
Hirnstamm und Hirnnerven

Motorische Hirnstammbahnen und *Formatio reticularis*

David P. Wolfer

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

Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

377-0107-00 Nervensystem / Anatomie, Di 24.11.2020 08:15-10:00

Lernziele dieser Anatomievorlesung: Studierende können ...

- **Merken und Erinnern**

1. die rostrokaudale und dorsoventrale Gliederung des Hirnstamms zeigen
2. die Formatio reticularis definieren, ihre Gliederung zeigen und darin enthaltene Nervenzelltypen nennen
3. die Lokalisation wichtiger funktioneller Nervenzellgruppen und Zentren der Formatio reticularis zeigen
4. Herkunft und Endigungsgebiete wichtiger afferenter und efferenter Verbindungen der Formatio reticularis nennen
5. Herkunft, Verlauf und Endigungsgebiete motorischer Hirnstammbahnen zeigen
6. Verlauf und Herkunft, bzw Endigungsgebiete afferenter und efferenter Verbindungen des Kleinhirns zeigen
7. Lokalisation und Verbindungen wichtiger motorischer Kontroll- und Relaiskerne zeigen

- **Verstehen und Anwenden**

1. die Rolle der Formatio reticularis in der bottom-up Beeinflussung des Gehirns und der top-down Kontrolle des Rückenmarks erläutern
2. die funktionelle Bedeutung motorischer Fasersysteme und Kerne darlegen
3. die funktionellen Konsequenzen der Schädigung motorischer Fasersysteme und Kerne an unterschiedlichen Lokalisationen diskutieren

Fakultative Lernmaterialien für diese Vorlesung

- Lehrbuch: Trepel, «Neuroanatomie»
 - 5 Verlängertes Mark (Medulla oblongata) und Brücke (Pons), 5.3 Weitere Kernkomplexe in Medulla oblongata und Pons
 - 6 Mittelhirn (Mesencephalon), 6.2 Tectum mesencephali
 - 6 Mittelhirn (Mesencephalon), 6.3 Tegmentum mesencephali
 - 6 Mittelhirn (Mesencephalon), 6.4 Crura cerebri
 - 6 Mittelhirn (Mesencephalon), 6.5 Bahnsysteme des Hirnstamms
- LernAtlas: Prometheus «Kopf, Hals und Neuroanatomie»
 - B Neuroanatomie
 - 1.11 Somatomotorik
 - 8.3-4 Truncus encephali

Formatio reticularis = FR

- Anatomische Definition

- diffuses Nervenzellnetzwerk im Tegmentum, lokale Verdichtungen = «Nuclei»
- Gliederung: 3 mediolaterale Zonen und 3 rostrokaudale Abschnitte
- Neurotransmitter: Glutamat, GABA, Acetylcholin, Monoamine (DA, NA, 5HT)

