

NEUROANATOMIE

NACHSCHLAGEN

LERNEN

VERSTEHEN

1 Aufbau des Gehirns – Einführung in die Neurohistologie	1
<hr/>	
Nervenzellen (Neurone)	4
Der neuronale Zellkörper und das Zytoskelett	5
Das Axon und die Synapse	8
Axonaler Transport	10
Dendriten von Nervenzellen	12
Gliazellen	13
Astrozyten	14
Oligodendrozyten und Schwann-Zellen	17
Saltatorische Erregungsleitung	19
Mikrogliazellen	20
Ependymzellen	21
Zusammenfassung	22
Was das IMPP wissen möchte	23
MC-Fragen	24
Index	25
Weiterführende Literatur	26
2 Allgemeiner Aufbau des Nervensystems (unter Mitarbeit von C. Beyer)	28
<hr/>	
Unterteilungsmöglichkeiten des Nervensystems	28
Graue und weiße Substanz des Nervensystems	28
Kerne und Ganglien: Definition	31
Peripheres und zentrales Nervensystem	32
Unterschiedliches Regenerationspotenzial von Nervenzellfortsätzen des ZNS und PNS	33
Somatisches und vegetatives Nervensystem	34
Afferenzen und Efferenzen	36
Zusammenfassendes Funktionsprinzip des Nervensystems	37
Topographische Betrachtung des Nervensystems	38
Apikale Ansicht	38
Medio-sagittale Ansicht	40
Medulla oblongata – das verlängerte Mark	41
Pons – die Brücke	42
Mesencephalon – das Mittelhirn	42
Truncus cerebri – der Hirnstamm	43
Cerebellum – das Kleinhirn	44
Diencephalon – das Zwischenhirn	45
Telencephalon – das Großhirn	47
Lobus frontalis – der Frontallappen	48
Lobus parietalis – der Scheitellappen	50
Lobus temporalis – der Schläfenlappen	51
Lobus occipitalis – der Hinterhauptlappen	52
Laterale Ansicht	52
Basale Ansicht	54
Lagebeschreibungen im Zentralnervensystem: Meynert- und Forel-Achse	56
Systematik der Verbindungen des Nervensystems	58
Assoziationsbahnen	58
Kommissurenbahnen	60
Projektionsbahnen	61

Zusammenfassung.....	62
Was das IMPP wissen möchte	62
MC-Fragen	63
Index.....	64
Weiterführende Literatur.....	66
3 Rückenmark und Spinalnerven	67
<hr/>	
Grundlagen	68
Verbindungen des Rückenmarks zum peripheren Nervensystem.....	70
Aszensus des Rückenmarks.....	74
Rückenmarkshäute	75
Mikroskopischer Aufbau des Rückenmarks	77
Absteigende Bahnen	79
Aufsteigende Bahnen	81
Spinalnerven und periphere Nerven	83
Prinzipieller Aufbau eines Reflexbogens.....	88
Das vegetative Nervensystem im Rückenmark.....	92
Zusammenfassung.....	95
Was das IMPP wissen möchte	96
MC-Fragen	97
Index.....	98
Weiterführende Literatur.....	100
4 Hirnhäute und Liquorräume des Zentralnervensystems (unter Mitarbeit von T. Clarner)	101
<hr/>	
Hirnhäute	102
Dura mater encephali	102
Arachnoidea mater encephali.....	105
Pia mater encephali	106
Sensible und arterielle Versorgung der Hirnhäute	108
Liquor- und Ventrikelsystem	108
Innere Liquorräume und deren Verbindungen.....	109
Rautengrube und Rhombencephalon	111
Liquor und Liquorproduktion.....	112
Funktion des Liquors	113
Erweiterungen der äußeren Liquorräume	114
Zusammenfassung.....	115
Was das IMPP wissen möchte	116
MC-Fragen	117
Index.....	119
Weiterführende Literatur.....	120
5 Schädelbasis und Hirnnerven	121
<hr/>	
Der knöcherne Schädel	122
Basis cranii interna	125
Fossa cranii anterior	125
Fossa cranii media.....	127
Fossa cranii posterior.....	129

Basis cranii externa	129
Vorderer Abschnitt	129
Mittlerer Abschnitt	131
Hinterer Abschnitt	133
Das vegetative Nervensystem	134
Funktionen des Sympathikus und Parasympathikus	134
Aufbau des Sympathikus und Parasympathikus	135
Sympathikus	137
Parasympathikus	138
Grenzstrang und Nervi splanchnici	140
Hirnnerven	141
I. Hirnnerv: Nervus olfactorius	144
II. Hirnnerv: Nervus opticus	146
III. Hirnnerv: Nervus oculomotorius	150
IV. Hirnnerv: Nervus trochlearis	153
V. Hirnnerv: Nervus trigeminus	154
VI. Hirnnerv: Nervus abducens	164
VII. Hirnnerv: Nervus intermedio-facialis	165
VIII. Hirnnerv: Nervus vestibulocochlearis	173
IX. Hirnnerv: Nervus glossopharyngeus	173
X. Hirnnerv: Nervus vagus	176
XI. Hirnnerv: Nervus accessorius	178
XII. Hirnnerv: Nervus hypoglossus	179
Zusammenfassung	180
Was das IMPP wissen möchte	182
MC-Fragen	186
Index	189
Weiterführende Literatur	193

6 Subkortikale Strukturen und Diencephalon 195

Topographische Betrachtung	196
Funktionelle Betrachtung der Basalganglien	200
Regelkreis der Basalganglien	202
Thalamus	204
Spezifische Thalamuskern	206
Epithalamus	208
Hypophyse und Hypothalamus	209
Kerne des Hypothalamus	212
Zusammenfassung	214
Was das IMPP wissen möchte	216
MC-Fragen	218
Index	219
Weiterführende Literatur	220

