Systematische Anatomie des Bewegungsapparates

Obere Extremität

Knochen, Bänder und Gelenke
Schultergürtel *110*
Die freie obere Extremität *114*

Muskulatur, Faszien und besondere Einrichtungen
Schultergürtel- und Oberarmmuskeln *136*
Funktion der Schultergürtelmuskeln *148*
Unterarmmuskeln *158*
Funktion der Muskeln im Ellbogengelenk und am Unterarm *170*
Funktion der Muskeln in den Handwurzelgelenken *172*
Kurze Muskeln der Hand *174*
Faszien und besondere Einrichtungen der freien oberen Extremität *180*

Knochen, Bänder und Gelenke

An der oberen Extremität unterscheidet man den **Schultergürtel** und die **freie Gliedmaße.** Den Schultergürtel bilden die Schulterblätter und die Schlüsselbeine.

Schultergürtel

Scapula (A – E)

Das Schulterblatt, **Scapula**, ist ein flacher dreiseitiger Knochen, dessen Ränder, *Margo medialis* (**1**), *Margo lateralis* (**2**) und *Margo superior* (**3**), durch Winkel, *Angulus superior* (**4**), *Angulus inferior* (**5**) und den abgeschrägten *Angulus lateralis* (**6**), voneinander getrennt sind. Die vordere Fläche, die *Facies costalis,* ist flach und leicht ausgehöhlt *(Fossa subscapularis).* An ihr sind manchmal gut ausgebildete Lineae musculares zu sehen. Die *Facies posterior* wird durch die Schultergräte, *Spina scapulae* (**7**), in eine kleinere *Fossa supraspinata* (**8**) und eine größere *Fossa infraspinata* (**9**) unterteilt. Die Spina scapulae beginnt mit einem dreieckigen Feld *(Trigonum spinae)* an der medialen Seite, nimmt nach lateral an Höhe zu und endet mit einem plattgedrückten Fortsatz, der Schulterhöhe, *Acromion* (**10**). Nahe dem lateralen Ende liegt eine ovale Gelenkfläche zur Verbindung mit dem Schlüsselbein, die *Facies articularis clavicularis* (**11**).

Der *Angulus acromii* (**12**) ist ein leicht tastbarer Knochenpunkt, der jene Stelle markiert, an dem der laterale Rand des Acromion in die Spina scapulae übergeht. Am Angulus lateralis liegt die Gelenkpfanne, die *Cavitas glenoidalis* (**13**). An deren Oberrand zeigt sich ein kleines Höckerchen, das *Tuberculum supraglenoidale* (**14**). Unterhalb der Cavitas findet sich das *Tuberculum infraglenoidale* (**15**). Anschließend an die Cavitas glenoidalis liegt der Hals der Scapula, *Collum scapulae* (**16**).

Über der Cavitas glenoidalis erhebt sich der Rabenschnabelfortsatz, *Processus coracoideus* (**17**). Er biegt rechtwinkelig nach lateroventral um und endet abgeplattet. Gemeinsam mit dem Acromion bildet er einen Schutz für das darunter liegende Gelenk. Medial von der Basis des Processus coracoideus findet sich im Margo superior ein Einschnitt, *Incisura scapulae* (**18**).

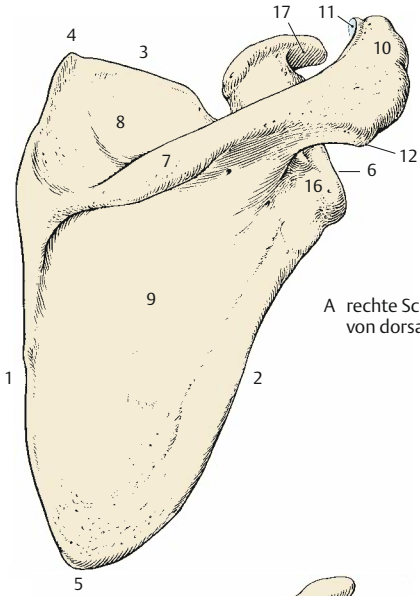
Die Scapula liegt dem Thorax an. Als Orientierung dient die Spina scapulae, die etwa in Höhe des 3. Brustwirbels liegen soll. Der Angulus inferior scapulae soll zwischen 7. – 8. Rippe gelegen sein, der Margo medialis soll bei herabhängendem Arm parallel zu der Dornfortsatzreihe stehen. Die **Skapularebene** ist jene Ebene, in der sich die Skapularplatte befindet. Sie schließt mit der Symmetrieebene einen Winkel von 60 Grad ein. Die Cavitas glenoidalis sieht nach lateral und vorne.

