
Neuroanatomie

Rückenmark, Hirnstamm, Kleinhirn, Zwischenhirn

David P. Wolfer
Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich
Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

376-0005-01 Vertiefung Neuroanatomie und Neurophysiologie
Di 03.10.2023 10:15-12:00 HG D7.2

Rückenmark

- Übersicht / Oberflächenrelief

- ① ② ③ ④ graue Substanz: 4 kompakte Zellsäulen → zentrale «Schmetterlingsfigur»
- ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ weisse Substanz: oberflächlich Funiculus ant., lat., post. (Stränge langer Bahnen), Fasciculus proprius (Binnenverbindungen) direkt auf grauer Substanz

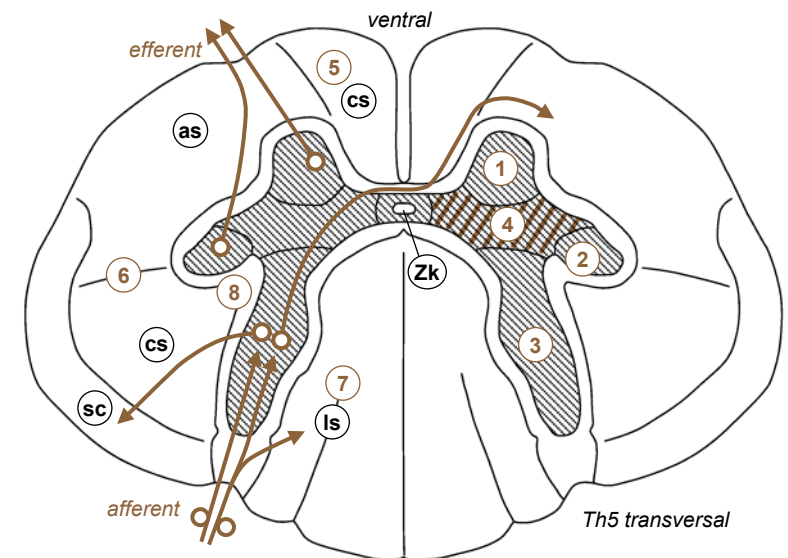
- Graue Substanz: 4 Klassen von Neuronen

- ① motorische Kerne: Motoneurone → Vorderwurzel → Spinalnerv → Muskeln
- ② vegetative Kerne (C8-L2/3 sympathisch, S2-4 parasympathisch): präganglionäre Neurone → Vorderwurzel → Spinalnerv → veget. Ganglien
- ③ ④ sensible Kerne: Endigung 1° afferenter Fasern («1. Neuron») aus Hinterwurzel, Ausgangspunkt für aufsteigende Fasern («2. Neuron») → Gehirn
- ① ② ③ ④ Eigenapparat: in grauer Substanz verstreute Binnenneurone → prämotorische Netzwerke, Reflexzentren, Central Pattern Generators, Reizverarbeitung

- Weisse Substanz: va. auf- und absteigende (lange) Bahnen

- ⑤ ⑥ aus sensiblen Kernen aufsteigend («2. Neuron»): anterolaterales System (Schmerz, Temperatur) gekreuzt → Hirnstamm & Thalamus, Tr spinocerebellaris (Feedback aus Bewegungsapparat) → Kleinhirn
- ⑦ aus Hinterwurzel direkt → sensible Kerne im Hirnstamm: lemniskales System (Berührung, Vibration, Bewegung): 1° afferente Fasern («1. Neuron»)
- ⑤ ⑥ absteigende Bahnen: kontrollieren Motoneurone, vegetative Neurone und Binnenneurone; Tr corticospinalis (Pyramidenbahn) → Willkürmotorik

- 1 Columna anterior / Cornu anterius - motorische Kerne
- 2 Columna lateralis / Cornu laterale - vegetative Kerne
- 3 Columna posterior / Cornu posterius } sensible Kerne
- 4 Columna intermedia / Pars centralis } sensible Kerne
- Zk Zentralkanal
- 5 Funiculus anterior Is lemniskales System
- 6 Funiculus lateralis as anterolaterales System
- 7 Funiculus posterior sc Tractus spinocerebellaris
- 8 Fasciculus proprius cs Tractus corticospinalis

