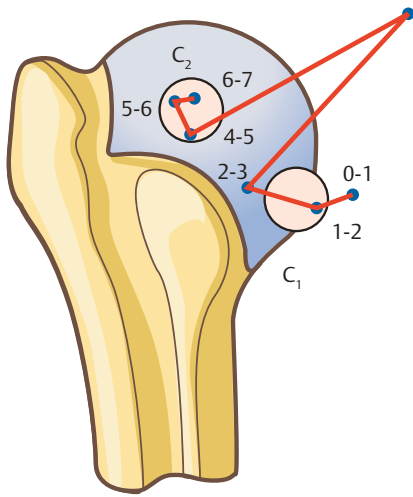


Abb. 43

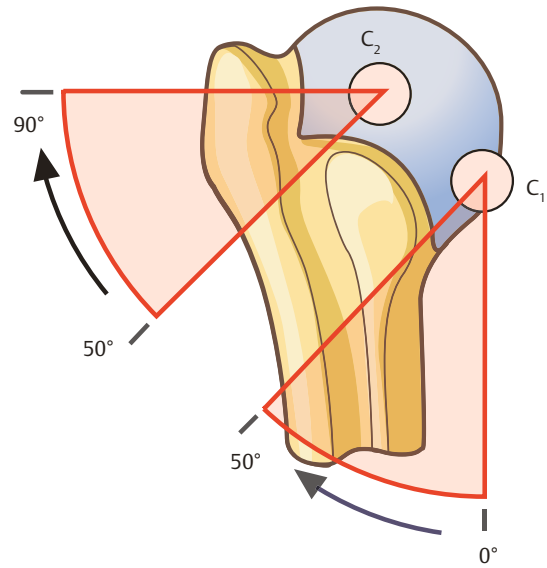


Abb. 44

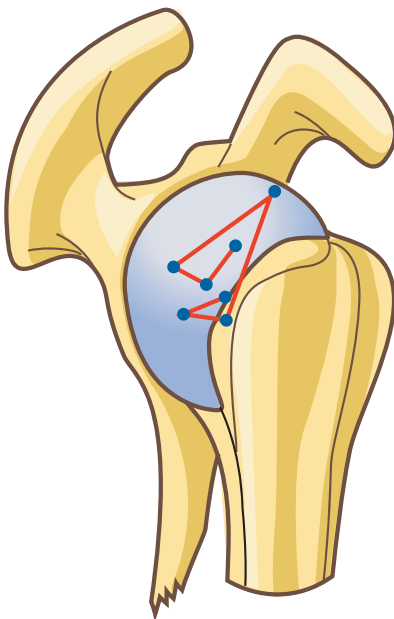


Abb. 45

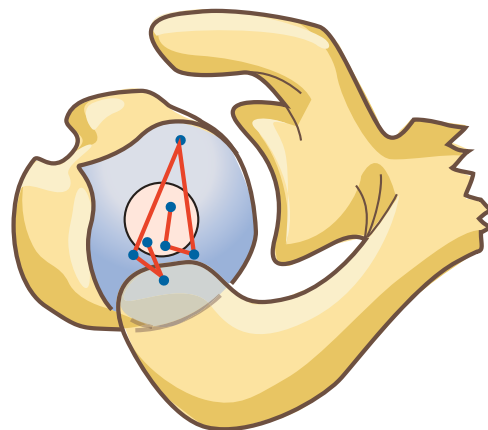


Abb. 46

1.13 Kapsel und Bänder des Schultergelenks

Der Kapsel-Band-Apparat des Schultergelenks ist ausreichend schlaff, um eine große Beweglichkeit zu erlauben. Er ist allein nicht in der Lage, das Gelenk zu stabilisieren.

Zur Darstellung der Innenflächen des Kapsel-Band-Apparates (► Abb. 47, ► Abb. 48, ► Abb. 49, ► Abb. 50, nach Rouvière) ist das Gelenk eröffnet und die beiden Gelenkpartner sind voneinander gelöst worden:

Die Medialansicht des proximalen Humerusendes (► Abb. 47) zeigt:

- Den Humeruskopf, umgeben von einem „halskrausenartigen“ Anteil der Kapsel **1** mit folgenden unterscheidbaren Strukturen:
 - die Frenula capsulae **2** am unteren Pol des Kopfes als synoviale Falten;
 - die Verdickung, gebildet durch die kraniale Partie des Ligamentum glenohumerale **3**;
 - die durchtrennte Sehne des Caput longum des M. biceps brachii **4**;
 - die Schnittfläche des M. subscapularis nahe der Insertionsstelle am Tuberculum minus **5**.

