

Hirnhäute, Schädel / Rückenmarkssitus, Liquorsystem, Blutversorgung des zentralen Nervensystems

1. Hirnhäute

- a. Aufbau und Verlauf von Periost und Pachymeninx in Wirbelkanal und Cavum cranii, physiologische und pathologische Epiduralräume, sensible Innervation und Blutversorgung der Pachymeninx; Aufbau und topographische Anatomie der Sinus durae matris und ihrer Zu- und Abflüsse; Verbindungen zu Diploe- und Emissarvenen
- b. Aufbau und Verlauf der Leptomeninx in Wirbelkanal und Cavum cranii, Grenzen des äusseren Liquorraumes, Virchow-Robin – Räume, Mechanismus des Liquorabflusses durch Granulationes arachnoideae und Perineuralscheiden der proximalen Spinalnerven; Lagebeziehungen zum dortigen Lymphgefässsystem

2. Blutgefässe des zentralen Nervensystems

- a. Systematik und topographischer Verlauf der Aa. spinales anterior und posteriores; Aufbau der Vasocorona des Rückenmarkes, Prinzip der segmentalen, mit zunehmendem Alter rarefizierte Zuflüsse zu den Aa. Spinales; Versorgungsgebiete von Aa. spinalis anterior und posterior am RM – Querschnitt mit Bezug zu dortigen Anteilen der weissen und grauen Substanz, typische Ausfallsbilder wie A. spinalis anterior - Syndrom; Verlauf und Abfluss spinaler Venen und Venenplexus
- b. Systematik und Topographie von Aa. vertebrales und basilaris und ihrer Hauptäste (Aa. cerebelli inf. post. und inf. ant.; A. cerebelli sup.; A. cerebri post.) sowie Versorgungsgebiete; Prinzip der Versorgung von Hirnstamm und Kleinhirn durch oberflächlich verlaufende circumferentielle Gefässe mit radiär eintretenden Ästen, Trennung mediale / laterale Stromgebiete im Hirnstamm
- c. Verlauf und Systematik der A. carotis interna, Aufbau und Varianten des Circulus arteriosus cerebri (Willis), Verlauf, Äste und Versorgungsgebiete von A. cerebri ant. und A. cerebri post.; Prinzip der Versorgung von Di- und Telencephalon durch separate oberflächliche und zentrale Arterien, typische Ausfallsbilder
- d. Systematik und topographischer Verlauf cerebraler Venen, Trennung des oberflächlichen Venensystems (=> Brückenvenen) von den zentralen Venen (=> V. cerebri magna, Vv. basales), venöse Blutungen

3. Liquorsystem

- a. Grundzüge der Topographie innerer und äusserer Liquorräume mit Verbindungswegen, transmuraler Liquorfluss; Blut-Liquor – Schranken.
- b. Aufbau und Topographie des Plexus choroideus, Mechanismus der Sekretion, Liquorzusammensetzung und Umsatz

Embryologie und äussere Topographie von Rückenmark und Hirnstamm

1. Systematische Grundlagen
 - a. Axiale Einteilung in Medulla spinalis, Medulla oblongata, Pons mit Cerebellum, Mesencephalon, Diencephalon, Telencephalon mit genauen Grenzen
 - b. Ventral – dorsale Gliederung mit regionalen Besonderheiten und ihre embryonale Ableitung (Lamina basalis / alaris, Sulcus limitans; auf Hirnstammebene zusätzlich Basis, Tegmentum und Tectum)
2. Embryologie
 - a. Entstehung, Aufbau und Derivate von Neuralplatte, Neuralleiste und Neuralrohr
 - b. Differenzierung des rostralen Neuralrohres in zunächst Prosencephalon und Truncus cerebri; Entwicklung, Abgrenzung und Derivate der Hirnbläschen; Besonderheiten der Entwicklung von Basalganglien, Kleinhirn, Pl. choroideus
3. Topographie Rückenmark