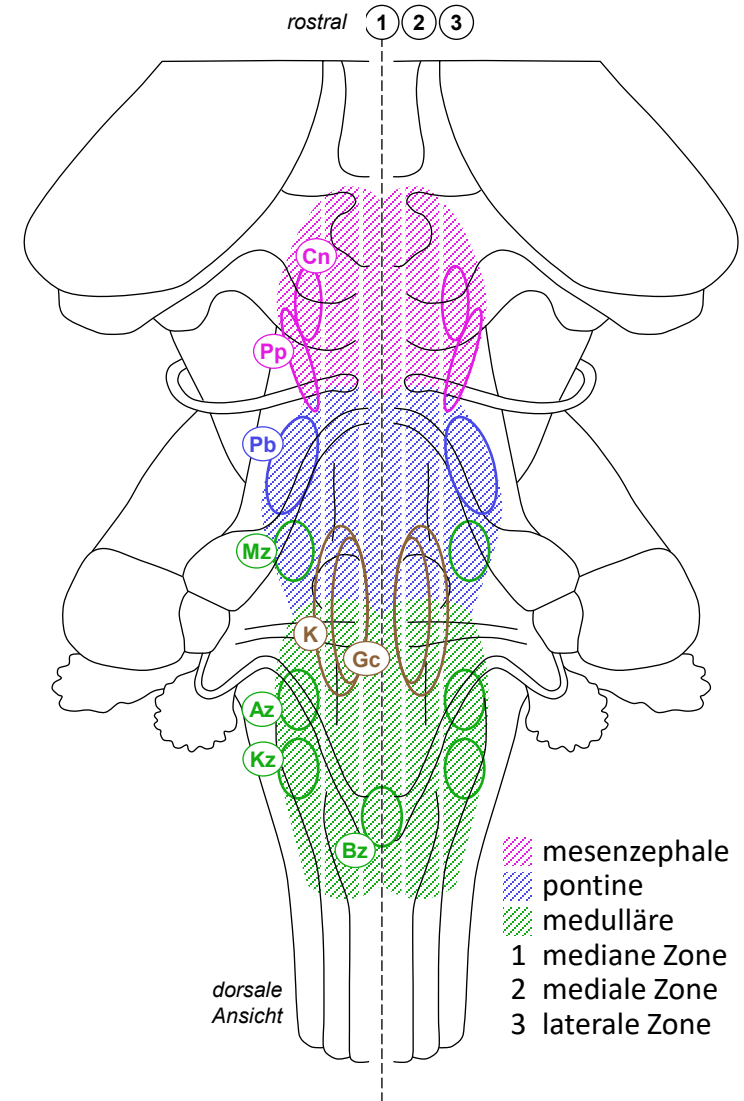
- Multiple Schaltkreise und Nervenzellgruppen

Fortsetzung
intrinsic
RM Systeme

- Reflexzentren: Muskeldehnungsreflexe, Husten-, Würge-, Lidschlussreflex
- sensible Verarbeitung: Interneurone um Nc spinalis N trigemini (Schmerz), Ncc parabrachiales (Pb) (spezielle + allg. Viszerosensibilität, inkl Schmerz)
- prämotorische Netzwerke und CPGs für motorische Hirnnervenkerne: Augenbewegungen, Schlucken, Würgen, Kauen, Sprachartikulation, Mimik

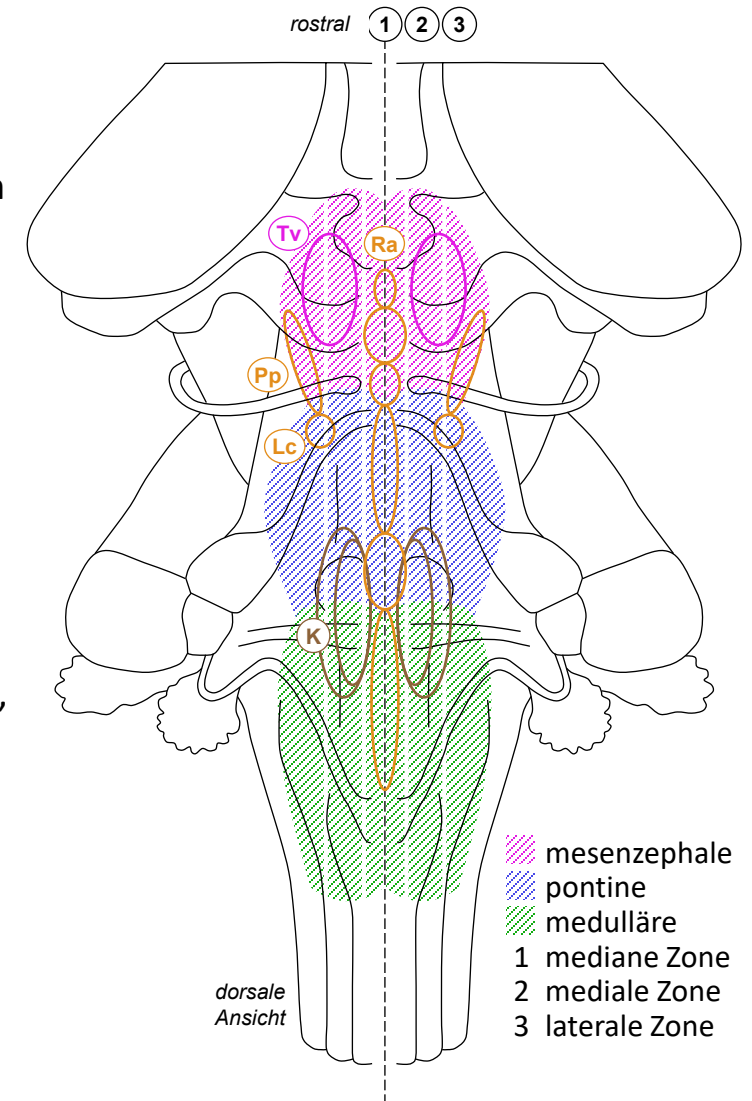
1-2 Stufen höher
in der Hierarchie
der Kontrolle