Die Skapula in Lateralansicht (► Abb. 48) zeigt:

- Die Cavitas glenoidalis **2**, vom Labrum glenoidale (Pfannenlippe) umgeben, überbrückt die vorne oben gelegene, seichte Pfannenrandeinkerbung;
- Die Sehne des langen Bizepskopfes **3**, hier durchtrennt, entspringt am Tuberculum supraglenoidale und mit zwei Schenkeln von der Pfannenlippe. Die Sehne läuft also intraartikulär;
- Die Kapsel **8** besitzt folgende Bandverstärkungen:
 - Ligamentum coracohumerale **7**;
 - Ligamentum glenohumerale (► Abb. 49) mit seinen drei Anteilen: oberer **9**, mittlerer **10** und unterer Anteil **11**;
- Der Processus coracoideus **9** (► Abb. 48) liegt vorn-oben, das Akromion **10** ist reseziert;
- Das Tuberculum infraglenoidale **11** (► Abb. 48), das extraartikulär liegt, dient der Sehne des Caput longum des M. triceps brachii als Ursprung.

In der Ansicht von vorn (► Abb. 49) erkennt man die ventralen Bänder sehr deutlich:

- Ligamentum coracohumerale **3**, erstreckt sich vom Processus coracoideus **2** bis zum Tuberculum majus, wo auch der M. supraspinatus **4** ansetzt.
- Ausläufer der beiden Züge des Ligamentum coracohumerale überbrücken den proximalen Abschnitt des Sulcus intertubercularis, über den die lange Bizepssehne **6** den Gelenkinnenraum verlässt. Im weiteren Verlauf wird der Sulcus intertubercularis durch quere, bandartige Fasern **8** zum Tunnel geschlossen.
- Ligamentum glenohumerale mit seinen drei Anteilen, den Ligg. glenohumeralia superius **1**, medium **10** und inferius **11**. Allesamt bilden ein Z auf der vorderen Kapselwand. Zwischen den drei Bandzügen liegen zwei schwache Kapselstellen:
 - das Foramen nach Weitbrecht **12**;
 - das Foramen nach Rouvière **13**;
 - Caput longum des M. triceps **14**.

Ein Blick auf das eröffnete Gelenk von hinten (► Abb. 50) gibt einen guten Überblick über die Bänder, nachdem der Humeruskopf entfernt wurde. Die Schlaffheit der Kapsel erlaubt es, an der Leiche die Gelenkflächen um bis zu 3 cm auseinanderzubringen.

- Ligg. glenohumeralia medium **2** und inferius **3**, intrakapsuläre Ansicht. Ganz oben liegt das Lig. glenohumerale superius und das Ligamentum coracohumerale **4**, von dem kurze Fasern in die Kapsel einstrahlen.
- Oben durchläuft die lange Bizepssehne **6** den Gelenkraum:
- Medial liegt die Cavitas glenoidalis **7**, umgeben von der Pfannenlippe **8**.
- Am Tuberculum majus inserieren die drei dorsal gelegenen Muskeln:
 - M. supraspinatus **11**;
 - M. infraspinatus **12**;
 - M. teres minor **13**.

