

2.2 Therapierelevante Besonderheiten der Gelenke und Bewegungsabschnitte

Wenn man von den für die Therapie relevanten Besonderheiten einzelner Gelenke spricht, meint man damit folgende Punkte:

- **Gelenke und Bewegungssegmente:** Ein echtes Gelenk besteht aus einer konkaven und einer konvexen Gelenkfläche sowie Band- und Kapselapparat (Beispiel Ellbogengelenk).
- Ein Bewegungssegment kann ein unechtes Gelenk sein, in dem sich in der Regel zwar auch eine konkave und eine konvexe Fläche gegenüberstehen, aber Band- und Kapselapparat fehlen (Beispiel skapulothorakale Gleitfläche).
- In der Analyse von Haltung, Bewegung und Aktivität macht es häufig keinen Sinn, einzelne Gelenke zu berücksichtigen, sondern man fasst mehrere Gelenke zu einem Bewegungsabschnitt zusammen (Beispiel: Brustwirbelsäule).
- Besonderheiten der funktionellen Bewegungsachsen sind ebenfalls zu beachten (s. 2.1.5).
- **Stabile vs. Mobile:** In Bewegung und Aktivität spielen einzelne Gelenke und Bewegungssegmente mehr die Rolle eines Stabiles, wenn proximale und distale Bewegungen „verankert“ wer-

den. Andere Gelenke und Bewegungsabschnitte haben mehr die Funktion eines Mobiles. Die Umkehr von Stabile und Mobile kann in der Bewegungsanalyse helfen, erste Hinweise auf Pathologien zu finden.

2.2.1 Halswirbelsäule

Die Halswirbelsäule (HWS) (Abb. 2.13) spielt als Bewegungsabschnitt für die Ausrichtung des Kopfes mit seinen wichtigen Sinnesorganen eine tragende Rolle. Sie ist der beweglichste Teil der Wirbelsäule, ihre Bewegungsrichtungen sind: Extension/Flexion (auch Reklination und Inklinasion genannt), Rotation nach links und rechts sowie links- und rechtskonvexe Lateralflexion. Sie ist kaudal mit der Brustwirbelsäule (BWS) verbunden. Durch ihre lordotische Krümmung sichert sie als Gegenrichtung zur BWS-Kyphose den Blick geradeaus.

2.2.2 Brustwirbelsäule

Die Brustwirbelsäule (BWS) (Abb. 2.14) kann als zentrales Stabile im menschlichen Bewegungssystem gesehen werden. Die ventralen Gewichte des

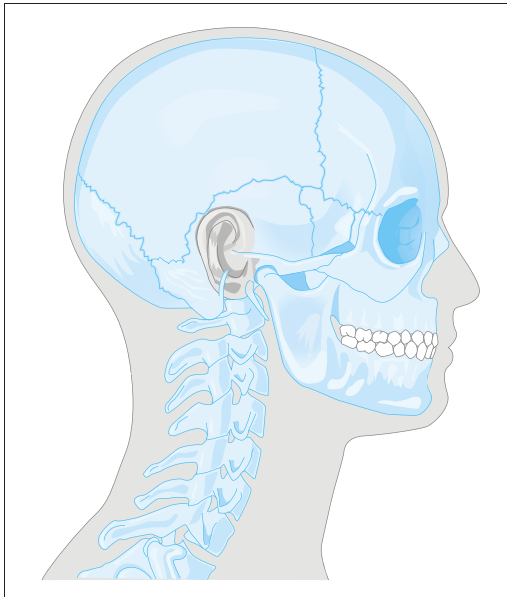


Abb. 2.13 HWS (nach Wojciech u. Todd 1996).

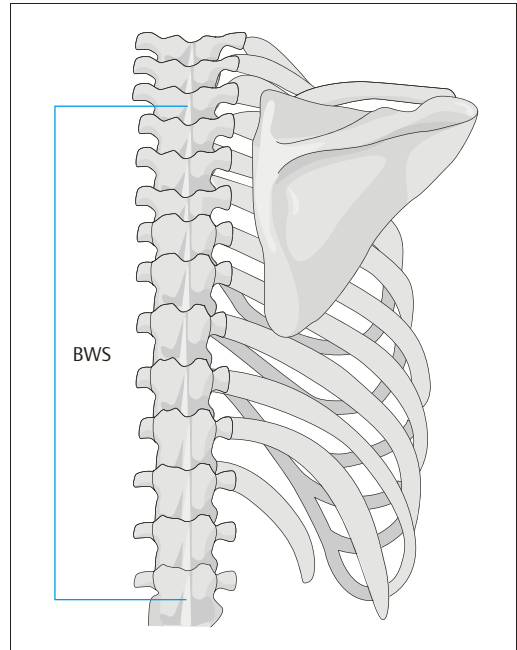


Abb. 2.14 BWS (nach Wojciech u. Todd 1996).

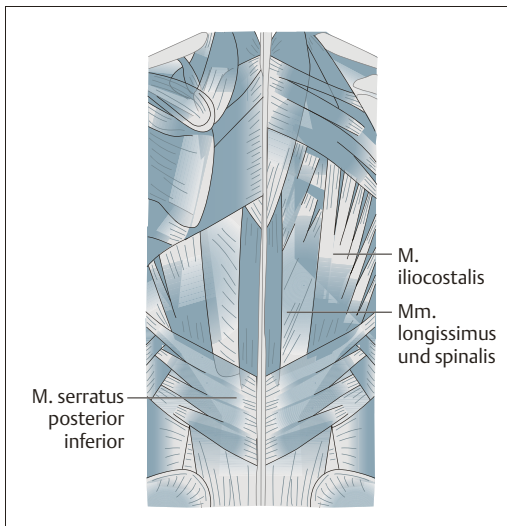


Abb. 2.15 Muskulatur der BWS (nach Wojciech u. Todd 1996).

