
Neuroanatomie

Rückenmark, Hirnstamm, Kleinhirn, Zwischenhirn

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

376-0005-00 Neuroanatomie und Neurophysiologie
Di 29.09.2020 15-17h online

Rückenmark

- Übersicht

- graue Substanz: 4 kompakte Zellsäulen → zentrale «Schmetterlingsfigur»
- weisse Substanz: Fasciculus proprius (Binnenverbindungen) direkt auf grauer Substanz, oberflächlich Stränge mit langen Bahnen (Funiculus ant., lat., post.)

- Graue Substanz

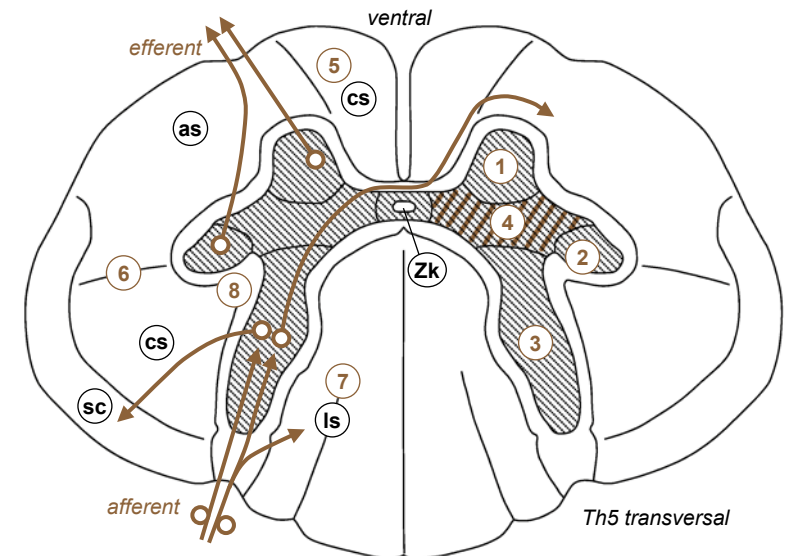
- motorische Kerne: Motoneurone → Vorderwurzel → Spinalnerv → Muskeln
- vegetative Kerne (C8-L3 sympathisch, S2-4 parasympathisch): präganglionäre Neurone → Vorderwurzel → Spinalnerv
- sensible Kerne: Endigung 1° afferenter Fasern («1. Neuron») aus Hinterwurzel, Ausgangspunkt für aufsteigende Fasern («2. Neuron») → Gehirn
- Eigenapparat: in grauer Substanz verstreute Binnenneurone → prämotorische Netzwerke, Reflexzentren, Central Pattern Generators, Reizverarbeitung

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

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

- 1 Columna anterior / Cornu anterius - motorische Kerne
- 2 Columna lateralis / Cornu laterale - vegetative Kerne
- 3 Columna posterior / Cornu posterius
- 4 Columna intermedia / Pars centralis } sensible Kerne
- Zk Zentralkanal

- 5 Funiculus anterior ls lemniskales System
- 6 Funiculus lateralis as anterolaterales System
- 7 Funiculus posterior sc Tractus spinocerebellaris
- 8 Fasciculus proprius cs Tractus corticospinalis