Einteilung weisse / graue Substanz; Funiculi, Cornuae und Columnae ventrales, laterales und dorsales mit funktionellen Bezügen; Canalis centralis; Fissura ventralis; Aufbau eines Spinalnerven mit Anschluss an das vegetative Nervensystem
4. Topographie Medulla oblongata
 - a. **Äussere Oberfläche:** Pyramis, Olive, Tuberculum cuneatum und gracile; Sulcus medianus anterior, Sulcus retroolivaris, Sulcus lateralis posterior, Pedunculus cerebellaris inferior
 - b. **Hirnnervenausstritte:** Nn. facialis, vestibulocochlearis, glossopharyngeus, vagus, accessories und hypoglossus
 - c. **Ventrikelsystem:** Caudaler Abschnitt der Fossa rhomboidea mit Plexus choroideus und Recessus lateralis; Ventrikelrelief mit Colliculus facialis, Area vestibulocochlearis, Trigonum n. hypoglossi und n. vagi, sulcus medianus
5. Topographie Pons und Cerebellum
 - a. **Äussere Oberfläche:** Bulbus pontis, Sulcus a. basilaris, Pedunculus cerebellaris medius; Sulcus bulbopontinus mit N. abducens
 - b. **Cerebellum:** Vermis, Pars intermedia und Hemisphären, Einteilung in Lobus anterior, Lobus posterior und Lobulus flocculonodularis; Fissura prima, secunda, posterolateralis; Velum medullare superius mit Lingula cerebelli
 - c. **Hirnnervenausstritt:** N. trigeminus
 - d. **Ventrikelsystem:** Rostraler Abschnitt der Fossa rhomboidea, Eminentia medialis, Plexus choroideus mit Taenia choroidea
6. Topographie Mesencephalon
 - a. **Äussere Oberfläche:** Pedunculi cerebri, Fossa interpeduncularis mit Substantia perforata posterior; Lagebeziehung der Pedunculi cerebri zu Radix medialis und Radix lateralis des Tractus opticus; Lamina tecti mit Colliculi superiores und inferiores, Brachium colliculi sup. und inf.; Commissura posterior, Pedunculus cerebellaris sup.
 - b. **Hirnnervenausstritte:** N. oculomotorius und N. trochlearis
 - c. **Ventrikelsystem:** Aquaeductus cerebri

Embryologie und äussere Topographie von Diencephalon und Telencephalon

1. Topographie Diencephalon

- a. **Systematik und ventrikuläre Oberfläche:** Einteilung in Epithalamus, Thalamus Hypothalamus; beachte diencephale Anteile der Basalganglien (siehe Embryologie und Schnittbilder), Details der Abgrenzung zu Telencephalon und Mesencephalon, beachte Telencephalon impar und Zugehörigkeit von z.B. Fornix und Commissura anterior
 - i. Epithalamus mit Glandula pinealis, Habenulae mit Commissura habenularum, Recessus pinealis des 3. Ventrikels
 - ii. Thalamus mit Adhaesio interthalamica, Sulcus hypothalamicus als Grenze zum Hypothalamus; Lagebeziehung zu Foramina interventricularia, Plexus choroideus, Fissura transversa cerebri und Fornix, weitere Einteilung in Thalamus dorsalis (afferente Relaisfunktion) und Subthalamus aus Globus pallidus, Nc. subthalamicus und Zona incerta
 - iii. Hypothalamus mit Tuber cinereum, Corpora mammillaria, Infundibulum mit Eminentia mediana, Hypophyse, Recessus chiasmaticus
- b. **Hirnnervenausstritte:** Fasc. opticus als vorgeschobene diencephale Bahn, Topographie des Chiasma opticum, Teilung des Tractus opticus in Radix medialis und lateralis mit Beziehung zu Colliculi superiores / Area praetectalis und Corpus geniculatum laterale.

2. Topographie Telencephalon

- a. **Systematik:** Einteilung in Telencephalon impar und Hemisphären, beachte die etwas komplizierte Grenzziehung zwischen Di- und Telencephalon auf Ebene der Basalganglien (Globus pallidus vs. Corpus striatum) sowie zwischen Taenia choroidea, Lamina affixa und Stria terminalis.
 - i. Lobus frontalis mit Gyrus frontalis superior, medius und inferior und Gyrus praecentralis mit begleitenden Sulci; Anteile des Operculum frontale; basal Gyrus rectus, Sulcus olfactorius und Gyri orbitales; frontaler Anteil des Gyrus cinguli, Gyrus paraterminalis und Area subcallosa
 - ii. Bulbus und Tractus olfactorius mit Stria olfactoria lateralis und medialis, Trigonum olfactorium mit Substantia perforata anterior
 - iii. Lobus parietalis mit Gyrus postcentralis, Lobulus parietalis sup. und inf.; Operculum parietale, Sulcus parieto – occipitalis und Fissura lateralis, Praecuneus
 - iv. Lobus occipitalis mit Cuneus und Sulcus calcarinus
 - v. Lobus temporalis mit Gyrus temporalis superior, medius und inferior, Gyri temporales transverse; Gyrus parahippocampalis, Lobus piriformis; alle Anteile der Hippocampusformation und Corpus amygdaloideum
- b. **Makroskopisch sichtbare Bahnsysteme:** Commissura anterior, posterior, habenularum, Corpus callosum; Fimbrien und Fornix

