
Rückenmark und Spinalnerven

Verbindungen und Bahnsysteme

David P. Wolfer

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

Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

377-0107-00 Nervensystem, Di 19.11.2019 08:00-09:45 Y17 M5

Lernziele dieser Anatomievorlesung: Studierende können ...

- **Merken und Erinnern**

1. intrinsische Systeme des Rückenmarks nennen und definieren
2. Ursprung und Ziel der wichtigsten auf- und absteigenden Bahnverbindungen des Rückenmarks nennen
3. die Lokalisation ausgewählter Bahnsysteme auf dem Rückenmarksquerschnitt zeigen
4. Faserverlauf und Umschaltstationen des anterolateralen und lemniskalen Bahnsystems zeigen
5. den Faserverlauf des Tractus corticospinalis (Pyramidenbahn) zeigen

- **Verstehen und Anwenden**

1. die Arbeitsteilung der Nervenzelltypen des Rückenmarks in der Informationsverarbeitung und in der Kommunikation mit Peripherie und Gehirn erläutern
2. die strukturellen Voraussetzungen der somatotopischen Abbildung der Peripherie in der Grosshirnrinde (Homunculus) durch Vermittlung sensibler Bahnsysteme erläutern
3. die strukturellen Voraussetzungen der somatotopischen Repräsentation des Bewegungssystems in der Grosshirnrinde (Homunculus) durch Vermittlung motorischer Bahnsysteme erläutern
4. funktionelle Konsequenzen von Teil-Läsionen des Rückenmarks diskutieren.

Fakultative Lernmaterialien für diese Vorlesung

- Lehrbuch: Trepel, «Neuroanatomie»
 - 3 Rückenmark, 3.4 Graue Substanz des Rückenmarks
 - 3 Rückenmark, 3.5 Weisse Substanz des Rückenmarks
- LernAtlas: Prometheus
«Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem»
A Allgemeine Anatomie
 - 8.9 Motorische Innervation: Organisation des Rückenmarks und Reflexe
 - 8.10 Motorische Innervation: 1. und 2. motorisches Neuron
- LernAtlas: Prometheus
«Kopf, Hals und Neuroanatomie»
B Neuroanatomie
 - 1.10 Somatosensibilität
 - 1.11 Somatomotorik
 - 11.4-10 Rückenmark und seine Blutgefäße