7 Hirnstamm 221

Topographischer Hirnstamm	223
Graue Substanz des Hirnstamms	226
Graue Substanz der Medulla oblongata	228

Olive.....	228
Nucleus gracilis und cuneatus	228
Graue Substanz des Pons	230
Pontine Kerne.....	230
Graue Substanz des Mesencephalon.....	230
Substantia nigra	232
Nucleus ruber.....	232
Vierhügelplatte – Lamina quadrigemina	233
Formatio reticularis	234
Atemzentrum und Kreislaufzentrum.....	235
Brechzentrum.....	236
Absteigendes motorisches retikuläres System	237
ARAS (aufsteigendes retikuläres Aktivierungssystem)	237
Miktionszentrum	237
Monoaminerge Zellgruppen	237
Augenbewegungszentren.....	238
Wichtige Bahnsysteme des Hirnstamms	239
Zusammenfassung.....	240
Was das IMPP wissen möchte	242
MC-Fragen.....	244
Index.....	245
Weiterführende Literatur.....	246

8 Cerebellum 247

Makroskopischer Aufbau	249
Kleinhirnkerne	255
Funktionelle Kleinhirnanteile und makroskopische Zuordnung.....	255
Funktionelle Verbindungen des Kleinhirns	258
Pontocerebellum	259
Vestibulocerebellum	261
Spinocerebellum.....	263
Zusammenspiel von Olive und Kleinhirn	266
Weitere Kleinhirnbahnen.....	266
Entwicklungsgeschichtliche Einordnung des Kleinhirns	267
Histologische Verschaltung des Kleinhirns.....	268
Zusammenfassung.....	272
Was das IMPP wissen möchte	273
MC-Fragen.....	274
Index.....	275
Weiterführende Literatur.....	276

9 Telencephalon 277

Prinzipieller Aufbau des Telencephalons.....	278
Topographie des Cortex cerebri.....	281
Lobus frontalis	281
Lobus parietalis.....	286
Lobus occipitalis	286
Lobus temporalis.....	287

Gyrus cinguli	289
Histologie des Cortex cerebri.....	289
Histologischer Aufbau des Isokortex.....	290
Histologischer Aufbau des Allokortex	292
Verschaltung der Hippocampusformation.....	296
Extrinsische Neuronenschleife.....	296
Intrinsische Neuronenschleife.....	298
Hippocampus und Gedächtnisbildung.....	298
Limbisches System und Papez-Neuronenkreis.....	299
Amygdala.....	301
Grundlagen zur Gedächtnislehre.....	302
Räumliche Trennung verschiedener Gedächtnisinhalte	305
Konsolidierung.....	305
Zusammenfassung.....	307
Was das IMPP wissen möchte	308
MC-Fragen.....	310
Index.....	311
Weiterführende Literatur.....	313

10 Blutversorgung des Gehirns 315

Grundlagen	316
Getrennter Verlauf von Arterien und Venen	316
Circulus arteriosus Willisi.....	317
Blut-Hirn-Schranke.....	318
Zirkumventrikuläre Organe	320
Arterielle Versorgung des Gehirns	322
Arteria carotis interna	322
Arteria vertebralis	325
Arteria cerebri anterior.....	327
Arteria cerebri media	329
Arteria cerebri posterior.....	332
Capsula interna: Topographie und Blutversorgung.....	334
Venöse Versorgung des Gehirns	337
Zusammenfassung.....	340
Was das IMPP wissen möchte	342
MC-Fragen.....	344
Index.....	345
Weiterführende Literatur.....	346

11 Motorik 347

Motorische Areale des Zentralnervensystems.....	348
Motorik des Rumpfes und der Extremitäten	348
Hierarchische Gliederung der Motorik und ihr Zusammenspiel.....	349
Primärmotorischer Kortex.....	351
Motorischer Homunkulus	352
Pyramidales System der Motorik.....	353
Extrapyramidales System der Motorik.....	355
Motorik des Kopf-Hals-Bereiches	356

Tractus corticonuclearis.....	357
Frontales Augenfeld.....	357
Sprache.....	357
Weitere Besonderheiten.....	360
Basalganglien.....	361
Aufbau und Verschaltung der Basalganglien.....	362
Motivation und Belohnung als Elemente motorischen Lernens.....	363
Direkter und indirekter Weg der Basalganglien.....	363
Heterogenität der medium-sized spiny neurons.....	364
Projektionen der Substantia nigra in die Basalganglien.....	365
Kleinhirnschleife.....	367
Steuerungsmechanismen des Kleinhirns.....	368
Zusammenfassung.....	371
Was das IMPP wissen möchte.....	373
MC-Fragen.....	374
Index.....	375
Weiterführende Literatur.....	377

12 Sensibilität 379

Rezeptoren der Sensibilität.....	380
Einteilung der Sinnesmodalitäten.....	380
Rezeptoren der Exterozeption.....	381
Rezeptoren der Propriozeption.....	382
Weitere Rezeptortypen.....	384
Periphere und zentrale Bahnen der Sensibilität.....	384
Lemniskales System.....	385
Extralemniskales System.....	387
Mechanismen der Schmerztransduktion.....	389
Übertragener Schmerz.....	390
Inhibition der Schmerzweiterleitung.....	390
Aufsteigendes propriozeptives System.....	392
Sensible Kerngebiete des Rückenmarks.....	392
Kortikale Verarbeitung der Sensibilität.....	393
Zusammenfassung.....	395
Fallstudien zur topographischen Diagnostik.....	396
Was das IMPP wissen möchte.....	398
MC-Fragen.....	400
Lösungen zu den Fallstudien.....	401
Index.....	403
Weiterführende Literatur.....	404