Exemplarische Grundkenntnisse langer Bahnen und ihrer anatomischen Lage, Beziehung zur Vaskularisation

1. Hinterstrangbahnen (Fasc cuneatus und Fasc gracilis):

Faserqualitäten / periphere Rezeptoren, Aufstieg im ipsilateralen Hinterstrang, Umschaltung in dorsaler Med. oblongata; Kreuzung und Verlauf des Lemniscus medialis durch Hirnstamm zum Thalamus, Projektion auf Gyrus postcentralis, Somatotopie; Lagebeziehung zu Gefäßprovinzen, Ausfallsbilder

2. Anterolaterales System (Tr. Neo- und palaeospinothalamicus / spinoreticularis)

Faserqualitäten / periphere Rezeptoren, Umschaltung auf oder nahe Eintrittssegment mit lokaler Kreuzung, Aufstieg im kontralateralen Vorderseitenstrang; partielle Endigung in Hirnstamm; Umschaltung im Thalamus mit Projektion G. postcentralis, cinguli, cortex insularis, Somatotopie; Lagebeziehung zu Gefäßprovinzen, Ausfallsbilder

3. Tr. corticospinalis

Corticale Ursprungsfelder in Frontal – und Parietallappen, Verlauf durch C. interna und Hirnstamm jeweils mit Somatotopie, Bündelung in Pyramis und (partielle) Kreuzung in caudaler Medulla oblongata, Abstieg in Seiten- und Vorderstrang, Termination in Vorderhorn und Hinterhornbasis; Lagebeziehung zu Gefäßprovinzen, Ausfallsbilder

Eckdaten zu Bahnen und Verschaltung in ZNS und PNS

Zu allen Bahnen und Schaltkreisen sollten folgende Punkte beherrscht werden:

Ursprung der Bahn: Region innerhalb des ZNS oder PNS, 1. Neuron bei Neuronenketten, Typ und Histologie peripherer Rezeptoren mit Lage des 1. Neurons bei afferenten Bahnen

Umschaltungen und Kreuzungen: Lage der folgenden Neurone und deren jeweils weitere Projektion, Lage der Kreuzungen und / oder partiellen Kreuzungen entlang einer Neuronenkette, ggf Kenntnis bilateraler Projektionen

Lage und interne Gliederung von Bahnen: Zuordnung relativ zu typischen Schnittebenen zB in Rückenmark, Hirnstamm oder Capsula interna; ggf. interne somatotope Gliederung einer Bahn entlang ihres Verlaufes; Zuordnung / relative Lage zu makroskopisch sichtbaren Strukturen von ZNS und PNS (zB Kleinhirnstiele, Bindearme, Pedunculi cerebri, Ventrikelanteile ...); Zuordnung von Bahnen zu Gefäßprovinzen

Übersicht zur Gliederung funktioneller Zentren

Prinzipieller Aufbau und Schaltmuster von Spinalnerven, Sympathikus und Parasympathikus, ggf mit Neuronenkette, prinzipielle Lage der Umschaltpunkte für das veget. Nervensystem

Bei Hirnnerven Kenntnis der Aus-/Eintrittspunkte an Hirnstamm resp Hirnbasis; Hirnnervenkerne und Faserqualitäten pro Hirnnerv, sowie deren zentrale Verschaltung. Periphere Anteile werden nur bei Kopfsinnesorganen (visuelles/statoakustisches/gustatorisches/olfaktorisches System) erwartet.

Anordnung der grauen und weissen Substanz und ihrer Anteile in Rückenmark und Hirnstamm wie oben unter „Topographie“ beschrieben (dh Cornua / Funiculi im Rückenmark; Basis / Tegmentum / Tectum im Hirnstamm, jeweils mit Inhalt.