Fallbeispiel: Problem

- Willkürmotorik

- ✘ spastische Lähmung:
Ausfall Willkürmotorik, erhöhter Muskeltonus

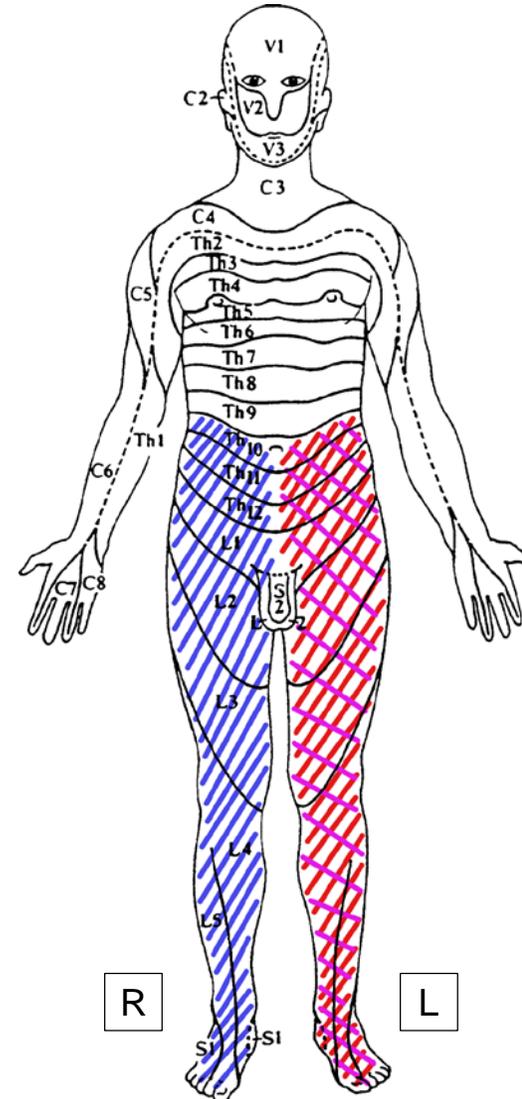
- Reflexe

- ✘ Muskeldehnungsreflexe einseitig gesteigert:
Patellarsehnenreflex (PSR),
Achillessehnenreflex (ASR)
- ✘ pathologischer Reflex: positives BABINSKI-Zeichen

- Sensibilität

- ✘ Ausfall Berührungssensibilität (Pinsel)
- ✘ Ausfall Vibrationsempfindung (gedämpfte Stimmgabel)
- ✘ Ausfall Propriozeption (Bewegungs- und Lagesinn)
- ▧ Ausfall Schmerzempfindung (Unterscheidung spitz/stumpf)
- ▧ Ausfall Temperaturempfindung (Unterscheidung kalt/warm)

→ dissoziierte Sensibilitätsstörung



Übersicht Verschaltungen / 3 Bereiche der Informationsverarbeitung

□ Intrinsische Systeme

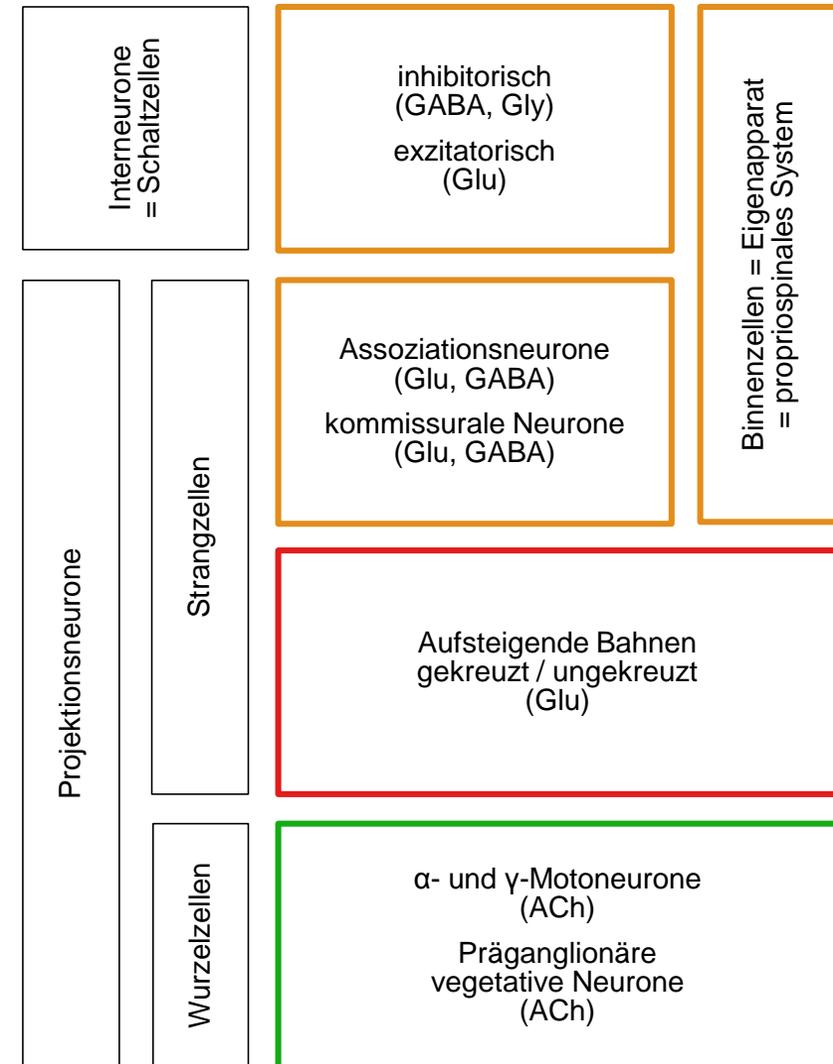
- Informationsverarbeitung innerhalb Rückenmark
- Reflexzentren für monosynaptische (z.B. Muskeldehnungsreflexe) und polysynaptische Reflexe (gesteigert bei dauerhaftem Ausfall absteigender Systeme)
- sensorische Verarbeitung (v.a. Schmerzreize)
- prämotorische Netzwerke: Koordinierte Aktivierung und Erschlaffung von synergistischen und antagonistischen Muskeln
- CPG (central pattern generators): generieren autonom rhythmische Bewegungen, z.B. Gehen, Laufen, Flügelschlag