- rostrales motorisches Zentrum kontrolliert va Lokomotion («midbrain locomotor region»): Nc tegmentalis pedunculopontinus (Pp) (Schnittstelle zu Basalganglien, willkürliche gesteuerte Lokomotion), Nc cuneiformis (Cn) (Schnittstelle zum limbischen System, reflektorische automatische Lokomotion, zB Fluchtreflex)
- kaudales motorisches Zentrum (K): ua. unter Kontrolle des rostralen motorischen Zentrums, moduliert Muskeltonus, kontrolliert Stützmotorik, enthält Nc gigantocellularis (Gc) → steuert Richtung und Geschwindigkeit der Lokomotion
- absteigende Kontrolle der Schmerzwahrnehmung, zB Stressanalgesie
- vegetative Kontrollzentren: Miktionszentrum (Mz) (Kontrolle der Harnblase), Kreislaufzentrum (Kz), Brechzentrum (Bz) (Area postrema), Atemzentrum (Az) (generiert Rhythmus, enthält CO₂ Sensor, steuert Tiefe & Frequenz)



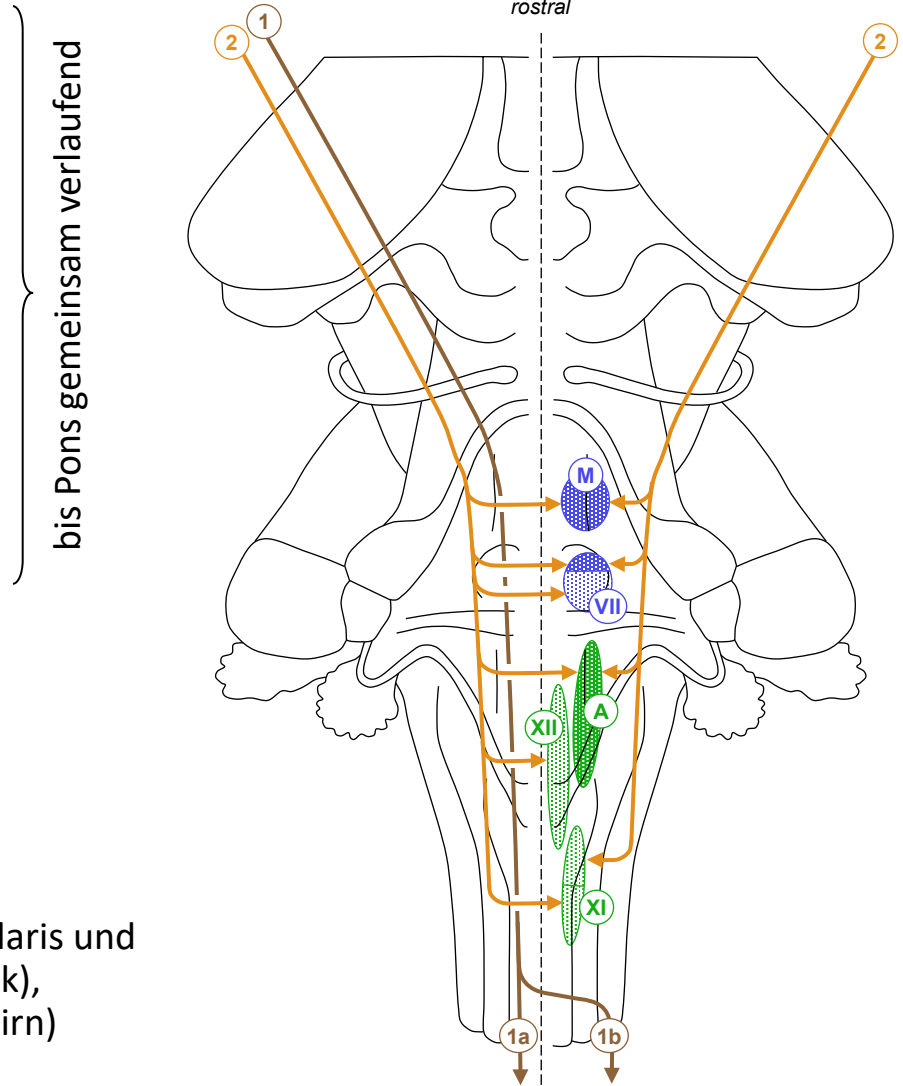
Verbindungen der Formatio Reticularis

- Top-down Kontrolle des Rückenmarks (efferente Verbindungen)
 - retikulospinales System = Summe absteigender Fasern aus FR
 - Modulation spinaler Reizverarbeitung (Schmerz); vegetative Zentren der FR → Kontrolle präganglionärer vegetativer Neurone; motorische Anteile ausgehend vom (K) kaudalen motorischem Zentrum → extrapyramidale Steuerung von prämotorischen Netzwerken, CPG und α - und γ -Motoneuronen
- Bottom-up Beeinflussung des Grosshirns (efferente Verbindungen)
 - aufsteigendes retikuläres aktivierendes System = ARAS (Weck- und Wachzentrum, Stressreaktionszentrum): Locus coeruleus (Lc) (NA → Grosshirnrinde), Nc tegmentalis pedunculopontinus (Pp) (ACh → Thalamus → Grosshirnrinde)
 - Raphekerne (Ra) bilden mediane Zone der FR, Serotonin (5HT) → (limbische) Grosshirnrinde, Aktivierung & Modulation von Emotionen
