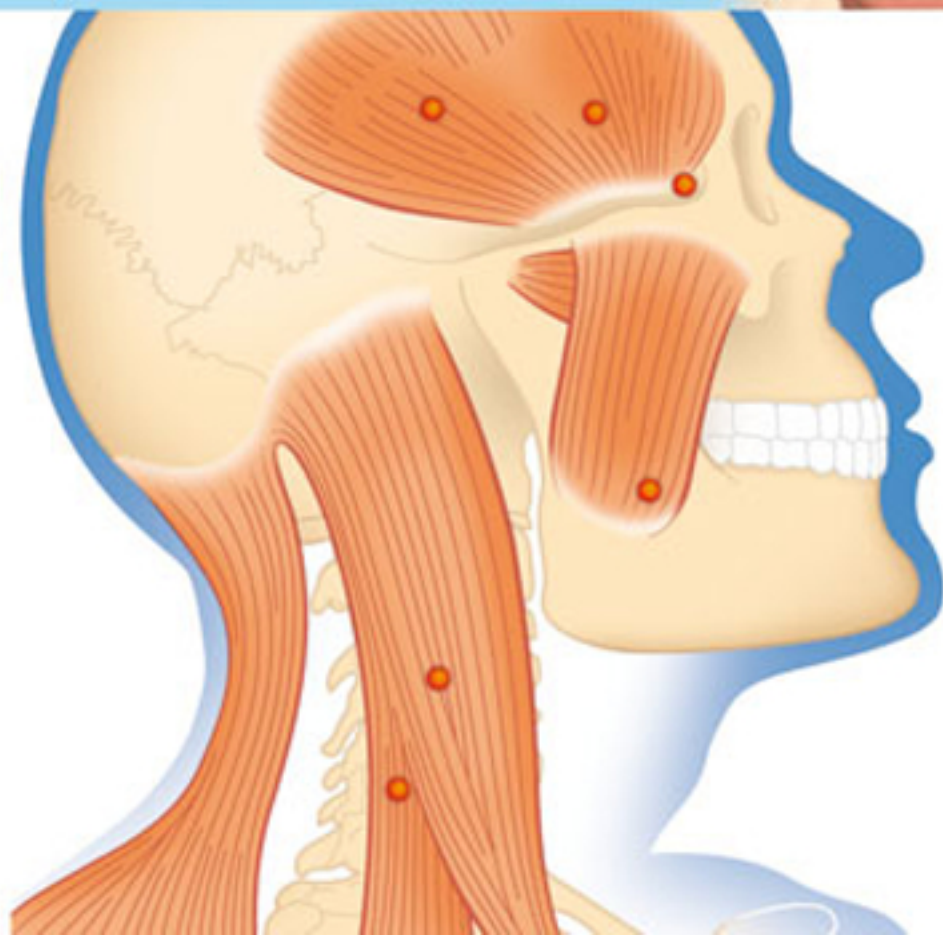


# Funktionsstörungen im Kopf-Hals-Bereich

für Mediziner und Zahnmediziner

Arne Ernst  
Wolfgang B. Freesmeyer



Thieme





# Funktionsstörungen im Kopf-Hals-Bereich

für Mediziner und Zahnmediziner

Arne Ernst  
Wolfgang B. Freesmeyer

Unter Mitarbeit von

Burkard Jäger  
Matthias Karst  
Andreas Niedeggen  
Gerhard Schmid-Ott

186 Abbildungen  
23 Tabellen

Georg Thieme Verlag  
Stuttgart · New York

*Bibliographische Information  
der Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

**Wichtiger Hinweis:** Wie jede Wissenschaft ist die Medizin ständigen Entwicklungen unterworfen. Forschung und klinische Erfahrung und erweiteren unsere Erkenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie anbelangt. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass Autoren, Herausgeber und Verlag große Sorgfalt darauf verwandt haben, dass diese Angabe **dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes** entspricht.

Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag jedoch keine Gewähr übernommen werden. **Jeder Benutzer ist angehalten**, durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel der verwendeten Präparate und gegebenenfalls nach Konsultation eines Spezialisten festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei selten verwendeten Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt gebracht worden sind. **Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr des Benutzers.** Autoren und Verlag appellieren an jeden Benutzer, ihm etwa auffallende Unge- nauigkeiten dem Verlag mitzuteilen.

© 2008 Georg Thieme Verlag KG  
Rüdigerstraße 14  
D-70469 Stuttgart  
Telefon: + 49/(0)711/8931-0  
Unsere Homepage: [www.thieme.de](http://www.thieme.de)

Printed in Germany

Zeichnungen: Martin Hofmann, Thalfingen  
Umschlaggestaltung: Thieme Verlagsgruppe  
Umschlaggrafik: Martina Berge, Erbach  
Satz: primustype Robert Hurler GmbH, Notzingen,  
gesetzt in UltraXML  
Druck: APPL, Wemding

ISBN 978-3-13-141441-0

1 2 3 4 5 6

Geschützte Warennamen (Warenzeichen) werden **nicht** besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Waren- namen handelt.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich ge- schützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urhe- berrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzun- gen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

## Vorwort

Was sind funktionelle Störungen im Kopf-Hals-Bereich?