□ Verbindungen mit Gehirn

- aus Rückenmark aufsteigende Bahnen
- aus Gehirn absteigende Bahnen*

□ Verbindungen mit Peripherie

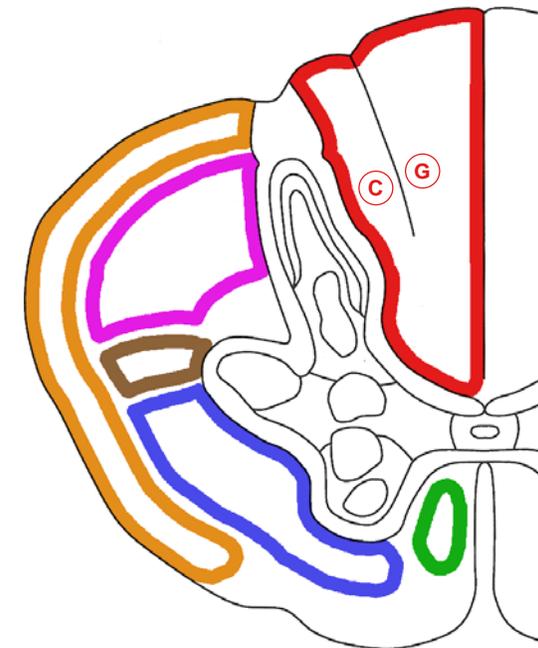
- efferent (motorisch), afferent*
 - somatisch, vegetativ
- * Zellkörper ausserhalb Rückenmark, im Rückenmark nur Nervenfasern



Aufsteigende Bahnsysteme

- Spinozerebelläres System
 - Tractus (Tr = Bahn) spinocerebellaris posterior & anterior (→ Moosfasersystem des Cerebellum), Tr spinoolivaris (→ Kletterfasersystem des Cerebellum)
 - Vollzugssignale aus Sensoren des Bewegungsapparats und Rückmeldung aus CPG und prämotorischen Netzwerken direkt oder indirekt → Kleinhirn, keine bewusste Empfindung, bei Ausfall Ataxie = Störung der Bewegungskoordination
- Lemniskales System*
 - Berührung/Druck, Vibrationsempfindung (Sensoren in Haut und Subcutis), Propriozeption (Lage- und Bewegungssinn, Muskelspindeln, Sehnenorgane)
- Anterolaterales System*
 - Schmerzempfindung (Nozizeption, Unterscheidung spitz-stumpf), Temperaturempfindung (kalt-warm), grobe Druck und Berührungsempfindung
- *3 Neurone in Serie
 - mindestens Teil der Fasern erreicht Grosshirn: bewusste Empfindung
 - bis Grosshirn 2x Umschaltung an erregender Synapse mit Signalverarbeitung
 - 1 Kanal vermittelt Signale aus kleinem rezeptivem Feld oder Muskelsensor, Σ aller Kanäle → somatotopische Repräsentation des Körpers in der Hirnrinde
 - gleiches Prinzip in beiden Bahnen aber unterschiedlicher Faserverlauf und unterschiedliche Lokalisation der Umschaltungen

- Lemniskales System
- G Fasciculus gracilis
- C Fasciculus cuneatus
- Tr spinothalamicus ant, lat
- Tr spinocerebellaris post, ant
- Tr rubrospinalis
- Tr corticospinalis lat
- Tr corticospinalis ant