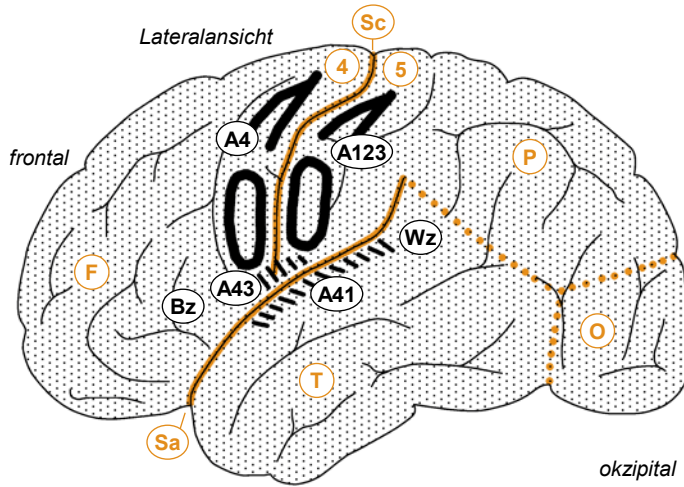


Gehirn

Pc Pl choroideus
 3v 3. Ventrikel
 Aq Aquädukt
 4v 4. Ventrikel

Me Mesencephalon
 Po Pons
 1 Rinde/Folien
 2 Mark
 3 Hemisphäre
 1-2 Vermis
 1-3 Cerebellum
 Mo Medulla oblongata
 Rm Rückenmark

Ep Epiphyse
 Th Thalamus
 Hy Hypothalamus
 Hs Hypophysenstiel
 co Chiasma opticum
 fo Fasciculus opticus