Thorax würden die BWS nach vorne/unten ziehen. Deshalb muss sich die BWS mit ihrer kyphotischen Krümmung extensorisch stabilisieren. Die Bewegungsmöglichkeiten der BWS liegen vor allem in der Flexion und Rotation, die extensorischen Bewegungsmöglichkeiten sind gering aufgrund des Baus der BWS-Wirbelgelenke. Lange und kräftige Muskelzüge verankern die BWS lumbal (Abb. 2.15) und sichern so ihre Aufrichtung gegen die Schwerkraft. Die extensorische Aufrichtung der BWS ist auch die Voraussetzung ihrer Rotationsfähigkeit und damit Voraussetzung für den physiologischen Gang (s. 2.2.9).

2.2.3 Lendenwirbelsäule

Die Lendenwirbelsäule (LWS) kann als Feinregulator für die kranial von ihr gelegenen Körpergewichte bezeichnet werden, insbesondere für die tendenziell nach vorne/unten ziehenden Gewichte des Thorax. Aufgrund des Baus ihrer Wirbelkörper sind die Bewegungsmöglichkeiten der LWS vor allem extensorisch und flektorisch und können von den Bewegungen des Beckens im Hüftgelenk eingeleitet werden. Eine Flexion des Beckens im Hüftgelenk verstärkt die lordotische Krümmung der LWS und verlagert die kranialen Gewichte nach hinten, eine Extension flacht die Lordose ab und verlagert die kranialen Gewichte nach vorne/unten (Abb. 2.16).

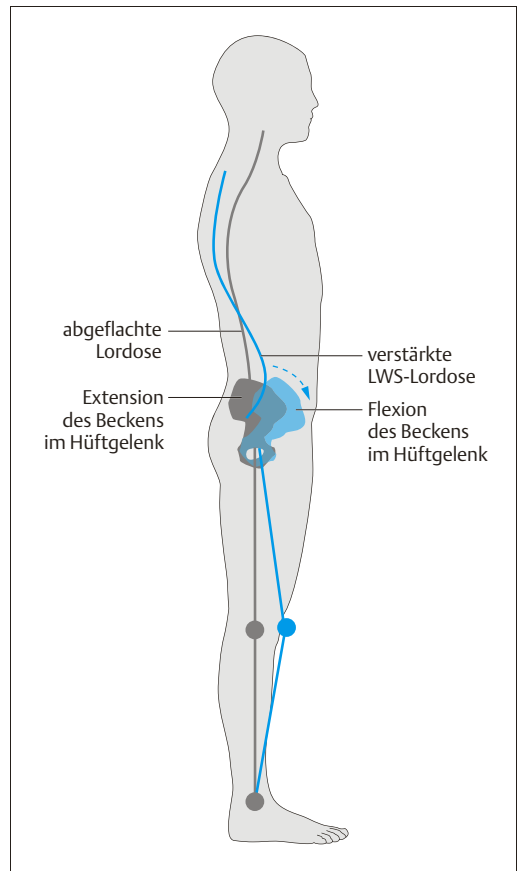


Abb. 2.16 Bewegungen der LWS beeinflussen den Thorax (nach Wojciech u. Todd 1996).

2.2.4 Hüftgelenk

Das Hüftgelenk bildet die Verbindung des Rumpfs mit den unteren Extremitäten. Bedingt durch die Stellung des Beckens zum Rumpf steht die Gelenkfläche des konkaven Acetabulums ca. 12 Grad nach dorsal verschoben. Dies kann durch eine leichte Auswärtsstellung der Füße beim aufrechten Stand sichtbar werden. Der Antetorsionswinkel des Femurs von ebenfalls ca. 12 Grad gleicht dies aus, sodass sich die relative Außenrotation gegenüber den Femurkondylen, die den proximalen konvexen Teil des Kniegelenks bilden, wieder ausgleicht (Abb. 2.17).

Da im aufrechten Stand Knie- und Sprunggelenke die Rotation nicht mitmachen, bleibt die relative Außenrotationsstellung der Fußlängsachse bestehen. Die Stellung der funktionellen frontotransversalen

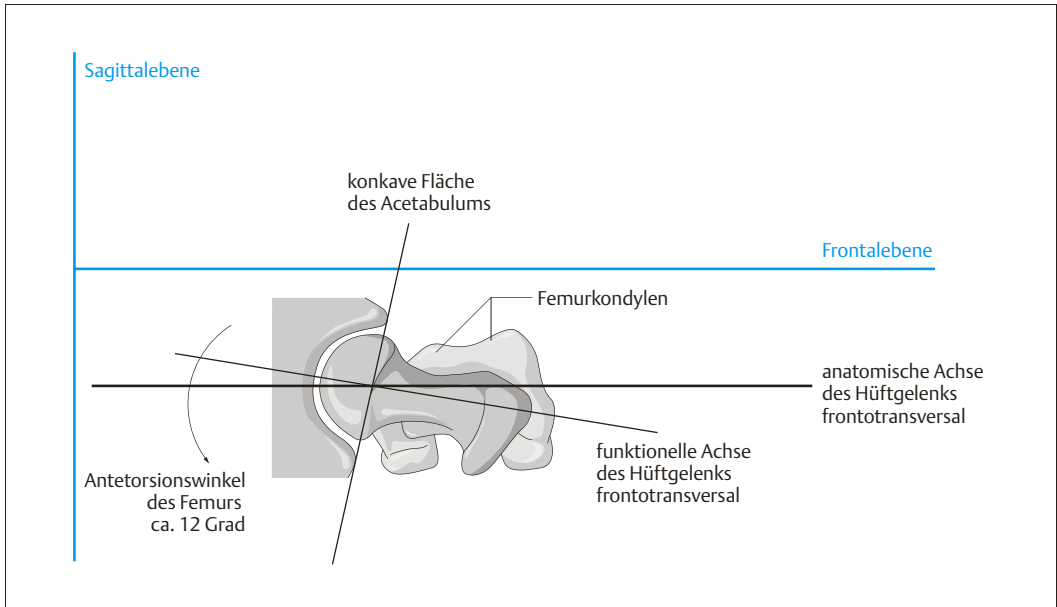


Abb. 2.17 Antetorsionswinkel (nach Schünke 2000).