Leitsymptome funktioneller Störungen im Kopf-Hals-Bereich – also gestörter Organfunktion – können bunt und vielfältig sein. Durch die muskulären, neuronalen und funktionellen Verknüpfungen der HWS mit dem Kauapparat, die Projektionen in den Hirnstamm, die Head-Zonen sowie die schmerzbestimmende Gammaschleife des Rückenmarkes („spinales Gedächtnis“) können Schmerzen (mit Projektionen in das Ohr, die Kiefergelenkregion, den Hinterkopf u. a.), Unsicherheitsgefühl, Globusgefühl und Störungen der Sensorik (Hören und Sehen) nebeneinander auftreten. Therapeutisch spielen konservative sowie gelegentlich operativ-chirurgische Therapieverfahren eine große Rolle.

Von entscheidender Bedeutung für den Therapieerfolg ist ein interdisziplinäres Herangehen, das u. a. Orthopäden, Neurologen, HNO-Ärzte, funktionell orientierte Zahnärzte, Psychosomatiker, Schmerz- und Physiotherapeuten einschließen sollte. Dabei ist es wichtig, dass Ärzte mehr über den Zahn, das Kausystem, das stomatognathe System – oder wie heute bezeichnet: das kraniomandibuläre System – lernen. Umgekehrt sollten Zahnärzte mehr medizinische Kenntnisse über die angrenzenden Organsysteme haben (einschließlich Wirbelsäule, Gehirn, Kreislauf etc.). Die Schnittstelle von Diagnostik und Therapie scheidet oft daran, dass der eine Behandelnde nichts vom anderen weiß. Funktionelle Störungen im Kopf-Hals-Gebiet sind eine der vielen Erkrankungsformen, die nicht allein auf bakterielle, virale oder immunologische Ursachen zurückzuführen sind, sondern häufig allein auf Fehlbelastungen einzelner Bindegewebsstrukturen, Muskeln und Gelenke im Kopf-Hals-Bereich. Unsere unphysiologische (weil oft mit statischen Arbeiten verknüpfte) Arbeitswelt und die hohe psychovegetative Belastung führen zu komplexen Störungsmustern, die eine interdisziplinäre Betrachtung durch Mediziner und Zahnmediziner erforderlich machen. Das hohe Ausmaß der Beteiligung psychischer Faktoren bei chronifizierten und komplizierten Beschwerden im

Kopf-Hals-Bereich ist im klinischen Alltag augenfällig. Die Evidenz wird durch sehr variable Verläufe bei ähnlichem somatischem Befund und/oder ähnlich starken, z. B. unfallbedingten Einwirkungen auf den infrage stehenden Bereich unterstützt. Im ungünstigsten Fall kommt es zu eher progredienten Verläufen, die therapeutischen Bemühungen trotzen. Manchmal besteht zudem parallel ein eher klagsamer Habitus mit großen Erwartungen an die ärztliche Versorgung bei einer oft gleichzeitig spürbaren, latenten Misserfolgserwartung. Die Auswirkungen zeigen sich dabei vor allem bezüglich der Krankheitsfolgen Symptome im sozialmedizinischen Bereich und der Partizipationsfähigkeit des Individuums an gesellschaftlichen Aktivitäten, wo sehr geringe Beeinträchtigungen neben extremen Veränderungen des Lebensentwurfs stehen. Komplizierte Verläufe scheinen bei Beschwerden im Kopf-Hals-Kiefer-Bereich vergleichsweise häufig zu sein. Die Berücksichtigung psychischer Faktoren in den genannten Bereichen ist von Seiten der Körpermedizin nicht nur der Verwirklichung eines ganzheitlichen Blicks oder kollegialer Aufgeschlossenheit zu verdanken. Oft ist sie erforderlich, um einem Patienten, der wenig von Behandlungen profitiert aber auffällig leidet, überhaupt eine Perspektive an die Hand zu geben. Auch ohne Verdacht auf eine psychische Überlagerung der Beschwerden ist oft eine psychotherapeutische Begleitung zur Bewältigung der Beeinträchtigungen, des Abschieds von einem uneinträchtigem Körper selbst sowie der Trauer um die verlorenen Funktionen und Möglichkeiten erforderlich, um eine komorbide psychische Krise oder Alteration zu verhindern. Hier hat sich die Psychosomatik mit dem Gebiet der Krankheitsbewältigung seit etwa drei Jahrzehnten Kompetenzen erarbeitet, deren Sinn in der Versorgung der Patienten – auch unter gesundheitsökonomischen Aspekten! – inzwischen weithin akzeptiert ist. Zu solch einer integrativen Betrachtungsweise möge dieses Buch beitragen!

Im Spätsommer 2007

*Die Autoren*

## Anschriften

---

Prof. Dr. med. Arne Ernst  
Unfallkrankenhaus Berlin  
Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde  
Warener Str. 7  
12683 Berlin

Univ.-Prof. Dr. Wolfgang B. Freesmeyer  
Charité – Universitätsmedizin Berlin  
Campus Benjamin Franklin  
Zahnärztliche Prothetik  
Aßmannshuserstr. 4–6  
14197 Berlin

PD Dr. Burkard Jäger  
Medizinische Hochschule Hannover  
Abt. Psychosomatik  
30623 Hannover

PD Dr. Matthias Karst  
Hochschuldozent für Spezielle Schmerztherapie  
Zentrum Anästhesiologie/Schmerzambulanz  
Medizinische Hochschule Hannover  
Carl-Neuberg-Str. 1  
30625 Hannover