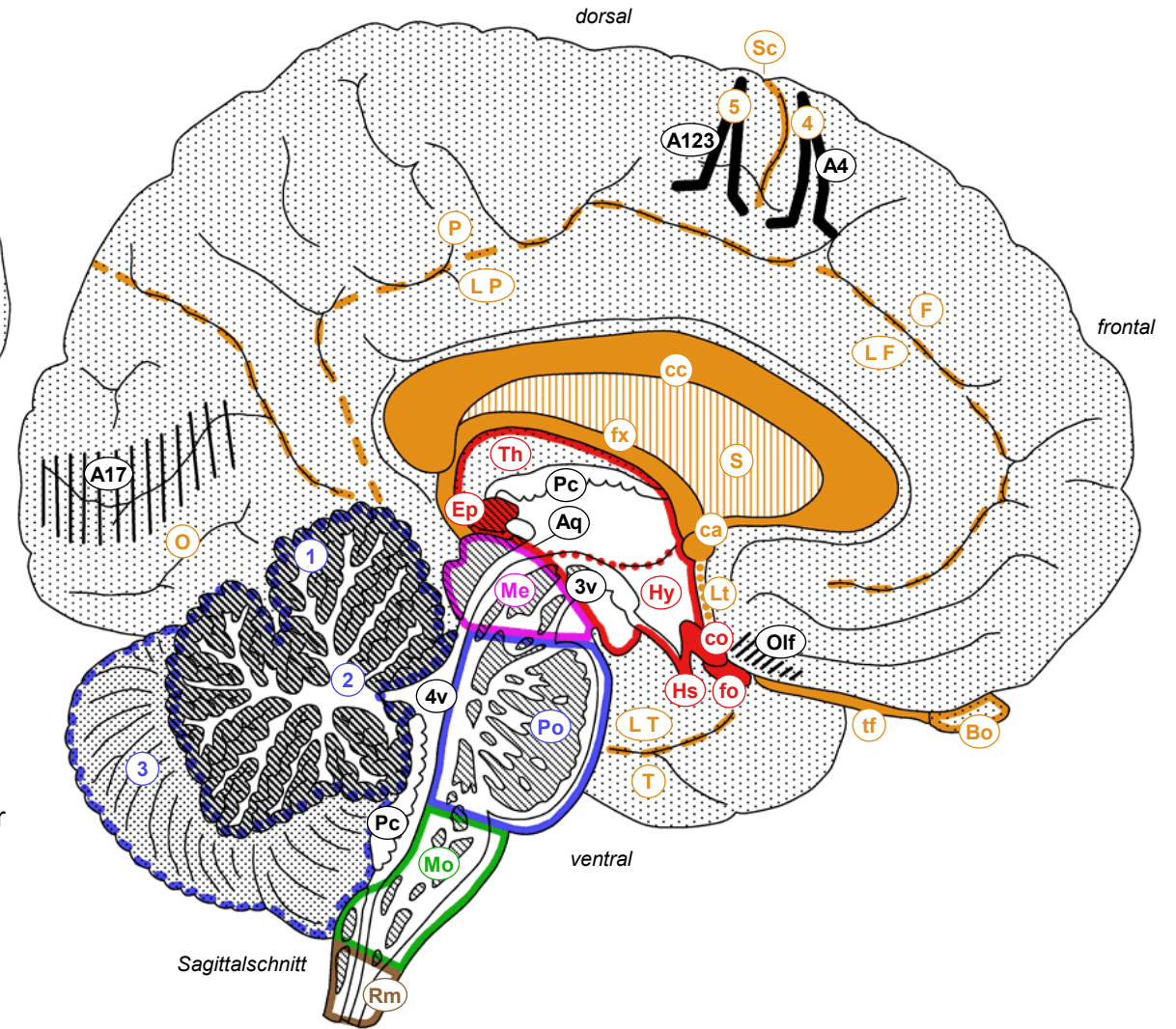
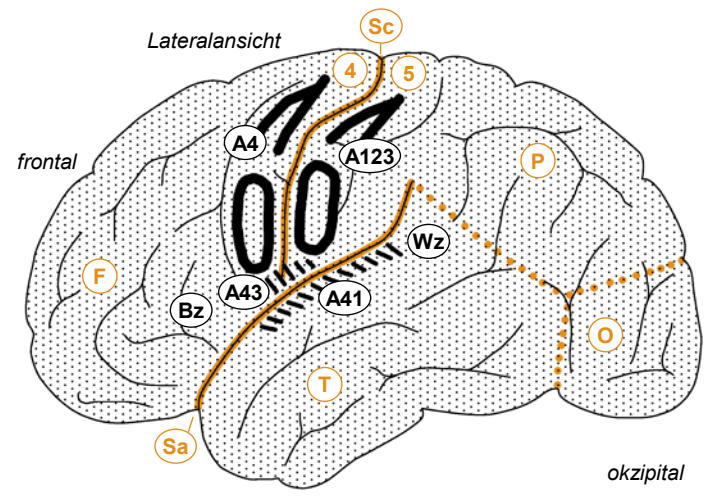


Gehirn

- 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

- graue Substanz = einzelne Kerne statt kompakte Säulen, dazwischen weisse Substanz: viele auf- und 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