 - dopaminerge Projektionen: Area tegmentalis ventralis (Tv) → limbische Strukturen des Telencephalon (meso-limbisches System): Motivations- und Belohnungssystem, Kontrolle von Entscheidungen – Suchterkrankungen
- Sensibler und steuernder Input in FR (afferente Verbindungen)
 - Sensibel: Schmerz und andere Reize aus Hirnnervenkernen oder Rückenmark → (Lc)(Pp) → Weck/Alarmreaktion, vestibuläres System, viszerale Afferenzen
 - übergeordnete motorische (Grosshirnrinde, Basalganglien, Cerebellum), limbische (Amygdala, Septum) und vegetative Zentren (Hypothalamus, Mittelhirn)



Kortikospinale und kortikonukleäre Bahn

- Tr. corticospinalis (1a) ant. & (1b) lat.
 - primäres motorisches Rindenfeld M1 (Zonen für Extremitäten, Rumpf) → motorische Kerne im Rückenmark, Verlauf durch Hirnstammbasis
- Tr. corticonuclearis = corticobulbaris (2)
 - primäres motorisches Rindenfeld M1 (Kopfzone) → somatomotorische (ausser Augenmuskeln!) und speziell viszeromotorische Hirnnervenkerne
 - bilateral → Nc motorius N trigemini (M), Nc N facialis (VII)(Rr temporales), Nc ambiguus (A)
 - kontralateral → Nc N facialis (VII)(übrige Äste ausser Rr temporales), Nc N accessorii (XI)(M trapezius), Nc N hypoglossi (XII)
 - ipsilateral → Nc N accessorii (XI)(M sternocleidomastoideus)
- Funktion
 - absteigende Fasern → Interneurone prämotorischer Netzwerke und zT direkt Motoneurone: Zielmotorik ausser Blickbewegungen
 - Ausfall → halbseitige Lähmung ausser bei bilateraler Innervation: dann halbseitige Lähmung nur bei Schaden im motorischen Kern oder peripher im Hirnnerven selbst
 - Kollateralen des Tr corticonuclearis und corticospinalis → Formatio reticularis und Nc ruber (Informationen für Steuerung der extrapyramidalen Stützmotorik), → Nc olivaris inf (Informationen für Bewegungskoordination durch Kleinhirn)