Lemniskales System

• 1. Neuron

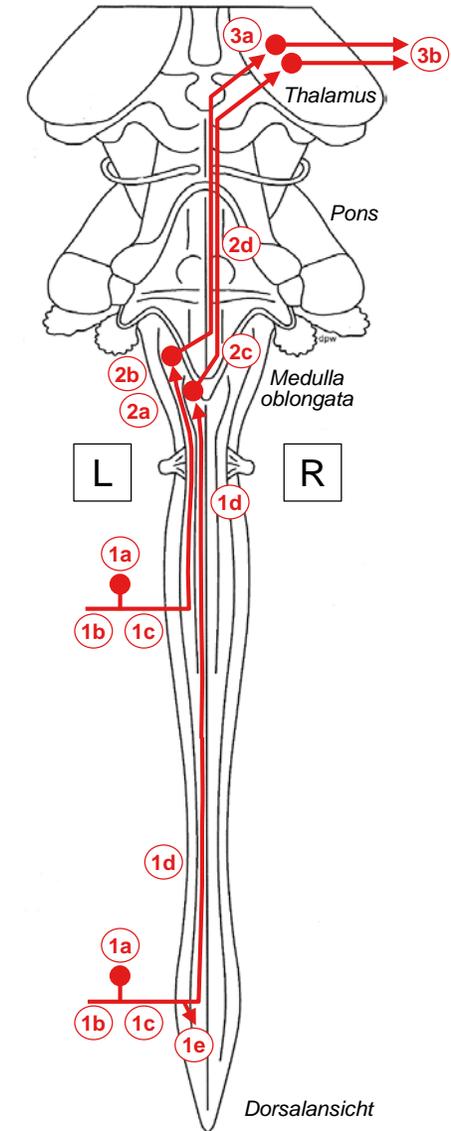
- ①a primärafferentes Neuron mit Zellkörper im Spinalganglion
- ①b peripherer Fortsatz kommt aus Spinalnerv
- ①c zentraler Fortsatz in Radix dorsalis zum Rückenmark
- ①d im Rückenmark Eintritt in Hinterstränge ohne Umschaltung:
aus S5-Th7 → Funiculus posterior → Fasciculus gracilis,
aus Th6-C1 direkt → Fasciculus cuneatus
- ①e Kollateralen → graue Substanz (zB. als Afferenzen für Reflexe),
selbes oder via LISSAUER Randzone höhere oder tiefere Segmente

• 2. Neuron

- ②a Nucleus gracilis erhält Fasern aus S5-Th7 (Fasciculus gracilis)
- ②b Nucleus cuneatus erhält Fasern aus Th6-C1 (Fasciculus cuneatus)
- ②c alle Fasern kreuzen in Decussatio lemniscorum
- ②d weiterer Verlauf durch Medulla oblongata, Pons und
Mesencephalon als Lemniscus medialis

• 3. Neuron

- ③a Zellkörper im sensiblen Thalamus
- ③b Fasern steigen durch weisse Substanz zum primären
somatosensorischen Rindenfeld auf (S1): sensorischer Homunculus
(somatotope Repräsentation)