Achse des Hüftgelenks bedeutet also, dass eine Flexion eine abduktorische und die Extension eine adduktorische Komponente hat. Bezogen auf das gleichzeitige Bewegen beider Beine, entsteht also bei der Flexion eine voneinander weglaufende, divergente und bei der Extension eine aufeinander zulaufende konvergente Bewegung der Oberschenkel-längsachsen. Die Längsachsen des Schenkelhalses und des Oberschenkelknochens bilden einen Winkel, den Schenkelhalsneigungswinkel (CCD-Winkel, Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel, Abb. 2.18a). Normalerweise beträgt er beim Erwachsenen 126 Grad. Ist der Winkel größer oder kleiner, ändern sich die Belastungsverhältnisse im Hüft- und im Kniegelenk. Ist die Abweichung von der Norm sehr groß, wird ein operativer Eingriff notwendig (Schünke 2000).

2.2.5 Kniegelenk

Beim Kniegelenk stimmen anatomische und funktionelle Achse praktisch überein (Abb. 2.18b). Das konkave Tibiaplateau, durch das man eine fronto-transversale Achse für die Flexion und Extension legen kann, steht praktisch horizontal. Der Bau der konvexen Femurkondylen gleicht die nach medial gerichtete Längsachse des Femurs wieder aus.

2.2.6 Sprunggelenke

Das obere Sprunggelenk wird proximal durch die Malleolengabel der Fibula (Malleolus lateralis) und der Tibia (Malleolus medialis) gebildet, sie umfas-

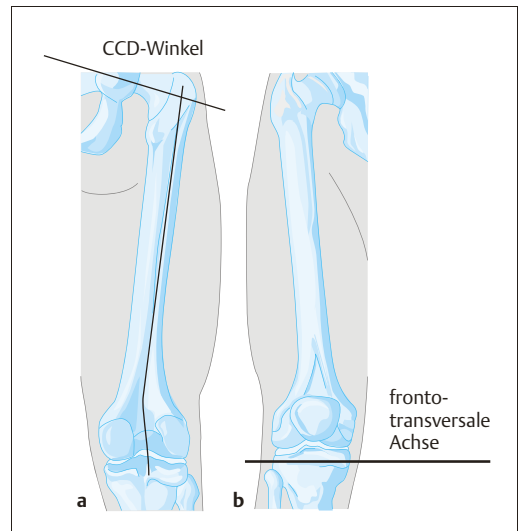


Abb. 2.18 Der CCD-Winkel beeinflusst auch das Kniegelenk, Flexion und Extension laufen um eine fronto-transversale Achse (nach Schünke 2000).

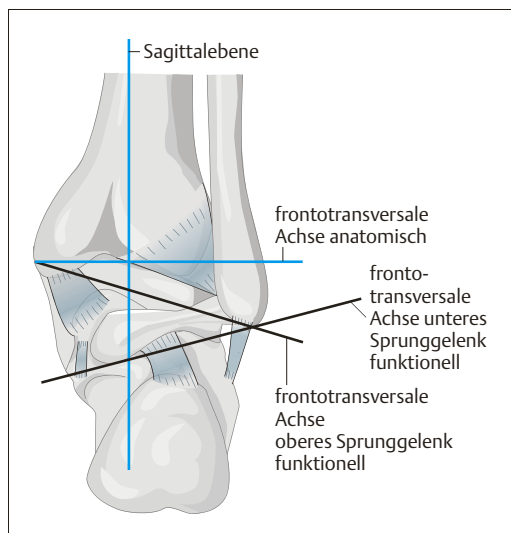


Abb. 2.19 Sprunggelenk (nach Schünke 2000).

sen die konvexe distale Talusrolle (Abb. 2.19). Daraus ergibt sich die funktionelle frontotransversale Achse für die Dorsal- und Plantarflexion, die um ca. 20 Grad nach lateral von der anatomischen abweicht. Die funktionelle frontotransversale Achse des unteren Sprunggelenks weicht auch ca. 20 Grad, aber nach medial von der anatomischen ab und stellt so den Calcaneus wieder horizontal ein und die laterale Abweichung gleicht sich **innerhalb des Fußes** wieder aus.

Ist der Fuß belastet, stellt sich das obere Sprunggelenk passiv in die anatomisch-räumliche Achse ein.

2.2.7 Zusammenspiel der für die Körperlängsachse relevanten Gelenke

Die Körperlängsachse (KLA) wird gebildet durch die Schnittlinie der mittleren Sagittal- und der mittleren Frontalebene. Sie verläuft in enger Beziehung zur Wirbelsäule (Abb. 2.20). Grundsätzlich ist das menschliche Haltungs- und Bewegungssystem bestrebt, körpereigene Gewichte möglichst ausgeglichen über einer Unterstützungsfläche (im aufrechten Stand die Füße) einzuordnen.

Der Thorax ist der Körperabschnitt, der mit seinem ventralen Gewicht von der BWS aktiv muskulär in extensorischer Richtung stabilisiert werden

muss. Wie beim Abschnitt BWS erwähnt, verankert sich die BWS muskulär an die lumbale Lordose der LWS. Dort entsteht eine Schubbelastung nach ventral/kaudal, d.h., dass der Thorax ohne Stabilisation durch Muskeln und Bänder nach vorne/unten gleiten würde. Die Aktivität der BWS-Extensoren verstärkt die lordotische Krümmung und somit die Schubbelastung, die Aktivität der Bauchmuskulatur (vor allem der M. rectus abdominis) flacht die lumbale Lordose ab und zieht das Thoraxgewicht nach ventral/kaudal. Aktivierte BWS-Extensoren ziehen es jedoch nach dorsal/kranial und gleichen somit die Schubbelastung aus. Damit sich die BWS einerseits gegen die Schwerkraft halten kann, andererseits aber die Schubbelastung in der LWS nicht zu groß wird, muss die Aktivität zwischen den beiden Muskelgruppen ausgeglichen sein (Abb. 2.21). Dies ist ein muskuloskelettaler Schwachpunkt und sozusagen