Dr. Andreas Niedeggen  
Behandlungszentrum für Rückenmarkverletzte  
Unfallkrankenhaus Berlin  
Warener Str. 7  
12683 Berlin

Prof. Dr. med. Gerhard Schmid-Ott  
Berolina Klinik Löhne  
Bültestraße 21  
32584 Löhne

# Inhaltsverzeichnis

## 1 Allgemeine und funktionelle Anatomie

Wirbelsäule . . . . .	2	Neurophysiologische Verknüpfungen mit angrenzenden Regionen . . . . .	20
<i>Arne Ernst</i>		<i>Arne Ernst</i>	
Kraniomandibuläres System . . . . .	8	Funktionelle Gefäßanatomie des Kopf-Hals-Bereiches . . . . .	20
<i>Wolfgang B. Freesmeyer</i>		<i>Arne Ernst</i>	

## 2 Pathophysiologie

Akute und chronische funktionelle Störungen im Kopf-Hals-Gebiet . . . . .	24	Physische Prädisposition und Habituation durch Alltagsbelastung . . . . .	27
<i>Arne Ernst</i>		<i>Arne Ernst</i>	
Akute und chronische funktionelle Störungen im kraniomandibulären System . . . . .	25	Begleiterkrankungen des Bewegungsapparates . . .	28
<i>Wolfgang B. Freesmeyer</i>		<i>Arne Ernst</i>	

## 3 Leitsymptome

Funktionelle Störungen im Kopf-Hals-Bereich . . . .	32	Funktionelle Störungen im kraniomandibulären System . . . . .	34
<i>Arne Ernst</i>		<i>Wolfgang B. Freesmeyer</i>	

## 4 Diagnostik

Anamnese . . . . .	52	Klinische Funktionsanalyse und Funktionstests . . .	73
<i>Arne Ernst, Matthias Karst</i>		<i>Wolfgang B. Freesmeyer, Arne Ernst</i>	
Körperliche Untersuchung . . . . .	56	Neurologisch-neurochirurgische Differenzialdiagnostik . . . . .	82
<i>Arne Ernst, Wolfgang B. Freesmeyer</i>		<i>Andreas Niedeggen</i>	
Psychosomatische Diagnostik . . . . .	69		
<i>Burkard Jäger</i>			

## 5 Therapie

Manualtherapie im Kopf-Hals-Bereich und verwandte Therapieverfahren . . . . .	89	Neurochirurgische Behandlungsoptionen an der HWS und dem kraniozervikalen Übergang . . .	99
<i>Arne Ernst</i>		<i>Andreas Niedeggen</i>	
Zahnärztliche Funktionstherapie des kraniomandibulären Systems . . . . .	96	Sicherung des Langzeittherapieerfolges durch individualisiertes Training und Selbstübungen . . .	105
<i>Wolfgang B. Freesmeyer, M.R. Fussnegger, M.O. Ahlers</i>			



**6 Psychosomatische Modelle und Behandlungen***Burkard Jäger, Gerhard Schmid-Ott*

Einleitung . . . . .	107	Theorien der Aufrechterhaltung chronischer Schmerzen aus psychosomatischer Sicht . . . . .	113
Krankheitsbilder im Kopf-Hals-Bereich mit erhöhter psychosomatischer Relevanz . . . . .	107	Psychosomatisch orientierte Behandlungselemente bei funktionellen Kopf-Hals-Störungen . . . . .	118
Primär biologische oder primär psychische Faktoren? . . . . .	109	Psychosomatische Therapie der Krankheitsfolgen .	121
Psychisch-klinische Merkmale funktioneller Syndrome im Kopf-Hals-Bereich . . . . .	110	Schlussfolgerungen und Ausblick . . . . .	127
Faktoren und Theorien zur Ätiologie aus psychosomatischer Sicht . . . . .	112		

**7 Begleitende Schmerztherapie***Matthias Karst*

Effektive Kommunikation . . . . .	131	Transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS)	141
Pharmakotherapeutische Möglichkeiten . . . . .	131	Entspannungsverfahren . . . . .	142
Akupunktur . . . . .	135	Psychotherapie funktioneller Störungen . . . . .	143
Injektionen (therapeutische Lokalanästhesie) . . . .	138		

**8 Übersicht: Professionelle Anbieter von funktionsdiagnostisch-therapeutischen Leistungen (Verbände, Organisationen etc.)**

Tabelle 8.1 Übersicht: Professionelle Anbieter von funktionsdiagnostisch-therapeutischen Leistungen (Verbände, Organisationen etc.) . . . . .	147	Tabelle 8.2 Übersicht der Ärztekammern . . . . .	147
---	-----	--	-----

<b>Glossar</b> . . . . .	148
<b>Quellenverzeichnis</b> . . . . .	151
<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	153