13 Gleichgewicht, Sehen und Hören 405

Gleichgewicht.....	406
Vestibularorgan.....	406
Funktionsprinzip der Makulaorgane.....	408
Funktionsprinzip der Bogengänge.....	409
Zentrales vestibuläres System.....	409
Funktionelle Verbindungen der Vestibulariskerne.....	410

Sehen.....	412
Allgemeiner Aufbau des Auges.....	413
Strukturen des Bulbus.....	415
Histologischer Aufbau der Retina	417
Schaltplan der Retina.....	418
Rezeptive Felder der Retina	419
Zellen der Retina	420
Fovea centralis	423
Papilla nervi optici.....	424
Zentrale Sehbahn	424
Visueller Kortex.....	427
Hören	429
Ductus cochlearis und Corti-Organ	431
Hörvorgang.....	432
Zentrale Hörbahn.....	434
Zusammenfassung.....	438
Was das IMPP wissen möchte	440
MC-Fragen.....	442
Index.....	443
Weiterführende Literatur.....	446
14 Bildgebende Verfahren (unter Mitarbeit von O. Nikoubashman)	447
Computertomographie (CT).....	449
Magnetresonanztomographie (MRT).....	452
Positronen-Emissions-Tomographie (PET)	457
Digitale Subtraktionsangiographie (DSA)	458
Zusammenfassung.....	460
MC-Fragen.....	461
Index.....	462
Weiterführende Literatur.....	463
15 Anhang	465
Klinische Verweise.....	466
MC-Lösungen.....	467
Weiterführende Literatur.....	468
Index.....	473
Abbildungsquellen.....	489

Aufbau des Gehirns – Einführung in die Neurohistologie

Nervenzellen (Neurone)

Der neuronale Zellkörper und das Zytoskelett

Das Axon und die Synapse

Axonaler Transport

Dendriten von Nervenzellen

Gliazellen

Astrozyten

Oligodendrozyten und Schwann-Zellen

Saltatorische Erregungsleitung

Mikrogliazellen

Ependymzellen

Zusammenfassung

Was das IMPP wissen möchte

Index

Weiterführende Literatur

Vorbemerkung

Das Nervensystem ist kompliziert und faszinierend zugleich. In keinem anderen wissenschaftlichen Feld konnten im letzten Jahrzehnt größere Fortschritte verzeichnet werden als in den Neurowissenschaften.

Dieses Lehrbuch stellt sich der Herausforderung, ein komplexes Gebiet der Anatomie einerseits so zu erklären, dass Funktionsweisen und Zusammenhänge begriffen werden können, andererseits soll aber auch der Tatsache Rechnung getragen werden, dass die Neuroanatomie nur einen gewissen Prozentsatz der prüfungsrelevanten Fragen ausmacht. Bei der Konzeption dieses Lehrbuches haben wir uns deswegen am Gegenstandskatalog des IMPP orientiert. Zum Abschluss jedes Kapitels wird noch einmal gesondert auf „Spezialitäten“ des IMPP-Wissens eingegangen („Was das IMPP wissen möchte“).

Im ersten Kapitel werden wir eine Einführung in das Organisationsprinzip des Nervensystems geben. Hierbei beginnen wir mit der Histologie, da zelluläre Komponenten des Nervensystems den Baustoff für unser Gehirn liefern. Diesem histologischen Teil schließt sich ein grober Überblick über den Aufbau und die Funktionsweise des Nervensystems an. Ziel dieser einleitenden Kapitel ist es, eine Grundlage für weiterführende Betrachtungen des Nervensystems zu legen. Hier lernen Sie die wichtigsten Vokabeln und Begriffe, sowie wichtige Grundprinzipien, die immer wieder in der Neuroanatomie vorkommen werden. Sicher sind Sie nach den ersten beiden Kapiteln noch nicht in der Lage, in der „Bundesliga“ der Neuroanatomie mitzuspielen. Es reicht aber zumindest für die Kreisklasse, Sie lernen zu dribbeln, Sie lernen auf das Tor zu schießen.

In den folgenden Kapiteln gehen wir detaillierter auf die verschiedenen Abschnitte des Nervensystems ein. Dort lernen Sie dann, einen Gegner auszutricksen und den Ball am Torwart vorbei in die Ecke zu schießen. Zum Abschluss betrachten wir das Nervensystem unter funktionellen Gesichtspunkten. Dort werden Sie lernen wie Sehen, Hören, Gleichgewicht, Bewegung und Sensibilität funktioniert und welche verschiedenen Elemente des Nervensystems daran beteiligt sind.



Lernziele

Sie sollten nach Durcharbeitung der beiden einführenden Kapitel 1 und 2 in der Lage sein:

- Den Aufbau einer Nervenzelle zu erklären.
- Elemente des neuronalen Zytoskelettes zu benennen und zu erklären.
- Verschiedene Typen von Nervenzellen zu benennen.
- Das Prinzip der Verschaltung via Synapsen zu erklären.
- Mechanismen des axonalen Transports zu erklären.
- Gliazellen zu benennen und deren unterschiedliche Funktionen zu erklären.
- Die Unterschiede zwischen grauer und weißer Substanz, peripherem und zentralen Nervensystem, somatischem und vegetativem Nervensystem sowie zwischen Afferenzen und Efferenzen zu kennen.
- Apikale, medio-sagittale, laterale und basale Ansichten des Gehirns zu erkennen und zu benennen.

