
Rückenmark und Spinalnerven

Makro- und mikroskopische Anatomie

David P. Wolfer

Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich

Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

377-0107-00 Nervensystem, Mo 18.11.2019 15:00-16:45 Y17 M5

Lernziele dieser Anatomievorlesung: Studierende können ...

- **Merken und Erinnern**

1. das Oberflächenrelief des Rückenmarks identifizieren und seine Gliederung in Abschnitte und Segmente benennen
2. den Aufbau der Spinalnerven und ihrer Verbindungen zum sympathischen Grenzstrang wiedergeben
3. die Beziehung zwischen Rückenmark, Spinalnerven und Dermatomen definieren
4. die Lagebeziehungen zwischen Rückenmarksabschnitten, Nervenwurzeln und Wirbelsäule wiedergeben
5. die Anordnung der Blutgefäße des Rückenmarks zeigen und die Herkunft der Arterien nennen, die das Rückenmark versorgen
6. die Nervenzelltypen im Rückenmark und den Eigenapparat des Rückenmarks definieren
7. die Rexed-Laminae I-X definieren
8. die mikroanatomische Gliederung der weissen und grauen Substanz des Rückenmarks zeigen

- **Verstehen und Anwenden**

1. die funktionelle Grundlagen der Volumenunterschiede zwischen den Rückenmarkssegmenten erklären
2. die Strukturelle Grundlagen des radikulären Projektionsschmerzes bei Wurzelschädigungen erläutern
3. die Wahl geeigneter Orte für die Punktion des spinalen Subarachnoidalraumes erläutern
4. Blutversorgungsterritorien des Rückenmarks und Risikozonen für Durchblutungsstörungen beschreiben
5. die strukturellen Grundlagen des Informationsflusses im Rückenmark und in seinen Verbindungen zur Peripherie darlegen

Fakultative Lernmaterialien für diese Vorlesung

- **Lehrbuch: Trepel, «Neuroanatomie»**
 - 3 Rückenmark,
3.1 Äussere Gestalt, Lage und Gliederung
 - 3 Rückenmark,
3.2 Rückenmarkshäute und entsprechende Räume
 - 3 Rückenmark,
3.3 Querschnittsbild des Rückenmarks
 - 3 Rückenmark,
3.4 Graue Substanz des Rückenmarks
 - 3 Rückenmark,
3.5 Weisse Substanz des Rückenmarks
 - 3 Rückenmark,
3.6 Blutversorgung des Rückenmarks
- **LernAtlas: Prometheus
«Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem»**
A Allgemeine Anatomie
 - 8.5 Aufbau eines Rückenmarkssegmentes
 - 8.6 Sensible Innervation: Übersicht
 - 8.7 Sensible Innervation: Prinzipien der Dermatome- und Plexusbildung
- **LernAtlas: Prometheus
«Kopf, Hals und Neuroanatomie»**
B Neuroanatomie
 - 1.8 Übersicht über das Rückenmark
 - 11.1-3,11-13 Rückenmark und seine Blutgefässe
- **Studiensammlung**
 - Studiensaal II, Vitrine 38:
Einbau des Rückenmarks in die Wirbelsäule

Gliederung und Oberflächenanatomie

- **Abschnitte & Segmente**

- Pars cervicalis C1-8
- Pars thoracalis Th1-12
- Pars lumbalis L1-5
- Pars sacralis S1-5
- Pars coccygea Co1-2

