



**Universität
Zürich** UZH

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Themenblock ZNS

Rückenmark II: Verbindungen und Bahnsysteme

David P. Wolfer

Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

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

Vorlesung Humanbiologie II, Fr 22.02.2019 08:15-10:00

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)

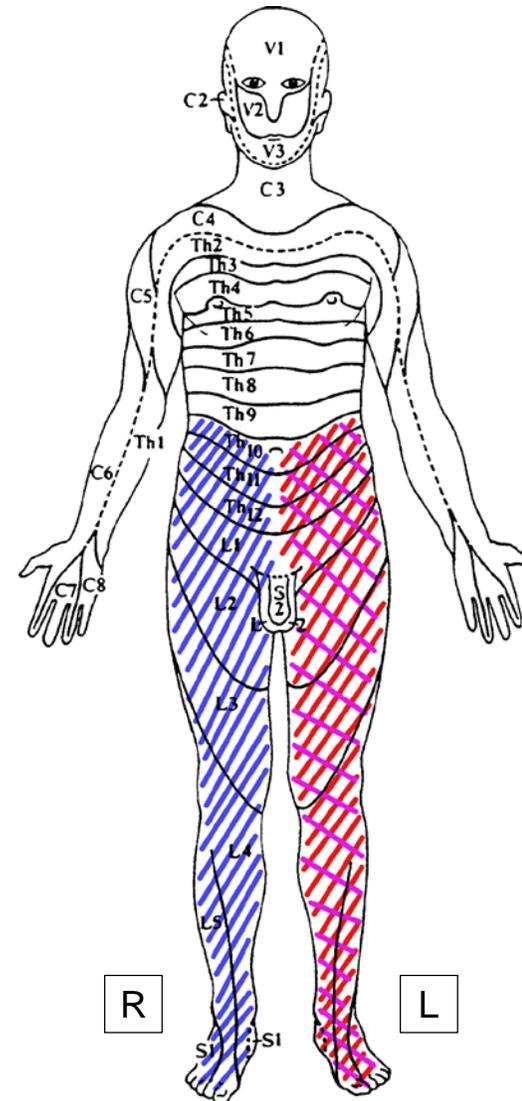
- ✘ Ausfall Vibrationsempfindung (gedämpfte Stimmgabel)

- ✘ Ausfall Propriozeption (Bewegungs- und Lagesinn)

- ✘ Ausfall Schmerzempfindung (Unterscheidung spitz/stumpf)

- ✘ Ausfall Temperaturempfindung (Unterscheidung kalt/warm)

→ dissoziierte Sensibilitätsstörung



Übersicht Verschaltungen / Ebenen der Informationsverarbeitung

□ Informationsverarbeitung innerhalb Rückenmark

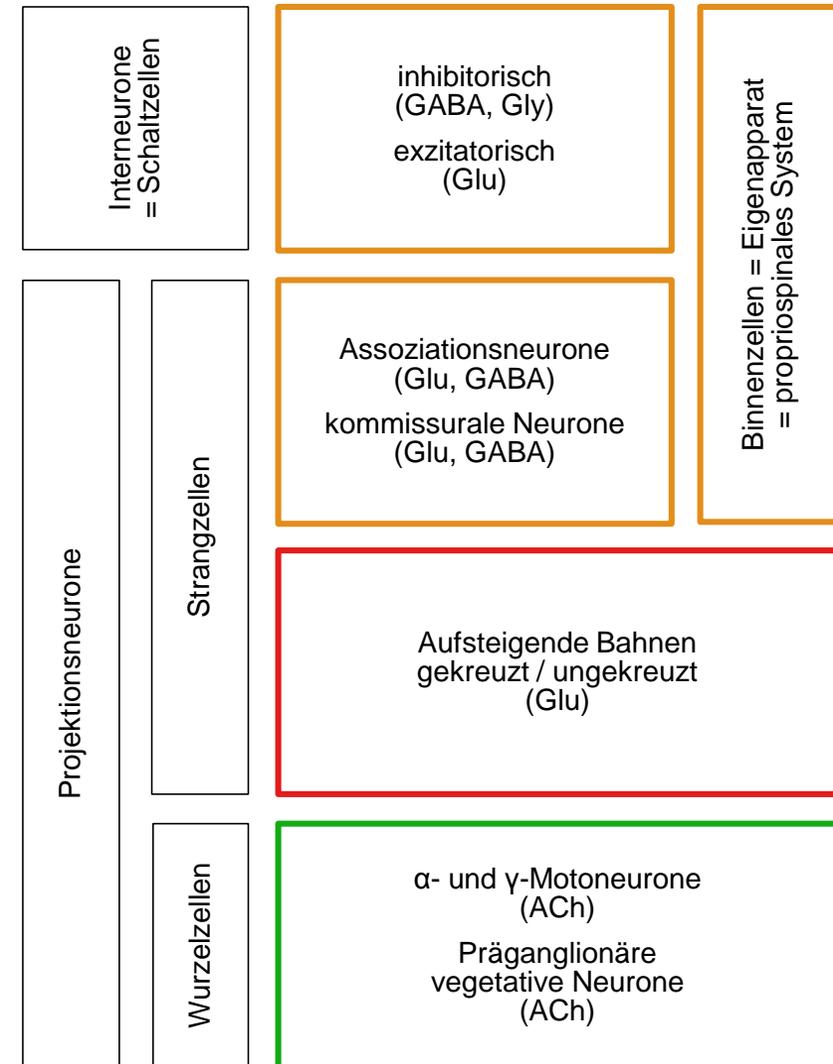
- intrinsische Systeme: Eigenapparat (Binnenzellen)
- Reflexzentren für monosynaptische (z.B. Muskeldehnungsreflexe) und polysynaptische Reflexe (gesteigert bei dauerhaftem Ausfall absteigender Systeme)
- sensorische Verarbeitung (v.a. Schmerzreize)
- prämotorische Netzwerke: Koordinierte Aktivierung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