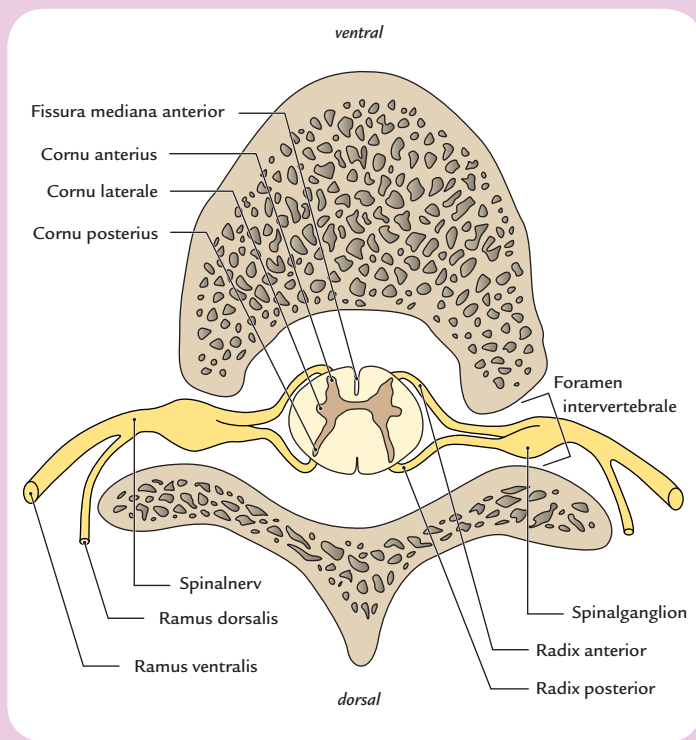
Aufbau des Gehirns – Einführung in die Neurohistologie

Die Zellen des Nervensystems lassen sich in **Nervenzellen** (Neurone) und Gliazellen unterteilen. Wenngleich auch die Anzahl der Neurone des menschlichen Gehirns unsere Vorstellungskraft übersteigt (etwa 100 Milliarden), die Anzahl der **Gliazellen** übertrifft die der Neuronen noch um ein Vielfaches. Neurone sind für die Signalübermittlung innerhalb des Nervensystems verantwortlich, indem sie Aktionspotenziale generieren und weiterleiten (siehe entsprechende Lehrbücher der Physiologie). Im Prinzip handelt es sich bei Aktionspotenzialen um elektrische Impulse. Nervenzellen kommunizieren also über elektrische Impulse. Dabei wird eine bestimmte Funktion in der Regel von einer Kette hintereinander geschalteter Nervenzellen erfüllt. Den Ort, an dem Nervenzellen miteinander kommunizieren, nennt man **Synapse**. Neben den Neuronen besteht das Nervensystem noch aus Gliazellen. Diese tragen zur Gehirnfunktion vor allem dadurch bei, dass sie benachbarte Neurone isolieren, stützen und ernähren.

Um die Struktur von Nervenzellen zu untersuchen, mussten Wissenschaftler etliche Hindernisse überwinden. Das erste Hindernis war die geringe neuronale Größe. Die meisten Nervenzellen haben einen Durchmesser vom Bruchteil eines Millimeters. Zum Vergleich: Die Spitze eines ungespitzten Bleistifts misst etwa 2 mm, Nervenzellen sind 40- bis 200-mal kleiner. Diese Größe liegt deutlich unterhalb der Grenze dessen, was mit bloßem Auge noch erkennbar wäre. Deshalb waren vor Entwicklung des zusammengesetzten Mikroskops im späten 17. Jahrhundert Fortschritte in der Neurowissenschaft nur bedingt möglich. Die Erfindung des Mikroskops eröffnete das Gebiet der Histologie, der mikroskopischen Untersuchung von Gewebestrukturen. Wissenschaftler, die das Gehirn untersuchen wollten, waren jedoch noch mit einem weiteren Hindernis konfrontiert: Frisch präpariertes Gehirn sieht unter dem Mikroskop mehr oder weniger einheitlich cremefarben aus. Das Gewebe zeigt keine deutlichen Unterschiede in der Pigmentierung, die es den Histologen ermöglichen würden, einzelne Zellen voneinander abzugrenzen. Der endgültige Durchbruch auf dem Gebiet der Neurohistologie war deswegen die Einführung von speziellen Färbemethoden, mit denen sich einzelne Zellteile im Hirngewebe darstellen ließen. Eine dieser Färbemethoden, die auch heute noch Anwendung findet, wurde vom deutschen Neurologen Franz Nissl Ende des 19. Jahrhunderts entwickelt. Nissl zeigte, dass basische Farbstoffe einer bestimmten Klasse die Zellkerne aller Zellen sowie Materialansammlungen um die Zellkerne von Neuronen herum anfärben. Diese Ansammlungen bezeichnet man als Nissl-Schollen, die Methode als die Nissl-Färbung. Mit dieser Färbung lassen sich zum einen Neurone und Gliazellen voneinander unterscheiden, zum anderen können erfahrene Neurohistologen so die Anordnung oder Zytoarchitektur von Nervenzellen in verschiedenen Teilen des Gehirns feststellen. Diese Untersuchungen führten zu der Erkenntnis, dass das Gehirn aus vielen spezialisierten Regionen besteht. Wir wissen heute, dass jede Region eine eigene Funktion hat, die wir im Rahmen dieses Lehrbuches allesamt kennenlernen und verstehen werden.