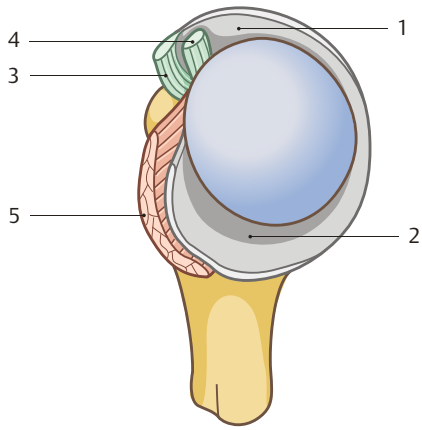


Abb. 47

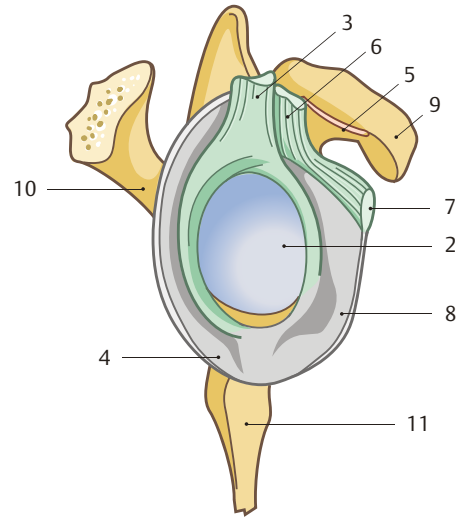


Abb. 48

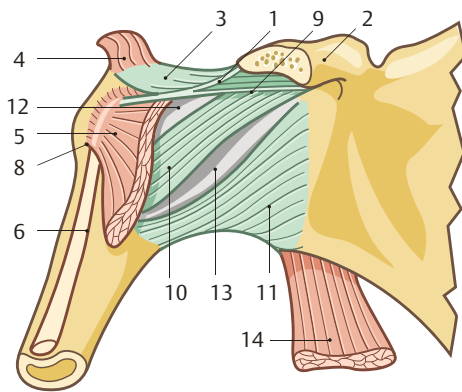


Abb. 49

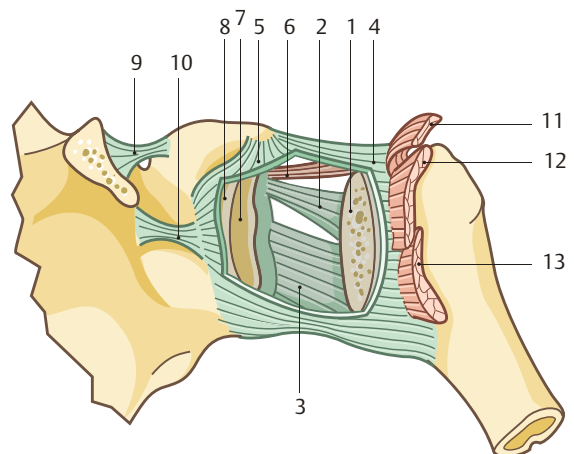


Abb. 50

1.14 Intraartikulärer Verlauf der langen Bizepssehne

Ein Frontalschnitt durch das Schultergelenk zeigt folgende Strukturen (► Abb. 51, nach Rouvière):

- Die Unebenheiten der knöchernen Schulterpfanne sind durch den Knorpelüberzug ausgeglichen **1**.
- Die Pfannenlippe **2** vertieft die Cavitas glenoidalis, dennoch ist die Gelenksicherung wenig ausgeprägt, was die Häufigkeit von Verrenkungen erklärt. Kranial ist das Labrum glenoidale **3** nur unvollständig verankert, der innere freie Rand ragt meniskusartig in den Gelenkspalt.
- In der Grundstellung (Neutral-Null-Stellung) des Gelenkes sind die kranialen Kapselanteile **4** gespannt, die kaudalen **5** bilden Reservefalten. Diese Falten mitsamt den Frenula capsulae **6** erlauben die Abduktionsbewegung.
- Die Sehne des langen Bizepskopfes **7** entspringt am Tuberculum supraglenoidale und oberhalb des kranialen Randes der Pfannenlippe. Die Sehne verläuft, um den Kapselraum im Sulcus intertubercularis **8** zu verlassen, unterhalb der Kapsel **4**.

1.14.1 Sagittalschnitte durch die kraniale Kapselpartie (► Abb. 52) zeigen:

- Innerhalb der Gelenkhöhle hat die Sehne auf dreierlei Weise Beziehung mit der Synovialmembran:
 1. Sie ist durch die Membrana synovialis **s** an die Innenseite der Kapsel **c** angeheftet.
 2. Die Membran bildet zwei kleine Einbuchtungen zwischen Kapsel und Sehne, sodass diese durch einen schmalen Steg, dem Mesotenon, mit der Kapsel verbunden ist.
 3. Die Sehne verläuft wieder frei durch die Kapsel, ist aber nun vollständig von der Membrana synovialis umschlossen.