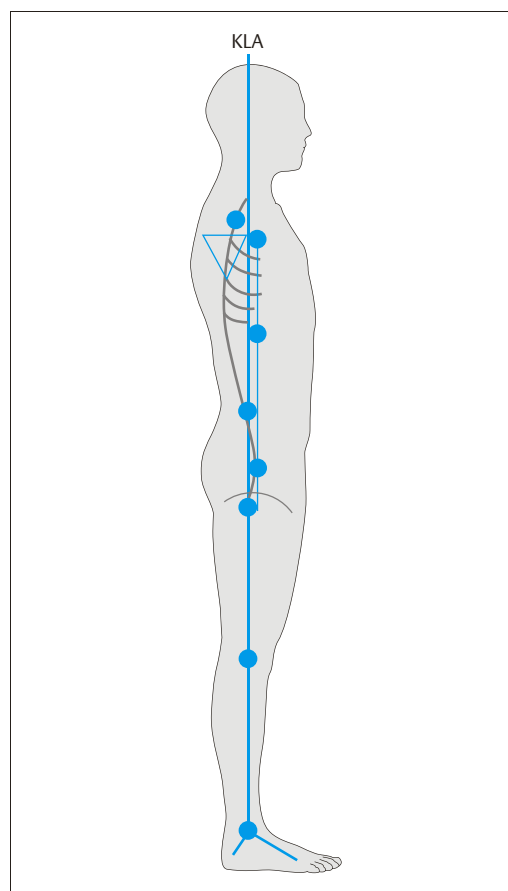


Abb. 2.20 Körperlängsachse.

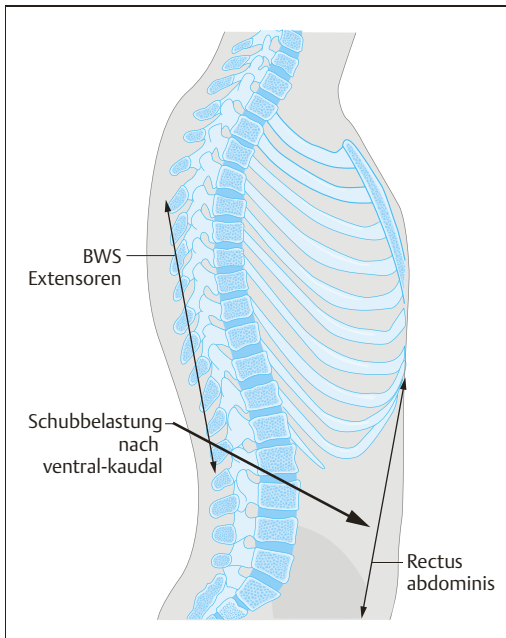


Abb. 2.21 Schubbelastung im aufrechten Stand (nach Wojciech u. Todd 1996).

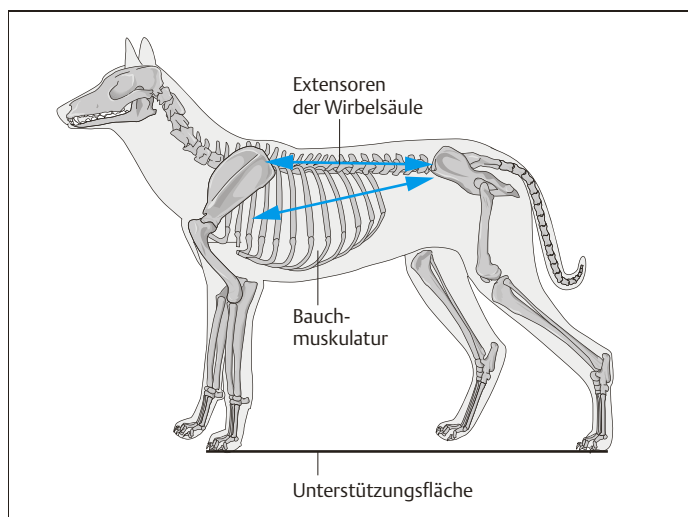
gen der Preis für die Aufrichtung in der menschlichen Entwicklung.

Bei Vierbeinern (Abb. 2.22) bildet die Wirbelsäule mit den Extremitäten eine Brücke, die das Thoraxgewicht über einer großen Unterstützungsfläche gegen die Schwerkraft halten. Bauch- und Rücken-

muskulatur arbeiten synergistisch, um das Thoraxgewicht gegen die Schwerkraft zu halten. Es entsteht keine Schubbelastung auf die Wirbelsäule, die als Ganzes, einem Brückenbogen gleich, eine leichte Kyphose bildet.

Die Aufrichtung entlang der Körperlängsachse geschieht durch das Zusammenspiel verschiedener Muskelfunktionsketten (Abb. 2.23). Das Zusammenspiel zwischen BWS-Extensoren und Bauchmuskulatur haben Sie schon kennengelernt. Ein Ungleichgewicht dieser Muskelkette destabilisiert das ganze System. Die ausreichende Funktionsfähigkeit der BWS-Extensoren spielt dabei eine zentrale Rolle. Als sich der aufrechte Gang entwickelte, mussten die Menschen viel Zeit damit verbringen, auf der Suche nach Nahrung und Unterkunft die Wildnis zu durchstreifen: Sie mussten lange Wegstrecken gehend bewältigen. Die extensorische Muskulatur der BWS wurde dadurch dauernd beansprucht und trainiert. Je mehr sich Menschen in sitzenden Positionen befinden, desto weniger spielt dieser natürliche Trainingseffekt für die Extensoren der BWS eine Rolle. Die Muskulatur wird insuffizient. Damit verstärkt sich die BWS-Kyphose (Rundrücken) und das Thoraxgewicht zieht in Richtung der Schwerkraft nach vorne/unten. Die sitzende Position verkürzt zudem die ischiokrurale Muskulatur, die in diesem Zustand das Becken im Hüftgelenk extendiert. Beide Faktoren wirken zusammen: sowohl die insuffizienten BWS-Extensoren als auch die verkürzte ischiokrurale Muskulatur flachen die lumbale Lordose ab, so dass das Thoraxgewicht nach vorne/unten zu fallen droht. Das neuromuskuläre System reagiert auf

Abb. 2.22 Bei Vierbeinern entsteht keine Schubbelastung durch das Thoraxgewicht.



