

4 Rückenmark (Medulla spinalis)

4.1 Der Überblick

Das Rückenmark macht zwar nur 2 % des ZNS-Gewichts aus, erfüllt aber eine große Vielzahl wichtiger Funktionen. Es liegt geschützt im Wirbelkanal und wird von den Rückenmarkshäuten umhüllt (s. S. 169). In Längsrichtung weist das Rückenmark zwei Verdickungen und an seiner Oberfläche mehrere Furchen auf.

Durch die **graue Substanz** des Rückenmarks wird die Skelettmuskulatur des Körpers (ohne Kopf und Hals) innerviert. Sie enthält zudem viszeroefferente Neurone des Sympathikus und Teile des Parasympathikus. Andere in der grauen Rückenmarkssubstanz liegende Nervenzellen erhalten somato- und viszerosensible Afferenzen der Körperoberfläche und vieler innerer Organe.

Die **weiße Substanz** enthält Nervenfaserbahnen, die Rückenmark und Gehirn miteinander verbinden (Verbindungsapparat):

- aufsteigende Bahnen (für die Weiterleitung sensibler Informationen zum Gehirn) und
- absteigende Bahnen (für die Weiterleitung von motorischen Impulsen vom Gehirn zur grauen Substanz des Rückenmarks)

Zudem gibt es innerhalb der weißen Substanz Bahnen, die Rückenmarkssegmente untereinander verbinden (Eigenapparat).

4.2 Die Gestalt und die Gliederung



Lerncoach

Machen Sie sich im folgenden Abschnitt zunächst mit der Lage, der äußeren Gestalt und der inneren Gliederung des Rückenmarks vertraut. Wiederholen Sie dazu ggf. die allgemeinen Grundlagen zur grauen und weißen Substanz (s. S. 4f). Nutzen Sie die Unterscheidung in drei Klassen von Nervenzellen, deren jeweilige Namen bereits einen Hinweis auf ihre Lage und z. T. Funktion geben.

4.2.1 Die Lage, Form und Oberfläche

Das herauspräparierte Rückenmark ist ein dünner, ca. 45 cm langer Strang mit zwei Verdickungen:

- **Intumescentia cervicalis** (in Höhe des 4.–8. Brustwirbels) und
- **Intumescentia lumbosacralis** (in Höhe des 10.–12. Brustwirbels).

Im Bereich dieser Verdickungen sind die graue Substanz und der Eigenapparat in der weißen Substanz besonders stark ausgebildet, da aus dem Bereich der Verdickungen die Innervation der Extremitäten erfolgt (**Abb. 4.1 a**). Das Rückenmark zeigt unten ein spitz zulaufendes Ende, den **Conus medullaris**, der sich auf Höhe des ersten oder zweiten Lendenwirbels in das Filum terminale fortsetzt. Dieser fadenförmige Ausläufer, der nur aus Gliagewebe besteht, ist am kaudalen Ende des Wirbelkanals (im Sakralbereich) befestigt. Das **Filum terminale** wird von der **Cauda equina** (Ansammlung der Spinalnervenzurheln unterhalb des ersten oder zweiten Lendenwirbels) begleitet (**Abb. 4.1 b**).

An der **Oberfläche** des Rückenmarks sind mehrere unterschiedlich tiefe Längsfurchen erkennbar. Vorne in der Medianebene liegt die tiefe **Fissura mediana anterior**. Dorsal gegenüberliegend ist nur eine flache Rinne, **Sulcus medianus posterior**, ausgebildet. Der Sulcus medianus posterior setzt sich als Septum medianum posterius (Blatt aus Gliagewebe) innerhalb des Rückenmarks fort, das besonders im Thorakalbereich ausgebildet ist. Beiderseits der Fissura mediana anterior verläuft eine schwache Rinne, der Sulcus anterolateralis. Hier verlassen die motorischen Vorderwurzeln das Rückenmark. Dorsal findet sich beiderseits des Sulcus medianus posterior eine flache Rinne (Sulcus posterolateralis), in der die Hinterwurzeln eintreten. Im Halsbereich des Rückenmarks liegt auf beiden Seiten zwischen Sulcus medianus und Sulcus posterolateralis der flache Sulcus intermedius posterior. Er markiert die Grenze zwischen den Fasciculi cuneatus und gracilis (s. S. 82).