Kleinhirn: Anatomische Einteilung wie unter „Topographie“ beschrieben; funktionelle Einteilung in Vestibulo / Spino / Cerebrocerebellum mit topographischer Zuordnung; Kleinhirnerne mit Schaltprinzip und Zuordnung zu funktionellen Anteilen des Cerebellums. Herkunft und intracerebelläre Verschaltung von Moos- und Kletterfasern; prinzipieller Verlauf der Efferenzen via Purkinje - Zellen zu tiefen Kleinhirnerne -> deren Axone als cerebelläre Efferenzen (part. Ausnahme Vestibulocerebellum)

Thalamus: Erwartet werden Kenntnis der anterioren, medialen und lateralen Kerngruppen (letztere mit ventraler und dorsaler Untergruppe), Pulvinar, intralaminäre und retikuläre Kerne; nur bei ventraler Reihe und Pulvinar werden Unterkerne (zB VL, VPL, Corpora geniculata) erwartet. Kenntnis der corticalen Projektion der spezifischen Kerne, nur summarische Kenntnis der Projektion der anderen Kerne / Kerngruppen

Hypothalamus: Es genügt die Kenntnis des Zonenmodells mit Einteilung nach anteriorem / zentralem / posteriorem Hypothalamus mit periventriculärer, medialer und lateraler Zone, Lage und Funktion / Verschaltung von Corpora mammillaria, Eminentia mediana, Hypophyse mit beiden Lappen

Amygdala: Hier genügt eine Einteilung nach Kerngruppen und ihren wesentlichen Verbindungen (basolateral, zentral, corticomедial, letztere mit räumlicher Lage zum Lobus piriformis)

Basalganglien: Einteilung in Striatum (Nc caudatus, Putamen, Nc accumbens septi), Globus pallidus externus / internus (mit Substantia nigra pars reticulata); Nc subthalamicus und S. nigra pars compacta als funktionell zugehörige Kerne. Bitte Einteilung in ventrale / dorsale BG relativ zur Lage der Commissura anterior beachten, dito unterschiedliche Regionen des Striatums als "Eingänge" der unterschiedlichen Schleifen

Cortexareale: Zu allen Systemen sollten bekannt sein die Lage der jeweiligen primären und sekundären / assoziativen Cortexareale, für die primären Cortices die funktionelle Seitenzuordnung und die interne somatotope / retinotope / tonotope etc Gliederung, auch hier natürlich Zuordnung zur Blutversorgung

Bahnen und Schaltkreise

(Erwartetes Detailwissen siehe oben „Eckdaten zu Bahnen ...“)

Spinale Afferenzen:

Hinterstrangbahnen: Fasc gracilis und cuneatus, bewusste Oberflächen- und Tiefensensibilität

Anterolaterales System: Überlappende Einteilung nach Fasc spinothalamicus anterior / -lateralis resp. archi- / palaeo / neospinothalamisches System beachten, ebenso die relativ komplexe Liste der retikulären / (hypo)thalamischen und corticalen Zielgebiete

Hirnstammafferenzen: Relative Lage / protopathische und epikritische Anteile des trigeminalen Systems

Spinocerebelläre Bahnen: Trc spinocerebellaris anterior und posterior

Viscerale Afferenzen: Anteile über N. vagus und Sympathicus / Rückenmark

Spinale Efferenzen:

Laterales motorisches System

Tr. corticospinalis lateralis

Tr rubrospinalis

Mediales motorisches System

Tr. corticospinalis medialis

Tr reticulospinales medialis und lateralis

Tr vestibulospinales medialis und lateralis

Tr tectospinalis

Hirnstamm - Motorik

Tr corticonuclearis (bitte Besonderheiten der bilateralen Innervation branchiomotorischer Hirnnervenkerne beachten)

Fasc longitudinalis medialis aus Area praetectalis

Zu den Efferenzen sollten Aufbau und Funktionsweise einer motorischen Endplatte sowie der Aufbau der Innervation „vegetativer“ Zielzellen wie glatter Muskulatur

Kleinhirn

Vestibulocerebellum: Afferenzen aus vestibulärem System - Lobus flocculonodularis, zT Vermis -> Ncc vest lat und med. -> vestibulospinale Bahnen, aus Vermis via Nc fastigii ev. Thalamus -> Cortex

Spinocerebellum: Afferenzen aus Rückenmark -> efferent via Ncc fastigii und interpositus (beim Menschen Ncc globosus und emboliformis) zu Formatio reticularis -> reticulospinale Bahnen

Cerebrocerebellum: Afferenzen aus weiten Bereichen des cerebralen Cortex via Tr corticopontocerebellaris (Ncc pontis), Efferenzen via Nc dentatus zu Thalamus und präcentralem Cortex

Zusätzlich zu beachten: Verschaltung des Kleinhirns mit Nc olivaris inferior und Nc ruber

Basalganglien

Prinzipieller Aufbau einer BG – Schleife mit direktem und indirektem Weg, beteiligte Neurotransmitter