Anterolaterales System

- 1. Neuron

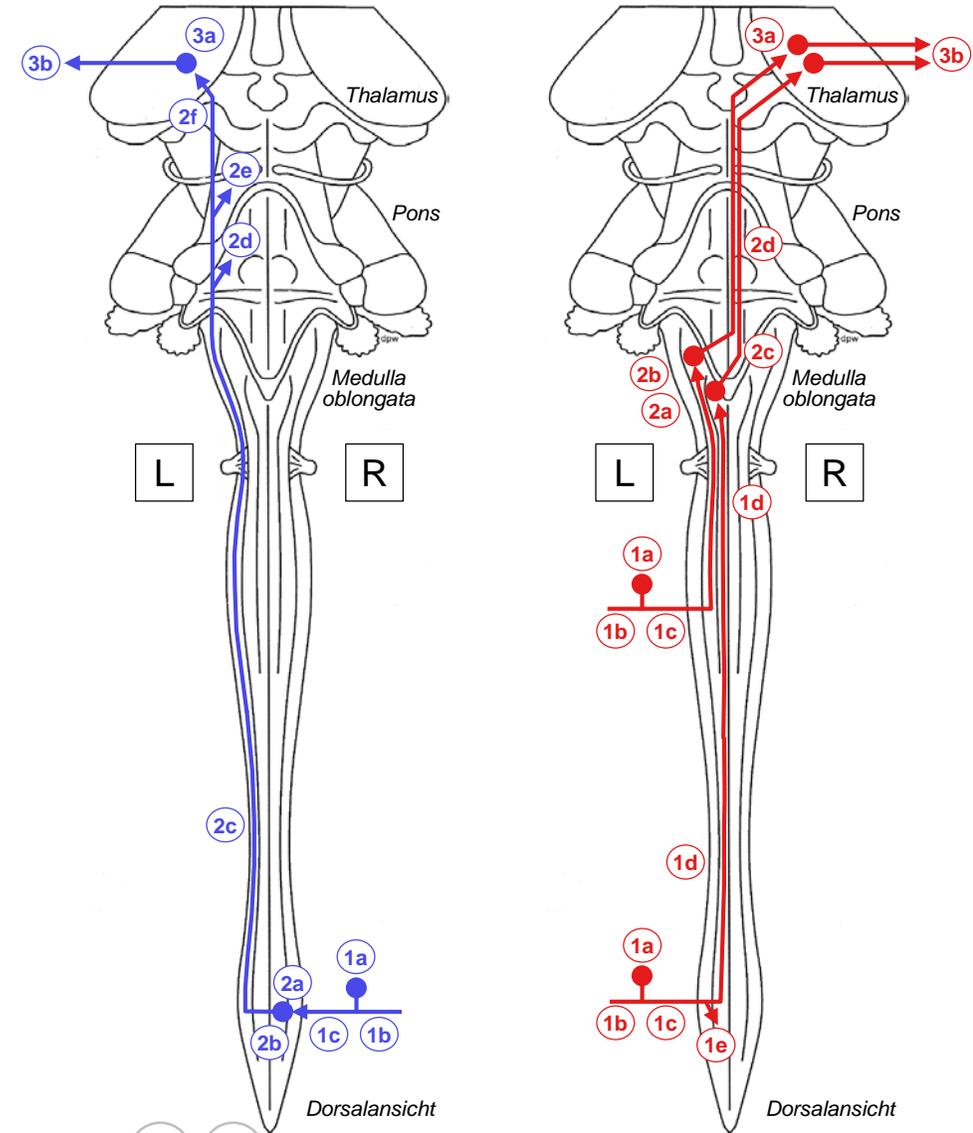
- ①a ①b primärafferentes Neuron wie lemniskales System, aber ...
- ①c Endigung der Fasern in grauer Substanz des Rückenmarks (ev via Lissauer-Randzone Kollateralen in mehrere Segmente), dort Modulation der Signale durch lokale Interneurone (Lamina II) und absteigende Bahnen (z.B. aus Mittelhirn)

- 2. Neuron

- ②a Zellkörper in Columna post. oder intermedia
- ②b Axon kreuzt Mittellinie in Commissura alba
- ②c nach Kreuzung Aufstieg im Vorder/Seitenstrang
- ②d Tr spinoreticularis → Formatio reticularis des Hirnstamms
- ②e Tr spinomesencephalicus → Mittelhirn
- ②f Tr spinothalamicus → Thalamus

