
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 27.11.2018 08:00 Y17 M5

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

Gliederung des Hirnstamms

- rostrocaudal
 - 3 Abschnitte
- dorsoventral
 - Tectum
 - Ventrikelsystem
 - Tegmentum (Haube)
 - Basis

Mesencephalon

Colliculi sup. & inf.
= Lamina quadrigemina

Aquaeductus cerebri

mesencephaler Abschnitt

Crura cerebri



Formatio reticularis

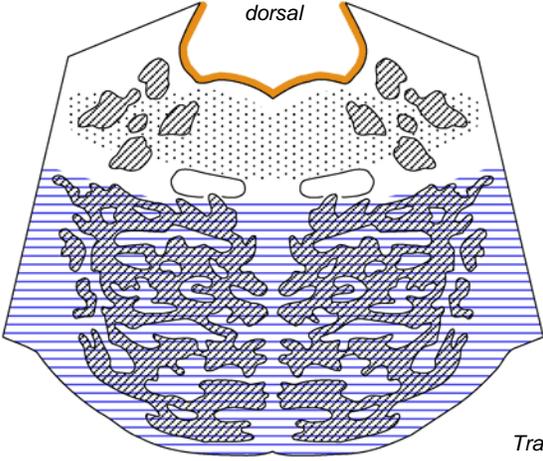
Pons

(Velum medullare sup)
(Cerebellum)

4. Ventrikel
(Fossa rhomboidea)

pontiner Abschnitt

Pars basilaris pontis



Medulla oblongata

(Velum medullare inf),
(Plexus choroideus)

4. Ventrikel
(Fossa rhomboidea)

medullärer Abschnitt

Pyramis



Transversalschnitte

Formatio reticularis = FR

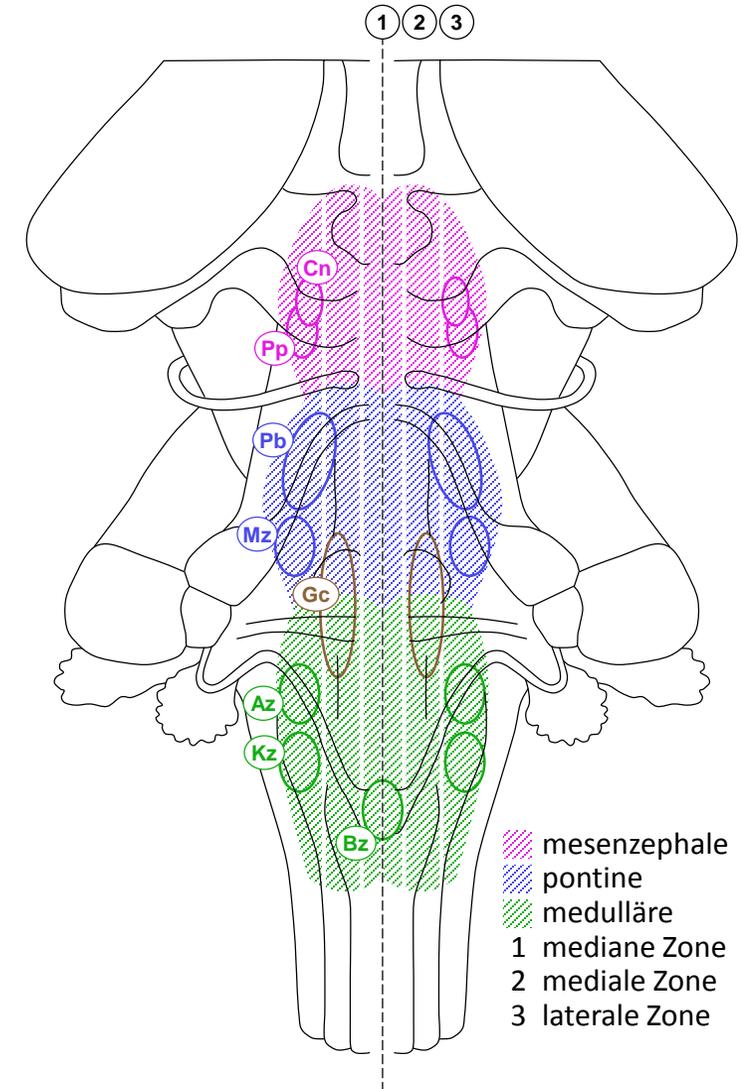
- Anatomische Definition

- diffuses Nervenzellnetzwerk im Tegmentum, lokal verdichtet: «Nuclei»
- Gliederung: 3 mediolaterale Zonen und 3 rostrokaudale Abschnitte
- Neurotransmitter: Glutamat, GABA, Acetylcholin, Monoamine