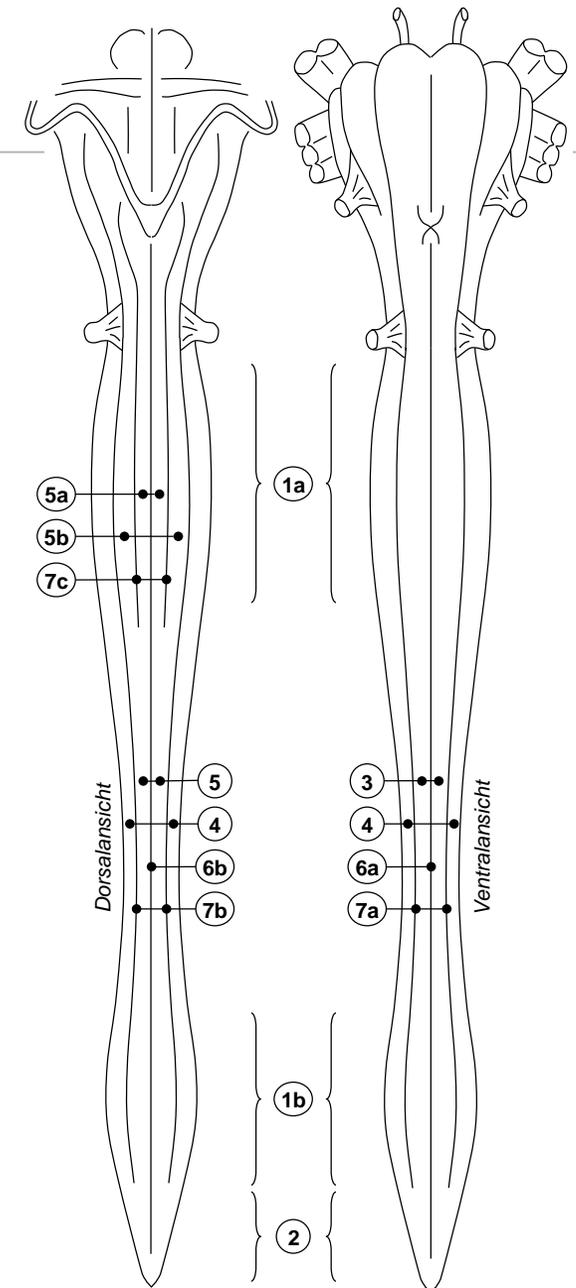
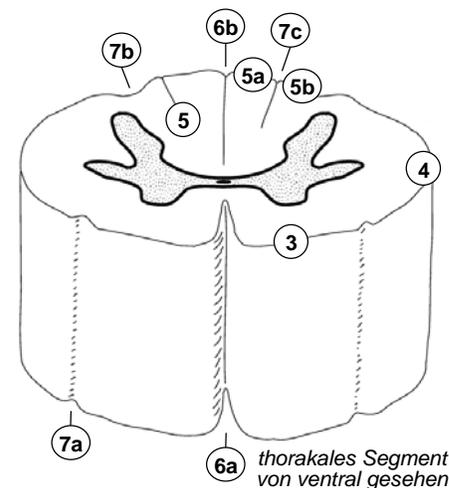
- **Durchmesser variiert**

- Intumescensiae: Versorgung der Extremitäten (cervicalis C4-Th1, lumbosacralis L1-S3):
Segmente dicker und länger
- Conus medullaris: kegelförmiges Ende

- **Längsfurchen / Rinnen**

- tiefe mediane Spalte ventral, flache mediane Rinne dorsal
- Rinnen im Bereich der Wurzelaustritte begrenzen Funiculus ant, lat, und post (Nervenfaserstränge)
- Funiculus posterior kranial von Th6 geteilt in
 - Fasciculus gracilis (medial) und
 - Fasciculus cuneatus (lateral, nimmt nach kranial/rostral keilförmig an Breite zu)

- 1a Intumescenscia cervicalis
- 1b Intumescenscia lumbosacralis
- 2 Conus medullaris
- 3 Funiculus ant
- 4 Funiculus lat
- 5 Funiculus post
- 5a Fasciculus gracilis
- 5b Fasciculus cuneatus
- 6a Fissura mediana ant
- 6b Sulcus medianus post
- 7a Sulcus anterolateralis
- 7b Sulcus posterolateralis
- 7c Sulcus intermedius post



Spinalnerv und Segment

• Spinalnervenwurzeln

- zwischen Vorder- und Seitenstrang: Radix ventralis = efferent
- zwischen Seiten- und Hinterstrang: Radix dorsalis = afferent
- Wurzeln entstehen durch Vereinigung von 4-10 Fila radicularia
- Vereinigung → Spinalnerv (Truncus nervi spinalis) immer erst beim Austritt aus Spinalkanal durch Foramen intervertebrale (seitliche Austrittsöffnung durch Wirbelsäule zwischen Wirbelbögen)
- Spinalganglion: Auftreibung der Radix dorsalis im Foramen intervertebrale kurz vor Vereinigung mit Radix ventralis, enthält Zellkörper pseudounipolarer afferenter Neurone