4.2.2 Die Rückenmarkssegmente

Die paarig aus dem Rückenmark austretenden Vorder- und Hinterwurzeln, die sich auf beiden Seiten zum Spinalnerv (s. S. 33) zusammenlagern, kennzeichnen die Rückenmarkssegmente. Ihre Entstehung wird während der Entwicklung durch die

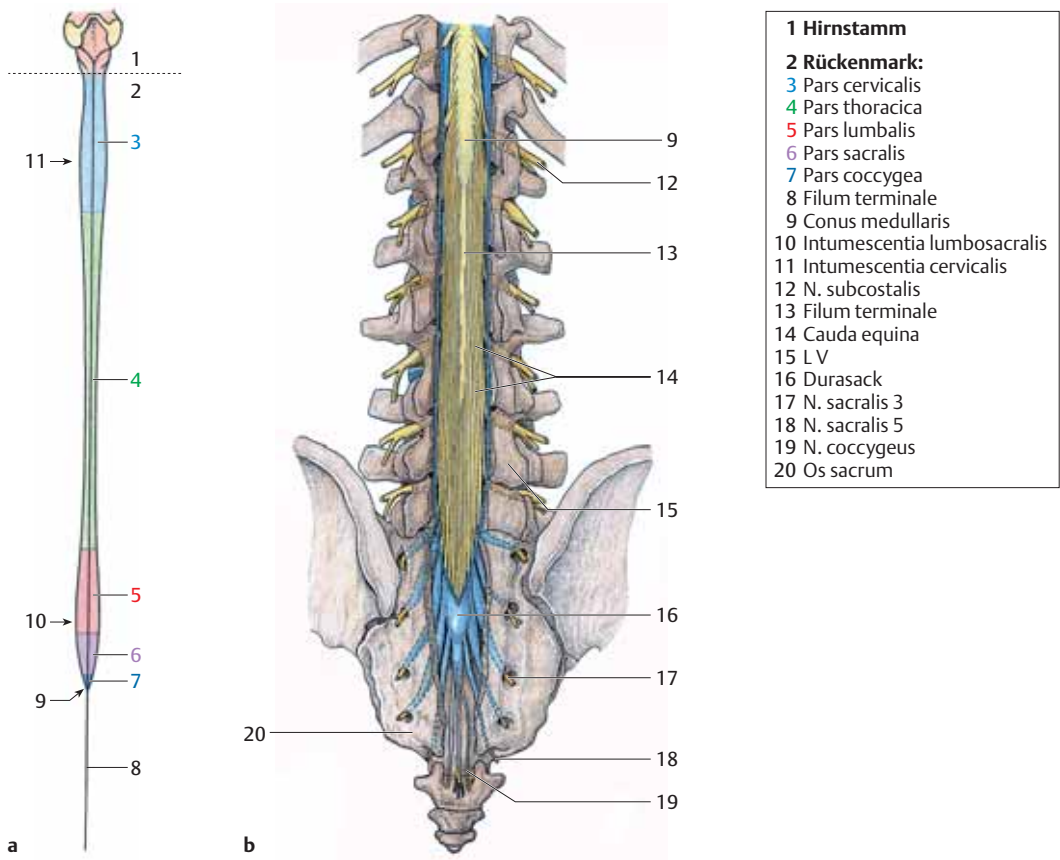


Abb. 4.1 Rückenmark

a Isoliertes Rückenmark in der Ansicht von dorsal

b Kaudales Rückenmark mit Conus medullaris und Cauda equina im eröffneten Wirbelkanal von dorsal nach teilweiser Entfernung der Dura mater und Arachnoidea

Somiten induziert, jedoch sind die Segmente als solche von außen nur durch die zugehörigen Nervenwurzeln erkennbar.

