
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 / Anatomie, Mo 20.11.2023 15:15-17:00

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)
- } nach Entfernung der Spinalnervenwurzeln nicht mehr abgrenzbar

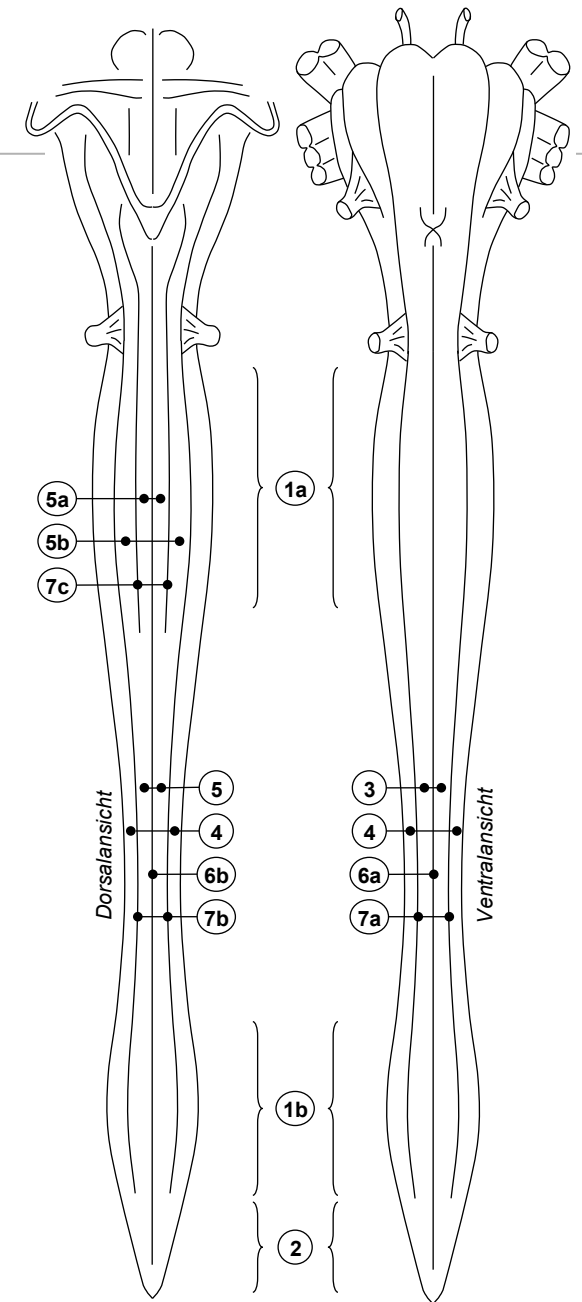
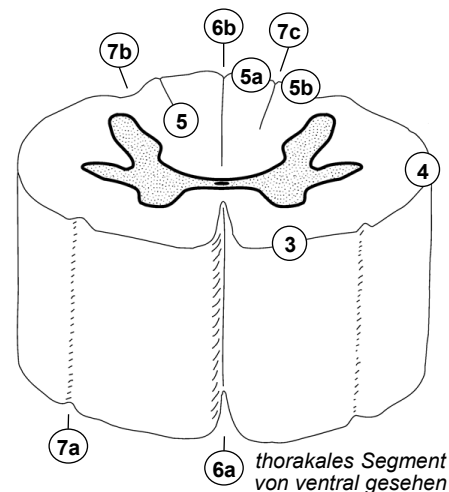
- Durchmesser variiert

- 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 Intumescensia cervicalis
- 1b Intumescensia 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