Varietäten: Die Incisura scapulae kann zu einem *Foramen scapulae* (**19**) umgebildet sein. Der Margo medialis kann manchmal konkav sein, man spricht dann von einer **Scapula scaphoidea.**

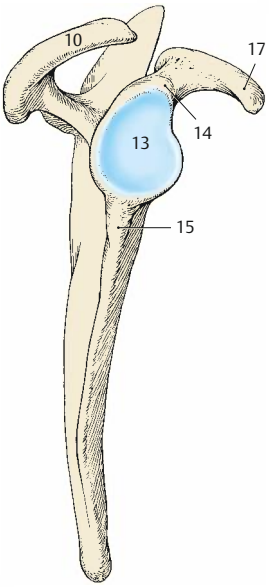
Entwicklung: Die Scapula entwickelt (**E**) sich aus mehreren Knochenkernen. Im 3. Fetalmonat entsteht ein großer Knochenkern im Bereich der Fosse supra- und infraspinata und der Spina scapulae. Im Processus coracoideus bildet sich im 1. Lebensjahr ein Kern, während kleinere Kerne zwischen dem 11. und 18. Lebensjahr über die ganze Scapula verteilt auftreten können. Alle Kerne verschmelzen zwischen dem 16. und dem 22. Lebensjahr. Der zwischen dem 15. und 18. Lebensjahr auftretende Kern im Acromion kann in seltenen Fällen selbständig bleiben **(Os acromiale).**

Bänder an der Scapula

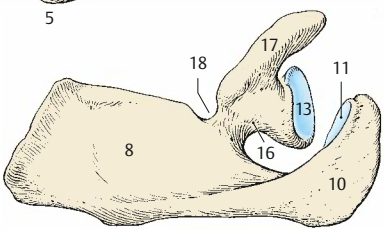
Das **Lig. coracoacromiale** überbrückt das Schultergelenk und spannt sich zwischen dem Processus coracoideus und dem Acromion aus. Es bildet den Fornix humeri. Das **Lig. transversum scapulae superius** überbrückt die Incisura scapulae. (Ein Lig. transversum scapulae inferius, das vom Rand der Spina scapulae zur Cavitas glenoidalis zieht, findet sich nur in Einzelfällen.)



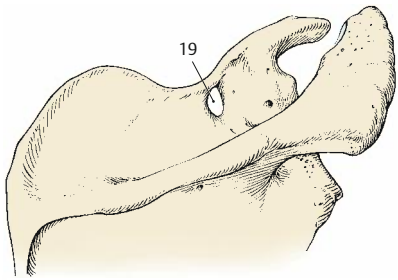
A rechte Scapula von dorsal



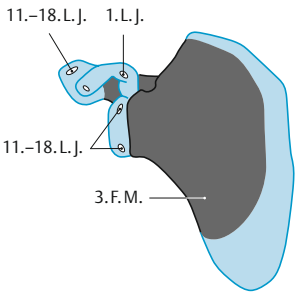
B rechte Scapula von lateral



C rechte Scapula von oben



D Foramen scapulae, Varietät



E Entwicklung der Scapula

Clavicula (A, B, F)

Das Schlüsselbein, **Clavicula,** ist ein „S"-förmig gebogener Knochen. Es zeigt medial nach vorne zu eine Konvexität, die etwa $^2/_3$ der Länge beansprucht, während lateral nach vorne zu eine Konkavität besteht. Es gibt die dem Sternum zugekehrte plumpe **Extremitas sternalis** (**1**) und die der Scapula zugekehrte platte **Extremitas acromialis** (**2**), dazwischen liegt das **Corpus claviculae.** Am sternalen Ende ist eine etwa dreiseitige Gelenkfläche, *Facies articularis sternalis* (**3**). Die *Facies articularis acromialis* (**4**) ist annähernd oval. An der Unterfläche der Clavicula liegt nahe der Extremitas sternalis die *Tuberositas lig. costoclavicularis* (**5**). An der Unterfläche des Corpus claviculae findet sich der *Sulcus m. subclavii.* Nahe dem akromialen Ende wölbt sich an der Unterfläche ein Höckerchen, *Tuberculum conoideum* (**6**), vor, und lateral davon befindet sich die *Linea trapezoidea* (**7**).