Man unterscheidet:

- 8 Zervikalsegmente
- 12 Thorakalsegmente
- 5 Lumbalsegmente
- 5 Sakralsegmente
- 1–3 Kokzygealsegmente.

Da das Rückenmark im Vergleich zum Wachstum der Wirbelsäule zurückbleibt, reicht es beim ausgewachsenen Menschen nur bis zur Höhe des ersten oder zweiten Lendenwirbelkörpers. Daher liegt ein Rückenmarkssegment weiter kranial als der gleichnamige Wirbel (**Abb. 4.2**).

Die zugehörigen Spinalnerven, die durch den Zusammenschluss von Vorder- und Hinterwurzel entstehen, treten – mit Ausnahme des ersten zervikalen Spinalnervenpaares – immer unter dem gleichnamigen Wirbel aus dem Spinalkanal aus. Die Ausnahme im zervikalen Bereich liegt darin begründet, dass es 8 zervikale Rückenmarkssegmente, jedoch nur 7 Halswirbel gibt.

Die segmentale Gliederung des Rückenmarks ist sowohl für die sensible als auch für die motorische Innervation der Körperperipherie von Bedeutung:

- Die **sensiblen Fasern** eines Rückenmarkssegmentes innervieren jeweils ein streifenförmiges **Dermatom**. Auch wenn – bedingt durch die Plexusbildung (s. S. 35) – die Fasern zur Versorgung

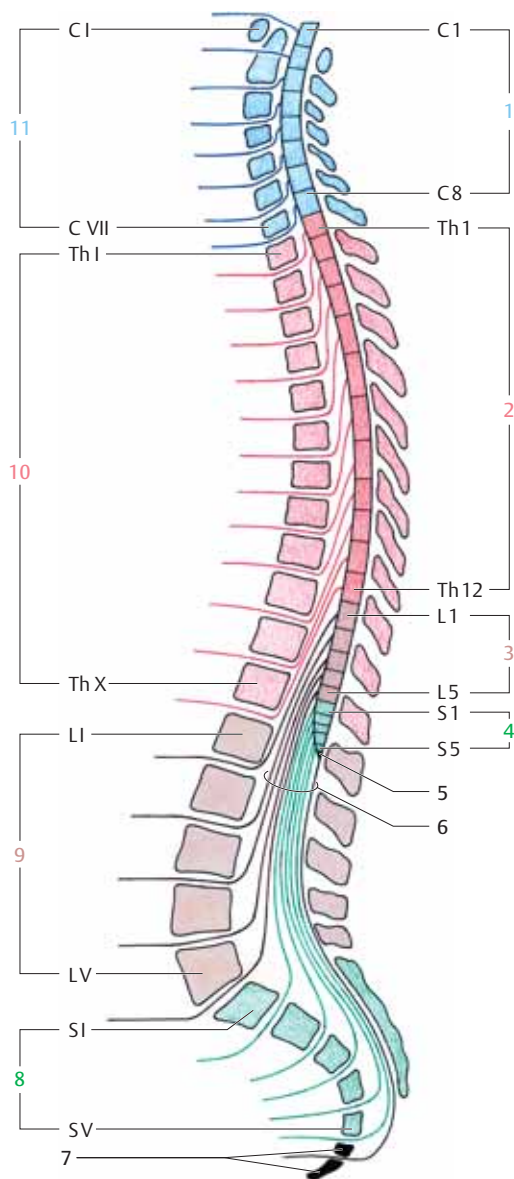
eines Dermatoms z.T. in unterschiedlichen peripheren Nerven ziehen, treten jeweils alle zum gleichen Rückenmarkssegment gehörigen sensiblen Fasern über die gleiche Hinterwurzel (s. S. 35) in das entsprechende Segment ein.