# Allgemeine und funktionelle Anatomie

## 1

### **Wirbelsäule 2**

Allgemeine Anatomie  
der Halswirbelsäule 2

Zervikothorakaler Übergang 5

Kraniozervikaler Übergang 5

Bewegungssteuerung 6

### **Kraniomandibuläres System 8**

Die Zähne 8

Kraniomandibuläre Muskulatur 10

Das Kiefergelenk 13

Muskulatur des Kiefergelenks 16

Bewegungen im Kiefergelenk 17

Belastung und Beanspruchung  
des Kiefergelenks 19

### **Neurophysiologische Verknüpfungen mit angrenzenden Regionen 20**

### **Funktionelle Gefäßanatomie des Kopf-Hals-Bereiches 20**

Zwischenfälle bei Manualtherapie 20

Kontraindikationen für eine  
HWS-Manipulationsbehandlung 22

## Wirbelsäule

Arne Ernst

### Allgemeine Anatomie der Halswirbelsäule

Die lordotisch gekrümmte Halswirbelsäule (Abb. 1.1) lässt sich in drei funktionell unterschiedliche Abschnitte einteilen (Abb. 1.2):

- Die obere Halswirbelsäule mit Atlas und Axis (kraniozervikaler Übergang).
- Die mittlere Halswirbelsäule (3.–6. Halswirbel) mit dem funktionell bedeutsamen Segment C2/3.
- Den zervikothorakalen Übergang (ZTÜ) aus dem unteren Halswirbel C7 als Übergangsegment zur Brustwirbelsäule und den ersten drei Brustwirbeln.

Der lange Processus spinosus (Dornfortsatz) des 7. Halswirbelkörpers ist der erste sichtbare und deutlich tastbare Dornfortsatz der Halswirbelsäule und wird auch als *Vertebra prominens* bezeichnet.

### Bewegungssegmente und Statik

Jedes Wirbelsäulensegment besteht aus Wirbelkörper, Wirbelbogen und den sich anschließenden Dorn-, Gelenk- und Querfortsätzen (Abb. 1.3). Das Wirbelbogengelenk ist Teil des *Bewegungssegments* als kleinster funktioneller Einheit der Wirbelsäule. Bewegungssegmente bestehen aus Bandscheibe, Wirbelbogengelenk sowie dem Bandapparat und den Muskeln des entsprechenden Bereichs. Aus klinischer Sicht zählt man zum Bewegungssegment auch den Inhalt des Wirbelkanals und die Zwischenwirbelgefäße (Blutgefäße, Nerven und Nervenbahnen).

Die Wirbelsäule besteht aus insgesamt 25 derartigen Bewegungssegmenten, die eine funktionelle und morphologische Einheit bilden, welche einem dynamischen Gleichgewicht unterliegt und in sich beweglich ist. Die Wirbelsäulenkrümmungen sind durchgehend harmonisch und sind nach den anatomischen Bereichen benannt, stimmen jedoch nicht mit den konvexen und konkaven Wirbelsäulenabschnitten überein. Bei Betrachtung von der Seite liegt das Maximum der konvexen Krümmung der Halswirbelsäule zwischen dem dritten und vierten Halswirbel an einem Punkt, wo die Wirbelsäule mit der konkaven Hauptkrümmung beginnt, welche wiederum bis zum vierten Lendenwirbel reicht. Für das statische Gleichgewicht bedeutet dies, dass die Scheitelpunkte der Krümmungen jeweils im Bereich der Hals- und der Lendenwirbelsäule liegen.

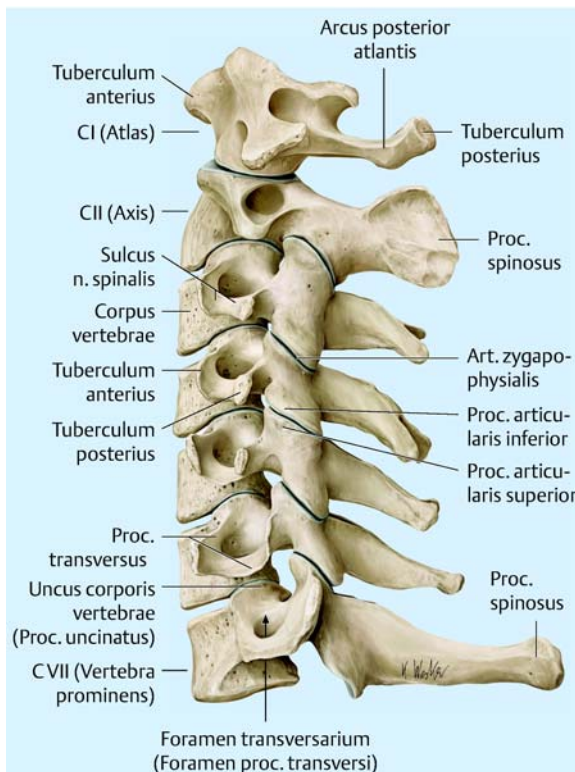


Abb. 1.1 Halswirbelsäule in der Ansicht von lateral.



Abb. 1.2 Einteilung der HWS-Abschnitte.