Abb. 3.9

Auf Höhe des thorakalen Rückenmarks kann man in der grauen Substanz beidseits drei Hörner erkennen: Cornu anterius, posterius und laterale. Letzteres steht funktionell mit dem vegetativen Nervensystem in Verbindung. Die Spinalnerven teilen sich unmittelbar nach ihrem Durchtritt durch das Foramen intervertebrale in einen Ramus ventralis und einen Ramus dorsalis auf. Beides sind gemischte Nerven, transportieren also motorische und sensible Informationen. Der Ramus dorsalis innerviert die dorsale (autochthone) Rückenmuskulatur und mit seinen Endästen die diese bedeckende Haut. Der Ramus ventralis zieht als Nervus intercostalis zwischen den Rippen nach ventral. Dabei versorgt er sowohl motorisch als auch sensible die Haut und Muskulatur des Thorax. Dies geschieht in segmentaler Höhe ihrer Austrittsstellen.



die Versorgung der Haut und Muskulatur des wirbelsäulenfernen Rückens sowie der seitlichen und bauchseitigen Körperabschnitte zuständig ist. Da auf Höhe der Brustwirbelsäule die Rami ventrales zwischen den Rippen verlaufen, werden sie auch **Nervi intercostales** genannt. Zwei weitere Zweige der Spinalnerven werden **Ramus communicans albus** et **griseus** genannt. Sie dienen der Weiterleitung viszero-efferenter (viszero-motorischer) Informationen (siehe auch Kapitel 5 über Hirnnerven). Das von einem Spinalnerven versorgte und somit von einem einzigen Rückenmarksegment innervierte Hautgebiet bezeichnet man als **Dermatom**, die versorgten Muskeln als **Myotom**.

Wie bereits erwähnt, können am Rückenmark funktionell einzelne Segmente voneinander abgegrenzt werden. Daraus resultiert eine vergleichbare segmentale Anordnung der Dermatome und der Myotome. Die segmentale Anordnung von Dermatomen ist auf Höhe des Thorax und des Abdomens sowohl ventral als auch dorsal besonders gut zu erkennen: Wir sprechen von segmentaler Innervation. Wie Handtücher in einem Schrank liegen die einzelnen Dermatome übereinander.

Das Hautareal, welches in Abb. 3.10 mit Th7 markiert ist, wird vom siebten thorakalen Spinalnervenpaar sensibel innerviert (= Dermatom Th7). Das Hautareal, welches mit Th12 markiert ist, wird entsprechend vom zwölften thorakalen Spinalnervenpaar sensibel innerviert (= Dermatom Th12) usw. Ein Dermatom ist somit der Hautbereich, der von den sensiblen Fasern eines Rückenmarksegmentes versorgt wird. Durch Kenntnis der Lage der Dermatome können bei Sensibilitätsstörungen

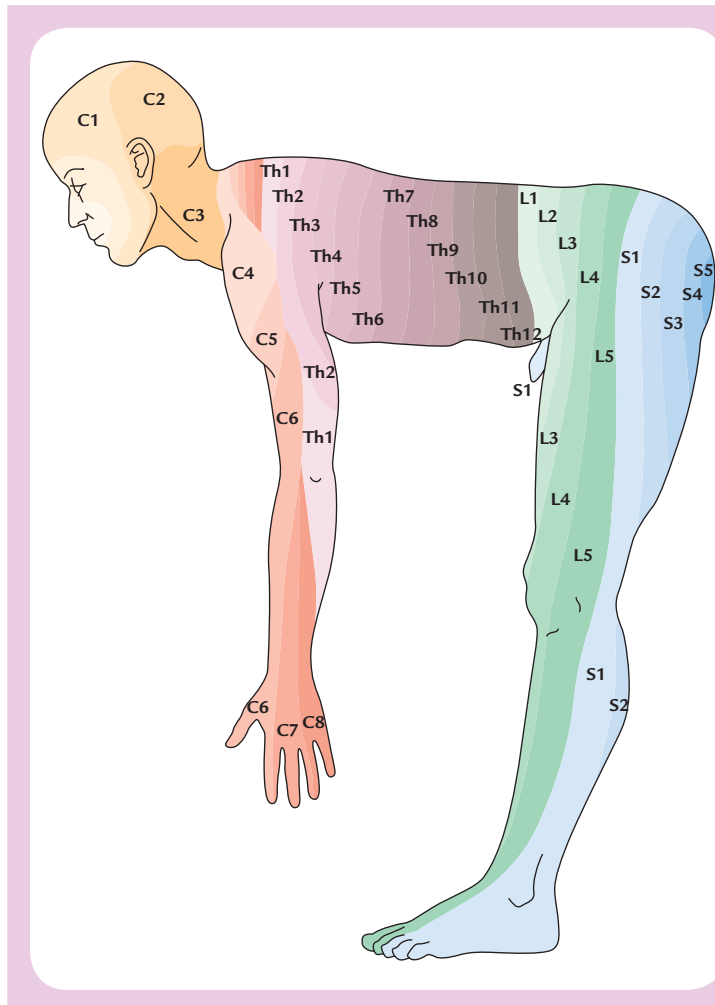


Abb. 3.10

Übersicht über die Dermatome

Ein Dermatome ist der Hautbereich, der von den sensiblen Fasern eines Rückenmarksegments versorgt wird.

Das Dermatome Th7 wird also vom siebten thorakalen Spinalnerv innerviert. Die segmentale Innervation der Dermatome ist im Bereich von Thorax und Abdomen besonders gut zu erkennen.

Im Bereich der Extremitäten hingegen lässt sich die segmentale Innervation nicht mehr ganz so einfach nachvollziehen. Der hier abgebildete Vierfüßlerstand hilft zwar, zum nachhaltigen Verständnis ist eine Beschäftigung mit der Plexusbildung jedoch unvermeidlich (siehe Abb. 3.11).

eventuelle Ausfälle einem bestimmten Rückenmarksegment zugeordnet werden. Klagt ein Patient beispielsweise über Sensibilitätsstörungen in den Dermatomen Th7/Th8 wäre zu vermuten, dass auf dieser Ebene des Rückenmarks ein krankhafter Prozess zu finden ist. Es ist ratsam, sich diesen Bereich dann im MRT genau anzuschauen. Natürlich wäre auch eine Schädigung der Spinalnerven in ihrem peripheren Verlauf denkbar, dann würde man aber eher eine einseitige Störung der Sensibilität erwarten. Vergleichbar versteht man unter einem Myotom die Muskulatur, die von einem Rückenmarksegment innerviert wird. Damit ist ein Myotom das muskuläre Pendant eines Dermatoms und kann entsprechend zu diagnostischen Zwecken herangezogen werden.