- 3. Neuron

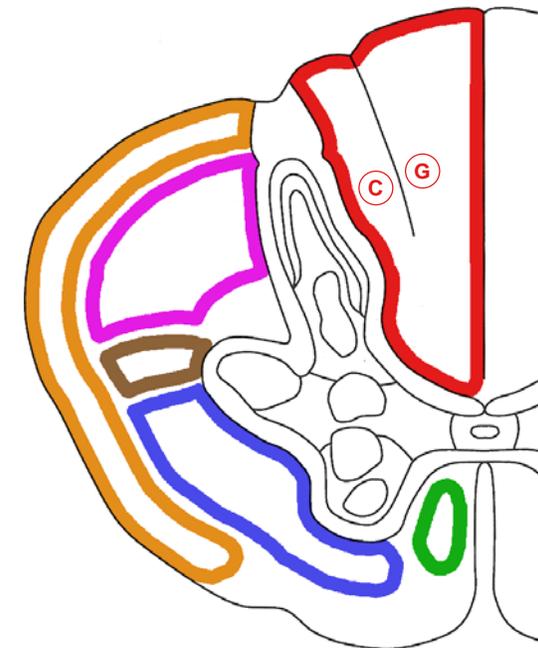
- ③a Zellkörper im sensiblen Thalamus, erreicht nur durch Tr spinothalamicus
- ③b Fasern steigen zum primären somatosensorischen (S1) und anderen (z.B. des limbischen Systems) Rindenfeldern auf.
- ③c Somatotopie Eingeweideschmerz: keine eigene Repräsentation innerer Organe, Projektion auf Körperoberfläche (HEAD-Zonen)



Absteigende Bahnsysteme

- **Retikulospinales System**
 - Sammelbegriff für verschiedene Bahnen mit Ursprung aus Formatio reticularis des Hirnstamms
 - heterogene Funktionen: Modulation spinaler Reizverarbeitung; Kontrolle präganglionärer vegetativer Neurone; Steuerung von prämotorischen Netzwerken, CPG und Motoneuronen
- **Motorische Bahnen**
 - beeinflussen: prämotorischen Netzwerke, CPG, zT α - und γ -Motoneurone
 - Tr vestibulospinalis (Nuclei vestibulares) und Anteile des retikulospinalen Systems: steuert rumpfnaher Muskulatur (Gleichgewicht und Körperhaltung)
 - Tr tectospinalis (Colliculus superior): steuert v.a. Hals- und Nackenmuskulatur (Blickfolgebewegungen)
 - Tr rubrospinalis (Nucleus ruber): beeinflusst v.a. rumpferne Extremitätenmuskulatur
 - Tr corticospinalis (lateralis, anterior) = Pyramidenbahn: essentiell für Willkür- und Feinmotorik bei Primaten, akut schlaffe \rightarrow chronisch spastische Lähmung bei Ausfall, Σ übrige motorische Bahnen = extrapyramidale Bahnen (unwillkürliche Motorik, vermitteln «Restmotorik» bei isoliertem Ausfall des Tr corticospinalis)

- Lemniskales System
- G Fasciculus gracilis
- C Fasciculus cuneatus
- Tr spinothalamicus ant, lat
- Tr spinocerebellaris post, ant
- Tr rubrospinalis
- Tr corticospinalis lat
- Tr corticospinalis ant