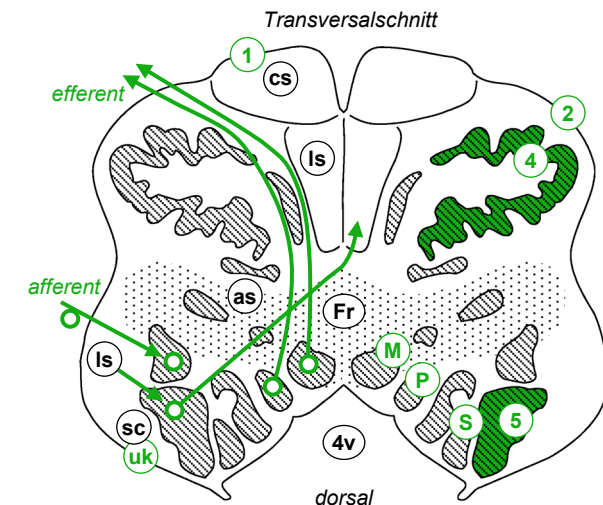
• Graue Substanz

- motorische Hirnnervenkerne eher medial:
Nc ambiguus, Nc N accessorii, Nc N hypoglossi
- parasymphatische Hirnnervenkerne intermediär:
Nc salivatorius inf, Nc dorsalis N vagi
- sensible Hirnnervenkerne eher lateral:
Nc solitarius, Nc spinalis N trigemini, Ncc vestibulares, Ncc cochleares
- aus Rückenmark in Medulla oblongata verlagerte sensible Kerne für Spinalnerven (lemniskales System): Nc gracilis, Nc cuneatus («2. Neuron»)
- integrativer (übergeordnete Verarbeitungs- und Steuerfunktionen) Kern des motorischen Systems: Nc olivaris inf, Ausgangspunkt für olivo-zerebelläre Bahn

• Weisse Substanz: lange Bahnen

- aufsteigend: lemniskales & anterolaterales System, Tr spinocerebellaris
- absteigend: Tr corticospinalis (Pyramide)

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



Pons (Brücke)

- Übersicht

- graue Substanz = einzelne Kerne, dazwischen fragmentierte weisse Substanz: viele auf- und 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

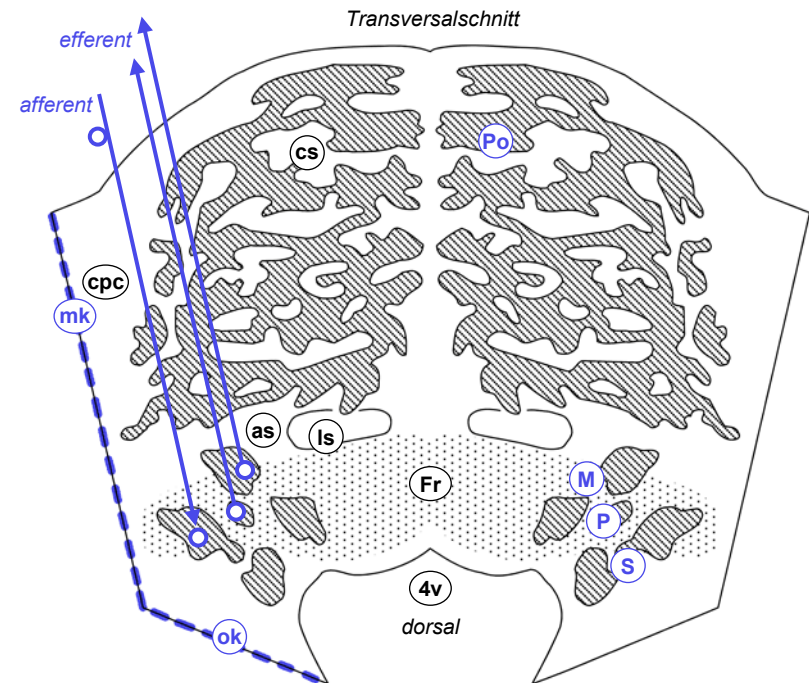
- Graue Substanz

- motorische Hirnnervenkerne eher medial: Nc motorius N trigemini, Nc N abducentis, Nc N facialis
- parasymphischer Hirnnervenkern intermediär: Nc salivatorius sup
- sensibler Hirnnervenkern lateral: Nc principalis N trigemini
- integrativer Kern des motorischen Systems: Ncc pontis (Brückenkerne): Relais Tr cortico-ponto-cerebellaris

- Weisse Substanz: lange Bahnen

- aufsteigend: lemniskales & anterolaterales System
- absteigend Tr cortico-ponto-cerebellaris, Tr corticospinalis