- Die **Motoneurone** (s. S. 78), die einen einzelnen Muskel innervieren, sind innerhalb der Columna anterior des Rückenmarks (s. S. 78) in einem säulenförmigen Kerngebiet zusammen angeordnet. Bei großen Muskeln (und/oder kleinen motorischen Einheiten) erstreckt sich die Kernsäule über mehrere Segmente (plurisegmentale Muskeln, Abb. 4.3). Ein Muskel, dessen Motoneurone im Wesentlichen auf Höhe eines Segmentes liegen, bezeichnet man als **Kennmuskel** dieses Segments. In den medial gelegenen Kernsäulen finden sich die Motoneurone für Muskeln des Körperstamms, in den lateralen die für mehr distale Extremitätenmuskeln. Die Fasern der Motoneurone verlassen das Rückenmark über die Vorderwurzel und vereinigen sich im Foramen intervertebrale mit den sensiblen Hinterwurzelfasern des gleichen Segments zum gemischten Spinalnerv (s. S. 33).

Klinischer Bezug

Kompressionssyndrome bei Bandscheibenschäden:

Kommt es durch degenerative Prozesse des Anulus fibrosus einer Bandscheibe zu einer Vorwölbung (Protrusion) oder Vorfall (Prolaps) des Nucleus pulposus, kann es je nach Lokalisation dieser Diskushernie zu verschiedenen Kompressionssyndromen kommen. Ein medialer Bandscheibenvorfall führt je nach Höhenlokalisierung zur Rückenmarkskompression oder zur Schädigung der Cauda equina (Kaudasyndrom, s. S. 88). Eine laterale Diskushernie führt zu Wurzelkompressionssyndromen. Zwar liegt bei Letzteren eine Läsion des peripheren Nervensystems vor; bei isolierten Wurzelverletzungen kommt es jedoch aufgrund des in diesem Bereich noch segmental angeordneten Faserverlaufs zu neurologischen Ausfallerscheinungen, die sich einem Rückenmarkssegment zuordnen lassen (segmentales oder radikuläres Schädigungsmuster). In der neurologischen Untersuchung macht man sich dies zunutze, um die Symptomatik gegenüber einer weiter peripher gelegenen Schädigung (Plexusläsion oder Schädigung eines bzw. mehrerer peripheren Nerven) abzugrenzen. Ne-



- 1 8 Zervikalsegmente (C1 – C8)
- 2 12 Thorakalsegmente (Th 1 – Th 12)
- 3 5 Lumbalsegmente (L1 – L5)
- 4 5 Sakralsegmente (S1 – S5)
- 5 C1
- 6 Cauda equina
- 7 Os coccygis
- 8 Os sacrum (S1 – S5)
- 9 LWS (L1 – L5)
- 10 BWS (Th 1 – Th 12)
- 11 HWS (C1 – C7)