□ Kommunikation mit Gehirn

- aus Rückenmark aufsteigende Bahnen
- aus Gehirn absteigende Bahnen*

□ Kommunikation mit Peripherie

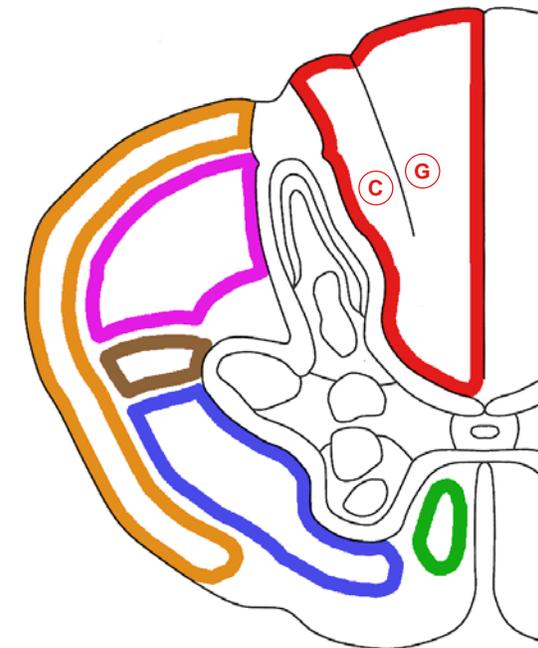
- efferent (motorisch), afferent*
- somatisch, vegetativ
- * Zellkörper ausserhalb Rückenmark



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
 - 2x Umschaltung an erregender Synapse mit Signalverarbeitung
 - mindestens Teil der Fasern erreicht Grosshirn: bewusste Empfindung
 - 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

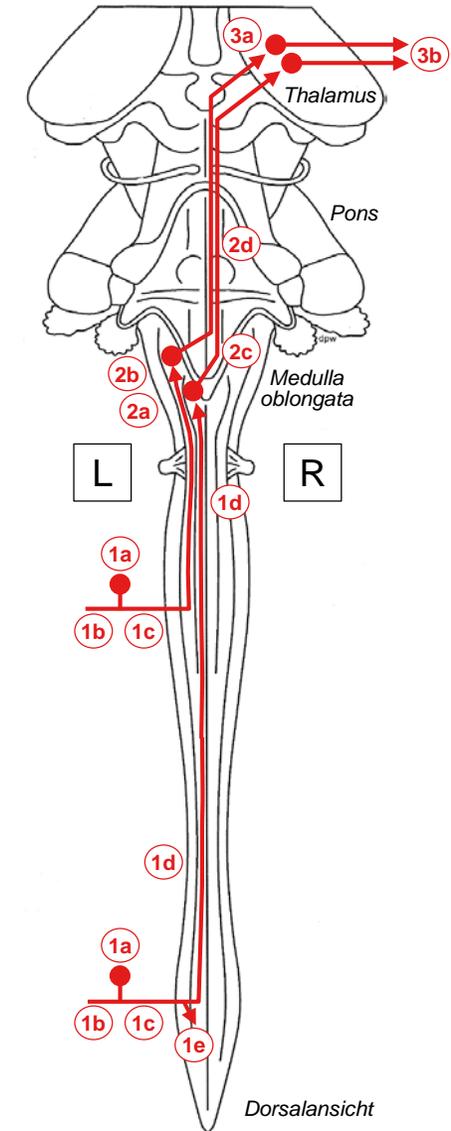
- ①a primärafferentes Neuron mit Zellkörper im Spinalganglion
- ①b peripherer Fortsatz kommt aus Spinalnerv
- ①c zentraler Fortsatz in Radix dorsalis zum Rückenmark
- ①d im Rückenmark Eintritt in Hinterstränge ohne Umschaltung:
aus S5-Th7 → Funiculus posterior → Fasciculus gracilis,
aus Th6-C1 direkt → Fasciculus cuneatus
- ①e Kollateralen → grauer Substanz (Reflexe, spinozerebelläre Bahnen)