Pyramidenbahn

- **Gemeinsam**

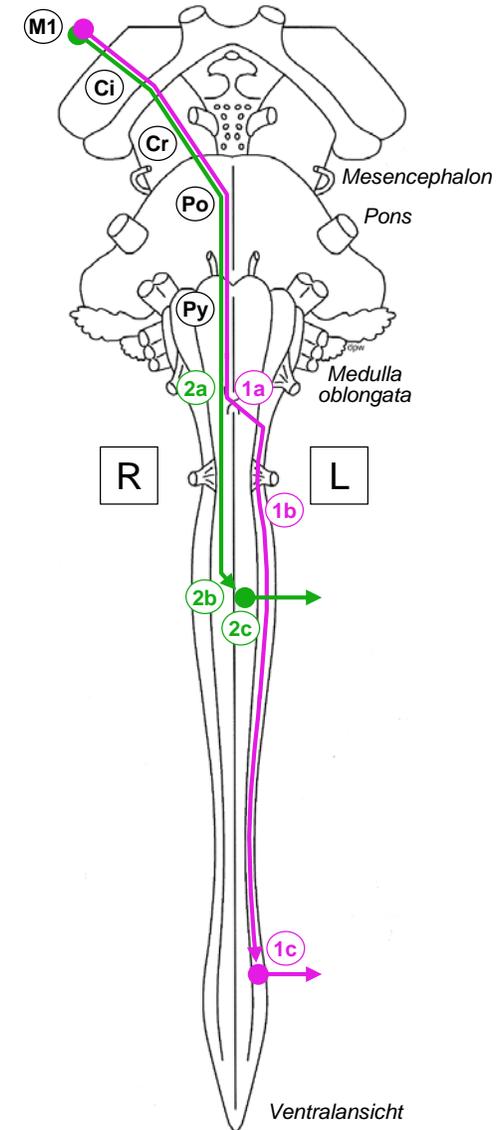
- Ⓜ1 Zellkörper (Pyramidenzellen, «upper motor neurons») im primären motorischen Rindenfeld (Gyrus praecentralis), Muskelgruppen somatotop als motorischer Homunculus repräsentiert
- Ⓒi Abstieg durch Capsula interna (Schlaganfall!)
- Ⓒr Verlauf im Crus cerebri
- Ⓜo verteilter Durchtritt zwischen Ponskernen
- Ⓜy Kompaktes Faserbündel in ventraler Medulla oblongata, Vorwölbung der Oberfläche als Pyramis

- **Tr corticospinalis lat (70-90% der Fasern)**

- 1a Decussatio pyramidum bei Übertritt in Rückenmark
- 1b Abstieg im Funiculus lat
- 1c Endigung an prämotorischen Netzwerken, CPG, α - und γ - Motoneuronen («lower motor neurons») aller Segmente

- **Tr corticospinalis ant (10-30% der Fasern)**

- 2a Übertritt in Funiculus ant ohne Kreuzung
- 2b Kreuzung durch Commissura alba nahe beim Zielsegment
- 2c Endigung an prämotorischen Netzwerken, CPG, α - und γ -Motoneuronen («lower motor neurons») bis ca. Segment Th6 (obere Extremität)