Etwas komplizierter gestaltet sich die Sache jedoch abseits des thorakalen Rückenmarks. Auch dort teilt sich jeder Spinalnerv in einen Ramus dorsalis und Ramus ventralis auf. Der Ramus dorsalis versorgt, ähnlich wie im Brustbereich, die wirbelsäulennahe Haut und Muskulatur. Die Rami ventrales ziehen jedoch nicht „einfach“ in die Peripherie, sondern bilden Nervengeflechte (**Nervenplexus**).

Abb. 5.17 a)

Basalansicht auf die Sehbahn

Der Stern markiert Fasern, die vom Tractus opticus in Richtung Area praetectalis abzweigen. Diese Fasern sind für die Verschaltung des Pupillenreflexes wichtig. Sie entspringen von photosensitiven retinalen Ganglienzellen.

- 1 Chiasma opticum
- 2 Area perforata anterior
- 3 Tuber cinereum
- 4 Tractus opticus
- 5 Crura cerebri
- 6 Corpus geniculatum laterale
- 7 N. abducens (N. VI)
- 8 Stria olfactoria medialis
- 9 Stria olfactoria lateralis
- 10 N. oculomotorius (N. III)
- 11 Corpora mamillaria
- 12 Area perforata posterior
- 13 N. trochlearis (N. IV)
- 14 Pons

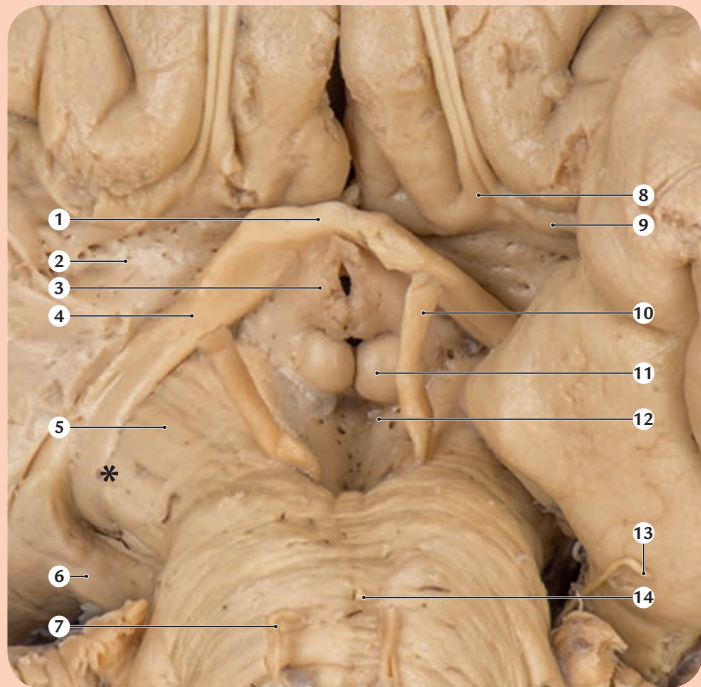
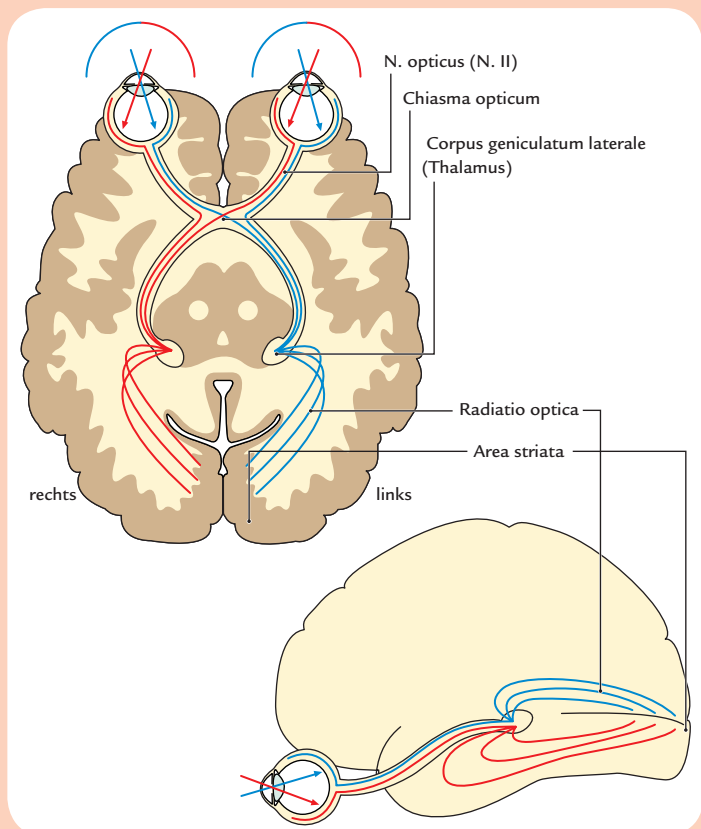


Abb. 5.17 b)

Schematische Darstellung der Sehbahn

Horizontalschnitt durch das Gehirn, Ansicht von unten.