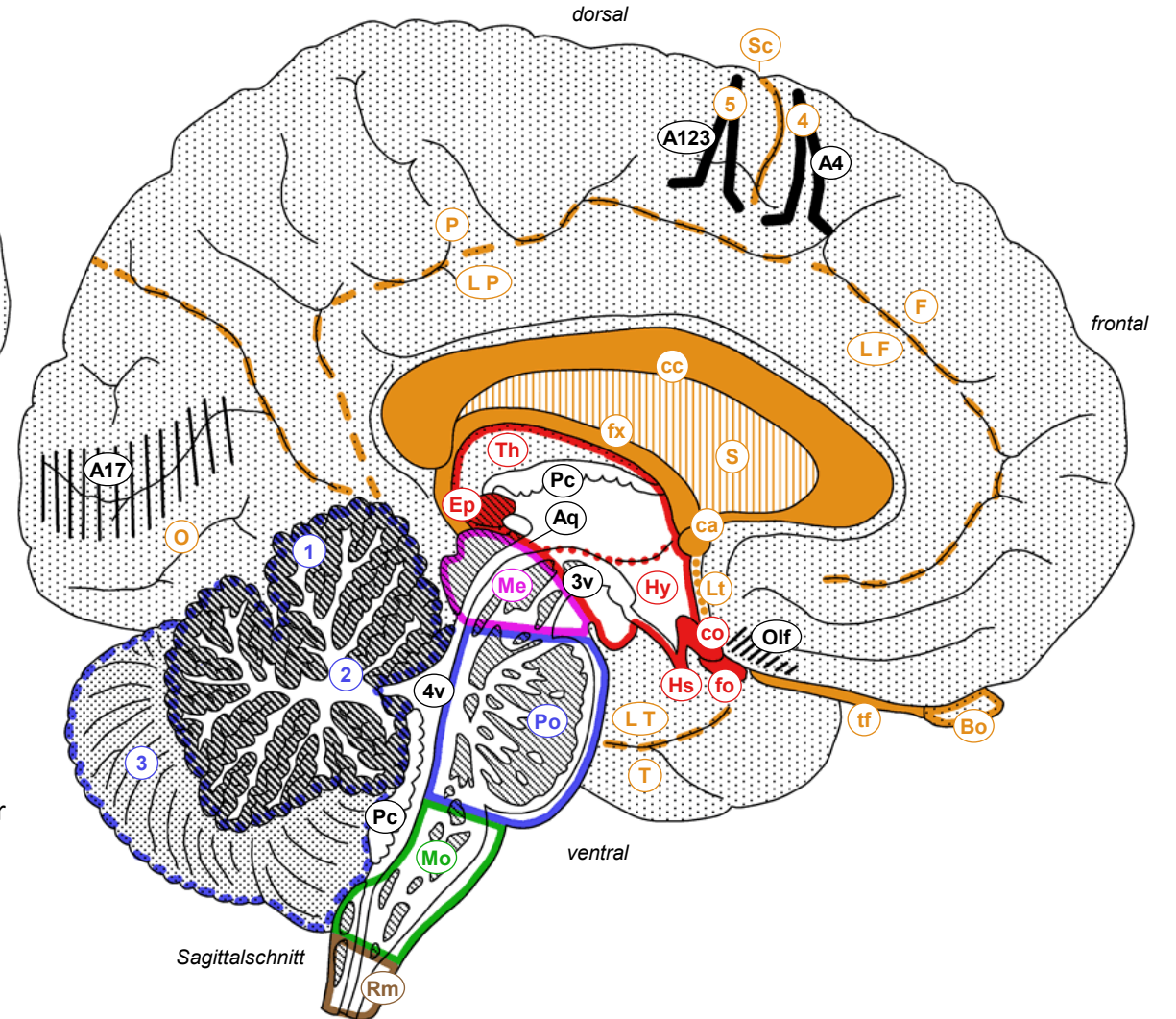


□ Telencephalon (Endhirn)
 □ Diencephalon (Zwischenhirn)
 □ Mesencephalon (Mittelhirn)
 □ Metencephalon (Nachhirn)
 □ Myelencephalon (verlängertes Mark)
 □ Rückenmark

F Frontallappen
 P Parietallappen
 T Temporallappen
 O Okzipitallappen
 L limbischer Lappen
 Sc Sulcus centralis
 Sa Sulcus lateralis
 4 Gyrus praecentralis
 5 Gyrus postcentralis

A123 Area 1,2,3
 A4 Area 4
 A17 Area 17
 A41 Area 41
 A43 Area 43
 Olf olfaktorische Rinde
 Bz Broca-Zentrum
 Wz Wernicke-Zentrum

cc Corpus callosum
 ca Commissura anterior
 Lt Lamina terminalis
 S Septum pellucidum
 fx Fornix
 Bo Bulbus olfactorius
 tf Tractus olfactorius



Medulla oblongata

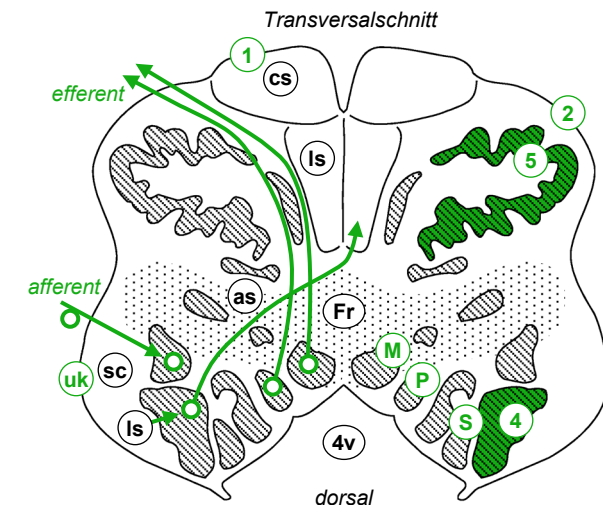
• Übersicht / Oberflächenrelief

- ② graue Substanz = einzelne Kerne statt kompakte Säulen
- ① uk dazwischen weisse Substanz: auf/absteigende Bahnen, unterer Kleinhirnstiel
 - vertikale Gliederung («Stockwerke»): Basis = Pyramide mit Tr corticospinalis; Tegmentum = Rest der grauen und weissen Substanz, bis Boden 4. Ventrikel; (Tectum: nur Pl choroideus und Glia, keine weisse oder graue Substanz)

• Graue Substanz

- Ⓜ motorische Hirnnervenkerne medial im Ventrikelboden: Nc ambiguus (IX,X), Nc N accessorii (XI), Nc N hypoglossi (XII)
 - Ⓟ parasymphatische Hirnnervenkerne intermediär im Ventrikelboden : Nc salivatorius inf (IX), Nc dorsalis N vagi (X)
 - Ⓢ sensible Hirnnervenkerne («2. Neuron») lateral im Ventrikelboden : Nc solitarius (IX,X), Nc spinalis N trigemini (V,IX,X), Ncc vestibulares + cochleares (VIII)
 - ④ in Medulla oblongata verlagerte sensible Kerne für Spinalnerven (lemniskales System): Nc gracilis + cuneatus («2. Neuron») → Seitenkreuzung
 - ⑤ integrativer (übergeordnete Verarbeitungs- und Steuerfunktionen) Kern des motorischen Systems: Nc olivaris inf, Ausgangspunkt für olivo-zerebelläre Bahn
- ## • Weisse Substanz: lange Bahnen
- Ⓛs Ⓜas Ⓢc aufsteigend: lemniskales & anterolaterales System, Tr spinocerebellaris
 - Ⓢc absteigend: Tr corticospinalis (Pyramide) → Seitenkreuzung bei Eintritt in RM