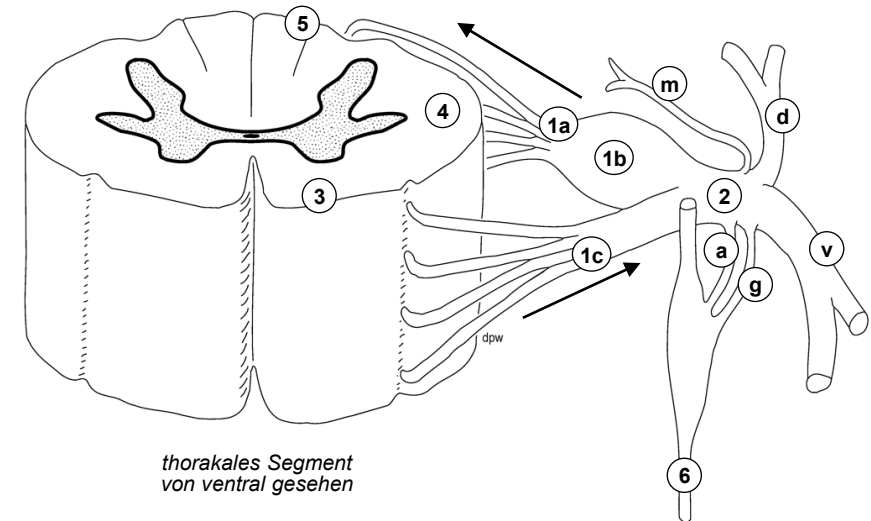
- zwischen Vorder- und Seitenstrang: Radix ventralis (ant)
→ somatisch + vegetativ efferent (= somato- + viszeromotorisch)
- zwischen Seiten- und Hinterstrang: Radix dorsalis (post)
somatisch + vegetativ afferent (= somato- + viszerosensibel)
- je 4-10 Fila radicularia → Radix ant & post → Truncus nervi spinalis (Spinalnerv), Vereinigung beim Austritt aus Foramen intervertebrale (C1-7 kranial, Th1-S5 kaudal des gleichnamigen Wirbels, C8 zw. Wirbel C7 und Th1)
- Spinalganglion: Verdickung der Radix dorsalis im Foramen intervertebrale, enthält Zellkörper pseudounipolarer primär 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 albus (myelinisiert): sympathisch präganglionär (aus Spinalnerven C8-L2)
- R communicans griseus (nicht myelinisiert): sympathisch postganglionär (zu allen Spinalnerven)
- R meningeus: Rückenmarkshüllen

- 1a Radix dorsalis
- 1b Spinalganglion
- 1c Radix ventralis
- 2 Truncus nervi 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