- Multiple Schaltkreise und Nervenzellgruppen

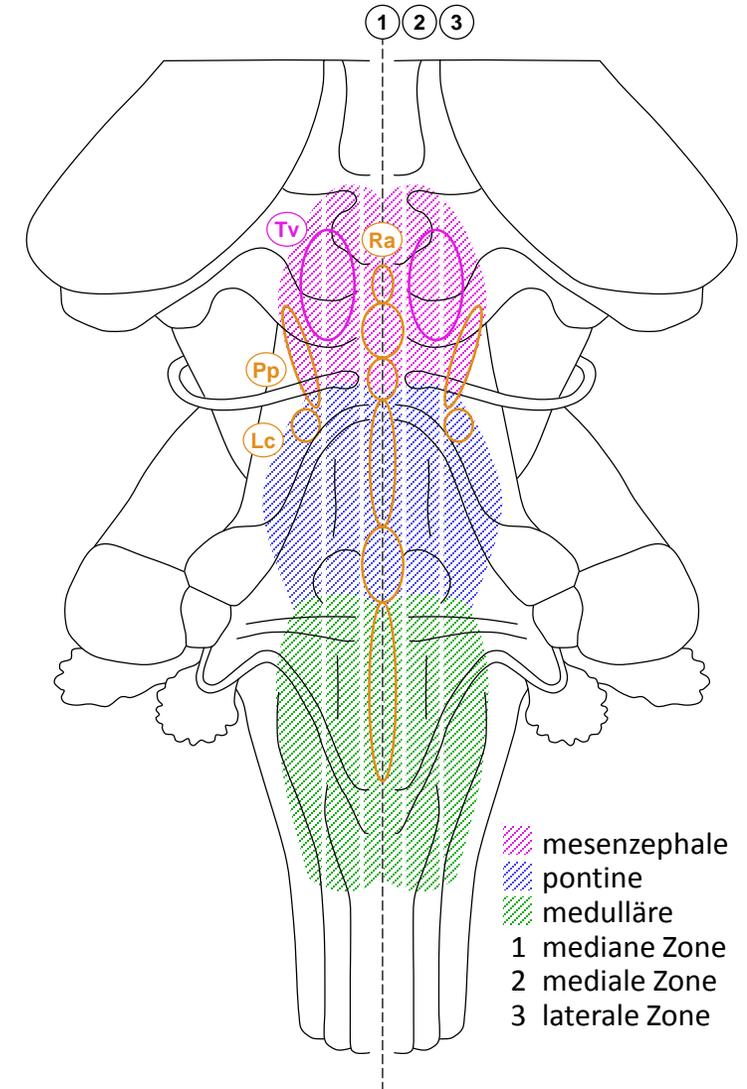
Fortsetzung
intrinsischer
RM Systeme

- Reflexzentren: Hustenreflex, Würgereflex, Lidschlussreflex
- sensible Verarbeitung: Schmerz: Interneurone um Nc spinalis N trigemini, allgemeine und spezielle Viszerosensibilität: Ncc parabrachiales (Pb)
- prämotorische Netzwerke für motorische Hirnnervenkerne: Augenbewegungen, Schlucken, Würgen, Kauen, Sprachartikulation, Mimik
- rostrales motorisches Zentrum kontrolliert va Lokomotion («midbrain locomotor region»): Nc tegmentalis pedunculopontinus (Pp) (Schnittstelle zu Basalganglien, langsame willkürliche Lokomotion), Nc cuneiformis (Cn) (Schnittstelle zum limbischen System, schnelle automatische Lokomotion, zB Fluchtreflex)
- kaudales motorisches Zentrum: unter anderem unter Kontrolle des rostralen motorischen Zentrums, moduliert zB Muskeltonus, Haltung und Reflexe, Nc gigantocellularis (Gc) kontrolliert 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 Atemrhythmus (CPG!) und steuert Tiefe & Frequenz