Entwicklung: Die Clavicula entwickelt sich auf bindegewebiger Grundlage. Ihre Verknöcherung beginnt in der 6. Embryonalwoche. Die Enden sind knorpelig präformiert, wobei ein Knochenkern am sternalen Ende erst im 16. – 20. Lebensjahr auftritt. Er synostosiert mit der übrigen Clavicula zwischen dem 21. und 24. Lebensjahr.

Klinischer Hinweis: Eine Missbildung ist die **Dysostosis cleidocranialis**. Dabei kommt es zu einer Fehl- bzw. Nichtentwicklung des bindegewebigen Anteiles der Clavicula, gemeinsam mit einem Defekt der bindegewebig präformierten Schädelknochen.

Verbindung des Schultergürtels (C – E)

Die Verbindungen mit dem Rumpf erfolgen durch kontinuierliche (Lig. costoclaviculare, **8**) und diskontinuierliche (Articulatio sternoclavicularis) Knochenverbindungen. Ebenso erfolgt die Verbindung der Schultergürtelteile untereinander durch kontinuierliche (Lig. coracoclaviculare) und diskontinuierliche (Articulatio acromioclavicularis) Knochenverbindungen.

Articulatio sternoclavicularis (C)

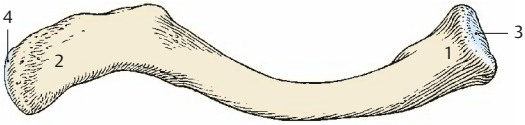
Sie ist ein Gelenk mit einem *Discus articularis* (**9**). Dieser scheidet den Gelenkraum in zwei Teile. Die Pfanne stellt die schwach konkave Einkerbung am Sternum dar, den Kopf bildet die Extremitas sternalis (claviculae). Die Inkongruenz wird durch faserknorpelähnliches Gewebe, mit dem die beiden Gelenkflächen überkleidet sind, und den Discus, der kranial an der Clavicula, kaudal am Sternum fixiert ist, ausgeglichen. Die Kapsel ist schlaff und dick und durch die *Ligg. sternoclavicularia anterius* (**10**) *et posterius* verstärkt. Beide Claviculae sind durch das *Lig. interclaviculare* (**11**) verbunden. Das Gelenk besitzt drei Freiheitsgrade und hat die Funktion eines Kugelgelenkes.
Das **Lig. costoclaviculare** (**8**) ist zwischen 1. Rippe und Clavicula ausgespannt.

Articulatio acromioclavicularis (D, E)

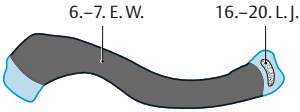
Hier gibt es zwei fast plane Gelenkflächen. Sie sind von faserknorpelähnlichem Gewebe (**12**) überkleidet. Die Kapsel besitzt an ihrer oberen Fläche ein Verstärkungsband, das *Lig. acromioclaviculare* (**13**).
Zwischen Processus coracoideus und Clavicula spannt sich das **Lig. coracoclaviculare** aus. Es gliedert sich in einen lateralen vorderen und einen medialen hinteren Anteil. Der laterale Anteil, **Lig. trapezoideum** (**14**), entspringt am oberen medialen Rand des Processus coracoideus und zieht zur Linea trapezoidea. Der mediale Anteil, **Lig. conoideum** (**15**), entspringt an der Basis des Processus coracoideus und endet, fächerförmig ausstrahlend, am Tuberculum conoideum.

Klinischer Hinweis: Bei starkem Zurückdrängen und Senken der Clavicula kommt es zu einer Kompression der A. subclavia. Man kann dies am Schwächerwerden des Radialispulses überprüfen.

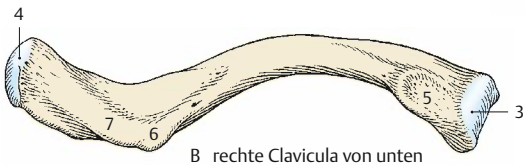
16 Lig. transversum scapulae superius,
17 Lig. coracoacromiale,
18 M. subclavius.