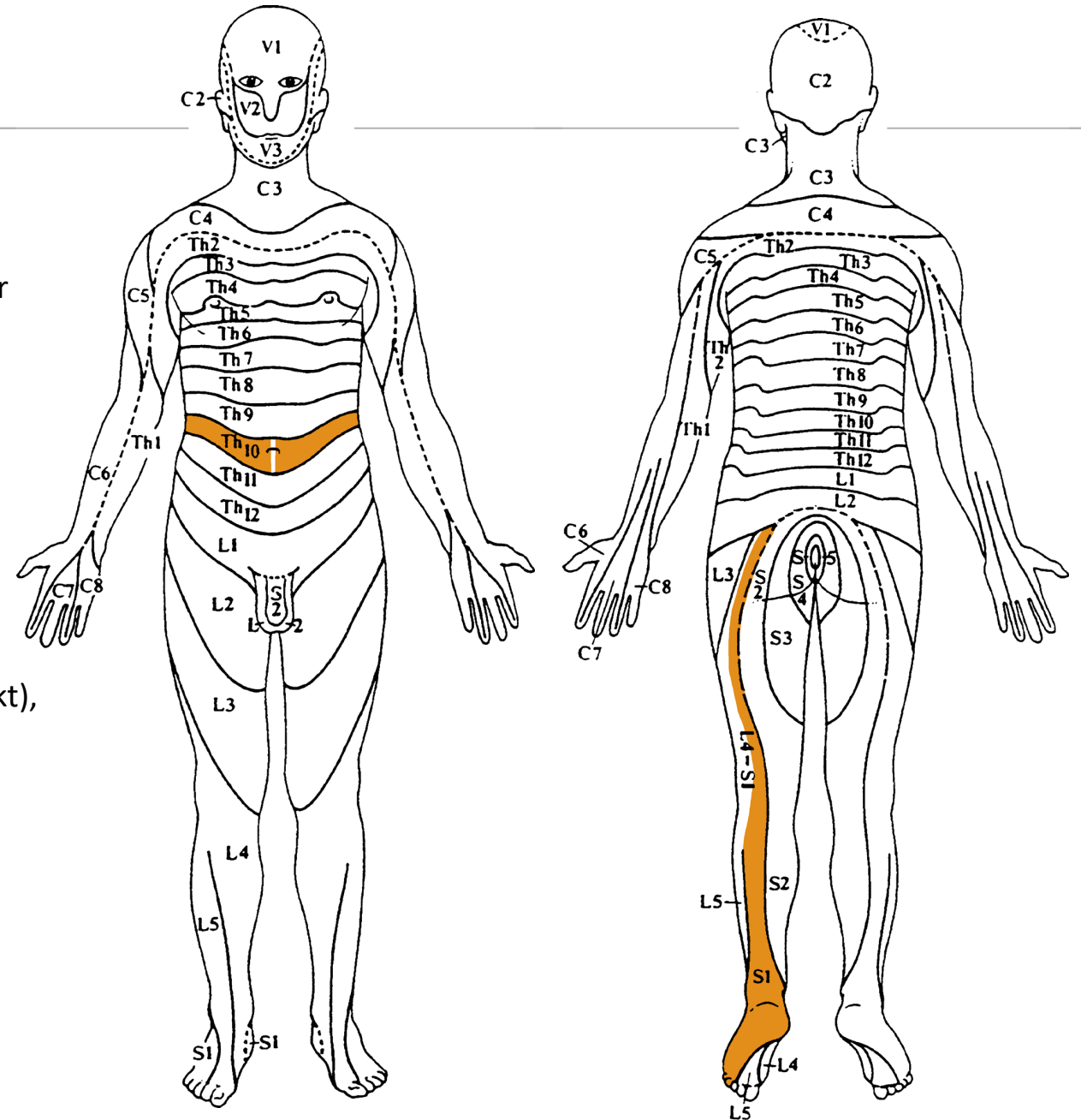
- Spinalnervenpaar zugeordneter Rückenmarksabschnitt, nach Entfernung der Fila radicularia nicht mehr abgrenzbar

- 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: Einzelausfall bleibt ev. unbemerkt), Abschwächung / Aufhebung Muskeldehnungsreflex