4 Hauptschleifen: Skelettmotorisch, oculomotorisch, (prä)frontal, limbisch mit ihren jeweiligen Stationen

Limbisches System:

Zu verstehen als eher topographischer (Sammel)Begriff zu räumlich benachbarten Strukturen vorwiegend der medialen Hemisphärenwand („Limbis“ um das Foramen interventrikuläre)

Modernere Einteilung in einen corticalen (Hippocampusformation und Umgebung) und axialen (Septumregion und Hypothalamus) Anteil, verbunden mit C. amygdaloideum

Verschaltung von Hippocampusformation (u.a. Papez – Kreis) -> Überführung aktueller Daten in deklaratives Langzeitgedächtnis

Verbindungen von C. amygdaloideum -> Beteiligung an Riechbahn; Übertragung / Kontrolle emotionaler Färbungen u.a. an Hypothalamus

Hypothalamus mit Integration des endokrinen Systems; Verbindungen zu circumventrikulären Organen / zentrale Chemo- und Osmorezeption; deszendierende Verbindungen zum vegetativen Nervensystem (mediales Vorderhirnbündel, Fasc. Longitud. Dorsalis)

In Relation zu Hypothalamus circumventrikuläre Organe

Besonderheit des Organum subcommissurale in der Liquordruck- und Strömungskontrolle

Diffus projizierende Systeme

Einteilung nach Transmittern (Dopamin, Serotonin, Acetylcholin, (Nor)adrenalin)

Wesentliche Ursprungskerne (Septum, Raphe, S. nigra) und Zielgebiete sowie (summarisch) Funktionen sollten bekannt sein.

Kopfsinnesorgane

Auge und Sehbahn

Entwicklung des Bulbus oculi inkl Linse mit typischen Fehlbildungen

Schichtung der Bulbuswand mit Abschnitten von Tunica fibrose / vasculosa / nervosa; lokale Spezialisierungen der Wandschichten (zB Sclera / Cornea, Retina / pars optica und pars caeca, Epithelverlauf bei Ciliarkörper und Iris etc; Tunica vasculosa / C. ciliare) mit funktionellen Aspekten des histologischen Aufbaus; subretinaler Spalt

Augeninnenmuskulatur mit Innervation und Funktion; Sekretion und Zirkulation des Kammerwassers, Augeninnendruck

Feinstruktur der Retina, neuronale und gliale Zelltypen und Prinzip ihrer Anordnung und Verschaltung; Interaktion zwischen Photorezeptoren und Pigmentepithel

Aufbau „N.“ opticus, Papilla n.optici mit Lamina cribrosa; extraoculäre Myelinisierung der Axone des N. opticus; Rekapitulation der Unterschiede zum Aufbau peripherer Nerven

Sehbahn mit retinohypothalamischen, retinogenikulärem und retinotectalem Anteil sowie deren weiterer Verschaltung (Regulation Tag/Nacht – Rhythmik, Verlauf und Retinotopie der Projektion zur Sehrinde; (reflektorische) Steuerung der Okulomotorik

Statoakustisches System

Aufbau des Innenohres aus knöchernem und häutigem Labyrinth; Anteile der von Pars vestibularis und Pars cochlearis

Aufbau und Funktionsweise von Macula- und Bogengangorganen, Ganglion vestibulare

Aufbau Cochlea aus Scala vestibuli/media/tympani mit Begrenzungen; insbesondere Lig spirale mit Stria vascularis

Details der Begrenzungen der Scala media / D. cochlearis, Lamina spiralis ossea und relative Anteile der Membrana basilaris am „Boden“ des D. cochlearis

Aufbau des Corti – Organs; insbesondere innere und äussere Haarzellen und Funktion beim Hörvorgang, Morphologie und Anordnung der Phalangenzellen; Kalium – Kreislauf zwischen Corti – Organ und Stria vascularis

Lage und Aufbau des Ggl spirale; efferente und afferente Innervation des Corti – Organs

Projektionen der Vestibulariskerne; Stationen der Hörbahn mit bilateralem Verlauf

Riechbahn

Peripherer Anteil mit (primären) Riechsinneszellen und Fila olfactoria; Rolle der olfaktorischen Glia; zentraler Anteil mit Bulbus olfactorius, Projektion vorwiegend über laterale Stria zu Lobus piriformis

Geschmacksbahn

Aufbau einer Geschmacksknospe, beteiligte Hirnnerven und Ganglien, Projektion über Pars superior des Nc tr. solitarii zu insulärem Cortex