- 1 Pyramide
- 2 Olive
- uk unterer Kleinhirnstiel
- 4v 4. Ventrikel
- Is lemniskales System
- as anterolaterales System
- sc Tractus spinocerebellaris
- cs Tractus corticospinalis
- M motorische Kerne
- P parasymp. Kerne
- S sensible Kerne
- 4 Nc. gracilis / cuneatus
- 5 Nc. olivaris inferior
- Fr Formatio reticularis



Pons (Brücke)

- Übersicht / Oberflächenrelief

- graue Substanz = einzelne Kerne, grösste Masse Ncc pontis (Relief!)

- ok** **mk** dazwischen fragmentierte weisse Substanz:
auf/absteigende Bahnen, mittlerer & oberer Kleinhirnstiel

- vertikale Gliederung («Stockwerke»): Basis = Ncc. pontis + Tr cortico-ponto-cerebellaris, mittlerer Kleinhirnstiel, Tr. corticospinalis; Tegmentum = Rest bis Boden 4. Ventrikel; (Tectum ersetzt durch Cerebellum)

- Graue Substanz

- M** motorische Hirnnervenkerne medial im Ventrikelboden:
Nc motorius N trigemini (V), Nc N abducentis (VI), Nc N facialis (VII)

- P** parasympathischer Hirnnerven Kern intermediär im Ventrikelboden:
Nc salivatorius sup (VII)

- S** sensibler Hirnnerven Kern lateral im Ventrikelboden:
Nc principalis N trigemini (V)

- Po** integrativer Kern des motorischen Systems:
Ncc pontis (Brückenkerne): Relais Tr cortico-ponto-cerebellaris

- Weisse Substanz: lange Bahnen

- as** **Is** aufsteigend: lemniskales & anterolaterales System

- cpc** **cs** absteigend Tr cortico-ponto-*cerebellaris, Tr corticospinalis
*Seitenkreuzung