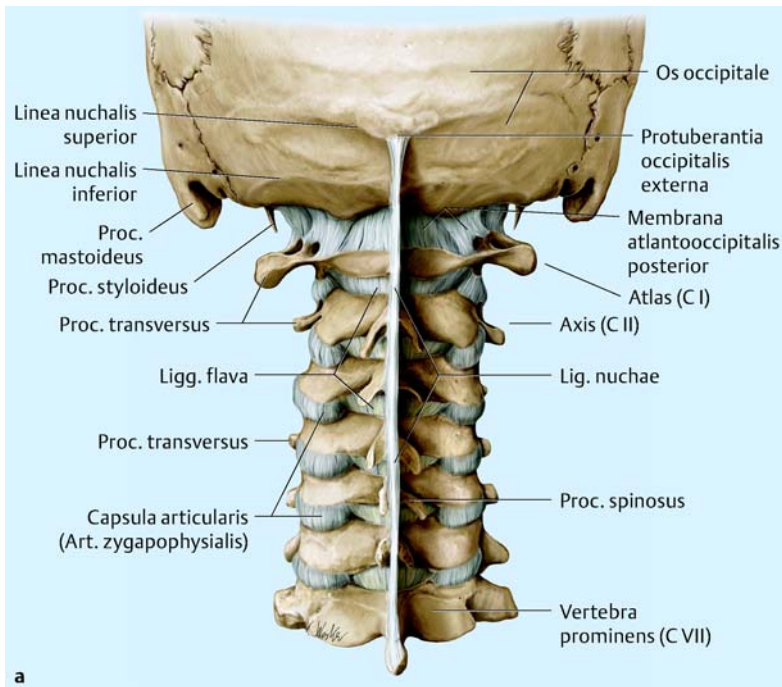
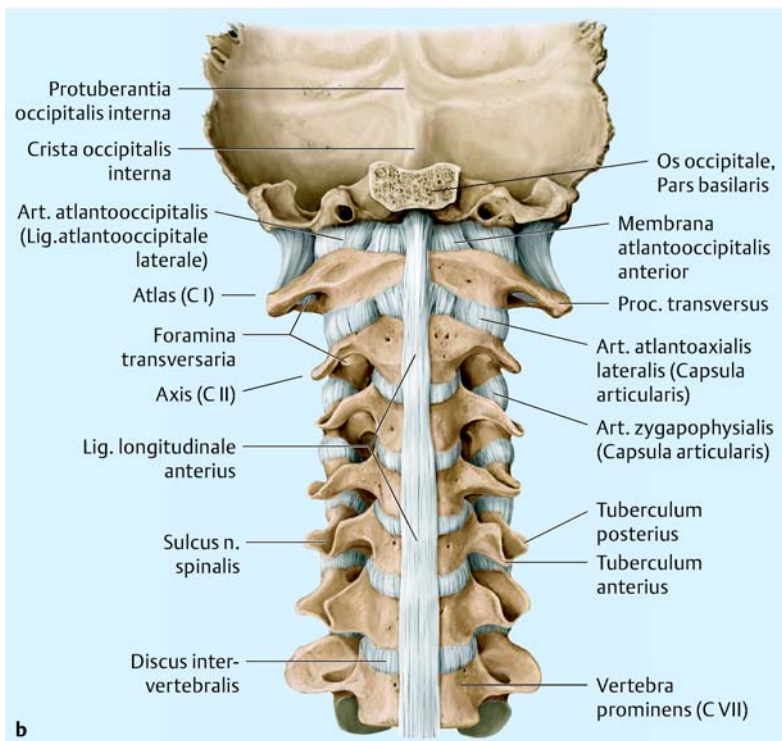


Abb. 1.3 Bandapparat der Halswirbelsäule. **a** Ansicht von dorsal. **b** Ansicht von ventral.



Betrachtet man die Gewichtsverteilung des Körpers vom Kopf über den Thorax zum Becken, finden Gewichtsverlagerungen zwischen den Condylis occipitalibus und dem Atlas, dem zwölften Brust- und fünften Lendenwirbel, dem fünften Lendenwirbel und Kreuzbein, dem Kreuz- und Darmbein sowie zwischen Hüftgelenkspfanne und Femurkopf statt. Bei optimaler Balance zwischen diesen

Abschnitten werden die Muskeln und Bänder der einzelnen Bewegungssegmente nur minimal belastet. So wird auch verständlich, warum Störungen in anderen Wirbelsäulenabschnitten (z. B. Beinlängenverkürzung, Blockierungen im Iliosakralgelenk, Skoliosen, Lumboischialgien) den Bereich der HWS beeinflussen können.