• 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

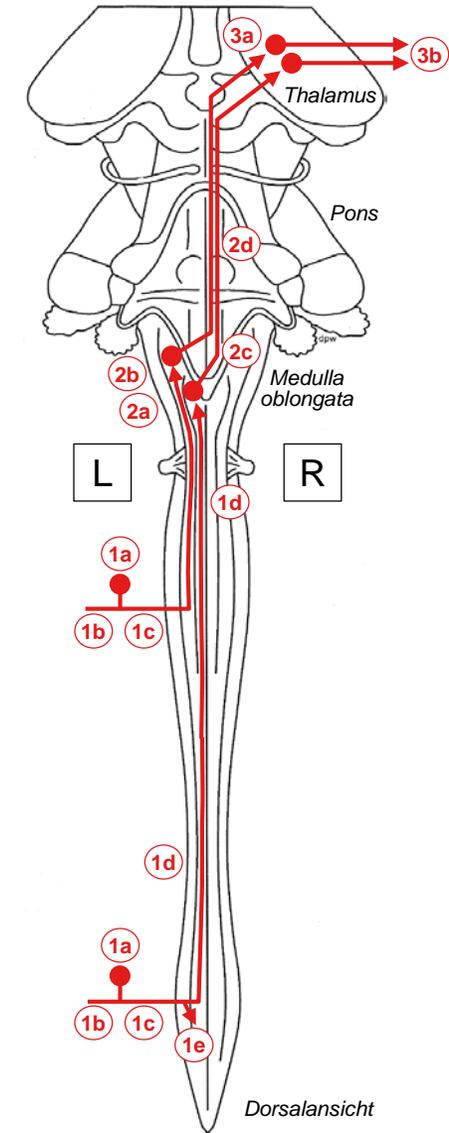
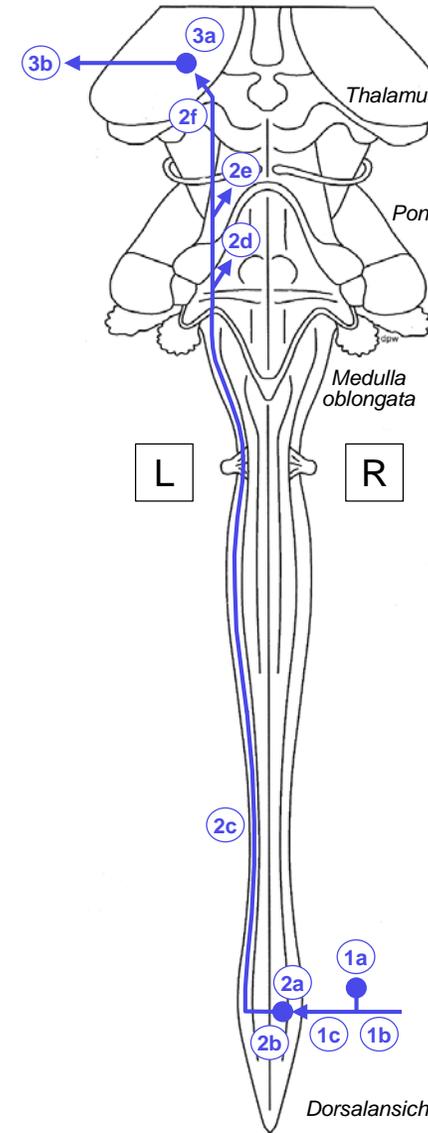
- ①a ①b primärafferentes Neuron wie lemniskales System, aber ...
- ①c Endigung der Fasern in grauer Substanz des Rückenmarks (ev via Lissauer-Randzone Kollateralen in mehrere Segmente), dort Modulation der Signale durch lokale Interneurone (Lamina II) und absteigende Bahnen (z.B. aus Mittelhirn)