mk mittlerer Kleinhirnstiel

ok oberer Kleinhirnstiel

4v 4. Ventrikel

Is lemniskales System

as anterolaterales System

cpc Tr cortico-ponto-cerebellaris

cs Tr corticospinalis

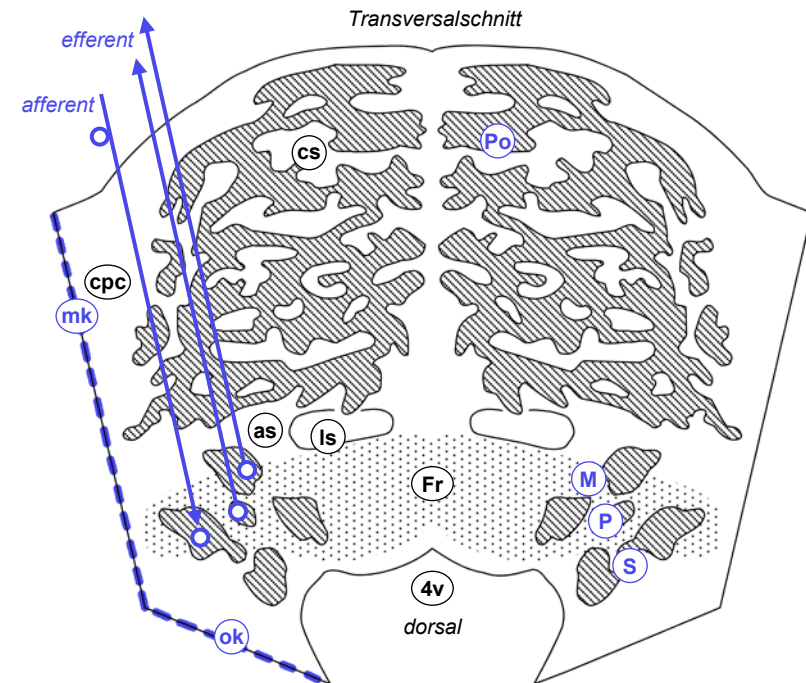
M motorische Kerne

P parasymp. Kerne

S sensible Kerne

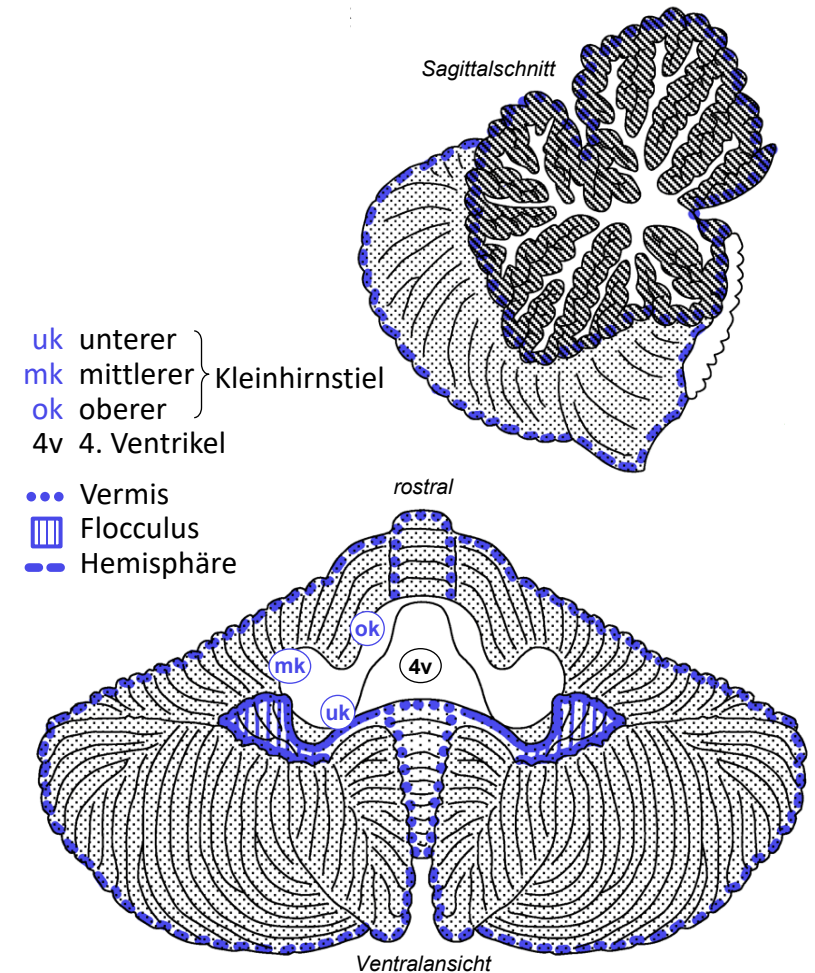
Po Ncc pontis

Fr Formatio reticularis



Kleinhirn

- Übersicht / Oberflächenrelief
 - Oberflächenanatomie: Vermis (Mittelteil) + Flocculus, Hemisphären.
schmale Kleinhirnwindungen = Folien + tiefe Furchen
 - innerer Aufbau: Rinde & Mark = «Arbor vitae»,
Kleinhirnerne eingebettet im Mark: enthalten Neurone,
deren Fasern Output des Kleinhirns bilden
- Kleinhirnstiele: Input & Output
 - unterer ↔ Medulla oblongata, Rückenmark
 - mittlerer = Tr cortico-ponto-cerebellaris
 - oberer ↔ Mesencephalon und Thalamus
- Funktion: Motorische Koordination
 - Ausfall (Kleinhirn selbst oder Verbindungen): keine Lähmung,
Störung der Koordination = Ataxie (Rumpf + Extremitäten), Dysarthrie
(Sprechwerkzeuge), Nystagmus/Doppelbilder (Blickmotorik)
 - Vermis + Flocculus, mediale Hemisphäre:
Blickmotorik, Haltungs- und Gangmotorik: Gleichgewicht, Stehen,
Gehen (phylogenetisch alte Teile)
 - laterale Hemisphäre: Zielmotorik, Sprachmotorik
(phylogenetisch neue Teile)



Mesencephalon

- Übersicht / Oberflächenrelief

- ④ ⑤ graue Substanz: Colliculus sup + inf (Relief!), einzelne Kerne
 - dazwischen weisse Substanz mit auf/absteigenden Bahnen,
- ⑥ Crus cerebri = mächtiges Bündel absteigender Fasern
 - vertikale Gliederung («Stockwerke»): Basis = Crus cerebri; Tectum = Vierhügelplatte = Colliculi sup. & inf.; Tegmentum = Rest