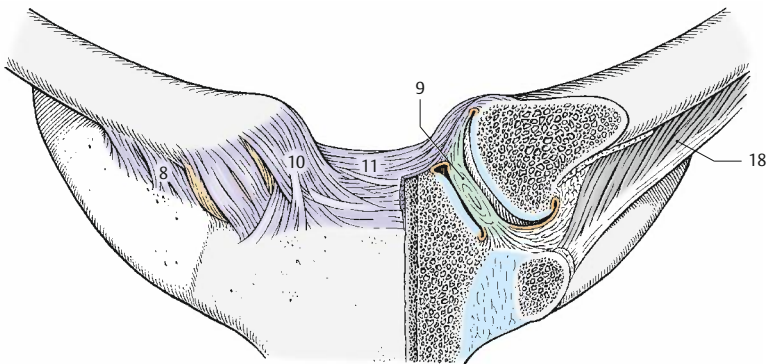
A rechte Clavicula von oben



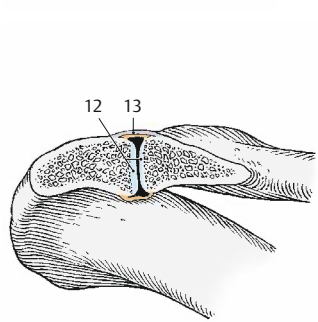
F Entwicklung



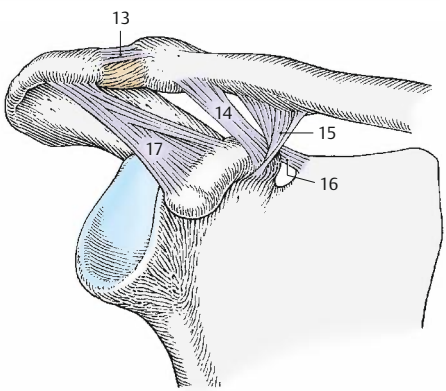
B rechte Clavicula von unten



C Articulatio sternoclavicularis



E Articulatio acromioclavicularis im Schnitt



D Articulatio acromioclavicularis

Die freie obere Extremität

Die Knochen der **freien oberen Extremität** sind
- der **Humerus**,
- der **Radius** und die **Ulna**,
- die **Ossa carpi**,
- die **Ossa metacarpi** und
- die **Ossa digitorum manus**.

Oberarmknochen

Humerus (A – H)

Der Oberarmknochen, **Humerus,** steht gelenkig mit Scapula, Ulna und Radius in Verbindung. Er besteht aus dem **Corpus** und einer **proximalen** und **distalen Extremitas.** Das proximale Ende bildet das *Caput humeri* (**1**), das durch das *Collum anatomicum* (**2**) abgesetzt erscheint. An der Vorderfläche der Extremitas proximalis liegen lateral das *Tuberculum majus* (**3**), medial das *Tuberculum minus* (**4**). Zwischen beiden beginnt der *Sulcus intertubercularis* (**5**), der distal durch die *Crista tuberculi minoris* (**6**) und die *Crista tuberculi majoris* (**7**) begrenzt ist. Proximal findet sich am Schaft das *Collum chirurgicum* (**8**). Etwa in der Mitte des Corpus sieht man lateral die *Tuberositas deltoidea* (**9**). Das Corpus gliedert sich in eine *Facies antero-medialis* (**10**) mit einem *Margo medialis* (**11**) und eine *Facies antero-lateralis* (**12**) mit einem *Margo lateralis* (**13**). Beide Ränder sind distal zugeschärft und werden als *Crista supracondylaris medialis* und *lateralis* bezeichnet. An der Hinterfläche des Corpus humeri liegt der *Sulcus n. radialis* (**14**). An der distalen Extremitas findet sich medial der mächtigere *Epicondylus medialis* (**15**), lateral der schwächere *Epicondylus lateralis* (**16**).

Trochlea humeri (**17**) und *Capitulum humeri* (**18**) bilden den *Condylus humeri* und dienen der gelenkigen Verbindung mit den Unterarmknochen. Proximal vom Capitulum humeri findet sich die *Fossa radialis* (**19**), proximal von der Trochlea die etwas größere *Fossa coronoidea* (**20**).

Medial von der Trochlea humeri (**D**) verläuft eine seichte Rinne, der *Sulcus n. ulnaris* (**21**). An der Hinterfläche findet sich oberhalb der Trochlea eine tiefe Grube, die *Fossa olecrani* (**22**).