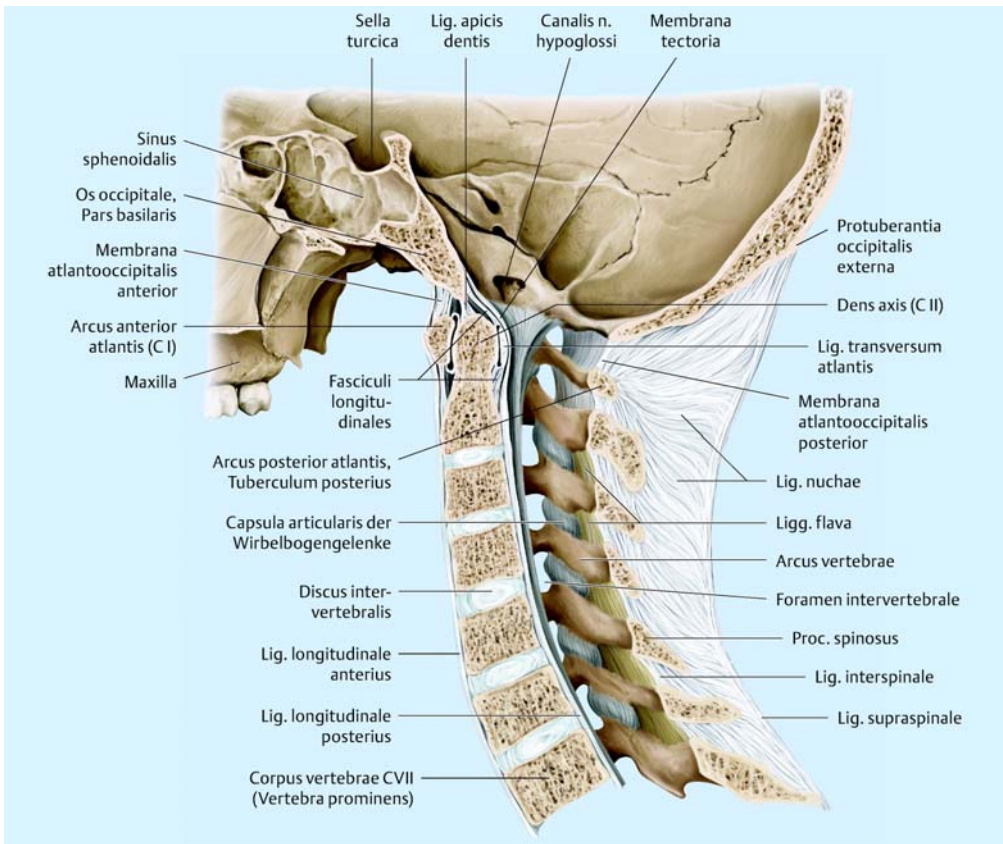


Abb. 1.4 Bandapparat der Halswirbelsäule: Lig. nuchae. Median-Sagittal-Schnitt, Ansicht von links: das Lig. nuchae ist der sagittal ausgerichtete, verbreiterte Teil des Lig. supraspinale, der sich von

der Vertebra prominens bis zur Protuberantia occipitalis externa erstreckt.

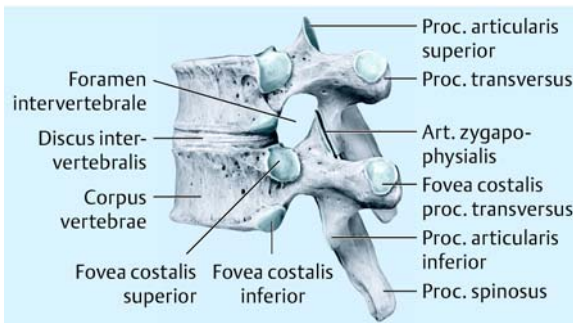


Abb. 1.5 Aufbau eines Bewegungssegments am Beispiel von zwei Brustwirbelkörpern.

### Bewegungsausmaß

Die physiologische Formcharakteristik wird durch die anatomische Form der Wirbel sowie der zugehörigen Bänder und Muskeln geprägt. Vor allem die kleinen Wirbelgelenke und deren Stellung ermöglichen die unterschiedlichen Wirbelsäulenbewegungen (Wolff 1981). Die HWS ist für segmentale Bewegungsstörungen prädestiniert, da sie der beweglichste (höchstmögliche Anzahl an Freiheitsgraden der Bewegung bei geringster ossärer, ligamentärer bzw. muskulärer Führung, siehe Abbildung 1.6), aber auch der stör anfälligste Abschnitt der Wirbelsäule ist.

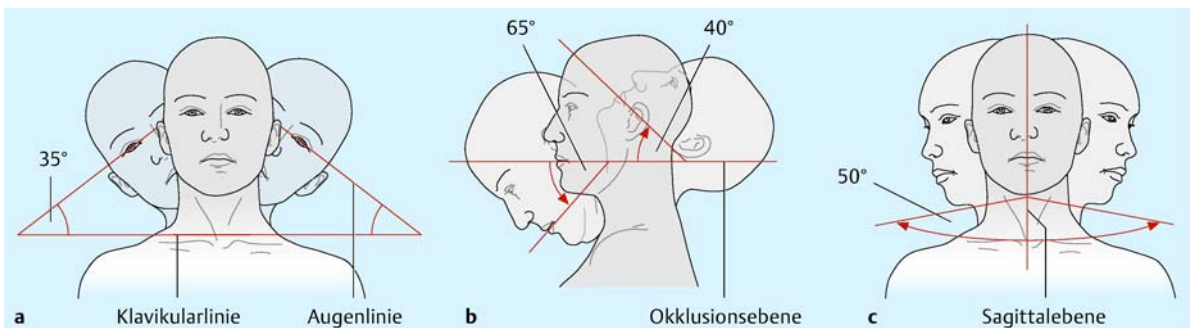


Abb. 1.6 Gesamtbeweglichkeit der Halswirbelsäule. a Lateralflexion. b Ventralflexion/Dorsalextension. c Rotation.

Tabelle 1.1 Durchschnittliches Bewegungsausmaß der HWS

	Oberes Kopfgelenk	Unteres Kopfgelenk	Gesamte HWS	BWS	LWS
Ventralflexion	20°	—	65°	35°	50°
Dorsalextension	10°	—	40°	25°	35°
Lateralflexion (zu jeder Seite)	5°	—	35°	20°	20°
Rotation (zu jeder Seite)	—	35°	50°	35°	5°

## Zervikothorakaler Übergang

Die Übergangszone zwischen HWS und BWS ist morphologisch gekennzeichnet durch das Fehlen der Rippen am kranialen Wirbelsäulenteil. Funktionell reicht die Beweglichkeit der HWS bis in die obere BWS. Die morphologischen Besonderheiten der oberen Brustwirbelsäulensegmente bestehen im „schiennenden“ Ansatz der Rippen zwischen den Wirbelkörpern sowie am Querfortsatz einer Rippe.