Afferente Bahnen des Kleinhirns

- Motorische Koordination durch Kleinhirn

- Vergleich Bewegungsplan ↔ Resultat → Korrektursignale, motorisches Lernen
- Ausfall des Kleinhirns oder wichtiger Verbindungen (zB Afferenzen aus Rückenmark und Medulla) → Koordinationsstörung: Ataxie, Dysarthrie, Intentionstremor

- ① **Pedunculus cerebellaris sup**

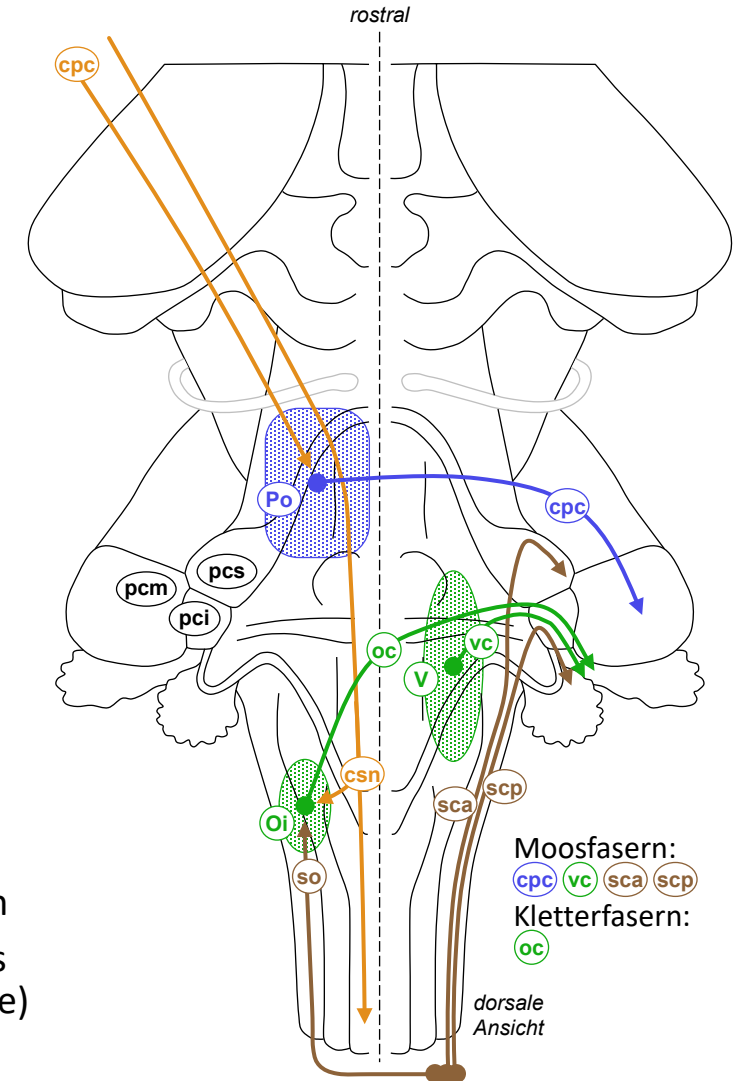
- Tr spinocerebellaris ant (*sca*), Teil des spinozerebellären Systems: Rückmeldung über allen Input, den α - und γ -Motoneurone erhalten (spinale Efferenzkopie)

- ② **Pedunculus cerebellaris med**

- Tr corticopontocerebellaris (*cpc*) (*cpc*): Umschaltung in Ncc pontis (*Po*●) → Cerebellum, Info aus kontralateraler Grosshirnrinde über Bewegungsplan (und mehr? Rolle des Kleinhirns bei kognitiven Funktionen, zB Lernen?)