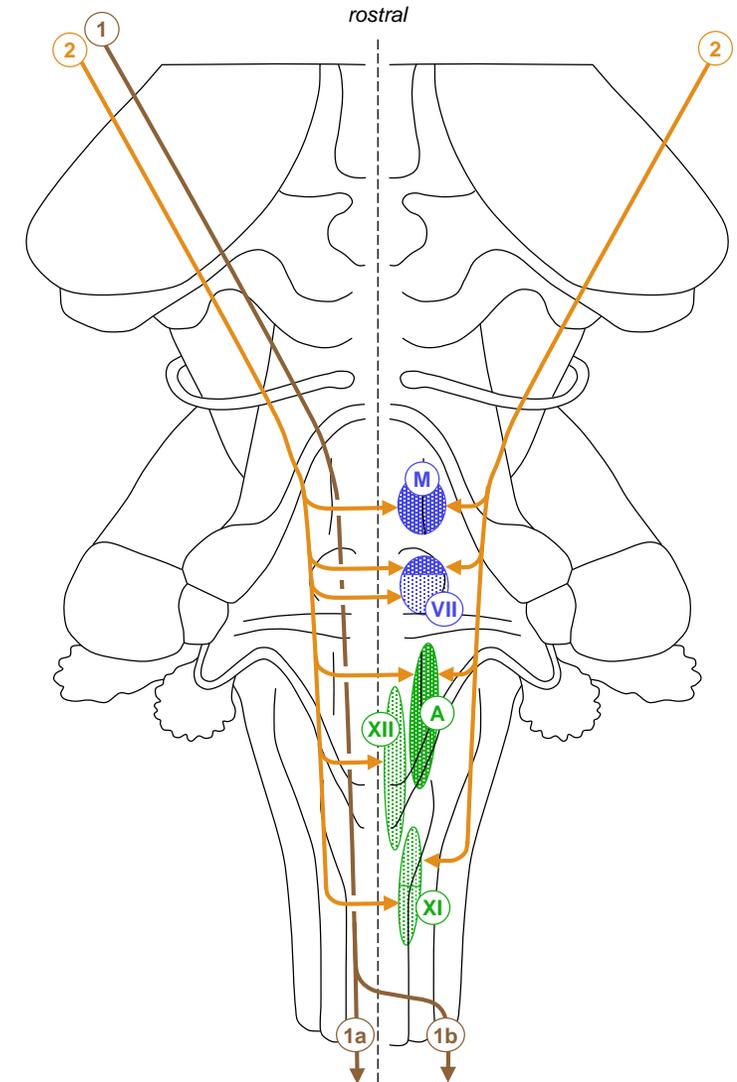
Verbindungen der Formatio Reticularis

- Top-down Kontrolle des Rückenmarks
 - retikulospinales System = Summe absteigender Fasern aus FR
 - Modulation spinaler Reizverarbeitung (Schmerz); vegetative Zentren → Kontrolle präganglionärer vegetativer Neurone; motorische Anteile ausgehend vom kaudalen motorischem Zentrum → wichtige Komponente der extrapyramidalen Steuerung von prämotorischen Netzwerken, CPG und Motoneuronen
- Bottom-up Beeinflussung des Grosshirns
 - aufsteigendes retikuläres aktivierendes System (ARAS, Weck- und Wachzentrum): Locus coeruleus (Lc) (NA → Grosshirnrinde), Nucleus tegmentalis pedunculopontinus (Pp) (ACh → Thalamus → Grosshirnrinde)
 - Raphekerne (Ra) bilden mediane Zone der FR, Serotonin → (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
 - Sensibel: besonders Schmerz und akustische Reize aus Hirnnervenkernen via Tractus spinoreticularis aus RM → (Lc)(Pp) → Weck/Alarmreaktion
 - übergeordnete motorische (Grosshirnrinde, Basalganglien, Cerebellum & vestibuläres System) 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 Nc oder Nerv
 - Kollateralen des Tr corticonuclearis und corticospinalis → extrapyramidale motorische Zentren (Formatio reticularis, Nc ruber, Nc olivaris inf): Vorausinformation über geplante Zielbewegung benötigt für Stütz- und Haltungsmotorik