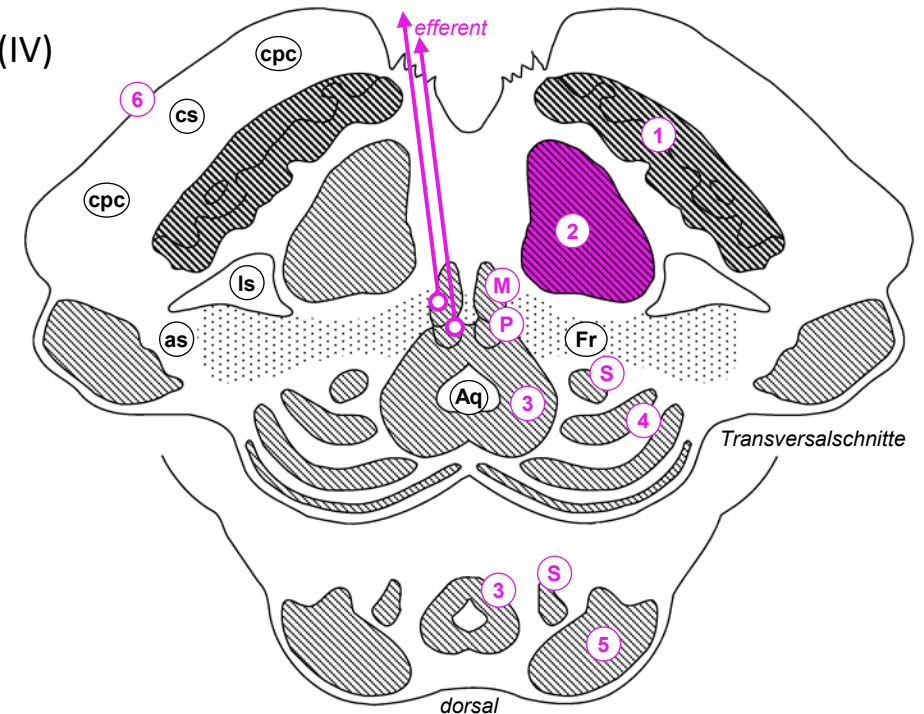
- Graue Substanz

- ① ② ③ ④ ⑤ integrative Kerne: Substantia nigra (Dopamin-Neurone, Melanin, Parkinson), Nc ruber (motorische Koordination), periaquäduktales Grau (sendet Nervenfasern ins Rückenmark: Schmerzhemmung, vegetative Reflexe, Verhalten), Colliculus inf (Schaltkern der Hörbahn), Colliculus sup (steuert Blick- und Kopfbewegungen)
- ⑥ motorische Hirnnervenkerne: Nc N oculomotorii (III), Nc N trochlearis (IV)
- ⑦ parasympathischer Hirnnervkern: Nc accessorius N oculomotorii (Edinger-Westphal-Kern)(III)
- ⑧ sensibler Hirnnervkern: Nc mesencephalicus N trigemini (V)

- Weisse Substanz: lange Bahnen

- ⑨ ⑩ aufsteigend: lemniskales & anterolaterales System
- ⑪ ⑫ absteigend Tr cortico-ponto-cerebellaris, Tr corticospinalis

- 4 Colliculus sup.
- 5 Colliculus inf.
- 6 Crus cerebri
- Aq Aquädukt
- Is lemniskales System
- as anterolaterales System
- cpc Tr cortico-ponto-cerebellaris
- cs Tr corticospinalis
- 1 Substantia nigra
- 2 Nc Ruber
- 3 periaquäduktales Grau
- M motorische Kerne
- P parasympathischer Kern
- S sensibler Kern
- Fr Formatio reticularis