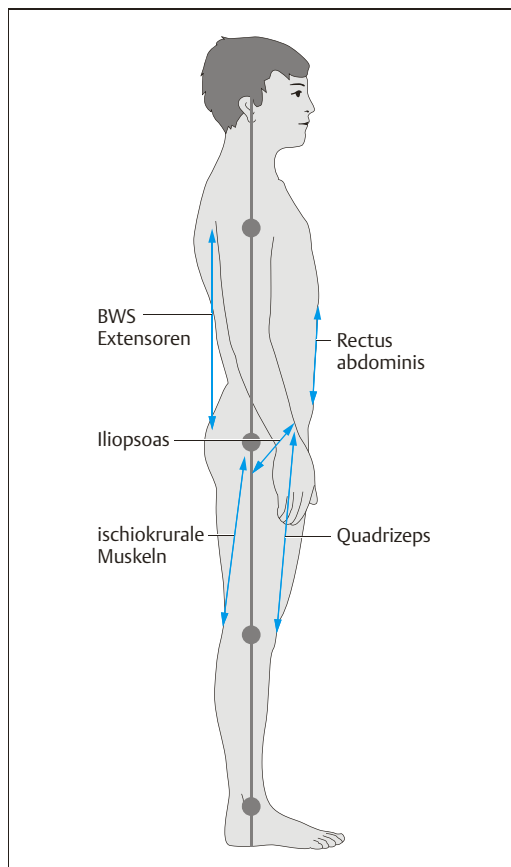


Abb. 2.23 KLA und muskuläres Zusammenspiel (nach Klein-Vogelbach 1986).

diese Situation mit zwei typischen Kompensationsmustern:

- Das eine Kompensationsmuster wirkt im Hüftgelenk über eine Extension vom Becken aus (Umkehr von *Punctum fixum* und *Punctum mobile*). Das Thoraxgewicht wird nach hinten verschoben (Abb. 2.24a) und der Drehpunkt Hüftgelenk verschiebt sich nach vorne. In dieser Position hängt sich das Thoraxgewicht an die passiven Strukturen der LWS, die Bauchmuskulatur verliert ihre Aufgabe als Gegenspieler der BWS-Extensoren und wird ebenfalls insuffizient. Dieses Muster kann man als das eher hypotone bezeichnen.
- Beim anderen Kompensationsmuster (Abb. 2.24b) kompensiert der M. iliopsoas als Hüftflektor das Abflachen der lumbalen Lordose über eine Flexion des Beckens im Hüftgelenk. Dabei verschiebt sich der Drehpunkt Hüftgelenk nach hin-

ten und die Kniegelenke werden hyperextendiert. Mit diesem Kompensationsmuster verstärkt sich die Schubbelastung auf die LWS, gleichzeitig werden die passiven Strukturen der Kniegelenke belastet. Durch die Neigung der Körperlängsachse nach vorne muss die Nackenmuskulatur einen hohen Tonus aufbauen, um das Kopfgewicht zu halten. Dieses Muster kann man als das eher hypertone bezeichnen.

Selbstverständlich gibt es auch Mischformen dieser beiden Kompensationsmuster.

2.2.8 Echte und unechte Gelenke des Schultergürtels

Der Schultergürtel bildet die gelenkige Verbindung der oberen Extremität mit dem Thorax. Den Schultergürtel kann man in zwei Bewegungskomplexe unterteilen: den skapulothorakalen und den glenohumeralen Komplex:

- **Skapulothorakaler Bewegungskomplex:** Die konkave Skapula liegt auf dem konvexen Thorax auf und führt ihre Bewegungen als Gleitbewegungen aus. Als Bewegungssegment ist sie ein

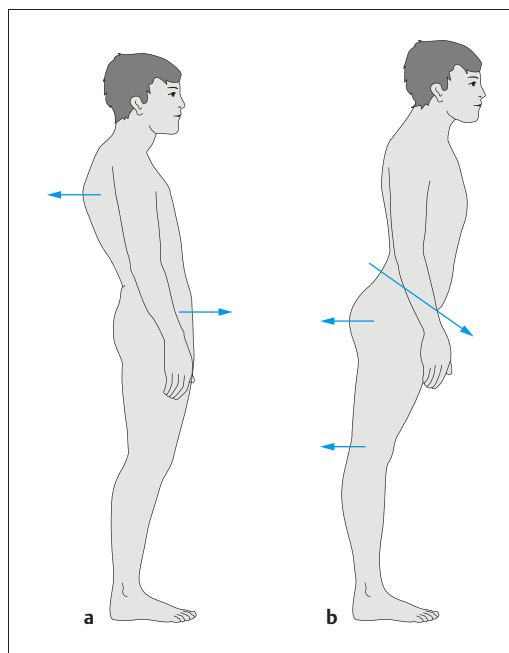


Abb. 2.24a–b Kompensationsmuster (nach Klein-Vogelbach 1986). **a** Hypotone dorsale Muskeln. **b** Hypertone dorsale Muskeln.