• Spinalnervenäste

- R ventralis: Plexus cervicalis (C1-4, Hals, Zwerchfell), Plexus brachialis (C5-Th1, Arm), Thorax- und Bauchwand, Plexus lumbosacralis (T12-S3, Bein)
- R dorsalis: autochthone Rückenmuskulatur und Rückenhaut
- R communicans griseus (nicht myelinisiert): sympathisch postganglionär (zu allen Spinalnerven)
- R communicans albus (myelinisiert): sympathisch präganglionär (aus Spinalnerven C8-L2)
- R meningeus: Rückenmarkshüllen

1a Radix dorsalis

1b Spinalganglion

1c Radix ventralis

2 N. spinalis

3 Funiculus ant

4 Funiculus lat

5 Funiculus post

6 Truncus sympathicus

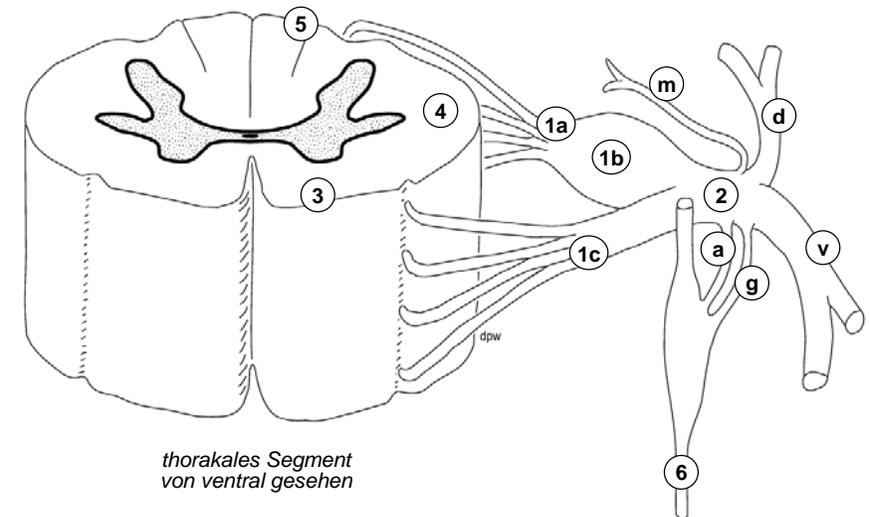
v R ventralis

d R dorsalis

g R communicans griseus

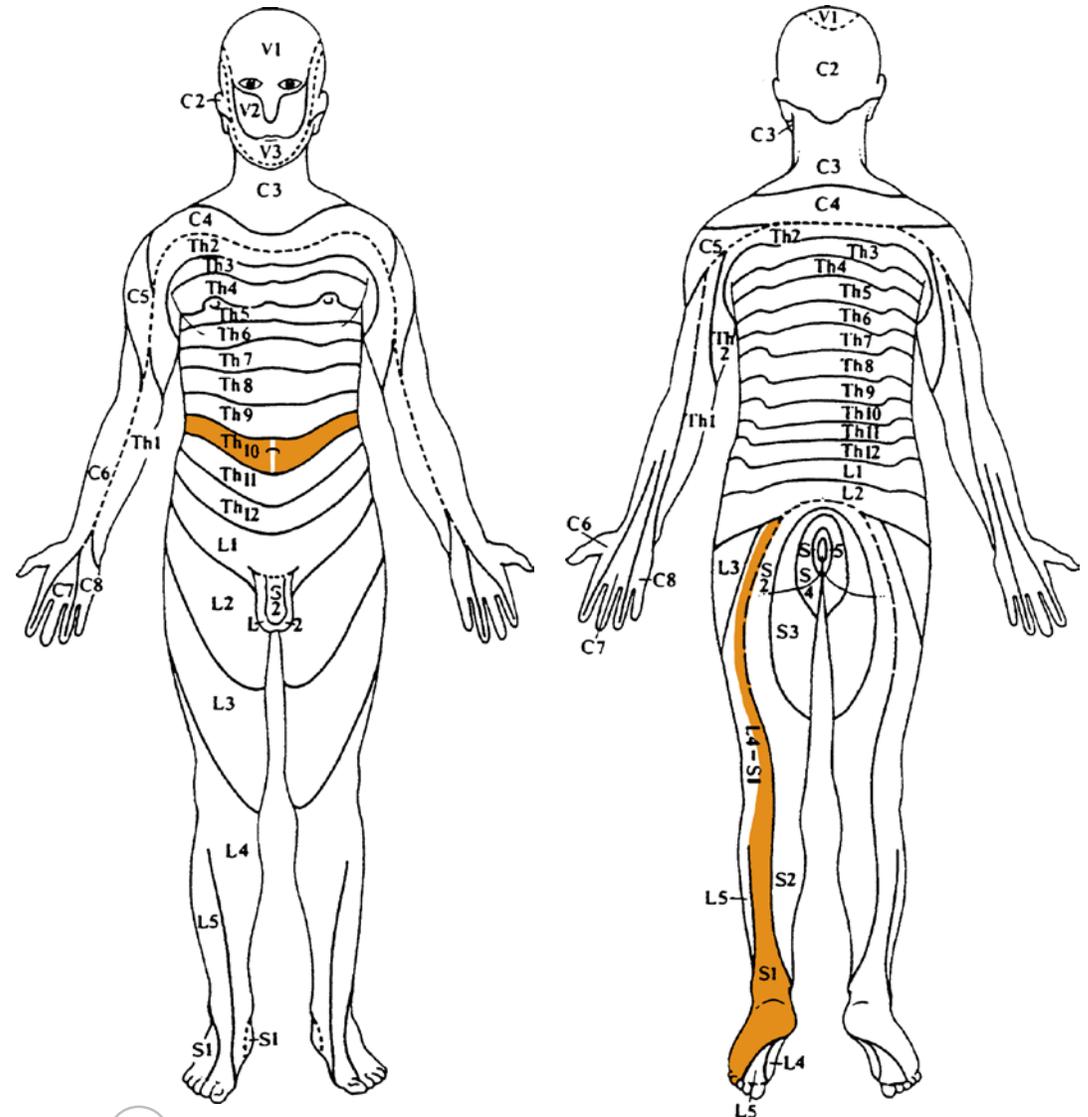
a R communicans albus

m R meningeus



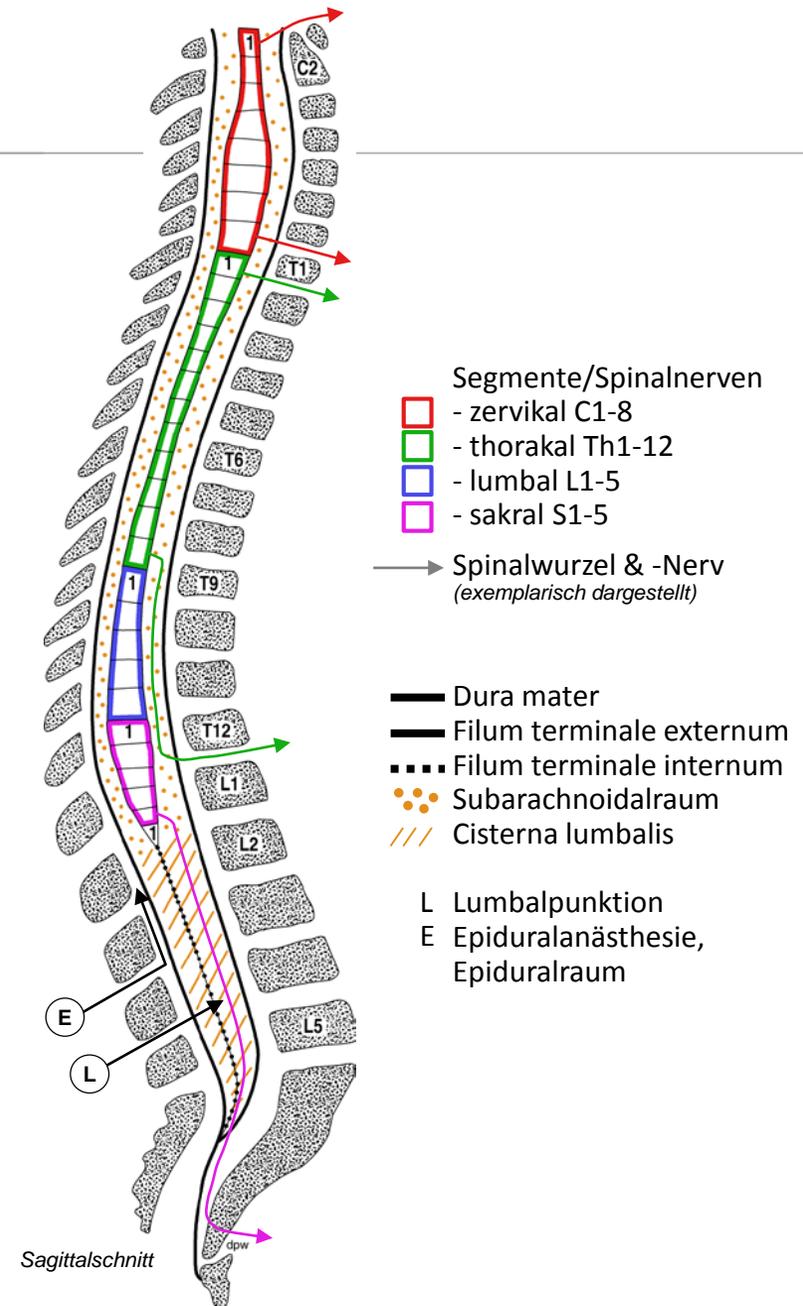
Dermatome

- Segment
 - einem Spinalnervenpaar zugeordneter Rückenmarksabschnitt, ohne Wurzeln nicht abgrenzbar
- Dermatome
 - von Spinalnerv innerviertes Hautareal, gürtelförmig am Rumpf, langgezogen an Extremitäten (z.B. S1: Ischias-Schmerz)
 - Gesicht: Nervus trigeminus (Hirnnerv V1-3)!
 - Reizung der Hinterwurzel → Projektionsschmerz im Dermatome
 - Schädigung der Hinterwurzel → Sensibilitätsausfall (Dermatome überlappen: bleibt ev. unbemerkt), Abschwächung / Aufhebung Muskeldehnungsreflex
- Muskelinnervation
 - Motoneurongruppen für einen Muskel umfassen mehrere Segmente, etwa den über dem Muskel liegenden Dermatomen entsprechend
 - Schädigung der Vorderwurzel → Muskelschwäche, schlaffe Muskellähmung, Abschwächung / Aufhebung Muskeldehnungsreflex