Eine wichtige Besonderheit besteht darin, dass sich vor dem Köpfchen der ersten Rippe das Ganglion stellatum befindet. Außerdem hat der Rippenverlauf enge Beziehungen zu den in den Foramina intercostales austretenden Gefäßen und Nerven. Der Rippenverlauf nach vorn führt oft zu Bewegungsbehinderungen und Schmerzen, die sich im Bereich des sternalen Rippenansatzes manifestieren. Zudem sind vertebroviszerale Beziehungen, insbesondere zu Herz (vertebrokardiale Beschwerden als Verkettungssyndrom von Angina pectoralis vertebralis und Angina pectoralis costalis) und Lunge (schmerzhafte Dyspnoe) funktionell bedeutsam.

## Kraniozervikaler Übergang

Der Kopfgelenksbereich stellt einen physiologisch und anatomisch besonderen Abschnitt dar, da er vielfältige neurophysiologische Verbindungen mit einem hohen Maß an Beweglichkeit kombiniert. Diese Besonderheiten sind phylogenetisch bedingt und machen die besondere Stellung dieser kraniozervikalen Übergangsregion deutlich.

## Anatomie

Der erste Halswirbel (Atlas) ist ringförmig gebaut und unterscheidet sich morphologisch von den darunter liegenden Wirbeln. In seinem vorderen Anteil trägt er statt des Wirbelkörpers die beiden ovalen Massae laterales (Abb. 1.7). Diese Gelenkflächen artikulieren mit den Hinterhauptscondylen.

Der zweite Halswirbel (Axis) trägt einen kräftigen Wirbelkörper, über dem sich nach oben der Atlaszahn (Dens axis) aufrichtet (Abb. 1.8).

Morphologisch ist der dritte Halswirbel, der funktionell noch zu den Kopfgelenken zu rechnen ist, ähnlich den

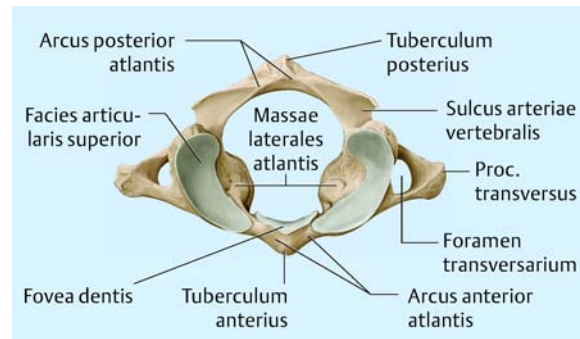


Abb. 1.7 Erster Halswirbel (Atlas) in der Ansicht von kranial.

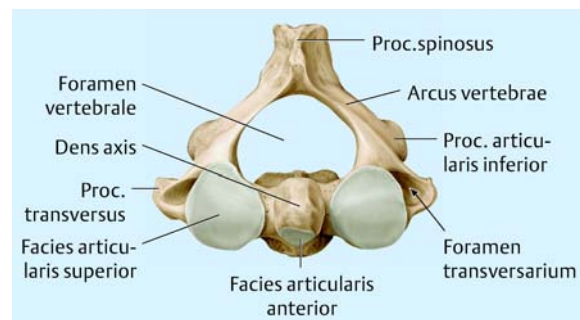


Abb. 1.8 Zweiter Halswirbel (Axis) in der Ansicht von kranial.

Wirbeln vier bis sieben (Abb. 1.9). Im Querfortsatz befindet sich ein vertikal ausgerichtetes Foramen zur Aufnahme der aufsteigenden Arteria vertebralis. Hieraus resultiert die enge topographische Beziehung zwischen A. vertebralis, dem Spinalnerv sowie den begleitenden segmentalen arteriellen, venösen und Lymphsystemen (Abb. 1.10).

Als Kopfgelenke bezeichnet man die gelenkigen Verbindungen von Hinterhaupt, Atlas und Axis.

- Oberes Kopfgelenk (Articulatio atlantooccipitalis): paarig; gelenkige Verbindung der nierenförmigen konkaven Foveae articulares superiores des Atlas mit den konvex geformten Hinterhauptscondylen
- Untere Kopfgelenke:
  - Articulatio atlantoaxialis lateralis: paarig, gelenkige Verbindung zwischen den unteren Gelenkflächen des Atlas und den oberen des Axis,

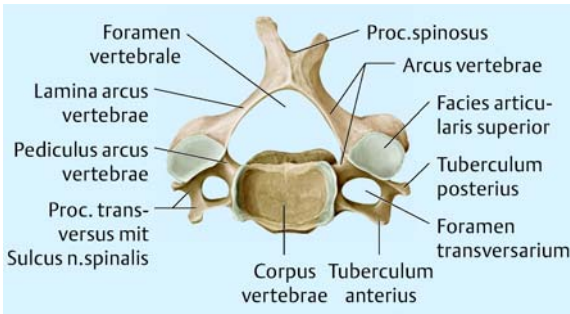


Abb. 1.9 Vierter Halswirbel in der Ansicht von kranial.

- Articulatio atlantoaxialis mediana: unpaar, Gelenk zwischen dem Dens axis, der Fovea dentis atlantis und der überknorpelten Fläche des Lig. transversum atlantis.