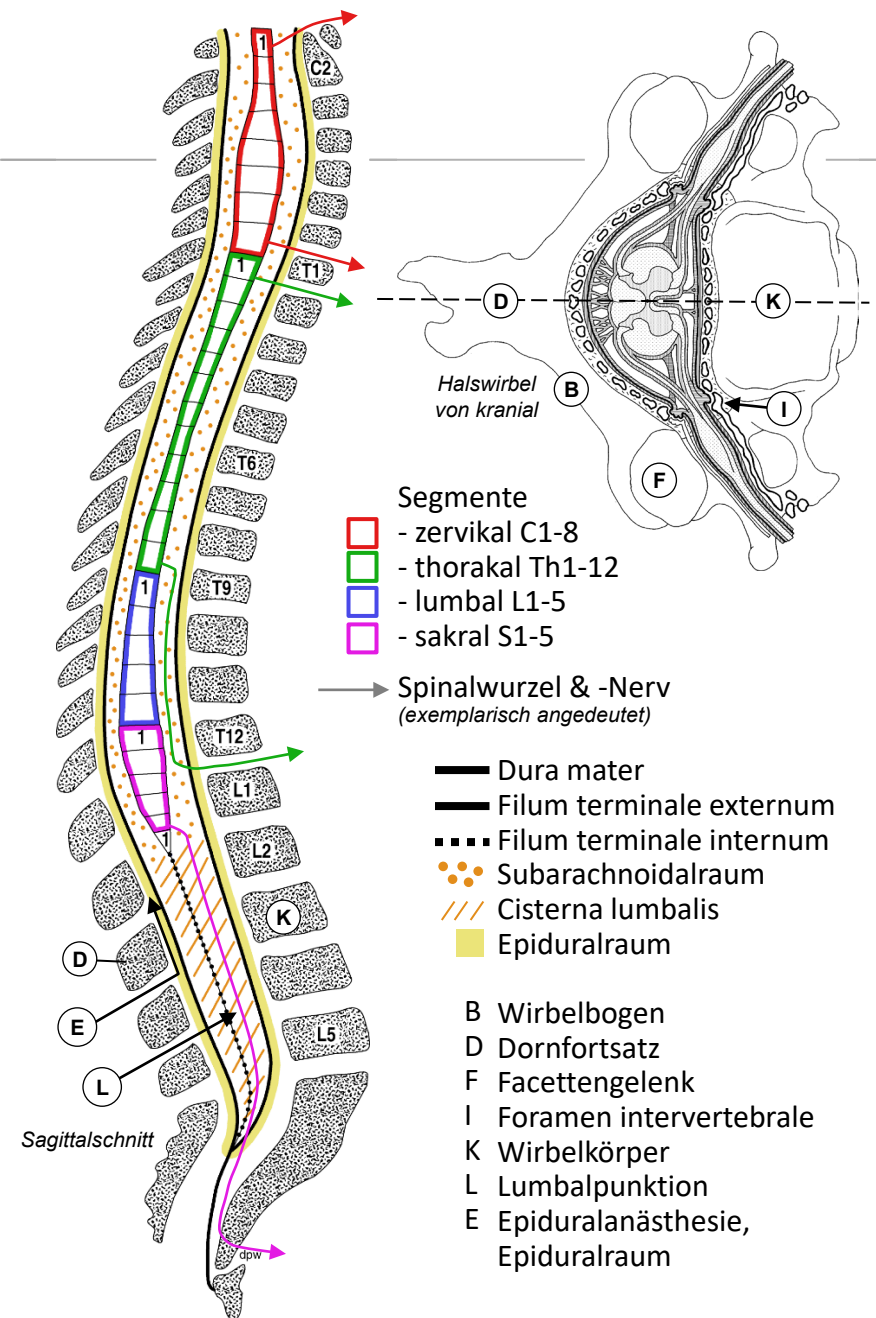
- Muskelinnervation

- Motoneurongruppen für einen Muskel umfassen mehrere Segmente, etwa den über dem Muskel liegenden Dermatomen entsprechend
- Schädigung der Vorderwurzel → Muskelschwäche, schlaffe Muskellähmung, Abschwächung / Aufhebung Muskeldehnungsreflex