Afferente Bahnen des Kleinhirns

• Kleinhirn

- Koordination: Vergleich Bewegungsplan mit Ausführung → Korrektursignale
- Ausfall des Kleinhirns oder wichtiger Verbindungen (zB Afferenzen aus Rückenmark und Medulla) → Koordinationsstörung der Zielmotorik: Ataxie, Dysarthrie

Ⓟ Pedunculus cerebellaris sup

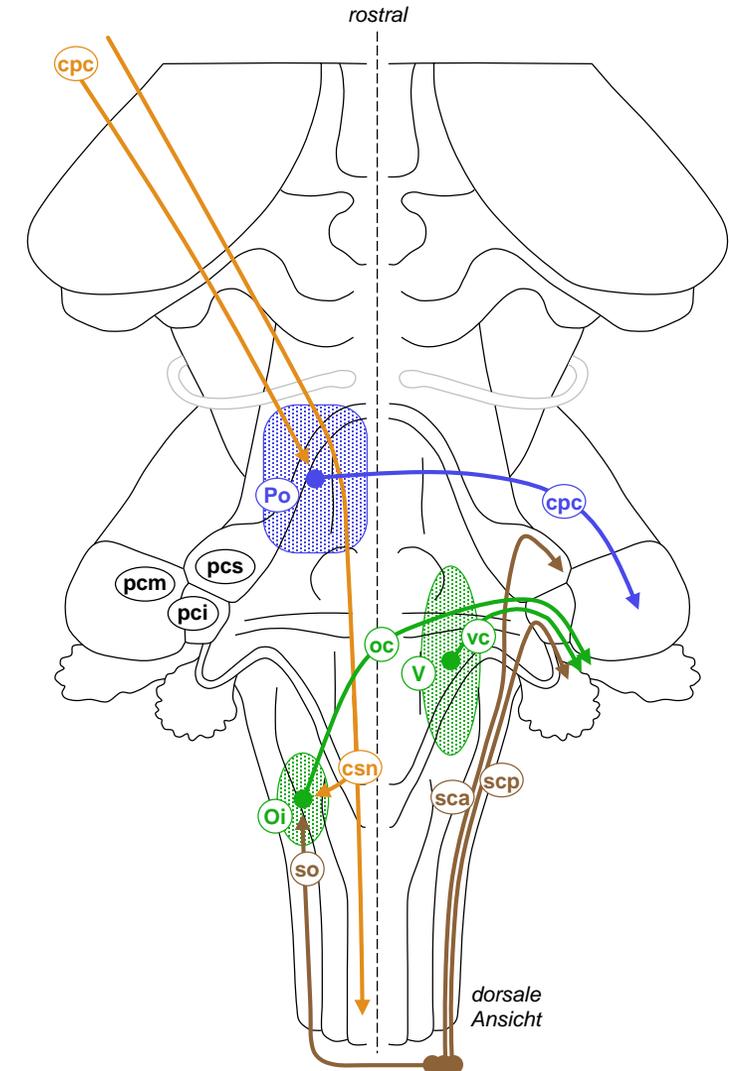
- Tr spinocerebellaris ant (*sca*), Anteil des spinozerebellären Bahnsystems: propriozeptive Rückmeldung aus ipsilateralem Arm

Ⓟ 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?)

