
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 01.10.2019 15:15-16:55 Y21 F65

Rückenmark

- Anatomie

- 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

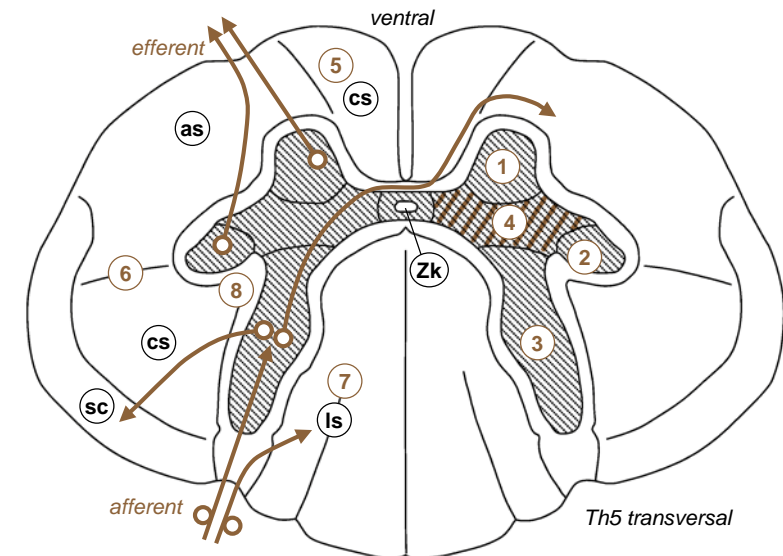
- motorische Kerne: Motoneurone → Vorderwurzel → Spinalnerv → Muskeln
- vegetative Kerne (C8-L3 sympathisch, S2-4 parasympathisch): präganglionäre Neurone → Vorderwurzel → Spinalnerv
- sensible Kerne: Endigung 1° afferenter Fasern («1. Neuron») aus Hinterwurzel, Ausgangspunkt für aufsteigende Fasern («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 } sensible Kerne
- 4 Pars centralis
- 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