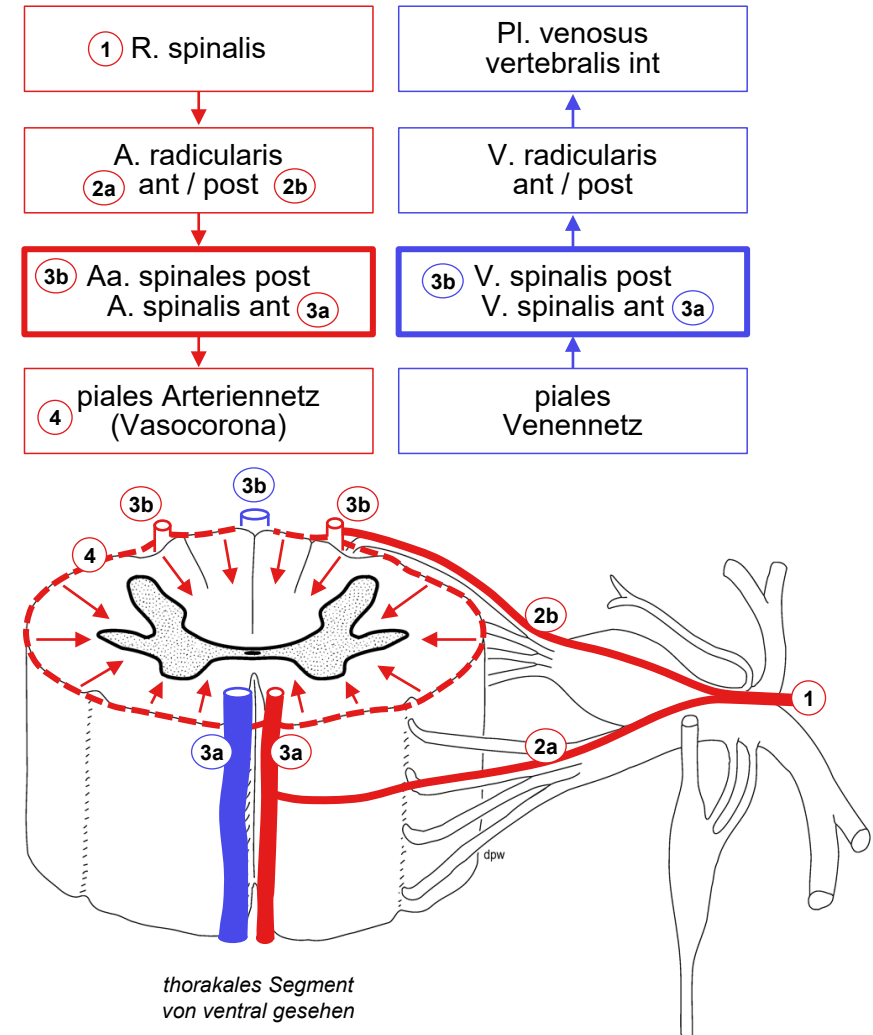
Einbau des Rückenmarks im Spinalkanal

- 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 Bindegewebe, Fortsetzung der Pia)
 - zwischen Ende der Dura und Steissbein:
Filum terminale externum (zugfestes Bindegewebe, Fortsetzung der Dura)
- Cisterna lumbalis
 - Zisterne (generell, auch intrakranial) = erweiterter Subarachnoidalraum
 - Cisterna lumbalis = Subarachnoidalraum Ende Rückenmark bis Ende Dura, enthält Filum terminale internum und Cauda equina = Hinter- und Vorderwurzeln der Spinalnerven L2/3-S5 (bedeckt von Pia mater)
- Ⓛ 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)