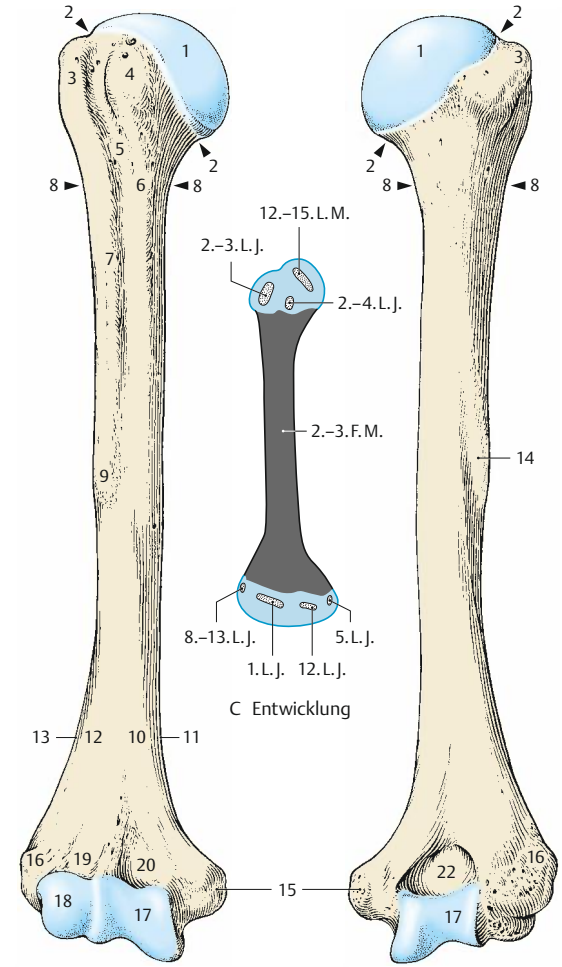
Der Humerus ist an seinem proximalen Ende torquiert, d. h. das Caput ist etwa um 20 Grad nach hinten gegenüber der Achse durch die Epicondyli humeri verdreht **(Torsion).** Zwischen der Längsachse des Humerus und dem Caput findet sich im Durchschnitt ein Winkel von etwa 130 Grad, während am distalen Ende, zwischen der queren Gelenkachse und der Längsachse des Humerusschaftes ein Winkel von 76 bis 89 Grad vorhanden ist.

Die **proximale Epiphysenlinie** (**23**) verläuft quer durch das Tuberculum minus und unterhalb des Tuberculum majus, wobei sie den Kapselansatz (S. 117) überkreuzt, sodass ein kleiner Teil des Corpus humeri noch innerhalb der Kapsel zu liegen kommt. Am **distalen Ende** sind zwei Epiphysen und **zwei Epiphysenlinien** (**24**) vorhanden. Eine Epiphyse umfasst den Epicondylus medialis und eine den Gelenkkörper sowie den Epicondylus lateralis.

Entwicklung: Im Allgemeinen findet die Knochenkernbildung und der Epiphysenfugenschluss beim weiblichen Geschlecht etwas früher als beim männlichen Geschlecht statt.
Die perichondrale Knochenanlage im Schaft tritt im 2. – 3. Fetalmonat auf. Die endochondralen Knochenkerne in den Epiphysen erscheinen zwischen der 2. Lebenswoche und dem 12. Lebensjahr. Proximal treten bald nach der Geburt 3 Knochenkerne auf, während distal 4 Knochenkerne später entstehen. Distal schließen sich die Epiphysenfugen während, proximal am Ende der Pubertät.

Varietäten: Knapp oberhalb des Epicondylus medialis findet man (selten) eine *Processus supracondylaris* (**25**) und manchmal oberhalb der Trochlea ein *Foramen supratrochleare* (**26**).

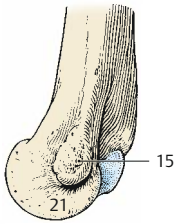
Klinischer Hinweis: Frakturen des Humerus erfolgen zu **50%** im Bereich **des Corpus.** Gefahr einer Schädigung des N. radialis!