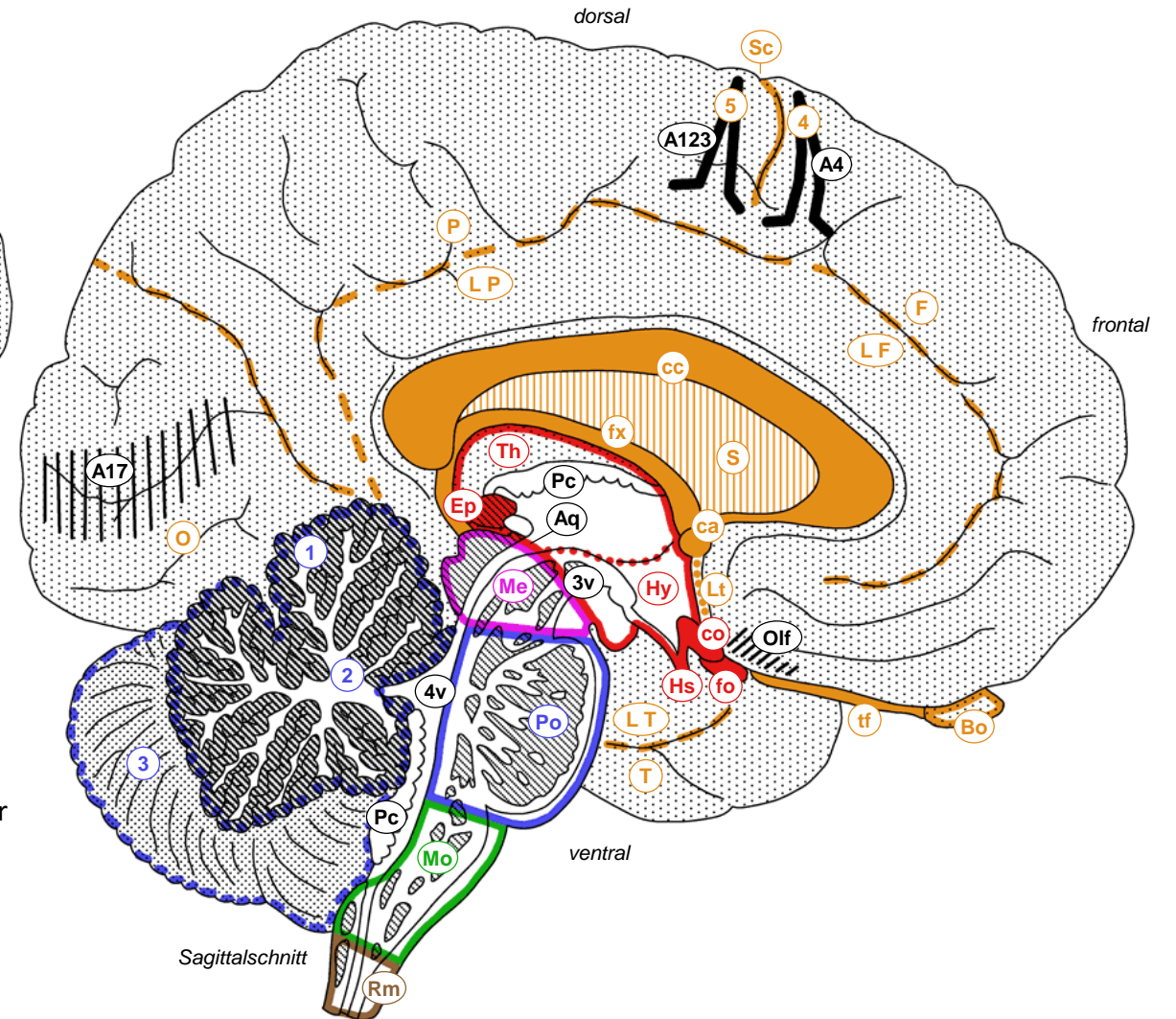
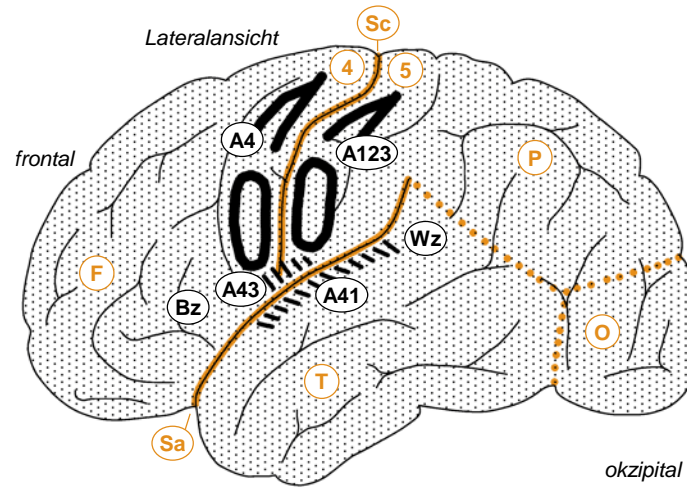
Ep Epiphyse
 Th Thalamus
 Hy Hypothalamus
 Hs Hypophysenstiel
 co Chiasma opticum
 fo Fasciculus opticus

□ Telencephalon
 □ Diencephalon
 □ Mesencephalon
 □ Metencephalon
 □ Myelencephalon
 □ 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

- Anatomie

- 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

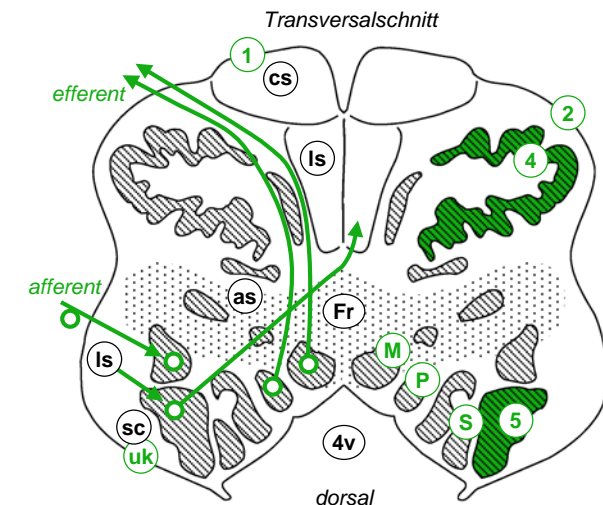
- Graue Substanz

- 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

- | | | | |
|----|---------------------------|----|-------------------------|
| 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)

- Anatomie

- 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
- parasympathischer 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