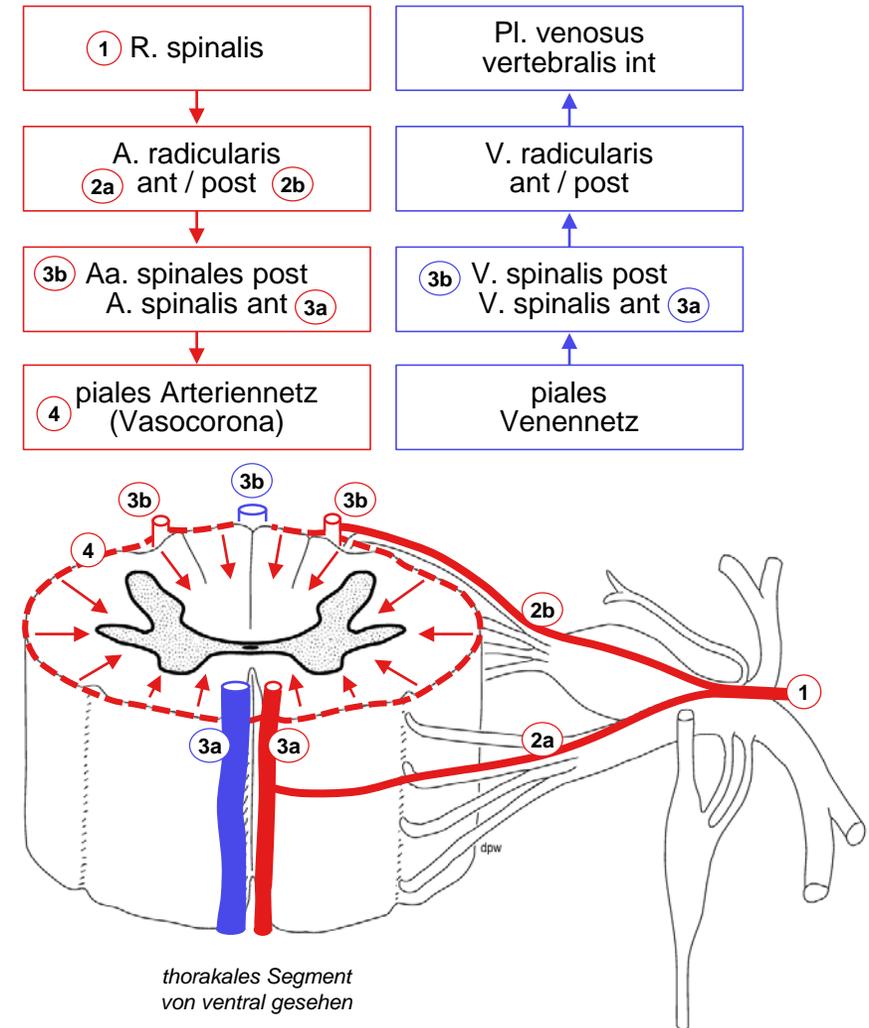
Einbau des Rückenmarks im Spinalkanal

- Ausdehnung von Rückenmark und Hüllen im Spinalkanal
 - Conus medullaris auf Höhe 1-2. Lendenwirbel
 - Ende von Dura und Subarachnoidalraum auf Höhe 2. Kreuzwirbel
 - zwischen 2. Lendenwirbel und 2. Kreuzwirbel:
Filum terminale internum (zugfestes piales Bindegewebe)
 - zwischen Ende der Dura und Steissbein:
Filum terminale externum (zugfestes durales Bindegewebe)
- Cisterna lumbalis
 - Zisternen generell = erweiterte Bereiche des Subarachnoidalraumes
 - Cisterna lumbalis = Subarachnoidalraum Ende Rückenmark bis Ende Dura, enthält Filum terminale internum und Cauda equina = Hinter- und Vorderwurzeln der Spinalnerven L2/3-S5 (keine Spinalnerven: Vereinigung der Wurzeln erst im Foramen intervertebrale)
 - Lumbalpunktion: Eingang L5/4 oder L4/3, diagnostische Entnahme von Liquor cerebrospinalis oder Spinalanästhesie (single shot)
- Epiduralraum
 - zwischen Dura mater und Wand des Spinalkanals, enthält Fettgewebe und Plexus venosus vertebralis internus
 - Epiduralanästhesie: Punktion Epiduralraum mit flexiblem Katheter (längere Operationen, chronische Schmerzbehandlung)