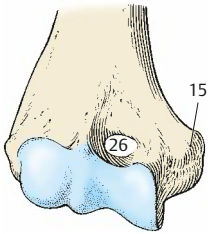
A rechter Humerus von vorne

B rechter Humerus von hinten

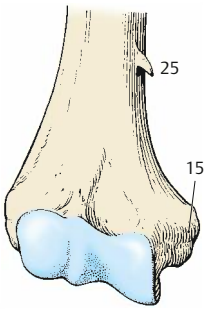
C Entwicklung



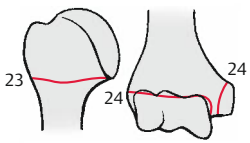
D distales Humerusende von medial



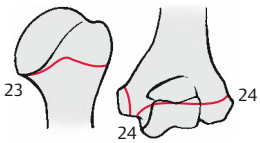
E Foramen supratrochleare



F Processus supracondylaris



G Epiphysenlinie von vorne



H Epiphysenlinie von hinten

Schultergelenk (A – G)

Die knöcherne Gelenkpfanne, die **Cavitas glenoidalis,** der **Articulatio humeri,** eines Kugelgelenkes, ist wesentlich kleiner als der **Humeruskopf.** Der hyaline Knorpelüberzug (**1**) der Cavitas glenoidalis ist am Rande dicker als im Zentrum. Die Pfanne wird durch eine faserknorpelige Gelenklippe, **Labrum glenoidale** (**2**), vergrößert.

Die Pfanne steht senkrecht auf der Skapularebene, und die Stellung des Schulterblattes bedingt damit die Einstellung des gesamten Gelenkes. Die Oberfläche der Cavitas glenoidalis beträgt ca. 6 cm^2, der Luftdruck wirkt daher mit ca. 6 kp auf das Gelenk. Das Gewicht der oberen Extremität beträgt etwa 4 kg. Da keine stärkeren Bänder vorhanden sind, müssen die Muskeln, die das Gelenk umhüllen, dieses sichern. Man spricht daher von einem **muskelgesicherten Gelenk.**

Das Caput humeri (**3**) ist annähernd kugelförmig. Der hyaline Knorpelüberzug beginnt am Collum anatomicum und reicht am Sulcus intertubercularis etwas weiter nach distal. Durch den Knorpelüberzug erhält das Caput humeri eine mehr ovale Form. Die **synoviale Gelenkkapsel** ist am Labrum glenoidale befestigt. Sie stülpt sich entlang der intrakapsulär verlaufenden Sehne des langen Bizepskopfes (**4**) sackartig aus (**C**) und umgreift diese mit einer *Vagina synovialis intertubercularis* (**5**). Die **fibröse Gelenkkapsel** bildet am Oberarm einen Bindegewebszug um den Sulcus intertubercularis und vervollständigt diesen zu einem osteofibrösen Kanal. Die **Capsula articularis** ist schlaff und zeigt an der medialen Seite bei herabhängendem Arm eine Aussackung, *Recessus axillaris* (**6**). Die Kapsel wird zum Teil durch das *Lig. coracohumerale* (**7**) und drei schwache *Ligg. glenohumeralia* in ihrem oberen Anteil verstärkt. Das Lig. coracohumerale entspringt an der Basis des Processus coracoideus (**8**), strahlt in die Kapsel ein und erreicht die Tubercula majus et minus. Bei herabhängendem Arm berührt der Humeruskopf mit seiner oberen Hälfte die Gelenkkapsel und mit seiner unteren die Cavitas glenoidalis.

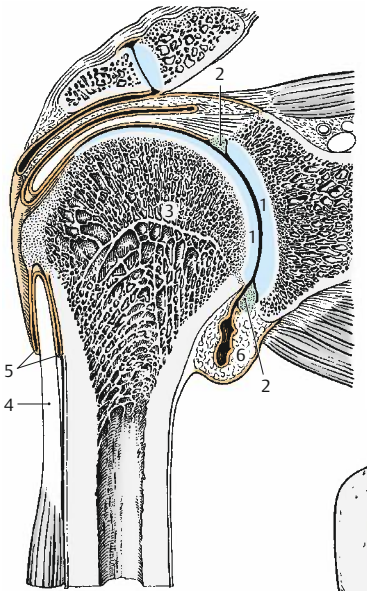
Das Schultergelenk steht mit verschiedenen Gleitbeuteln in Verbindung. Es kommunizieren im Regelfall die *Bursa subcoracoidea,* die *Bursa subtendinea m. subscapularis* (unter der Sehne des *M. subscapularis* **9**), die *Vagina synovialis intertubercularis* und die *Bursa m. coracobrachialis*.