- 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

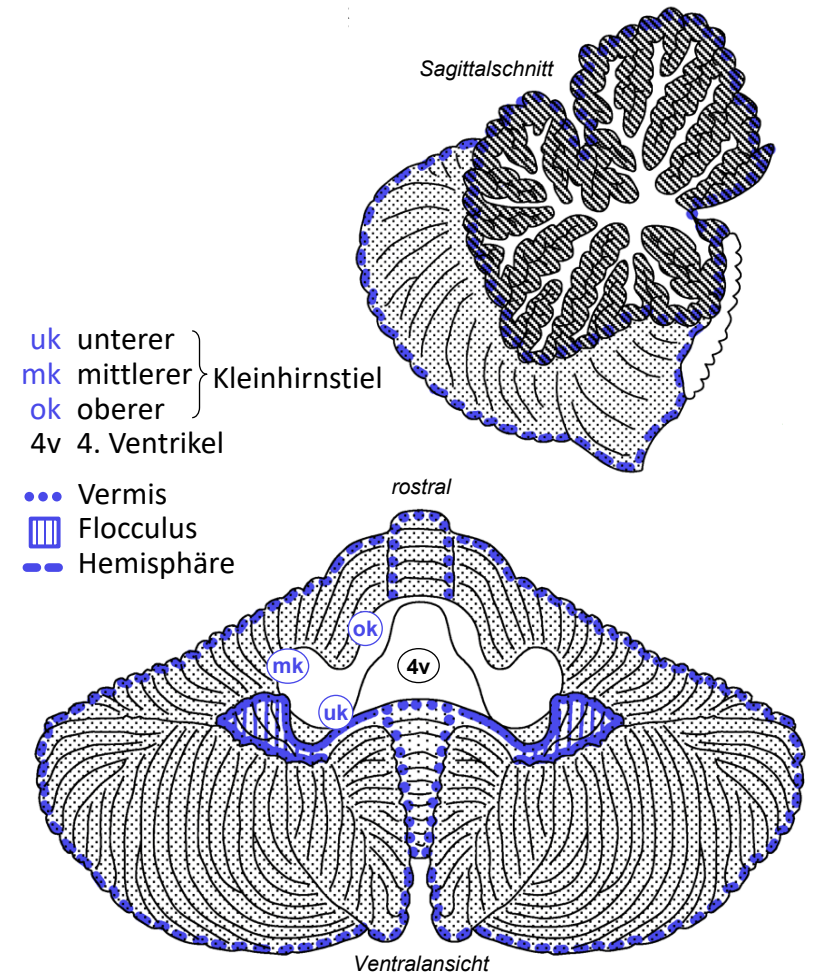
- Oberflächenanatomie: Vermis & Flocculus, Hemisphären, Kleinhirnwindungen = Folia
- innerer Aufbau: Rinde & Mark = «Arbor vitae», Kleinhirnerne eingebettet im Mark: enthalten Neurone, deren Fasern Output des Kleinhirns bilden

- 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) oder Dysarthrie (Sprechwerkzeuge)
- Vermis, Flocculus, mediale Hemisphäre: Blickmotorik, Haltungs- und Gangmotorik: Gleichgewicht, Stehen, Gehen (phylogenetisch alte Teile)
- laterale Hemisphäre: Zielmotorik, Sprachmotorik (phylogenetisch neue Teile)



Mesencephalon

- Übersicht

- graue Substanz: Schichten im Colliculus sup., sonst einzelne Kerne, dazwischen weisse Substanz mit auf- und absteigenden Bahnen, Crus cerebri = mächtiges Bündel absteigender Fasern
- vertikale Gliederung («Stockwerke»): Basis = Crus cerebri; Tectum = Vierhügelplatte = Colliculi sup. & inf.; Tegmentum = Rest