Abb. 4.2 Lage der Rückenmarkssegmente im Spinalkanal

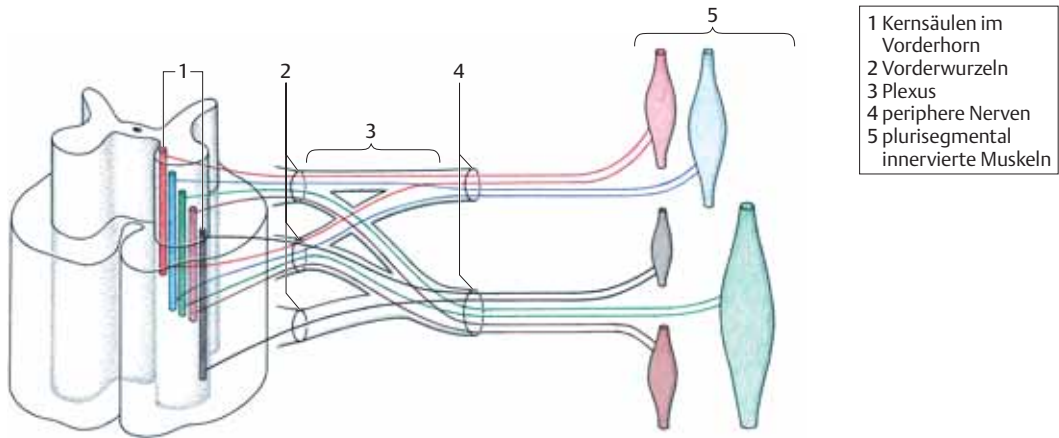


Abb. 4.3 Plurisegmentale Muskelinnervation

ben lokalen und Dehnungsschmerzen kann es zur Schmerzprojektion in das sensible Versorgungsgebiet (Dermatom) der betroffenen Wurzel sowie Hypästhesien in diesem Bereich kommen. Motorisch lassen sich bei schweren Schäden Paresen der von der betroffenen Wurzel (mit) versorgten Muskulatur sowie ggf. Abschwächung der jeweiligen Muskeleigenreflexe (s. S. 86) des zugehörigen Segments nachweisen. Diese sind durch die meist plurisegmentale Versorgung eines Muskels weniger ausgeprägt als bei Verletzungen eines peripheren Nerven, können jedoch bei Kennmuskeln in jedem Fall einen Hinweis geben (z. B. Kraftminderung bei Dorsalextension der Großzehe durch Parese des M. extensor hallucis longus als Kennmuskel von L5).

4.2.3 Der Rückenmarksquerschnitt

Die Gliederung des Rückenmarks in graue und weiße Substanz lässt sich im Querschnittsbild erkennen. Im Zentrum eines Rückenmarksquerschnitts erkennt man das kleine Lumen des Canalis centralis, der von Ependym ausgekleidet ist.

4.2.3.1 Die graue Substanz

Die Anordnung

Die graue Substanz liegt in der Tiefe und hat die Form eines Schmetterlings, vergleichbar dem Großbuchstaben H (Abb. 4.4). Man unterscheidet am Quer-

schnitt Vorder-, Hinter- und Seitenhorn (**Cornu anterius**, **Cornu posterius** und **Cornu lateralis**), die sich – mit Ausnahme des lediglich thorakolumbal (C8–L2) und sakral (S2–S4) ausgeprägten Seitenhorns – über das gesamte Rückenmark erstrecken und daher auch als Säulen (**Columnae**) bezeichnet werden. Vor und hinter dem Zentralkanal liegt jeweils ein schmaler Streifen grauer Substanz (**Commissura grisea anterior** und **Commissura grisea posterior**).

Die Nervenzellen

Es werden drei Klassen von Nervenzellen in der grauen Substanz des Rückenmarks unterschieden: Wurzelzellen, Binnen- oder Schaltzellen und Strangzellen (Abb. 4.5).

- Die **Wurzelzellen** liegen je nach ihrer Funktion in den **Vorder- oder Seitenhörnern** der grauen Substanz und schicken ihre Axone über die **Vorderwurzel** zum Spinalnerven. Dazu gehören:
 - **α -Motoneurone** (große Vorderhornzellen) mit Axonen zur quergestreiften Skelettmuskulatur, die durch diese Innervation kontrahiert wird
 - **γ -Motoneurone** (kleine Vorderhornzellen), deren Axone intrafusale Muskelfasern von Muskelspindeln erreichen und darüber deren Empfindlichkeit auf Dehnungsreize erhöht.
 - Nervenzellen des **Sympathikus** in den Seitenhörnern der Rückenmarksegmente C8–L2, deren Axone zu vegetativen Ganglien des Sympathikus gelangen.