Bewegungen im Schultergelenk (D – F)

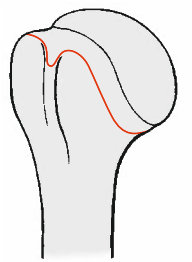
Bewegungen in drei Freiheitsgraden sind möglich. Man spricht von **Abduktion** und **Adduktion,** wobei man von der Ruhestellung (**D**) des Caput humeri in der Skapularebene (S. 110) ausgeht. Bei einer rein seitlichen Abduktion (**E**) kommt es gleichzeitig zu einer **Retroversion** (Rückhebung) und einer leichten Kreiselung, **Rotation,** während die von der Skapularebene ausgehende Abduktion etwas nach vorne gerichtet ist (Frontalabduktion).

Man kennt die **Anteversion,** das nach vorne Heben des Armes. Durch eine rotatorische Komponente ergibt sich unter Mitwirkung der vorher genannten Bewegungen eine zusammengesetzte Bewegung, die **Zirkumduktion** oder das Kreisen, wobei der Arm praktisch einen Kegelmantel beschreibt. Bei den Abduktionsbewegungen (**E**) kommt es *immer* zu einer Mitbewegung der Scapula; eine exzessive Mitbewegung der Scapula tritt bei einer Abduktion über 90 Grad (**F**) ein (Elevation), da dann eine Hemmung des Gelenkes durch das *Lig. coraco-acromiale* (**10**) gegeben ist (S. 110).

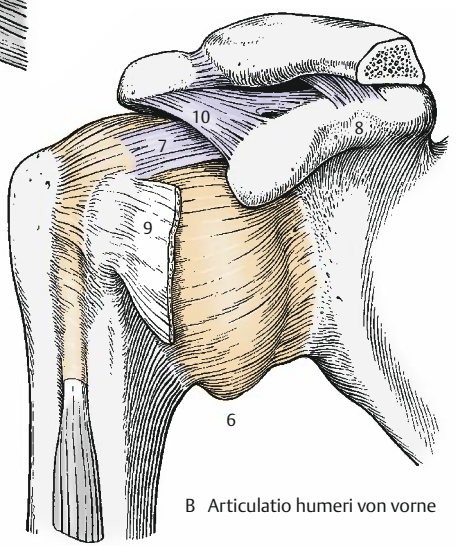
Klinischer Hinweis: Man findet beim Schultergelenk häufiger **Luxationen** (Verrenkungen) als bei anderen Gelenken. Kommt es bei Luxationen zu einem Kapselriss, so liegt dieser meist vorne unten.
Die **Schulterwölbung**, die von außen her tast- und sichtbar ist, wird vom Tuberculum majus gebildet. Aus der Schulterwölbung lässt sich die Stellung des Humeruskopfes ablesen. Bei Luxationen verschwindet die Schulterwölbung, der Humeruskopf ist aus der Pfanne luxiert, bei der äußeren Untersuchung fällt der Finger unter dem Acromion in eine leere Grube (**G**).
Bei Frakturen wird der seltene Bruch entlang des Collum anatomicum intrakapsulär verlaufen, wobei sehr schlechte Heilungsaussichten bestehen.



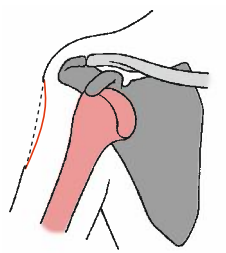
A Articulatio humeri im Schnitt



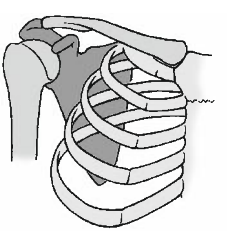
C Kapselansatzlinie am Humerus



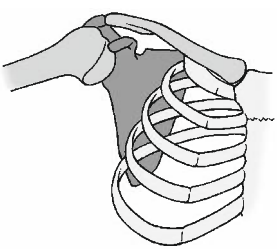
B Articulatio humeri von vorne



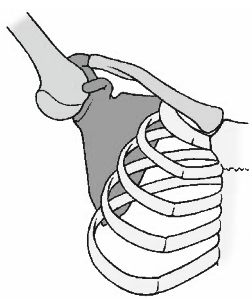
G Luxation nach vorne



D Ruhestellung



E Abduktion



F Elevation