- ③ **Pedunculus cerebellaris inf**

- Tr spinocerebellaris post (*scp*), Teil des spinozerebellären Systems: propriozeptive Rückmeldung aus ipsilateralem Bewegungsapparat via Nc thoracicus post
 - motorisches Lernen: Kollateralen des Tr corticospinalis/-nuclearis (*csn*) (Plan, Soll) und Tr spinoolivaris (*so*) (propriozeptive Rückmeldung, Ist) → Nc olivaris inf (*Oi*●), berechnet Fehler-Signal → gekreuzter Tr olivocerebellaris (*oc*) → Kletterfasersystem
 - Tr vestibulocerebellaris (*vc*): Info aus Gleichgewichtsorgan über Lage/Bewegung des Kopfes im Raum via ipsilaterale Ncc vestibulares (*V*●) (oder direkt aus Gn vestibulare)



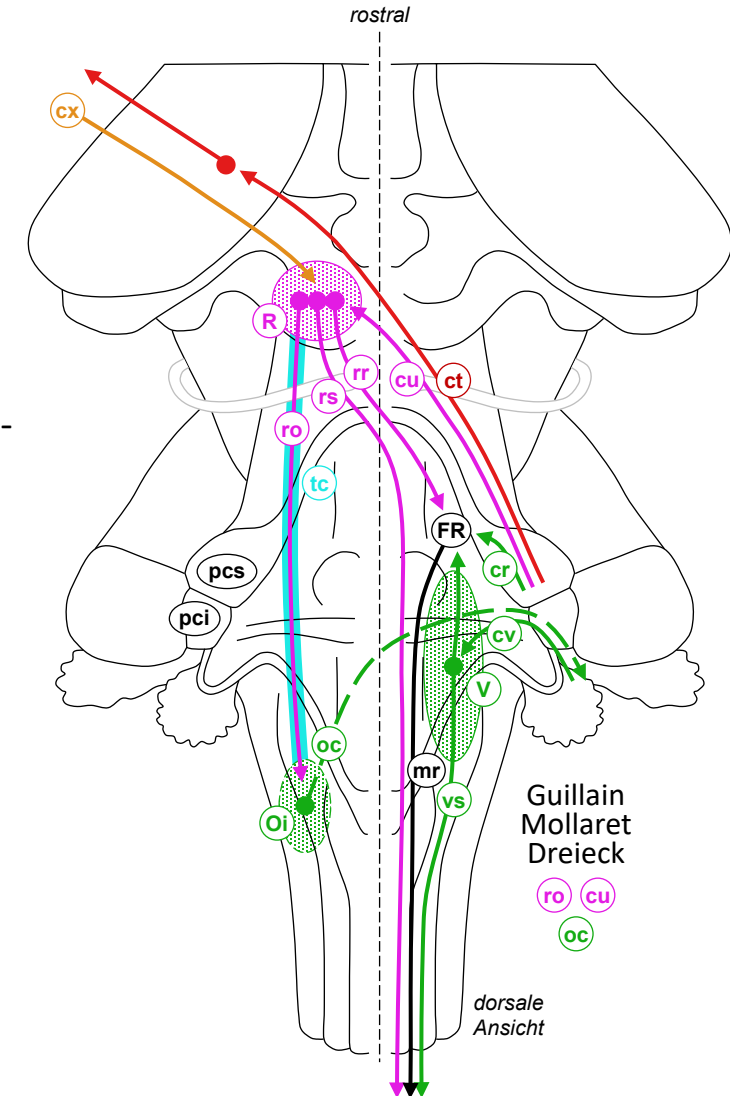
Efferente Bahnen des Kleinhirns und Nucleus ruber

pcs Pedunculus cerebellaris sup.