Das jeweils rechte Gesichtsfeld (blau) wird auf der jeweils linken Retinahälfte abgebildet, das jeweils linke Gesichtsfeld (rot) auf der jeweils rechten Retinahälfte. Jeder N. opticus trägt die von einem Auge aufgenommenen Informationen aus beiden Gesichtsfeldern. Im Chiasma opticum kreuzen nur die Fasern der medialen Retinahälften, also der lateralen Gesichtsfelder. Im rechten Tractus opticus (rot) verlaufen danach Informationen aus den jeweils linken Gesichtsfeldern beider Augen, im linken Tractus opticus (blau) die Informationen aus den jeweils rechten Gesichtsfeldern beider Augen.



Ein wichtiger Schritt in der neurologischen Begutachtung ist die Untersuchung des Pupillenreflexes. Er dient zur Regelung des Lichteintritts in das Auge. Dabei werden beide Augen gemeinsam gesteuert. Durch Lichteinfall, z. B. wenn wir in helles Sonnenlicht blicken, kontrahiert sich schlagartig der Musculus sphincter pupillae und lässt somit weniger Licht auf die Retina, um eine Blendung zu vermeiden. Dieser Reflex läuft unbewusst ab und wird vom Parasympathikus gesteuert, wobei drei Neurone beteiligt sind. In Abb. 5.18 erkennt man den Verlauf der Nervenbahnen, die an diesem Reflex beteiligt sind: Die Reizaufnahme geschieht in der Retina; die Information wird über den Sehnerv zur Area praetectalis (Übergang Di- zu Mesencephalon) geleitet. Interneurone der Area praetectalis leiten die Information zu den Edinger-Westphal-Kernen des Mittelhirns weiter. Dort liegen die Zellkörper präganglionärer parasympathischer Nervenzellen, die für die parasympathische Versorgung des Auges verantwortlich sind. Axone der Edinger-Westphal-Kerne lagern sich dem III. Hirnnerven, dem Nervus oculomotorius, an und ziehen mit ihm durch die Fissura orbitalis superior zum Ganglion ciliare. Dort findet die Umschaltung von prä- auf postganglionär statt. Vom Ganglion ciliare ziehen die postganglionären Fasern u. a. zum Musculus sphincter pupillae, die Pupille wird verengt (Miosis). Im Gehirn wird die Koordination beider Pupillen durch Querverbindungen sichergestellt. Das bedeutet, wenn nur ein Auge beleuchtet wird, zum Beispiel im Rahmen der ophthalmologischen Untersuchung, verengen sich beide Pupillen; man spricht von einer **konsensuellen Pupillenreaktion**. Die Pupillenerweiterung bei Abdunklung wird von einem anderen Muskel (Musculus dilatator pupillae) über den Sympathikus gesteuert.

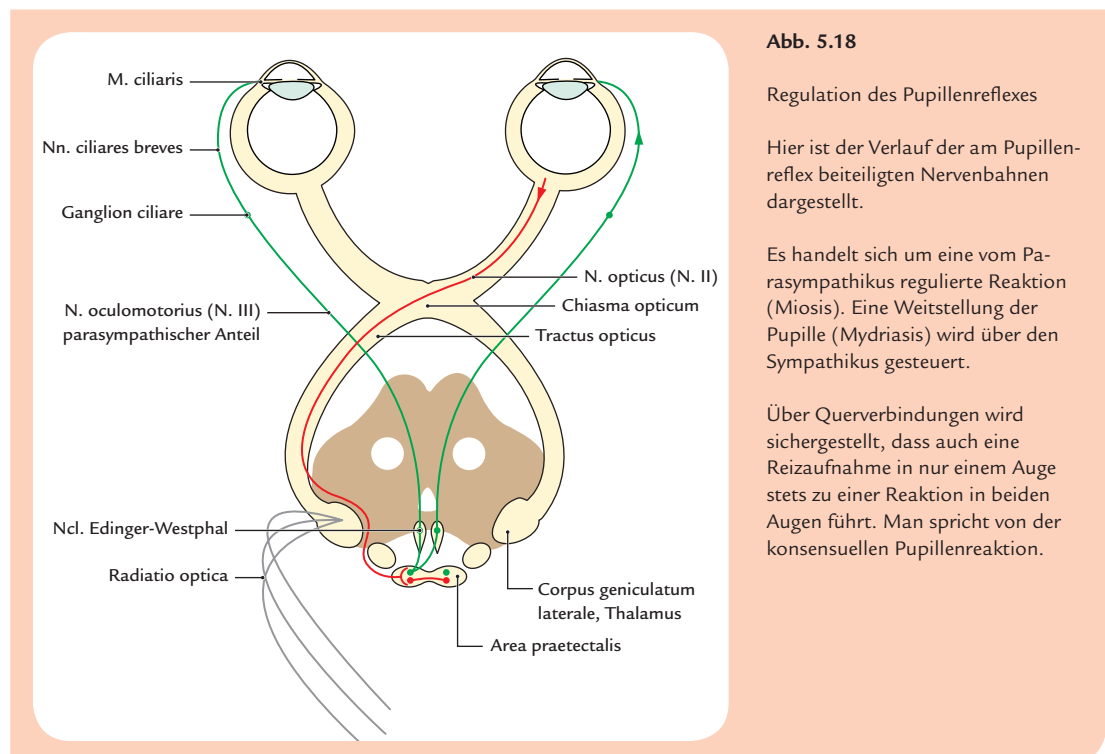


Abb. 5.18

Regulation des Pupillenreflexes

Hier ist der Verlauf der am Pupillenreflex beteiligten Nervenbahnen dargestellt.

Es handelt sich um eine vom Parasympathikus regulierte Reaktion (Miosis). Eine Weitstellung der Pupille (Mydriasis) wird über den Sympathikus gesteuert.