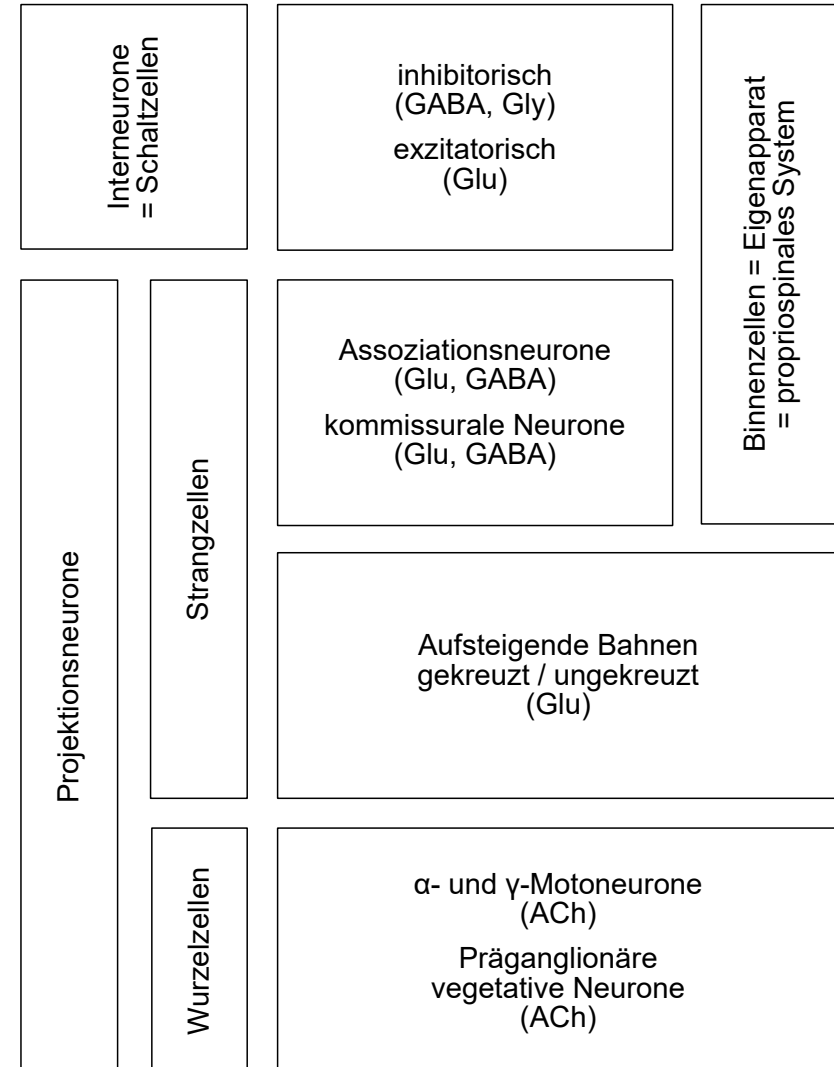
Blutversorgung

- Blutgefäße des Rückenmarks
 - longitudinal 3 Arterien + 2 Venen ↔ piales arterielles (Vasocorona) + venöses Gefässnetz ↔ kleine penetrierende Arterien* + Venen
 - *Endarterien ohne Anastomosen
- segmentale arterielle Speisung
 - R spinalis wirbelsäulennaher Arterie tritt in Foramen intervertebrale, teilt sich in Aa radicularis ant et post (verlaufen mit Wurzeln)
 - variabel erreichen ca. 12 Aa radicales post und 6 ant Rückenmark, grösste = A radicularis magna Adamkwiewicz (ca. Th8-L3)
- Ursprung arterieller RR spinales: 3 Versorgungsterritorien
 - A vertebralis → Pars cervicalis des Rückenmarks: intrakranial gehen Aa spinales aus A vertebralis hervor, extrakranial → Rr spinales als weitere Einspeisungen
 - Aorta thoracica via Aa intercostales post → Pars thoracalis des RM
 - Aorta abdominalis via Aa lumbales → Pars lumbalis & sacralis des RM
 - Durchblutungsstörungen eher selten wegen Längsanastomosen, am ehesten gefährdet Grenzen zwischen Versorgungsterritorien
- Venöser Abfluss
 - V spinalis ant / post → variable Vv radicales ant / post → Plexus venosus vertebralis int → ext



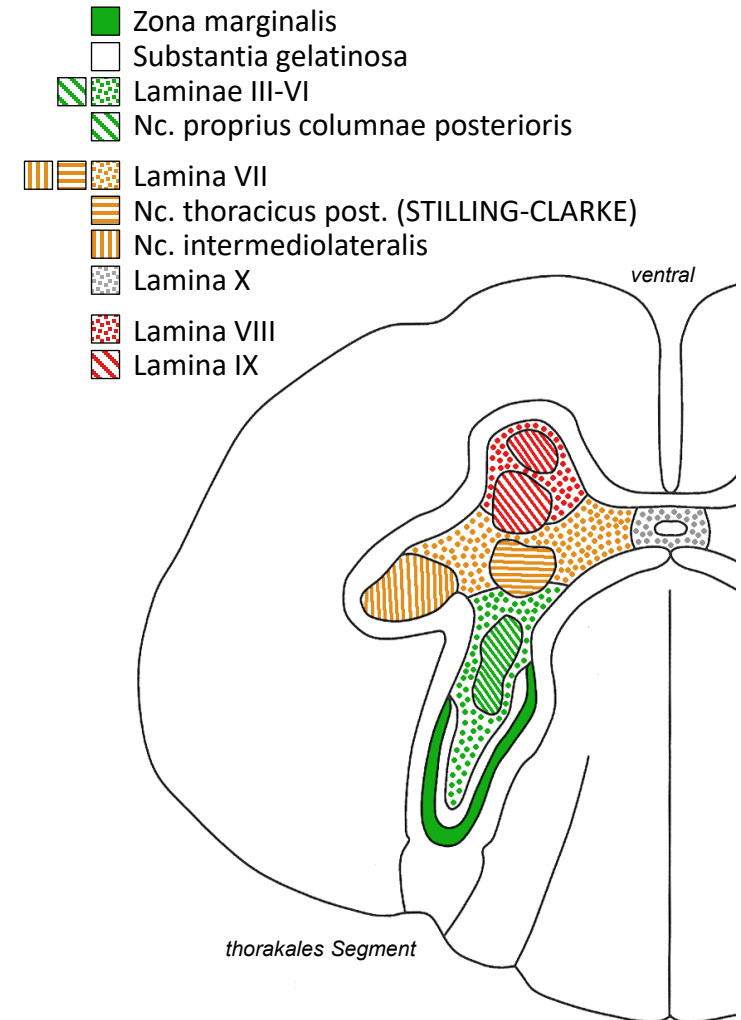
Nervenzelltypen im Rückenmark nach Reichweite und Verlauf des Axons