- Tr cerebellothalamicus = dentatothalamicus (ct): → kontralateraler motorischer Thalamus (→ motorischer Grosshirnrinde, Eingriff in motorische Planung)
- Tr cerebellorubralis (cu): → kontralateraler Nc ruber (R)
- Tr cerebelloreticularis (cr): bilateral! → motorische Zentren der Formatio reticularis (FR): Eingriff in Blick- und via retikulospinales System (mr) in Stützmotorik

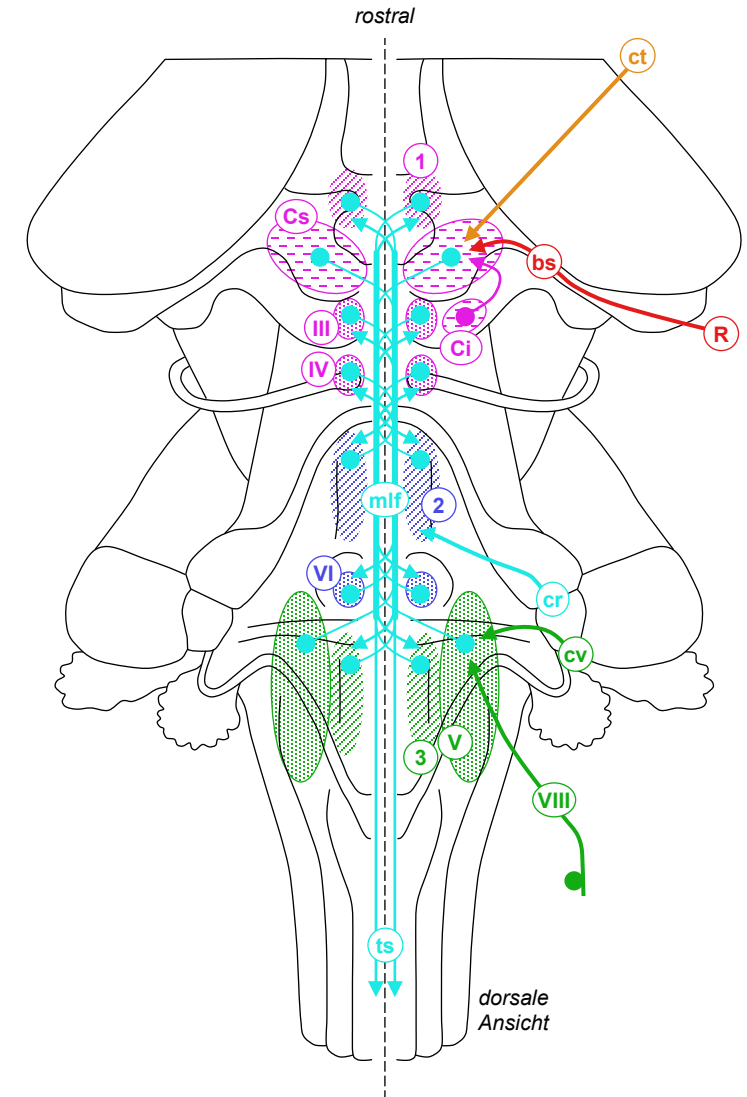
pci Pedunculus cerebellaris inf.