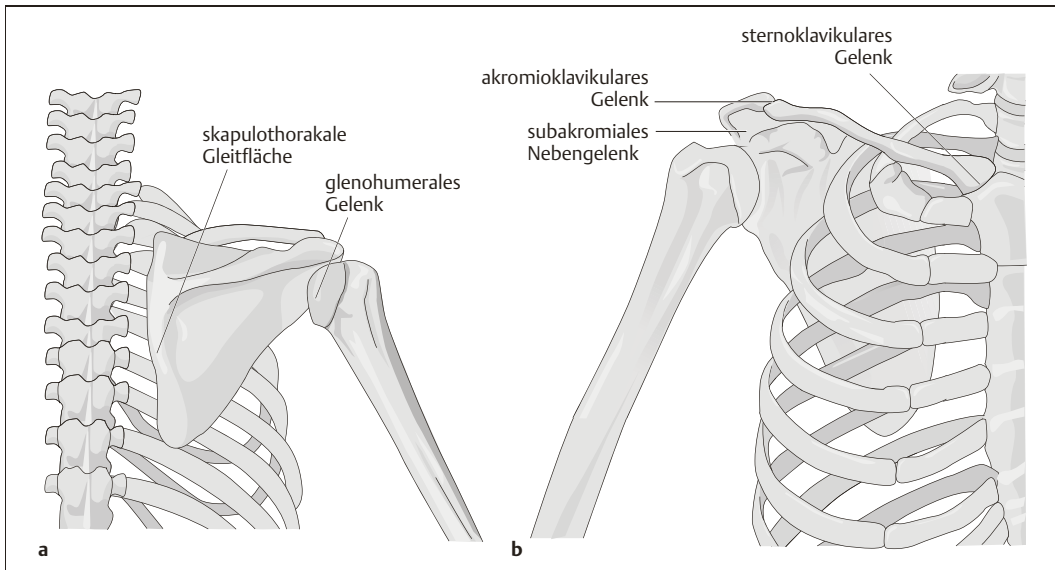


Abb. 2.25a–b Schultergürtel (nach Wojciech u. Todd 1996). **a** Ansicht von dorsal. **b** Ansicht von ventral.

unechtes Gelenk, das nur muskulär stabilisiert und bewegt wird. Über das Akromioklavikulargelenk (AC-Gelenk) werden Skapula und Schlüsselbein über das Sternoklavikulargelenk (SC-Gelenk), Schultergürtel und Thorax verbunden.

■ **Glenohumeraler Bewegungskomplex:** Der glenohumeraler Bewegungskomplex setzt sich zum einen aus dem konvexen Humeruskopf und der konkaven Gelenkfläche des Glenoids und zum anderen aus dem subakromialen Nebengelenk zusammen. Die Gleitfläche zwischen Humerus und Acromion bilden das subakromiale Nebengelenk.

Zusammen bilden die beiden Bewegungskomplexe des Schultergürtels 5 Gelenke, 3 echte und 2 unechte (Abb. 2.25a–b). Der Schultergürtel positioniert Ober-, Unterarm und Hand für Aktivitäten im Raum und verfügt über ein sehr großes Bewegungsausmaß. Zudem spielt die obere Extremität auch bei Gleichgewichtsreaktionen (z.B. Armpendel beim Gang) eine Rolle.

Humeroskapularer Rhythmus

Unter dem humeroskapularen Rhythmus versteht man das Zusammenspiel der beiden Bewegungskomplexe des Schultergürtels miteinander. Die beiden Bewegungskomplexe bewegen sich zum einen

synergistisch, indem die skapulothorakale Gleitfläche bei Abduktion des Humerus im Glenohumeralgelenk gleichsinnig der Bewegung folgt (Abb. 2.27). Gleichzeitig wirkt der skapulothorakale Komplex durch gegensinnige Muskelaktivität als Punctum fixum für die Bewegung im glenohumeralen Gelenk.

Humeroskapularer Rhythmus bedeutet, dass in der Regel während der Abduktion der Humerus im Vergleich zur Skapula den doppelten Weg zurücklegt. Abb. 2.26a–b zeigt, dass beispielsweise bei 90 Grad Abduktion im Glenohumeralgelenk die eigentliche Bewegung des Humerus 60 und die der Skapula 30 Grad beträgt.

Die Skapula als proximaler Gelenkpartner des glenohumeralen Gelenks spielt auch bei der Ausgangsstellung von Bewegungen in diesem Gelenk eine wichtige Rolle. Steht die Skapula z.B. aufgrund eines muskulären Ungleichgewichts mehr nach medial/kranial, so bedeutet dies, dass das glenohumeraler Gelenk schon in der Ausgangsstellung in Abduktion steht. Zu sehen ist also z.B. eine Abduktion von 60 Grad – tatsächlich sind es aber schon 90 Grad, weil die Skapula um 30 Grad adduziert steht. Bezogen auf die Gesamtbewegung liegen bereits 30 Grad Abduktion im glenohumeralen Gelenk vor, wenn der Humerus mit der Abduktion beginnt (Abb. 2.27). Der Stellung der Skapula als „unsichtbarer“ proximaler Gelenkpartner ist also die nötige Beachtung zu schenken.

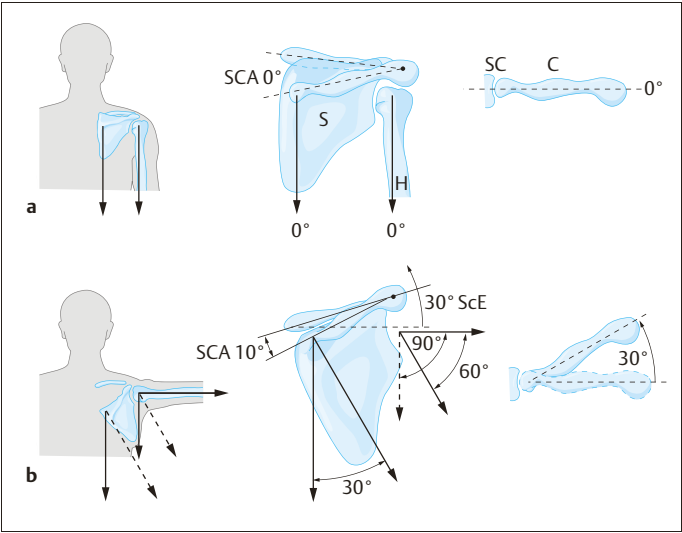


Abb. 2.26a–b Humeroskapularer Rhythmus (Davies 1986).

a Nullstellung im Glenohumeralgelenk. **b** Bewegungsausmaß von Skapula und Humerus bei 90 Grad Abduktion.

Schlüsselrolle der glenohumeralen Außenrotation

Bei fixierter Skapula besitzt das glenohumale Gelenk eine „Bewegungsautonomie“ von ungefähr 60 Grad Abduktion, dann droht das Tuberculum majus ans Acromion anzustoßen. Damit dies nicht geschieht, vollzieht der Humerus im glenohumeralen Gelenk im Verlauf der Abduktion eine Außenrotation. Damit gleitet das Tuberculum majus unter dem Acromion durch und verhindert eine Einklemmung der subakromialen Strukturen (M. supraspinatus und Bursa subacromialis), (Abb. 2.28a–b).