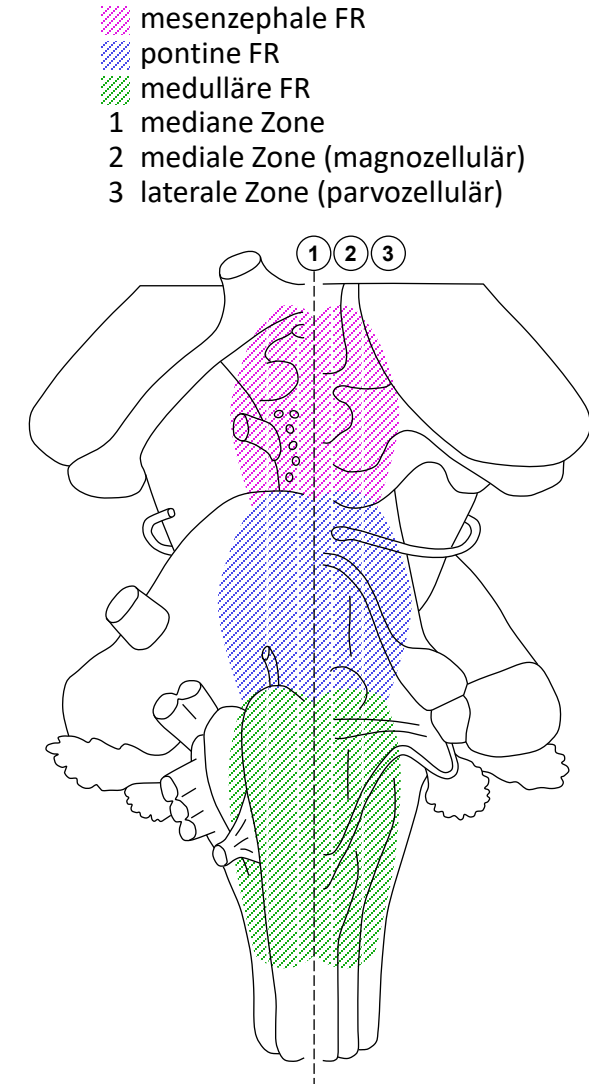
Formatio reticularis

- Anatomie

- heterogenes (Morphologie, Verbindungen, Neurochemie) lockeres Netzwerk von Nervenzellen, lokale Verdichtungen, grosszellige (= magnozelluläre, medial) und kleinzellige (= parvozelluläre, lateral) Zonen
- Durchzieht gesamtes Tegmentum: Medulla, Pons, Mesencephalon
- Interneurone und Projektionsneurone mit aufsteigenden (→ Zwischenhirn, Grosshirn) und absteigenden (→ Rückenmark) Fasern