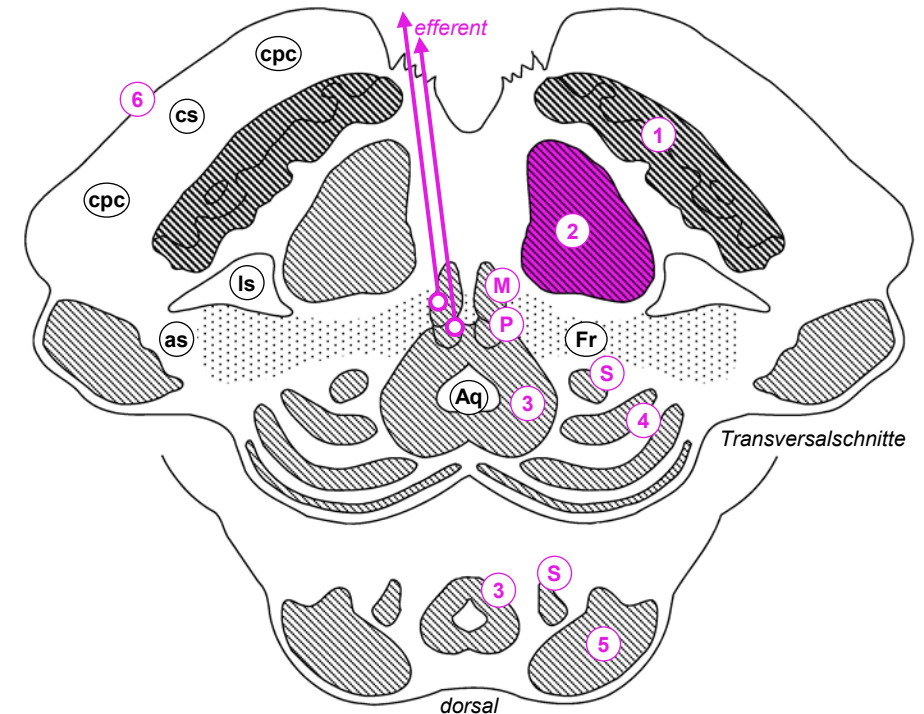
- Graue Substanz

- motorische Hirnnervenkerne: Nc N oculomotorii, Nc N trochlearis
- parasympathischer Hirnnervenkerne: Nc accessorius N oculomotorii (Edinger-Westphal-Kern)
- sensibler Hirnnervenkerne: Nc mesencephalicus N trigemini
- integrative Kerne: Nc. ruber (motorische Koordination), Substantia nigra (Dopamin-Neurone, Parkinson), periaquäduktales Grau (sendet Nervenfasern ins Rückenmark: Schmerzhemmung, vegetative Reflexe, Verhalten), Colliculus inf. (Schaltkern der Hörbahn), Colliculus sup. (steuert Blick- und Kopfbewegungen)

- Weisse Substanz: lange Bahnen

- aufsteigend: lemniskales & anterolaterales System
- absteigend Tr cortico-ponto-cerebellaris, Tr corticospinalis