- 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

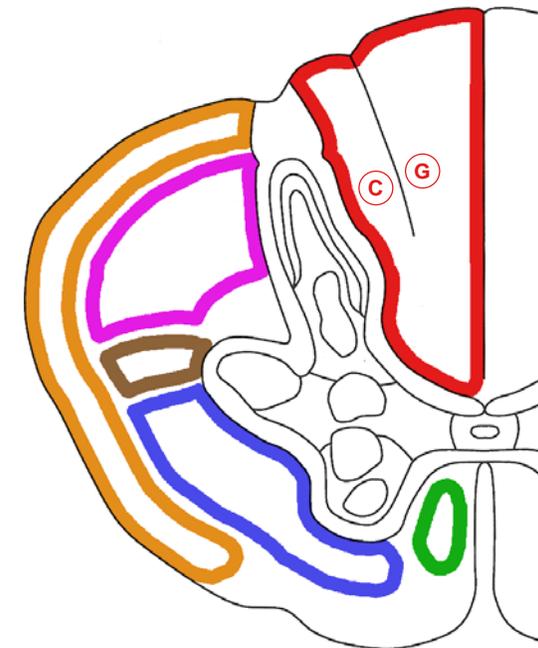
- ③a Zellkörper im sensorischen Thalamus, erreicht nur durch Tr. spinothalamicus
- ③b Fasern steigen zum primären somatosensorischen (S1) und anderen (z.B. des limbischen Systems) Rindenfeldern auf.
- ③c Keine eigene Repräsentation für innere Organe: Projektion auf Körperoberfläche (HEAD-Zonen)



Absteigende Bahnsysteme

- **Retikulospinales System**
 - Sammelbegriff für verschiedene Bahnen mit Ursprung aus Formatio reticularis des Hirnstamms
 - heterogene Funktionen: Modulation spinaler Reizverarbeitung (Schmerz); Kontrolle präganglionärer vegetativer Neurone; Steuerung von prämotorischen Netzwerken, CPG und Motoneuronen
- **Motorische Bahnen**
 - beeinflussen: prämotorischen Netzwerke, CPG, zT Motoneurone
 - Tr vestibulospinalis (Nuclei vestibulares) und Anteile des retikulospinalen Systems: steuert rumpfnaher Muskulatur (Haltungsmotorik)
 - Tr tectospinalis (Colliculus superior): steuert v.a. Hals- und Nackenmuskulatur (Blickfolgebewegungen)
 - Tr rubrospinalis (Nucleus ruber): beeinflusst v.a. rumpferne Extremitätenmuskulatur (Zielmotorik)
 - Tr corticospinalis (lateralis, anterior) = Pyramidenbahn: essentiell für Willkür- und Feinmotorik bei Primaten, akut schlaffe → 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**

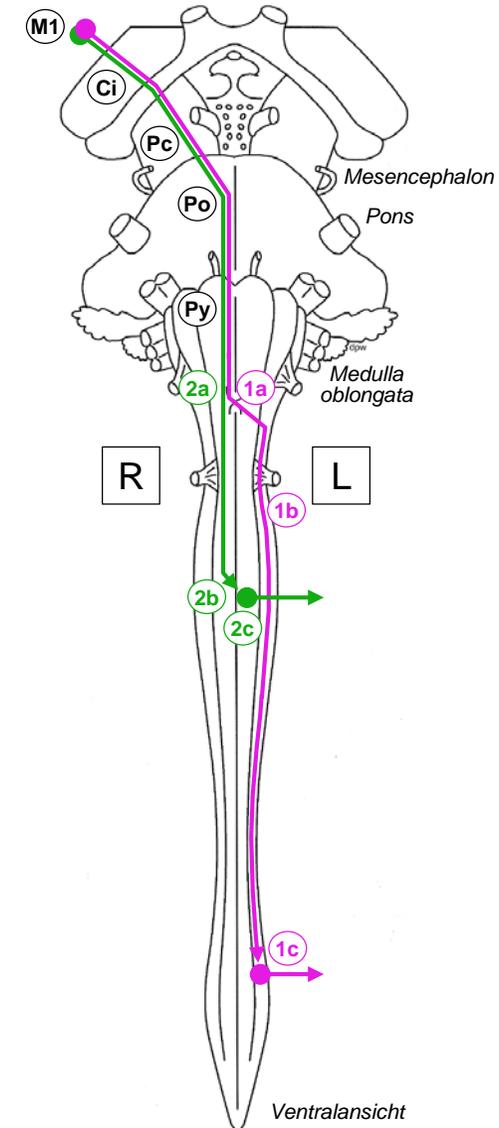
- ① Zellkörper (Pyramidenzellen, «upper motor neurons») im primären motorischen Rindenfeld (Gyrus praecentralis), Muskelgruppen somatotop als motorischer Homunculus repräsentiert
- ② Abstieg durch Capsula interna (Schlaganfall!)
- ③ Verlauf im Crus cerebri
- ④ verteilter Durchtritt zwischen Ponskernen
- ⑤ 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)