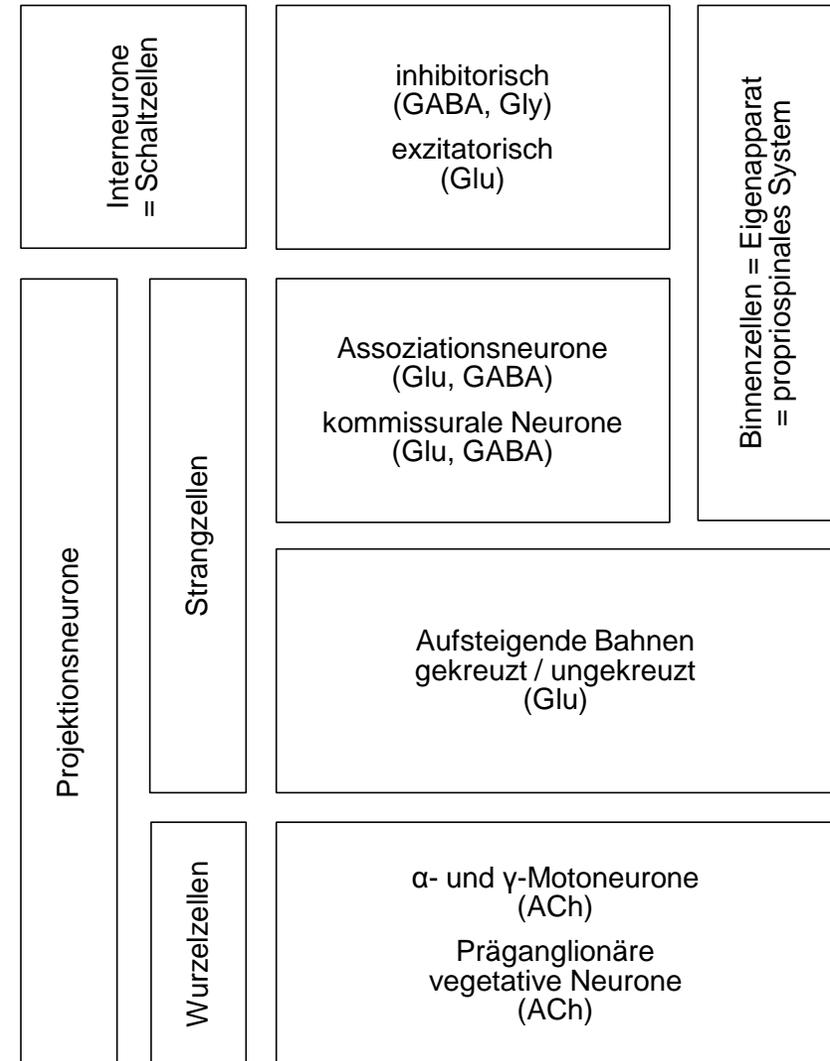
Blutversorgung

- Blutgefäße des Rückenmarks
 - longitudinal: 3 Arterien, 2 Venen
 - piales Gefässnetz (Vasocorona)
 - penetrierende Gefäße (funktionelle Endarterien)
- segmentale Speisung
 - R. spinalis wirbelsäulennaher Arterie
 - Aa radicularis ant et post (verläuft mit Wurzel)
 - davon erreichen ca. 12 post und 6 ant Rückenmark, grösste = A radicularis magna Adamkwiewicz (ca. Th8-L3)
- 3 Versorgungsterritorien
 - A vertebralis → Pars cervicalis: intrakranial gehen Aa spinales aus A vertebralis hervor, extrakranial → Rr spinales als weitere Einspeisungen
 - Aorta thoracica → Pars thoracalis: via Aa intercostales post.
 - Aorta abdominalis → Pars lumbalis & sacralis: via Aa lumbales
 - Durchblutungsstörungen eher selten wegen Längsanastomosen, am häufigsten an Grenzen zwischen Versorgungsterritorien
- Venöser Abfluss
 - Plexus venosus vertebralis internus → externus