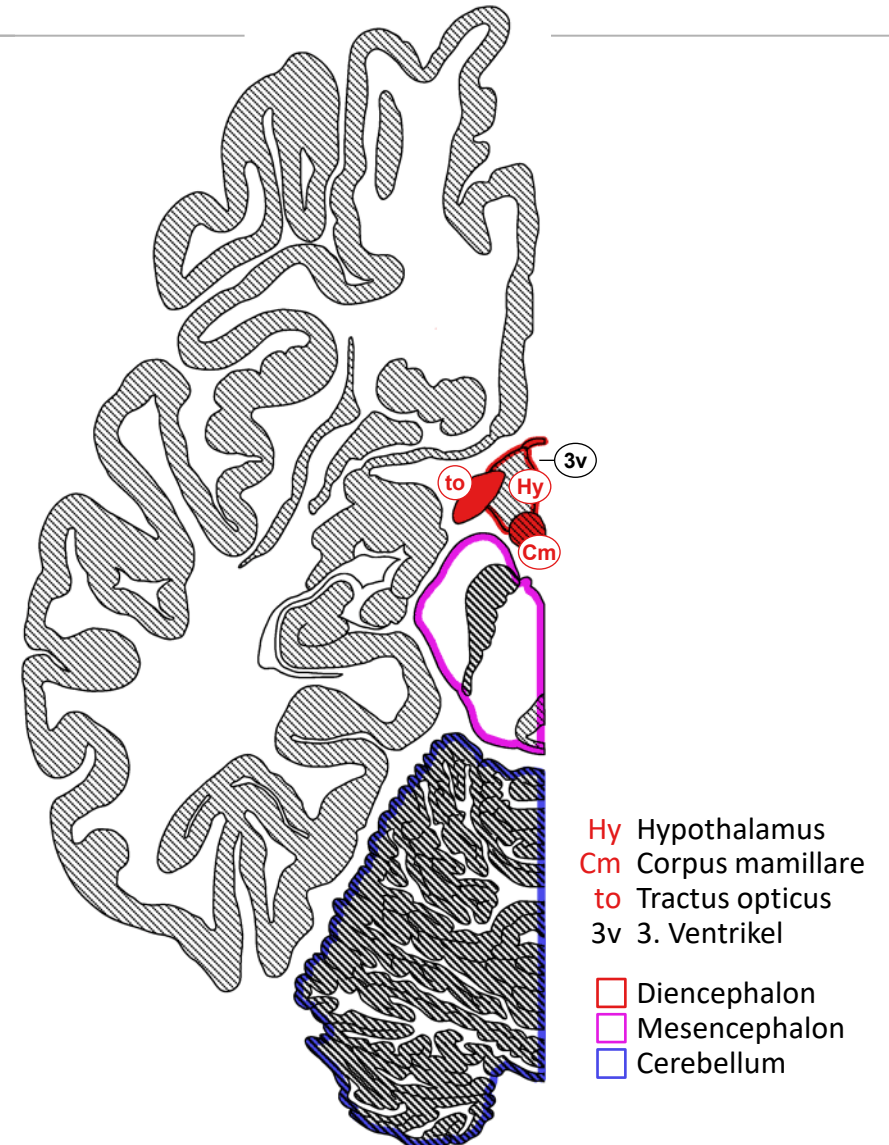
- Funktionen

- wie Eigenapparat Rückenmark, aber für Hirnstamm: prämotorische Netzwerke (z.B. Augenmotorik, Kauen, Schlucken), Reflexzentren (z.B. Brechreflex, Würgereflex, Hustenreflex), Central Pattern Generators (zB Atemzentrum), Reizverarbeitung
- vegetative Kontrollzentren: Kreislaufzentrum, Atemzentrum, Miktionszentrum (Steuerung der Harnblase)
- aufsteigende modulierende monoaminerge und cholinerge Projektionen: NA / ACh (zirkadianer Rhythmus, Stress- und Weckreaktion), mesolimbisches DA-System (Belohnungssystem), Serotonin (Stimmung, Antrieb, Emotionen)
- absteigende retikulospinale Bahnen: Haltungsmotorik + Gleichgewicht, vegetative Kontrolle (zB Harnblasen- & Darmentleerung, Kreislauf), Modulation spinaler Reizverarbeitung (va. Schmerzreize)



Hypothalamus

- Übersicht / Gliederung
 - «Erdgeschoss» des Diencephalons, bildet ventrale Seitenwand und Boden 3. Ventrikel
 - Kernkomplex mit relativ wenig weisser Substanz
 - assoziierte Strukturen: Chiasma opticum (Sehnervenkreuzung) → Tractus opticus (Sehbahn), Hypophysenstiel, Corpus mamillare
- Funktionen
 - keine motorische, vegetative, sensible Hirnnervenkerne mehr! nur noch integrative Kerne mit übergeordneten Funktionen
 - Nc suprachiasmaticus: zirkadianer Masterschrittmacher, Schlaf-Wach-Regulation, Synchronisation mit Tagesgang
 - Kontrolle inneres Milieu (Wasserhaushalt, Stoffwechsel, Temperatur): Hormone via Hypophyse, vegetatives NS, via Mittelhirn (periaquäduktales Grau) Beeinflussung des Verhaltens (Hunger, Durst)
 - Ausgangspunkt der Stressachse: Hypothalamus → Hypophyse → Nebenniere (hypothalamus → pituitary → adrenal = HPA-axis)
 - Steuerung Sexualorgane, Sozial/Sexualverhalten



Thalamus

- Übersicht / Gliederung
 - eiförmiges «Obergeschoss» des Diencephalons, bildet dorsale Seitenwand 3. Ventrikel, 2 kaudale Höcker: Corpus geniculatum laterale & mediale
 - grosser Kernkomplex mit relativ wenig weisser Substanz
 - dorsales Anhängsel: Epithalamus mit Habenula und Epiphyse
- motorische Kerngruppe
 - Input von Basalganglien und Kleinhirn, ↔ prä/motorische Rindenareale
- sensible Kerngruppe (letztes Relais vor Grosshirnrinde)
 - Corpus geniculatum mediale: Hörbahn → Area 41
 - Corpus geniculatum laterale: Sehbahn → Area 17
 - anterolaterales & lemniskales System: «3. Neuron» → Area 1,2,3
 - Geschmacksbahn → Area 43
- unspezifische Kerngruppe
 - Modulation von Grosshirnrindenaktivität, motorischer und sensible Kerngruppe; Input aus Formatio reticularis
- Epithalamus
 - Epiphyse (Melatonin, Steuerung Tag/Nacht-Rhythmus), Habenula (Link limbisches System ↔ Belohnungssystem)