Fallbeispiel: Lösung I

- Willkürmotorik

- ✘ spastische Lähmung:
Ausfall Willkürmotorik, erhöhter Muskeltonus

- Reflexe

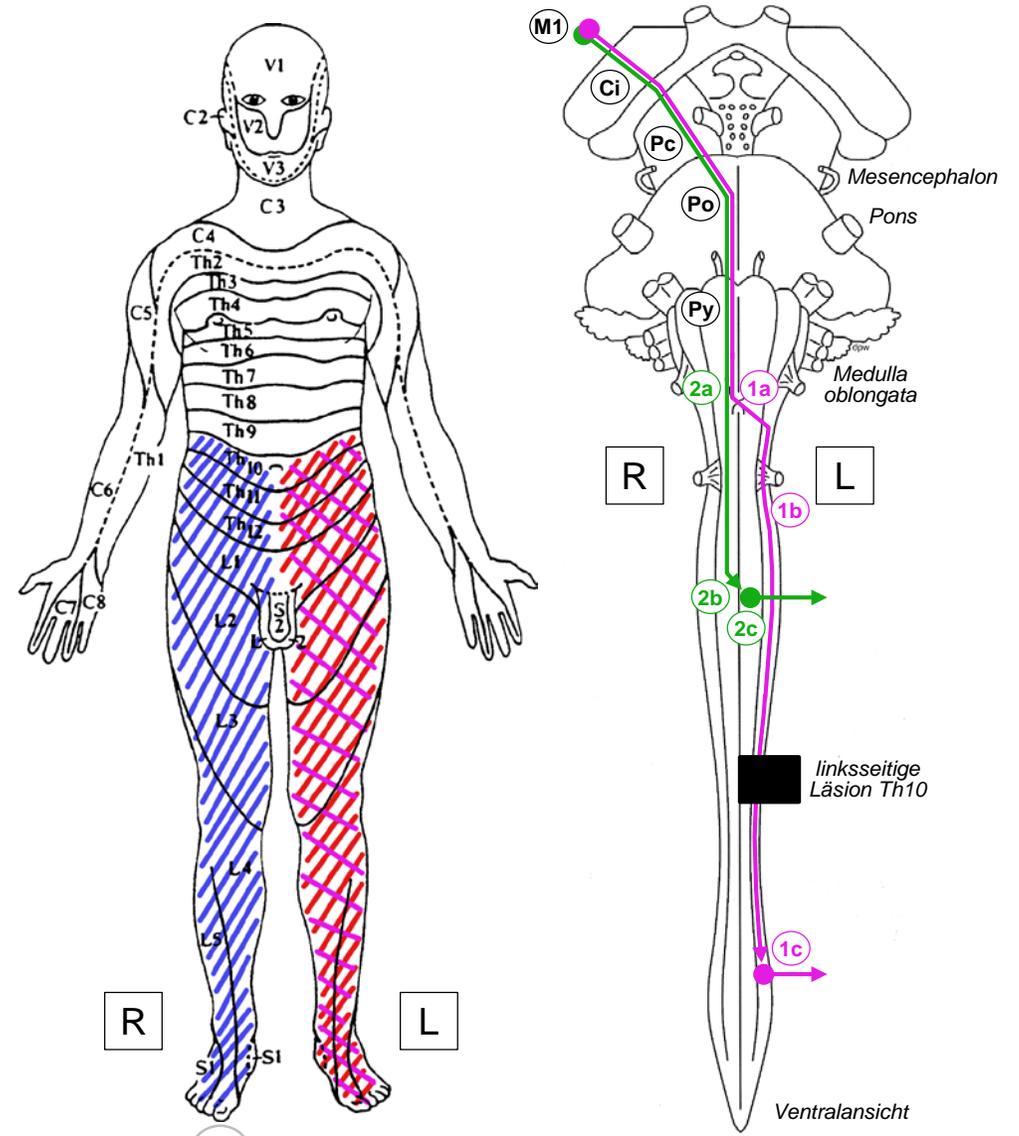
- ✘ Muskeldehnungsreflexe einseitig gesteigert:
Patellarsehnenreflex (PSR),
Achillessehnenreflex (ASR)

- ✘ pathologischer Reflex: positives BABINSKI-Zeichen

- Sensibilität

- ✘ Ausfall Berührungssensibilität (Pinsel)
 - ✘ Ausfall Vibrationsempfindung (gedämpfte Stimmgabel)
 - ✘ Ausfall Propriozeption (Bewegungs- und Lagesinn)
 - ▨ Ausfall Schmerzempfindung (Unterscheidung spitz/stumpf)
 - ▨ Ausfall Temperaturempfindung (Unterscheidung kalt/warm)

→ dissoziierte Sensibilitätsstörung



Fallbeispiel: Lösung II

- Willkürmotorik

- ✘ spastische Lähmung:
Ausfall Willkürmotorik, erhöhter Muskeltonus

- Reflexe

- ✘ Muskeldehnungsreflexe einseitig gesteigert:
Patellarsehnenreflex (PSR),
Achillessehnenreflex (ASR)

- ✘ pathologischer Reflex: positives BABINSKI-Zeichen

- Sensibilität

- ✘ Ausfall Berührungssensibilität (Pinsel)
 - ✘ Ausfall Vibrationsempfindung (gedämpfte Stimmgabel)
 - ✘ Ausfall Propriozeption (Bewegungs- und Lagesinn)
 - ✘ Ausfall Schmerzempfindung (Unterscheidung spitz/stumpf)
 - ✘ Ausfall Temperaturempfindung (Unterscheidung kalt/warm)

→ dissoziierte Sensibilitätsstörung
(Brown-Séquard-Syndrom)

→ halbseitige Rückenmarksläsion