! Die freie glenohumale Außenrotation ist Grundvoraussetzung für eine physiologische Abduktion.

Funktionelle und anatomische Achsen des Schultergürtels

Die Stellung der Skapula auf dem Thorax definiert die Abweichung der funktionellen von den anatomischen Bewegungsachsen des Schultergürtels (Abb. 2.8). Die konkave Krümmung der ventralen Fläche der Skapula, die auf dem konvexen Thorax aufliegt, stellt die Skapula nicht in eine anatomische Frontalebene, sondern ca. 30 Grad nach ventral verschoben. Alle Bewegungsachsen machen diese Verschiebung mit. Dies bedeutet z.B. für die Flexion und Extension des glenohumeralen Gelenks um die funktionelle frontotransversale Achse, dass die Flexion eine adduktorische und die Extension eine abduktorische Komponente hat.

Bezogen auf beide Arme kann man während der Flexion eher eine aufeinander zulaufende konvergente und während der Extension eher eine vonein-

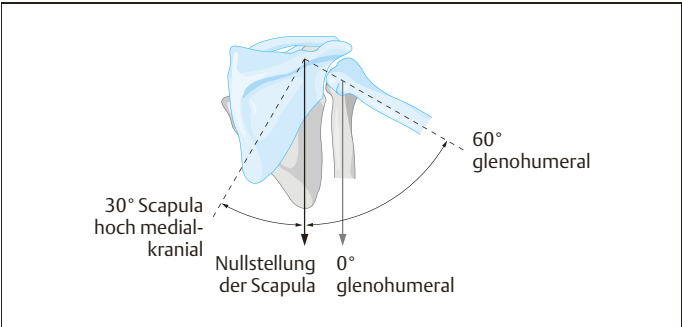


Abb. 2.27 Die Lage der Skapula auf dem Thorax beeinflusst das Bewegungsmaß im Glenohumeralgelenk.

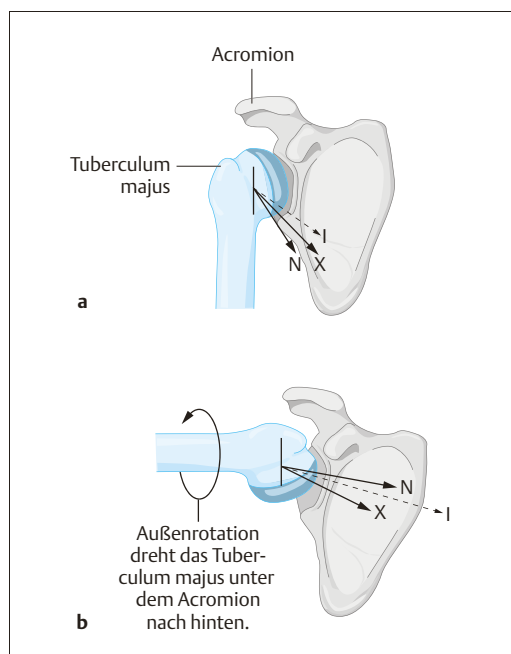


Abb. 2.28a–b Zusammenspiel von Abduktion und Außenrotation. **a** Nullstellung. **b** Die Außenrotation während der Abduktion verhindert, dass das Tuberculum majus subakromiale Strukturen einklemmt.

ander weglaufernde, divergente Bewegung beobachten.

2.2.9 Elemente des menschlichen Gangs

Den menschlichen Gang kann man als den Transport körpereigener Gewichte durch den Raum definieren. Auslöser ist eine Verschiebung der Körper-

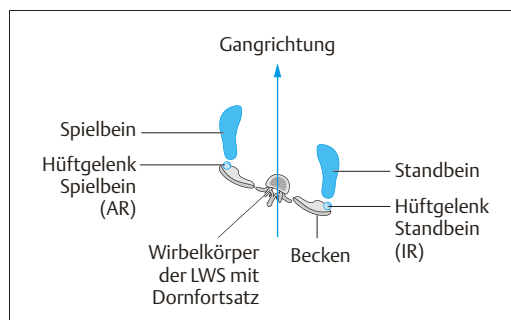


Abb. 2.29 Schematisierte Phase des Gehens in der Ansicht von oben.

gewichte nach vorne, die von einer Dorsalextension des oberen Sprunggelenks eingeleitet wird. Ohne Gleichgewichtsreaktion würde der Körper in Richtung der Schwerkraft nach vorne/unten fallen. Indem sich ein Bein vom Boden löst und einen Schritt nach vorne macht, bekommen die nach vorne bewegten Körpergewichte wieder eine größere Unterstützungsfläche.

Die funktionelle Fußlängsachse zeigt sowohl während des Stehens als auch während des Gehens leicht nach außen, ca. 10–12°. Der Schritt nach vorne (Spielbein) geschieht u.a. im Hüftgelenk des Standbeins über eine Innenrotation vom Becken aus. Diese Innenrotation dreht das Becken tendenziell aus der Gangrichtung. Die Rotationsmöglichkeit der LWS ist durch den Bau ihrer Wirbelkörper eher gering. Die Beckenbewegung überträgt sich als weiterlaufende Bewegung auf die LWS (Abb. 2.29).

Diese Rotationsbewegung trifft nun auch die untere BWS. In der BWS, die durch den Bau ihrer Wirbelkörper Rotationsmöglichkeiten besitzt, besteht nun die Möglichkeit, durch eine Gegenrotation der oberen BWS Oberkörper und Kopf wieder in die Gangrichtung auszurichten. Diese Gegenrotation setzt sich natürlich auf die HWS fort und muss dort auch wieder durch eine Gegenrotation ausgeglichen werden (Abb. 2.30).