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



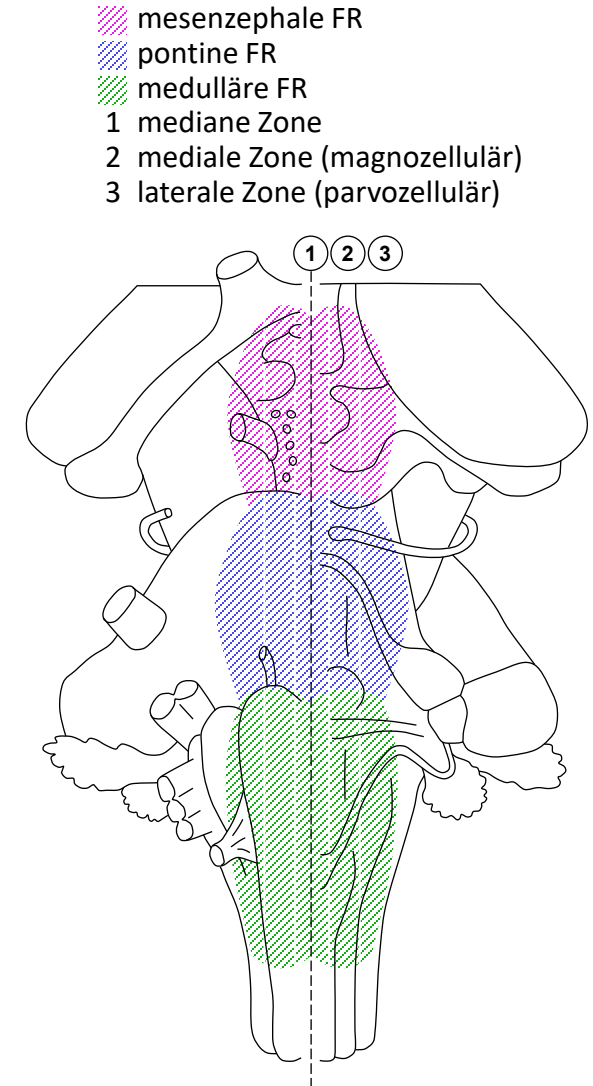
Formatio reticularis

- Anatomie

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

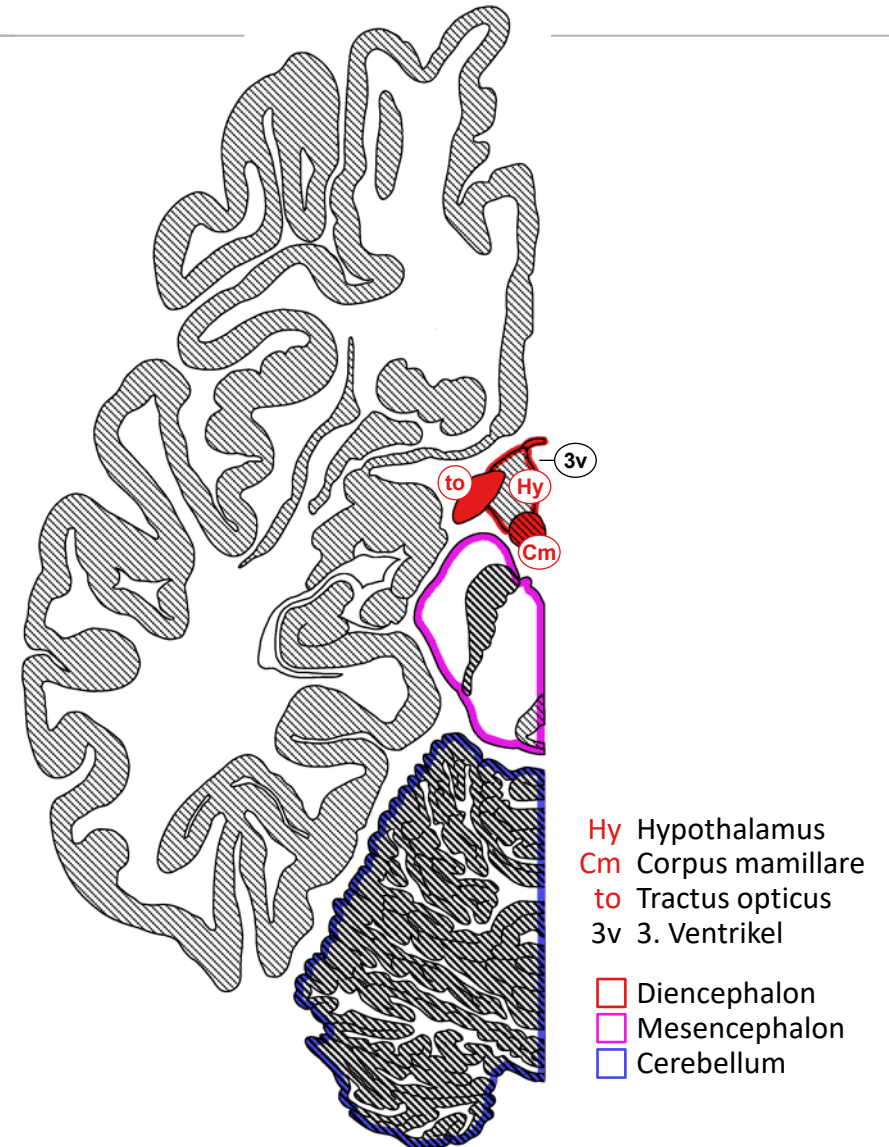
- Funktionen

- wie Eigenapparat Rückenmark: prämotorische Netzwerke (z.B. Augenmotorik, Schlucken), Reflexzentren (z.B. Brechreflex, 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), DA (Belohnungssystem), Serotonin (Aktivierung, Emotionen)
- absteigende retikulospinale Bahnen: extrapyramidale Motorik, vegetative Kontrolle (zB Harnblasen- & Darmentleerung), Modulation spinaler Reizverarbeitung



Hypothalamus

- Übersicht
 - «Erdgeschoss» des Diencephalons, bildet ventrale Seitenwand und Boden 3. Ventrikel
 - Kernkomplex mit relativ wenig weisser Substanz
 - assoziierte Strukturen: Chiasma opticum → Tractus opticus, 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, Verhalten (Hunger, Durst)
 - Ausgangspunkt der Stressachse: hypothalamus → pituitary → adrenal (HPA-axis)
Hypothalamus → Hypophyse → Nebenniere
 - Steuerung Sexualorgane, Sozial/Sexualverhalten



Thalamus

- Übersicht
 - 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
 - Geschmack → Area 43
- unspezifische Kerngruppe
 - Modulation von Grosshirnrindenaktivität, motorischer und sensorischer Kerngruppe; Input aus Formatio reticularis
- Epithalamus
 - Epiphyse (Melatonin, Steuerung Tag/Nacht-Rhythmus), Habenula (Link limbisches System ↔ Belohnungssystem)