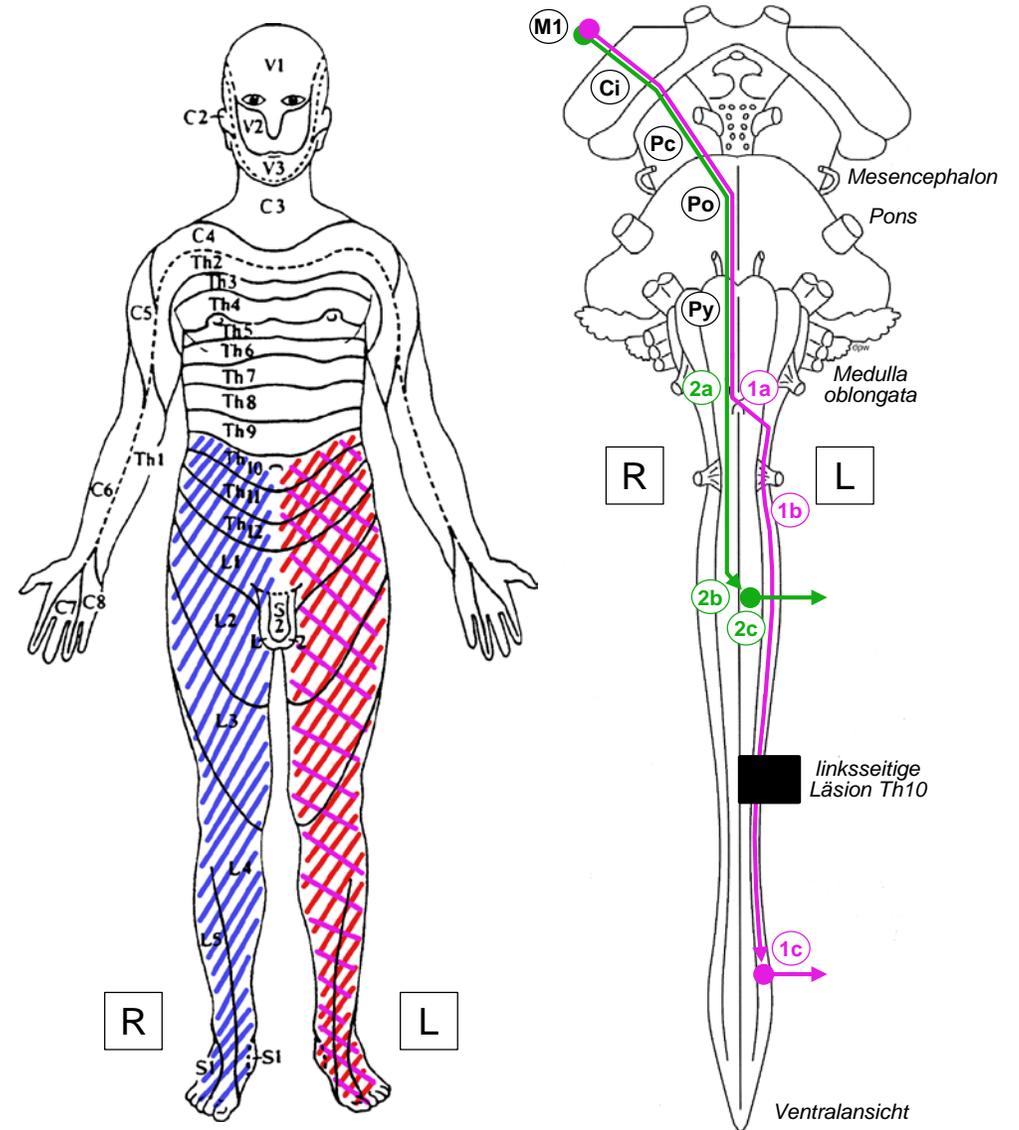
- ▨ Ausfall Vibrationsempfindung (gedämpfte Stimmgabel)

- ▨ 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