Nervenzelltypen im Rückenmark nach Reichweite und Verlauf des Axons

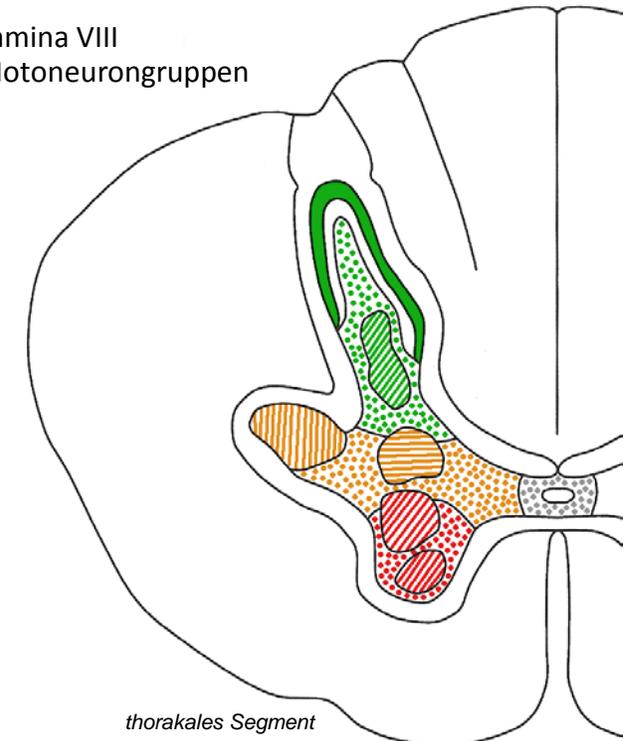
- **Interneurone**
 - kurze Reichweite, Axon bleibt innerhalb grauer Substanz eines oder weniger Segmente des Rückenmark (= «Schaltzellen»)
 - hemmend oder erregend
 - kleiner Zellkörper
- **Projektionsneurone**
 - lange Reichweite, Axon meist myelinisiert und tritt in weisse Substanz ein, kann Rückenmark in Richtung Gehirn oder Peripherie verlassen oder innerhalb Rückenmark enden.
 - überwiegend aber nicht immer erregend
 - eher grosser bis sehr grosser Zellkörper
 - «Wurzelzellen» schicken Axon via Radix anterior in Peripherie
 - «Strangzellen» lassen Axon als kommissurale (kreuzend) oder assoziative (nicht kreuzend) Neurone in weisser Substanz mehrere Segmente innerhalb Rückenmark auf oder absteigen, oder teilweise als lange Bahnen bis in Gehirn aufsteigen
- **Propriospinales System (Eigenapparat)**
 - alle Neurone, deren Axon Rückenmark nicht verlässt: Interneurone und Teil der Projektionsneurone



Organisation der grauen Substanz (Querschnitt)

- REXED-Laminae I-X
 - Bror REXED 1952, Nissl-Färbung Rückenmark Katze
- I-VI Columna posterior / Cornu posterius
 - I Zona marginalis mit WALDEYER-Zellen (Projektionsneurone*)
 - II Substantia gelatinosa mit inhibitorischen und exzitatorischen Interneuronen (spinale Schmerzreizverarbeitung)
 - III-VI Rest, darin Nc proprius columnae post (Projektionsneurone*)
 - *anterolaterales System
- VII+X Columna / Pars intermedia
 - VII enthält Nc thoracicus post (C8-L3, STILLING-CLARKE Zellsäule am Übergang zu Columna post, Projektionsneurone des Tr spinocerebellaris post); Nc intermediolateralis (C8-L2/3, präganglionär sympathisch, Cornu/Columna lat), Ncc parasymphatici sacrales (S2-4, lateral, präganglionär parasymphatisch)
 - X Substantia gelatinosa centralis um Canalis centralis
- VIII-IX Columna anterior / Cornu anterius
 - VIII Interneurone und verschiedene Projektionsneurone
 - IX = α - und γ -Motoneurone \rightarrow Skelettmuskulatur ($\alpha \rightarrow$ extrafusale Fasern, $\gamma \rightarrow$ intrafusale Fasern). Mediale Gruppen (alle Segmente) und laterale Gruppen (nur in Intumeszenzen für distale Extremitätenmuskulatur)

- Zona marginalis
- Substantia gelatinosa
- ▨ Laminae III-VI
- ▧ Nc. proprius columnae posterioris
- ▩ Lamina VII
- ▨ Nc. thoracicus post. (STILLING-CLARKE)
- ▨ Nc. intermediolateralis
- ▨ Lamina X
- ▨ Lamina VIII
- ▨ Motoneurongruppen



Organisation der weissen Substanz (Querschnitt)

- Longitudinale Fasern

- Binnenverbindungen tief, direkt auf grauer Substanz: Fasciculus proprius
- lange Bahnen oberflächlicher in Funiculi anterior, lateralis, posterior
- LISSAUER-Randzone: Auf- oder Abstieg von Kollateralen afferenter Fasern vor Eintritt in graue Substanz

- Transversale Fasern

- α - und γ -Motoneurone
→ Radix anterior
- präganglionäre vegetative Neurone
→ Radix anterior
- aus Radix post eintretende Afferenzen:
 - Columna posterior eventuell nach Auf/Abstieg in Lissauer-Randzone, oder
 - Funiculus posterior + Kollaterale
 - Columna posterior / Pars intermedia
- Faserkreuzung in ventraler Kommissur: kommissurale Neurone, anterolaterales System, Tr spinocerebellaris ant, Tr corticospinalis ant