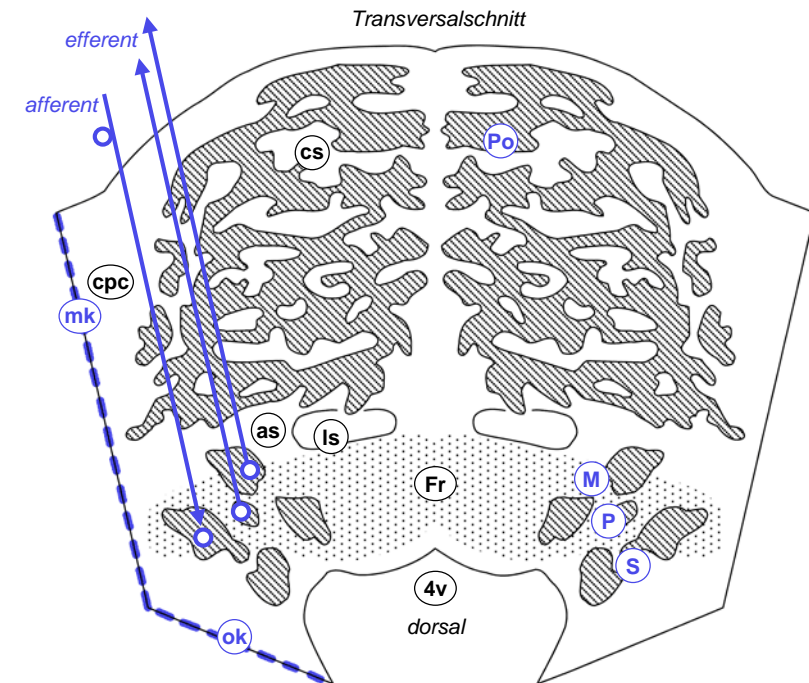
M motorische Kerne

P parasymp. Kerne

S sensible Kerne

Po Ncc pontis

Fr Formatio reticularis



Kleinhirn

- Anatomie

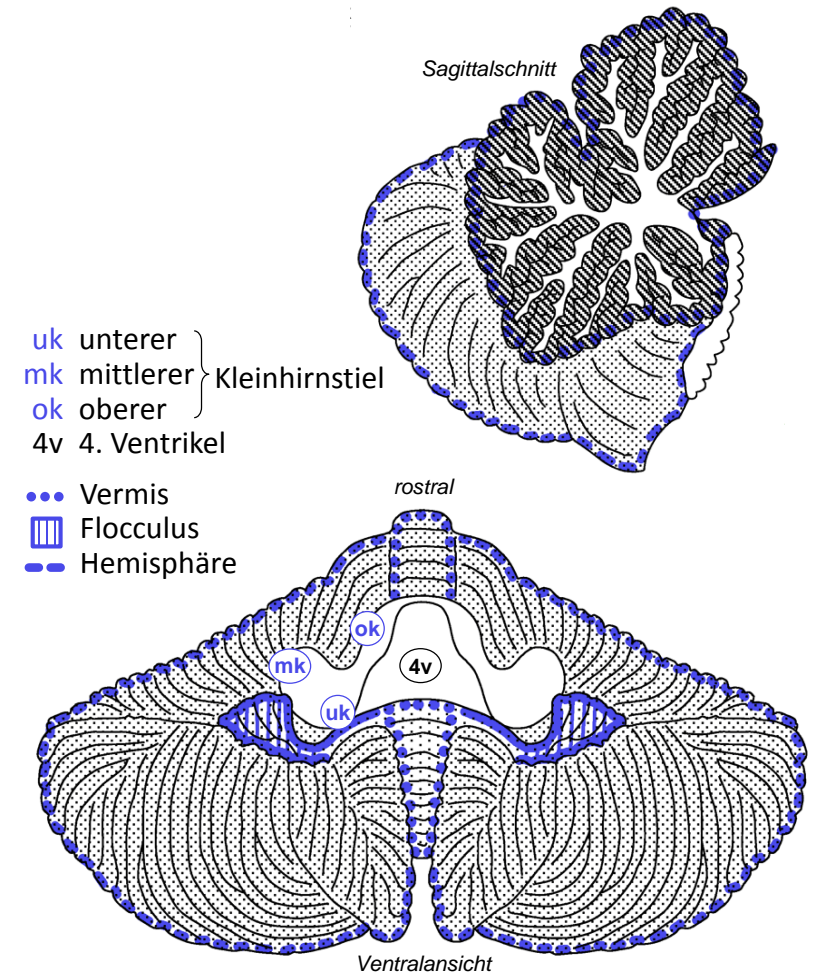
- Oberflächenanatomie: Vermis & Flocculus, Hemisphären, Kleinhirnwindungen = Folia
- innerer Aufbau: Rinde & Mark = «Arbor vitae», Kleinhirnerne eingebettet im Mark: enthalten Neurone, deren Fasern Output des Kleinhirns bilden