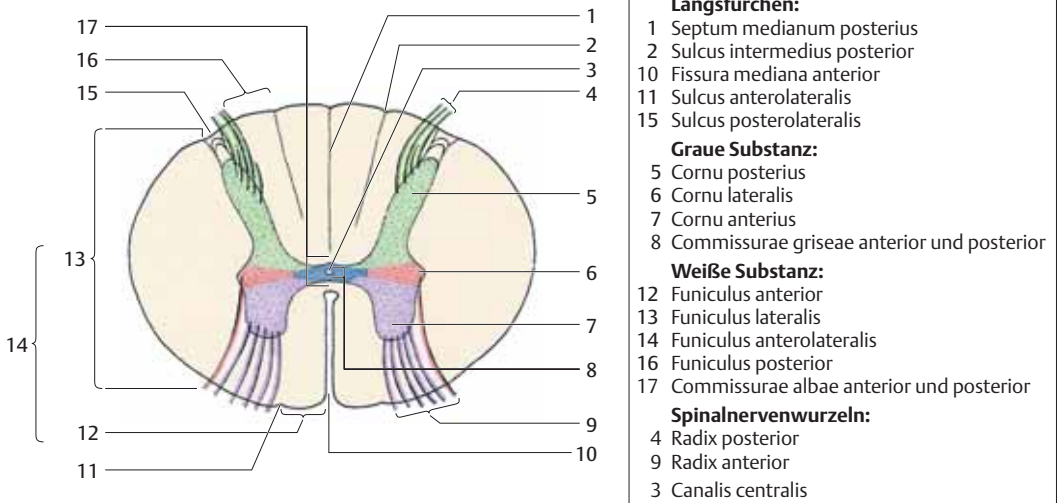


Abb. 4.4 Querschnitt durch das thorakale Rückenmark

- Nervenzellen des **Parasympathikus** in den Seitenhörnern der Rückenmarksegmente S2–S4 mit Axonen zu vegetativen Ganglien des Parasympathikus.

MERKE

Die Wurzelzellen sind efferente Neurone des ZNS, deren Axone das Rückenmark verlassen: Die Perikarya von α - und γ -Motoneuronen liegen im Vorderhorn, die der vegetativen Nervenzellen im Seitenhorn, das vorwiegend thorakolumbal (Sympathikus) und sakral (Parasympathikus) vorhanden ist.

- Die **Binnenzellen** (auch **Schaltzellen** genannt) sind **Interneurone**, die entweder benachbarte Rückenmarksneurone untereinander verbinden oder zwischen Axonen absteigender Bahnen und Rückenmarkszellen eingeschaltet sind. Ihre Fortsätze sind kurz und verlassen die graue Substanz nicht. Die in der Regel inhibitorischen Interneurone haben Glycin und/oder GABA als Transmitter. Sie sind an hemmenden Schaltkreisen beteiligt (s. a. S. 82).
- Die **Strangzellen** liegen vor allem im **Hinterhorn** des Rückenmarks. Sie sind Neurone des Verbindungs- und Eigenapparats (s. u.), deren Axone sich zu Tractus bündeln. An ihnen enden sowohl

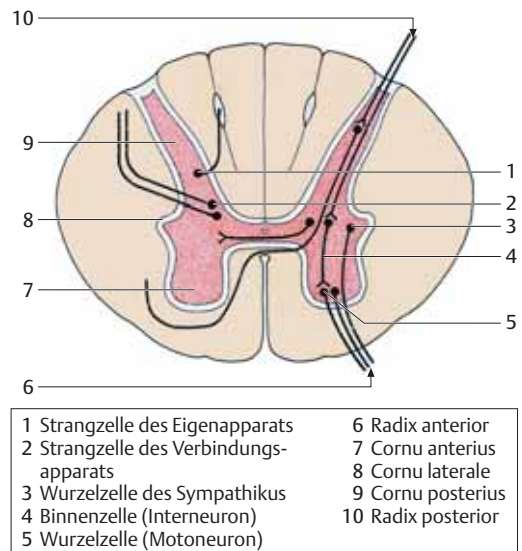


Abb. 4.5 Nervenzelltypen im Rückenmark

sensible Afferenzen, deren Perikarya im Spinalganglion liegen, als auch absteigende Fasern aus supraspinalen Zentren.

Die Zellschichten

Die Zusammenlagerungen von Nervenzellperikarya im Rückenmark werden als Schichten (**Laminae**) oder Kerne (**Nuclei**) beschrieben. Es werden zehn