Ⓟ Pedunculus cerebellaris inf

- Tr spinocerebellaris post (*scp*), Anteil des spinozerebellären Bahnsystems: propriozeptive Rückmeldung aus ipsilateralem Rumpf und Bein via Nc thoracicus
- Tr vestibulocerebellaris (*vc*): Info aus Gleichgewichtsorgan über Lage/Bewegung im Raum via ipsilaterale Ncc vestibulares (*V*) (zT auch direkt aus Gn vestibulare)
- Zweiter Weg für Info über Bewegungsplan und Rückmeldung aus Peripherie: Kollateralen des Tr corticospinalis/-nuclearis (*csn*) und Tr spinoolivaris (*so*) → Nc olivaris inf (*Oi*) → gekreuzter Tr olivocerebellaris (*oc*) → Kletterfasern



Efferente Bahnen des Kleinhirns und Nucleus ruber

pcs Pedunculus cerebellaris sup.

- Tr cerebellothalamicus (ct): Cerebellum → kontralateraler motorischer Thalamus (→ motorischer Kortex, Plananpassung im pyramidalen System)
- Tr cerebellorubralis* (cr): Cerebellum → kontralateraler Nc ruber (R)

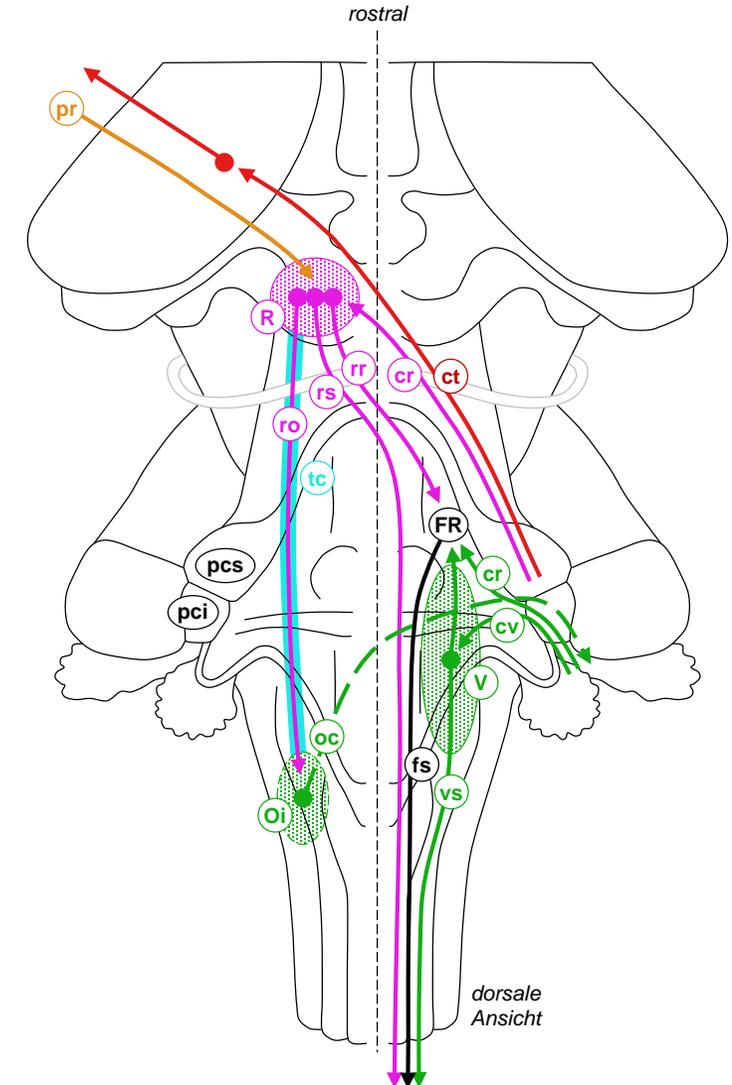
pci Pedunculus cerebellaris inf.

* Eingriff in extrapyramidale Motorik

- Tr cerebellovestibularis* (cv) → Nc vestibulares (V), von da → Tr vestibulospinalis (vs) und → präokulo/motorische Zentren der Formatio reticularis (FR)
- Tr cerebelloreticularis* (cr): direkte Verbindung Cerebellum → präokulo/motorische Zentren der Formatio reticularis (FR)