Alle drei Verhältnisse werden normalerweise auf dem Weg der Sehne, beginnend am Ursprung, angetroffen. In jedem Falle verläuft die Sehne intrakapsulär, jedoch extrasynovial.

Es ist inzwischen gesichert, dass die lange Bizepssehne eine Bedeutung für die normale Funktion und auch für die Pathologie des Schultergelenkes hat. Kontrahiert sich der Bizeps, um z. B. eine schwere Last anzuheben, so sind beide Köpfe des Muskels zur Aufrechterhaltung des Flächenkontaktes im Schultergelenk wichtig. Der kurze Kopf mit Ursprung am Korakoid hebt sozusagen den Humerus an und verhindert, gemeinsam mit weiteren Muskeln (langer Kopf des M. triceps, M. coracobrachialis, M. deltoideus), eine Luxation des Kopfes nach unten. Gleichzeitig drückt der lange Kopf das Caput humeri in die Pfanne, besonders dann, wenn im Schultergelenk abduziert wird (► Abb. 53), da der lange Bizepskopf selbst mit an der Abduktion beteiligt ist. Reißt die Sehne, so ist die absolute Abduktionskraft um 20% vermindert. Der Spannungszustand der langen Bizepssehne hängt von der Weglänge der Sehne ab, die sie intraartikulär in horizontaler Richtung durchläuft. Diese Weglänge ist in Mittelstellung (► Abb. 56; kraniale Ansicht) und bei Außenrotation (► Abb. 54) am größten. Die Wirkung des langen Bizepskopfes ist dementsprechend am besten. Bei Innenrotation (► Abb. 55) hingegen ist der gestreckte intraartikuläre Verlauf sehr kurz und die Wirkung des Muskels somit gering. Es wird verständlich, denkt man an die Umbiegung der langen Bizepssehne im Sulcus intertubercularis, dass sie an dieser Stelle, ohne ein eingelagertes Sesambein, einer hohen mechanischen Beanspruchung unterliegt. Dieser Beanspruchung ist die Sehne nur dann gewachsen, wenn ihre Versorgung ausreichend ist. Bei einer altersbedingten Degeneration der Kollagenfibrillen kann die Sehne intrakapsulär schon anlässlich einer nur geringfügigen Anstrengung reißen. Es ergibt sich ein Krankheitsbild, das für die Periarthritis humeroscapularis typisch ist.

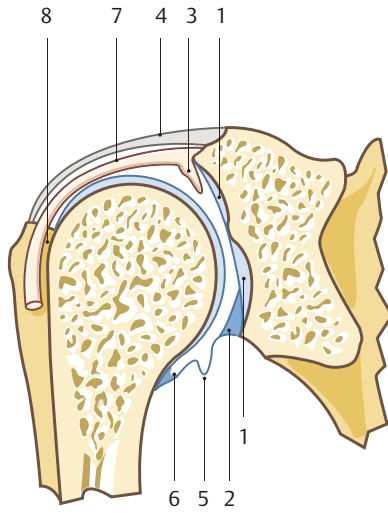


Abb. 51

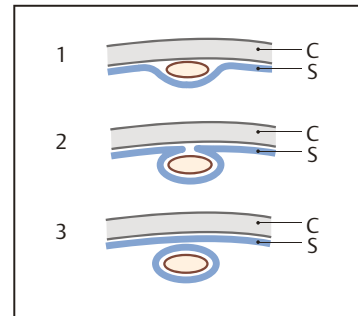


Abb. 52



Abb. 56



Abb. 54



Abb. 55

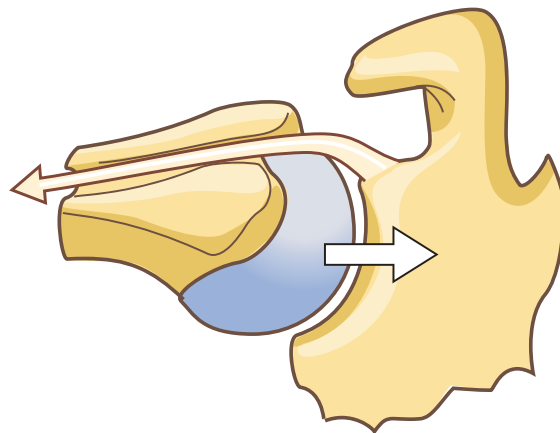


Abb. 53