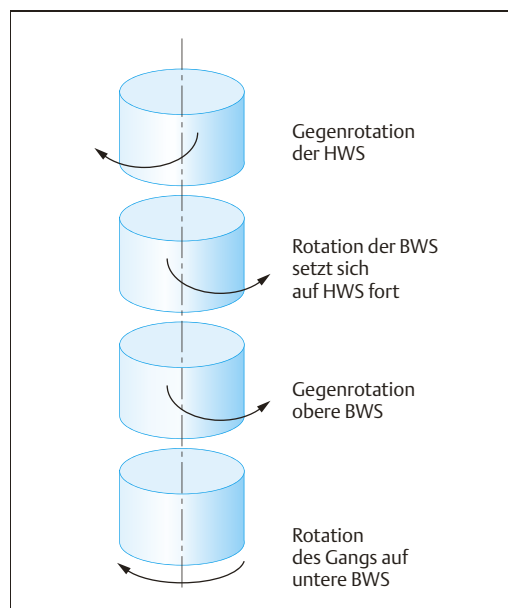


Abb. 2.30 Gegensinnige Rotationen während des Gehens.

Außer der Innenrotation des Standbeins sind diese vielfältigen Rotationsbewegungen in der Wirbelsäule nicht sichtbar (weil gegensinnig). Sie werden deshalb in therapeutischen Überlegungen häufig nicht berücksichtigt.

Beispiel: Ist die BWS in ihrer Rotationsfähigkeit eingeschränkt, kann sie die Ausrichtung des Thorax in die Gangrichtung nicht mehr durch die Gegenrotation bewerkstelligen. Kompensatorisch muss sich nun einerseits die HWS in die Gangrichtung einstellen und kommt dabei an ihr Bewegungsende. Die Ausrichtung des Beckens (und damit auch der BWS und des Thorax) in die Gangrichtung geschieht erst dann, wenn das Spielbein wieder zum Standbein geworden ist, über eine Außenrotation im Hüftgelenk des neuen Standbeins. Dies bedeutet einerseits für die HWS in der Endstellung eine starke Belastung der passiven Strukturen (Bänder, Kapsel, Gelenke). Auch für die Hüftgelenke, die in der Übergangsphase vom Spiel- zum Standbein eine unphysiologische Außenrotation machen müssen, bedeutet diese Kompensation eine starke mechanische Beanspruchung der passiven Strukturen. Schmerzhafte Überlastungssyndrome und degenerative Veränderungen der HWS und Hüftgelenke können also ihre Ursache in einer mangelnden Rotationsfähigkeit des BWS haben.

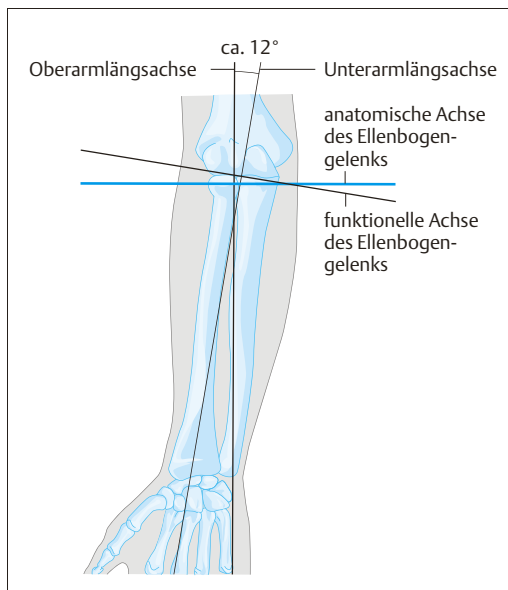


Abb. 2.31 Achsen des Ellbogengelenks (nach Wojciech u. Todd 1996).

2.2.10 Ellbogengelenk

Beim Ellbogengelenk sehen wir eine Abweichung von ca. 12 Grad von der funktionellen zur anatomischen Achse (Abb. 2.31). Diese Abweichung bezieht sich jedoch nur auf die Oberarm-längsachse und dient letztlich wohl dazu, Ober- und Unterarm-längsachse aufeinander einzustellen. Tatsächlich können wir bei vollständig extendiertem Ellbogen eine Valgusabweichung des Unterarms vom Oberarm sehen (der Unterarm steht etwas lateral des Oberarms), bei 90 Grad Flexion stehen Unter- und Oberarm in der gleichen Achse ausgerichtet und bei voller Flexion steht der Unterarm etwas medial des Oberarms.

Der Ellbogen richtet sich nicht muskulär von der funktionellen zur anatomischen Achse aus. Er rollt als knöchern geführtes Gelenk entlang der Trochlea und des Capitulum des Humerus von einer nach lateral von der Oberarm-längsachse abweichenden Stellung zu einer anatomischen Achse, die Ober- und Unterarm in eine parallele Achse einstellt, zu einer neuen funktionellen Achse, die medial der Oberarm-längsachse steht.

2.2.11 Handgelenk

Das Handgelenk spielt bei Aktivitäten und Bewegungen die Rolle des Stabile und ermöglicht hoch differenzierte Bewegungen der Langfinger und des Daumens. Die funktionelle Achse des Handgelenks wird bestimmt durch die nach ulnar abweichende konkave Gelenkfläche (Abb. 2.32a).

Bei Aktivitäten wird das Handgelenk muskulär (Mm. extensor carpi radialis longus und brevis) nach radial in die anatomisch-räumliche Achse stabilisiert. Die anatomische Achse des Handgelenks ist eine Verlängerung der Unterarm-längsachse (Abb. 2.32b).

Bei allen Bewegungen des radiokarpalen Gelenks bewegen sich die Karpalknochen mit. Störungen der karpalen Mobilität beeinflussen meistens auch die Beweglichkeit des Handgelenks, dabei kommen den skapholunären, dem lunoradialen und dem lunokapitären Interkarpalgelenken eine besondere Bedeutung zu. Weiter gehört der ulnokarpale Komplex (in der englischen Literatur „Trigangular Fibrocartilage Complex“ – TFCC – genannt) zu den funktionell bedeutsamen Strukturen des Handgelenks. Zum Beispiel schränkt ein verkürztes Ligamentum ulnokarpale die Radialduktion des Handgelenks ein und behindert so die Einstellung der funktionellen in die anatomische Achse (Abb. 2.33).