- Tr cerebellovestibularis (cv) bilateral! → Nc vestibulares (V●), von da → Tr vestibulospinalis (vs) und → Formatio reticularis (FR) (Eingriff in Stützmotorik)
- Nc ruber
 - 1. Input aus Cerebellum via tractus cerebellorubralis (cu) und 2. Info über Bewegungsplan aus motorischer Grosshirnrinde (cx) via Tr corticorubralis (und auch via Kollateralen des Tr corticospinalis und corticonuclearis)
 - motorisches Lernen: Soll-Signal aus Cerebellum → Tr rubroolivaris (ro) im Tr tegmentalis centralis (tc) → ipsilateraler Nc olivaris inf (Oi●): Δ zu propriozeptivem Ist-Signal aus RM → Fehler-Signal → Tr olivocerebellaris (oc) → Kletterfasersystem
 - Relais für Signale aus Cerebellum (und Grosshirnrinde) an spinale Motoneurone:
 1. Tr rubrospinalis (rs) beeinflusst spinale Motoneurone (va distale Flexoren),
 2. Tr rubroreticularis (rr) beeinflusst motorische Zentren der Formatio reticularis, damit via motorisches retikulospinales System (mr) spinale Motoneurone



Blickmotorik

- Präokulomotorische Zentren in der FR
 - koordinieren motorische Kerne für Augenmuskeln bei Blickbewegungen
 - rostrale mesencephale FR (1) → vertikale Blickbewegungen, paramediane pontine FR (2) → horizontale Blickbewegungen, Nc praepositus hypoglossi (3) assoziiert mit Ncc vestibulares (V) → rasche Blickbewegungen, Fixieren und Verfolgen von Objekten
 - Fasciculus longitudinalis medialis (mlf) verbindet Hirnstammkerne ipsi- und kontralateral, insbesondere Ncc III - IV - VI und präokulomotorische Zentren
- Vestibulookulärer Reflex (VOR)
 - Blickstabilisierung durch Kompensation von Kopfbewegungen: N VIII → Ncc vestibulares (V●) → präokulomotorische Zentren, Störungen → Nystagmus
- Sakkaden
 - willkürlich: frontales Augenfeld → Tr corticotectalis (ct) → Colliculus sup (Cs), reflektorisch: Colliculus sup aktiviert durch Input aus Retina (R) via Brachium colliculi sup (bs) oder akustische Signale aus Colliculus inf (Ci)
 - Colliculus superior (Cs●) → präokulomotorische Zentren und via gekreuzten Tr tectospinalis (ts) → zervikales Rückenmark → Blickfolgebewegungen
 - Cerebellum 1. via Tr cerebelloreticularis (cr) → präokulomotorische Zentren zur Feinabstimmung der Blickbewegungen, 2. via Tr cerebellovestibularis (cv) → Ncc vestibulares zur Hemmung des VOR bei Blickbewegung auf neues Ziel



Visuelle Reflexe

- Naheinstellungsreaktion

- ausgelöst durch primäres visuelles Rindenfeld im Okzipitallappen des Grosshirns: Konvergenzreaktion + Akkomodation + Pupillenverengung
- Konvergenzreaktion: Tr corticotectalis (ct) → wahrscheinlich Colliculus sup (Cs●) → Naheinstellungsneurone (N●) im Konvergenzzentrum der mesencephalen FR → Fasciculus longitudinalis medialis (mlf) → bilaterale Aktivierung der Motoneurone für M rectus mdl im Nc N III
- Akkomodation + Pupillenverengung: Tr corticotectalis (ct) → Area praetectalis (Pt●) (Kerngruppe rostral des Colliculus sup), von da ipsilateral und kontralateral via Commissura post (cp) → Nc accessorius N III = Nc Edinger-Westphal (E) → N III und Gn ciliare → M ciliaris (Akkomodation) und M sphincter pupillae (Pupillenverengung)

- Pupillenreflex

- Pupillenverengung durch Lichteinfall ins Auge
- Fasern aus Retina via Fasciculus opticus und Brachium colliculi sup (bs) → Area praetectalis (Pt●), von da wie oben → M sphincter pupillae. Ausfall des Parasympathicus am Auge → Weitstellung der Pupille (Mydriasis)
- Antagonist = M dilatator pupillae, durch Sympathicus aktiviert. Ausfall des Sympathicus am Auge → Horner-Syndrom mit enger Pupille (Miosis, Ausfall M dilatator pupillae) und schlaffem Lid (partielle Ptose, Ausfall M tarsalis)