- **Interneurone**
 - kurze Reichweite, im Rückenmark innerhalb eines oder weniger Segmente, Axon bleibt innerhalb grauer Substanz (= Schaltzellen), Axon oder Kollateralen können auf andere Seite kreuzen
 - hemmend (GABA, Gly) oder erregend (Glu)
 - eher kleiner Zellkörper
- **Projektionsneurone**
 - lange Reichweite, Axon meist myelinisiert, tritt in weisse Substanz ein, kann Rückenmark in Richtung Gehirn oder Peripherie verlassen oder innerhalb Rückenmark in entferntem Segment enden.
 - überwiegend aber nicht immer erregend
 - eher grosser bis sehr grosser Zellkörper
 - «Strangzellen» lassen Axon als kommissurale Neurone (kreuzend) oder Assoziationsneurone (nicht kreuzend) in weisser Substanz mehrerer Segmente innerhalb Rückenmark auf oder absteigen (Glu, GABA), oder teilweise als lange Bahnen bis in Gehirn aufsteigen (Glu)
 - «Wurzelzellen» schicken Axon via Radix anterior in Peripherie (ACh)
- **Propriospinales System (Binnenzellen, Eigenapparat)**
 - alle Neurone, deren Axon Rückenmark nicht verlässt: Interneurone, kommissurale Neurone, Assoziationsneurone



Organisation der grauen Substanz (Querschnitt)

- REXED-Laminae I-X
 - Bror REXED 1952, Nissl-Färbung (Zellkörper) 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*)
 - *vor allem 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 parasymphici sacrales (S2-4, lateral, präganglionär parasymphisch)
 - X Substantia gelatinosa centralis um Canalis centralis: wenige kleine Neurone
- VIII-IX Columna anterior / Cornu anterius
 - VIII Interneurone und verschiedene Projektionsneurone
 - IX = α - und γ -Motoneurone → Skelettmuskulatur (α → extra-, γ → intrafusale Muskelfasern). Somatotopie: 1. ventral → Extensoren ↔ dorsal → Flexoren, 2. medial → proximale Muskulatur ↔ lateral → distale Extremitätenmuskulatur



Organisation der weissen Substanz (Querschnitt)

- Longitudinale Fasern
 - Binnenverbindungen tief, direkt auf grauer Substanz: Fasciculus proprius (Fasern der kommissuralen und Assoziationsneurone)
 - 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
 - Fasern → aus Radix post, die in grauer Substanz enden, zT. nach Auf/Abstieg in Lissauer-Randzone
 - Fasern - - - → aus Radix post, die in Funiculus post eintreten und Kollateralen in graue Substanz senden
 - Fasern aus Projektionsneuronen der grauen Substanz → Fasciculus proprius, Funiculus ant, lat, oder post
 - Commissura alba: Fasern, die im Rückenmark Seite kreuzen (Projektionsneurone des Rückenmarks oder absteigende Bahnen)