- 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

- Anatomie

- 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

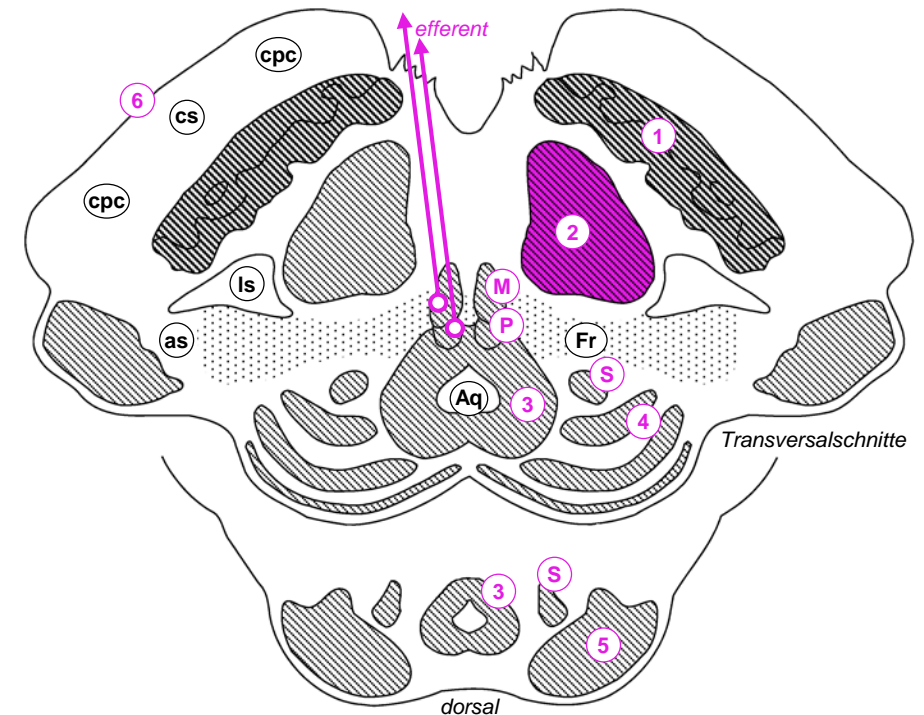
- Graue Substanz

- 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

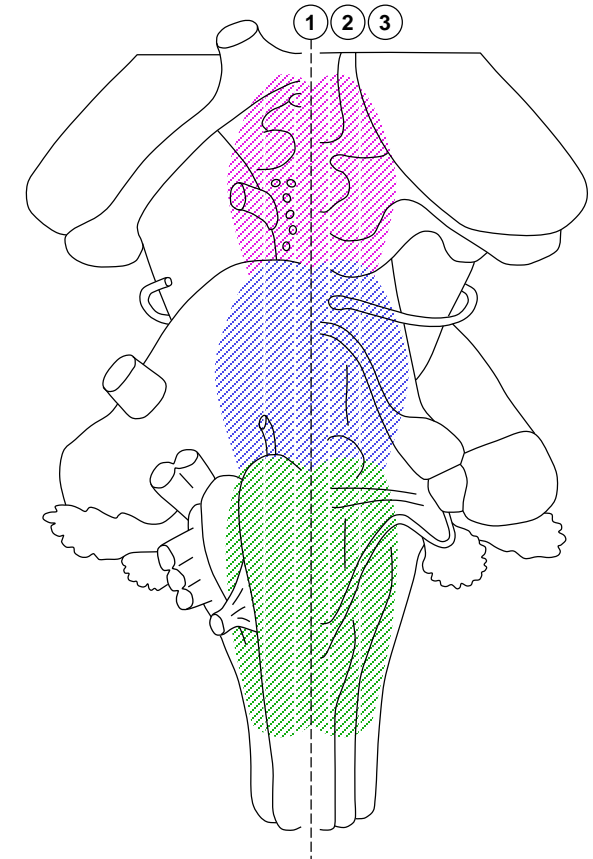
- Anatomie

- 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

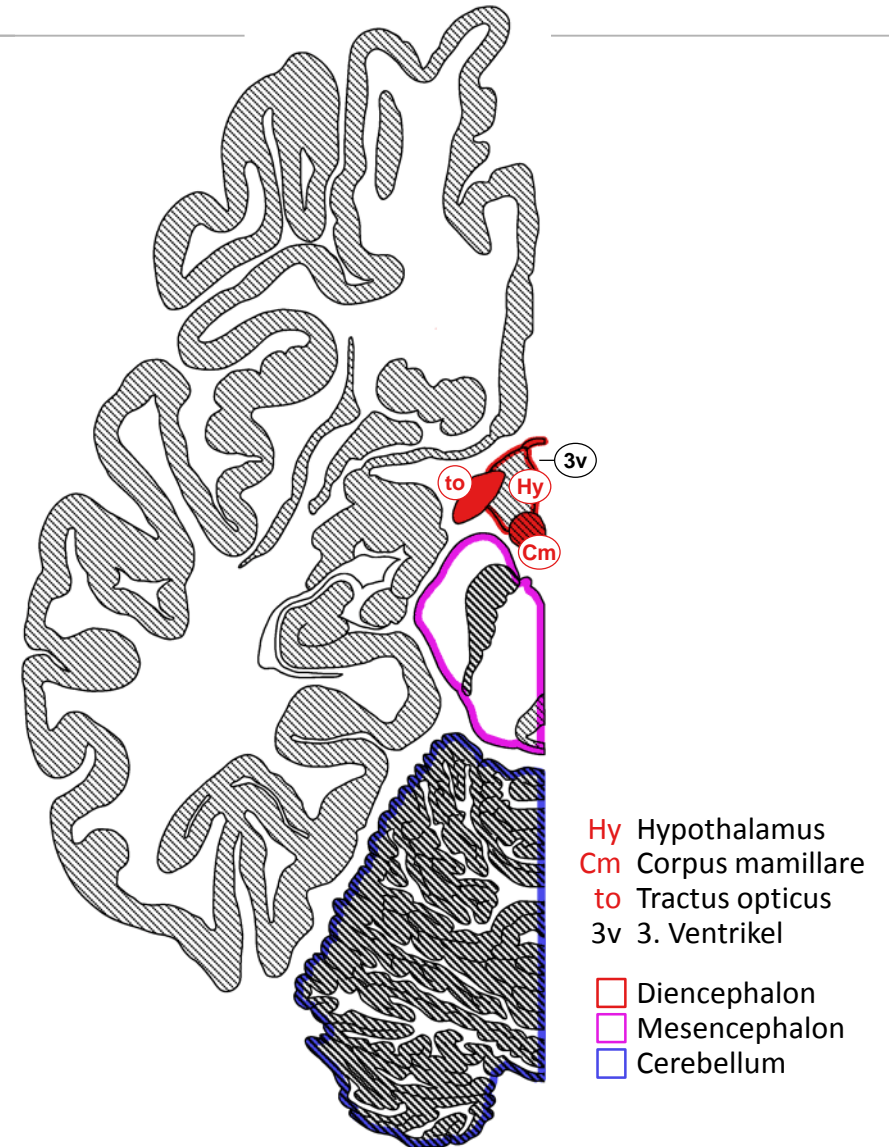
- wie Eigenapparat Rückenmark: prämotorische Netzwerke (z.B. Augenmotorik, Schlucken), Reflexzentren (z.B. Brechreflex, Hustenreflex), Central Pattern Generators (zB Atemzentrum), Reizverarbeitung
- vegetative Kontrollzentren: Kreislaufzentrum, Atemzentrum, Miktionszentrum (Steuerung der Harnblase)
- 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

- mesenzephalische FR
- pontine FR
- medulläre FR
- 1 mediane Zone
- 2 mediale Zone (magnozellulär)
- 3 laterale Zone (parvozellulär)



Hypothalamus

- Anatomie
 - «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, 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

- Anatomie
 - 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
- sensorische 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)