Diese sechs Atlantoaxialgelenke bilden eine funktionelle Einheit. Der Vorteil der Unterteilung in sechs Gelenke mit jeweils eigener Gelenkkammer liegt in der höheren Präzision der Bewegungen, allerdings auf Kosten der Gesamtbeweglichkeit.

### Statik und Beweglichkeit

Der Kopf lastet als axiale Last mittig auf der Halswirbelsäule. Er ist auf dem Atlas durch die Form des Atlantoaxialgelenkes ausbalanciert, indem die konvexen Condyli occipitales auf den konkaven Gelenkflächen des Atlas

ruhen. Durch diese Konstruktion lässt sich der Kopf leicht nach vorne und hinten neigen. Die Schaukelbewegung des Kopfes wird durch die Form der Kondylen begrenzt, die auch ein seitliches Beugen und Drehen an dieser Stelle (im oberen Kopfgelenk) verhindern. Für eine Drehung ist die Einbeziehung der darunter liegenden Wirbel erforderlich, insbesondere des Axis (unteres Kopfgelenk), um dessen Dens der Atlas bei Drehbewegungen rotiert. Außer beim Kopfnicken arbeiten Atlas und Axis daher immer zusammen.

Der Kopf befindet sich an einem Punkt auf der Wirbelsäule, der unmittelbar hinter den Temporomandibulargelenken liegt und eine Linie mit dem Gehörgang bildet. Der bis zu neun Kilogramm wiegende Kopf muss zentriert über der Wirbelsäule und dem Körper gehalten werden, was durch die dorsale Zuggurtung der Muskeln und Bänder des Halses geschieht. Beim Erwachsenen liegt der Schwerpunkt des Kopfes vor dem Atlantoaxialgelenk. Wird er ständig im Ungleichgewicht (z.B. zur Seite geneigt in einer schmerzbedingten Schonhaltung) gehalten, kommt es zur Ermüdung der Halsmuskulatur mit nachfolgenden Funktionsstörungen (vgl. Kapitel 2).

### Bewegungssteuerung

Die Bewegungen unseres Achsenorgans unterliegen einer zentralen Steuerung und sind rückgekoppelt. Ein Bewegungsentwurf wird vom Kleinhirn und den Stammganglien kontrolliert und modifiziert und unterliegt vielfachen (z.B. emotionalen, sympathischen, sensorisch-integrativen) Einflüssen. Bei der Umsetzung des Entwurfes in der Peripherie ist vorwiegend die Muskulatur beteiligt,

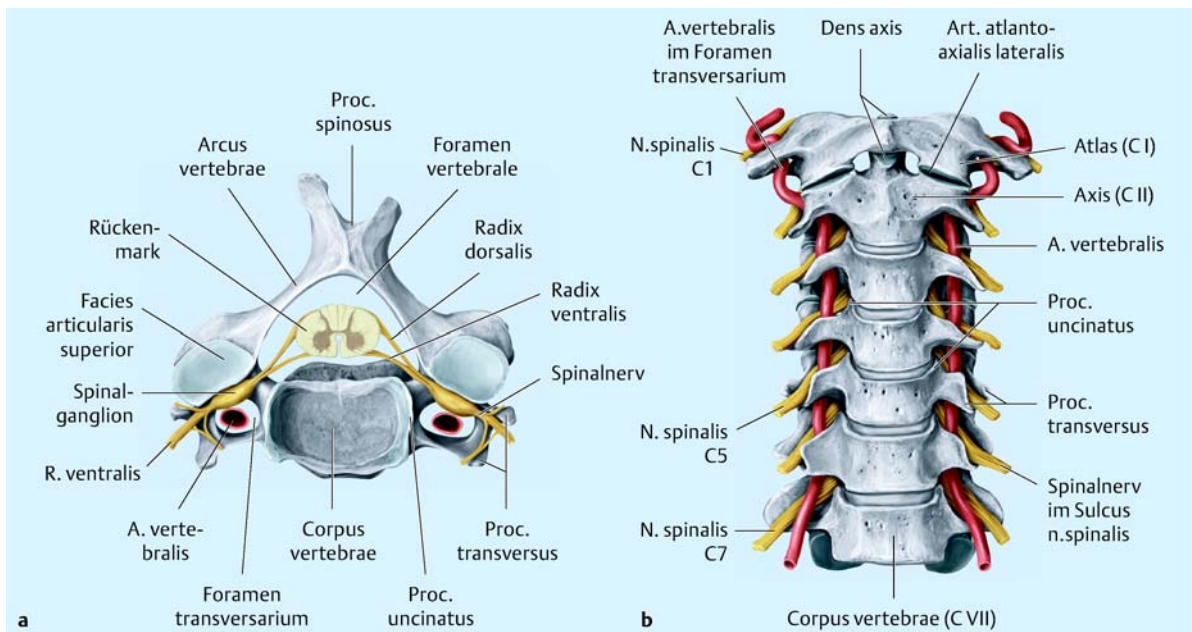


Abb. 1.10 Topografische Beziehung von Spinalnerv und A. vertebralis zum Proc. uncinatus. **a** Vierter Halswirbel mit Rückenmark, Spinalwurzeln, Spinalnerven und Aa. vertebrales, Ansicht von kranial.

**b** Halswirbelsäule mit beidseitiger A. vertebralis und austretenden Spinalnerven, Ansicht von ventral.