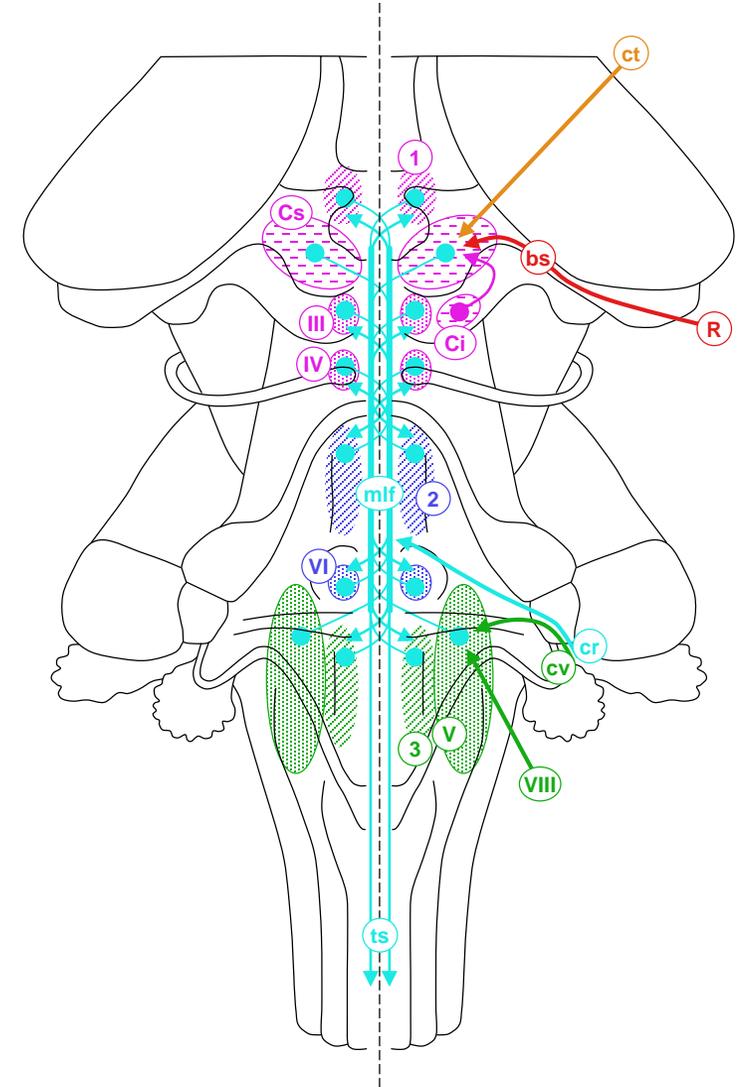
• Nc ruber

- 1. Input aus Cerebellum via tractus cerebellorubralis (cr) und 2. Info über Bewegungsplan aus motorischer Grosshirnrinde via Tr corticorubralis (pr) und via Kollateralen des Tr corticospinalis und corticonuclearis
- motorischer Koordinationskern: Tr rubroolivaris (ro) im Tr tegmentalis centralis (tc) → ipsilateraler Nc olivaris inf (Oi), via Tr olivocerebellaris (oc) entsteht Schleife Cerebellum → Nc ruber → Nc olivaris inf → Cerebellum (Guillain-Mollaret-Dreieck)
- Relais für Signale aus Grosshirnrinde und Cerebellum an spinale Motoneurone:
 1. Tr rubrospinalis (rs) beeinflusst spinale Motoneurone (va Flexoren),
 2. Tr rubroreticularis (rr) beeinflusst motorische Zentren der Formatio reticularis und via Tr reticulospinalis (fs) indirekt auch 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 → präokulomotorische Zentren und vermittelt durch gekreuzten Tr tectospinalis (ts) entsprechende 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 visuelles Rindenfeld 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
- Fasern aus Retina via Fasciculus opticus und Brachium colliculi sup (bs) → Area praetectalis (Pt)), von da ipsilateral und kontralateral via Commissura post (cp) → Nc accessorius N III = Nc Edinger-Westphal (E) → N III und Gn ciliare → M sphincter pupillae (Pupillenverengung)
- Antagonist = M dilatator pupillae, durch Sympathicus aktiviert, ebenso glatte Lidmuskulatur (M tarsalis). Ausfall des Sympathicus am Auge → enge Pupille + schlaffes Lid (partielle Ptose)