Über Querverbindungen wird sichergestellt, dass auch eine Reizaufnahme in nur einem Auge stets zu einer Reaktion in beiden Augen führt. Man spricht von der konsensuellen Pupillenreaktion.

Abb. 6.7

Frontalschnitt im hintersten Bereich des Septum pellucidum knapp hinter der Adhaesio interthalamica

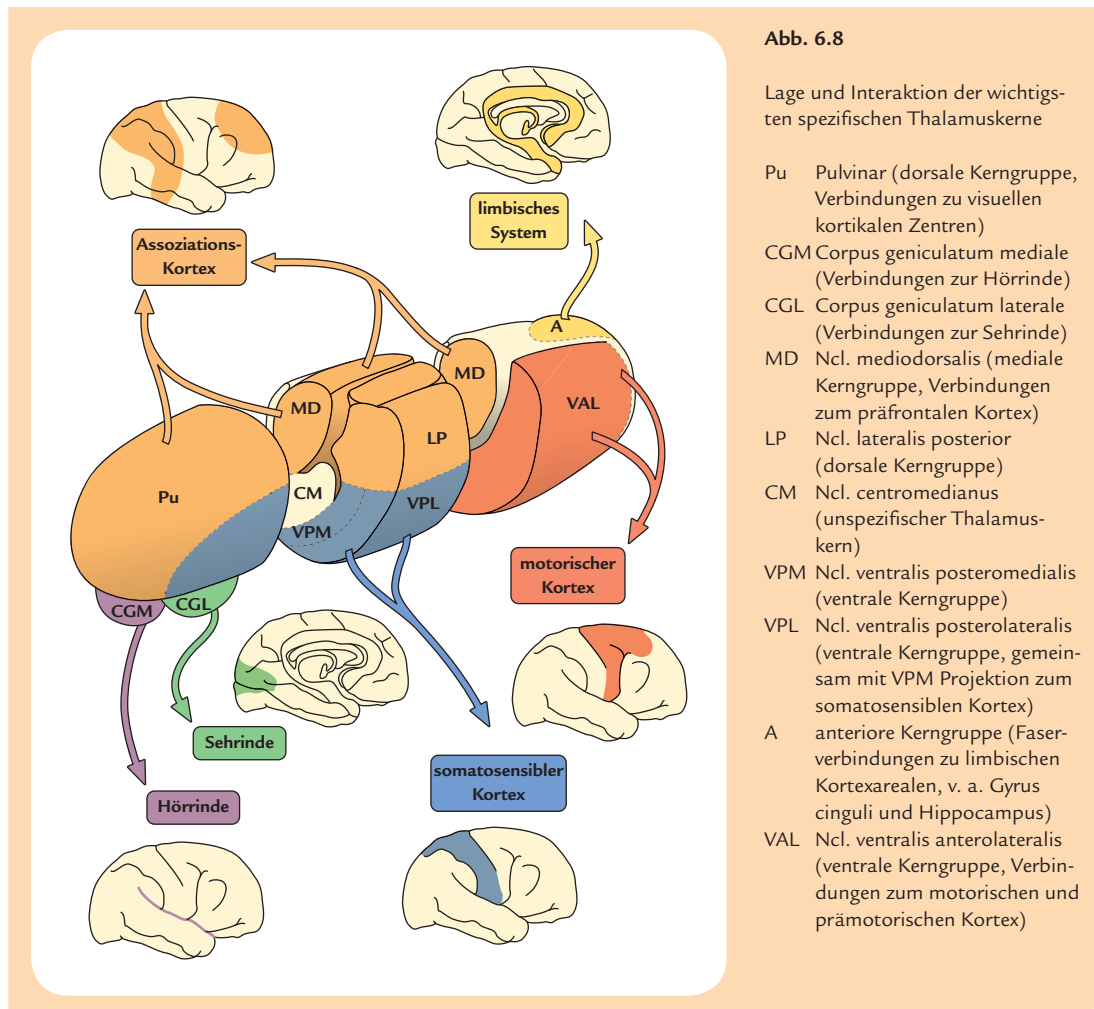
Blickrichtung von vorne nach hinten

- 1 Fissura longitudinalis cerebri
- 2 Gyrus cinguli
- 3 Corpus callosum, Truncus
- 4 Septum pellucidum
- 5 Fornix
- 6 Capsula interna
- 7 Thalamus
- 8 Ventriculus tertius
- 9 Commissura posterior, nicht angeschnitten
- 10 Corpus geniculatum mediale
- 11 Pes hippocampi
- 12 Alveus
- 13 Fossa rhomboidea, Sulcus medianus
- 14 Pedunculus cerebellaris medius
- 15 Ventriculus lateralis, Cornu frontale
- 16 Ncl. caudatus, Corpus
- 17 Inselrinde
- 18 Ncl. lentiformis, Putamen
- 19 Corpus geniculatum laterale
- 20 Gyri temporales transversi
- 21 Ncl. caudatus, Cauda
- 22 Ventriculus lateralis, Plexus choroideus
- 23 Gyrus parahippocampalis
- 24 Cerebellum



Thalamus

Als makroskopisches Zentrum des Diencephalons kann der **Thalamus** angesehen werden: Epithalamus, Hypothalamus, Nucleus subthalamicus – all diese diencephalen Regionen werden nach ihrer Lage relativ zum Thalamus benannt. Der Thalamus setzt sich aus vielen verschiedenen Kerngebieten zusammen, die teilweise eine besonders ausgeprägte Verbindung zur Großhirnrinde aufweisen. Seine mediale Fläche bildet jeweils die Seitenwand des dritten Ventrikels, seine laterale Fläche grenzt an die Capsula interna. Bei einem Frontalschnitt im hintersten Bereich des Septum pellucidum wölbt sich beidseits die Wand der Thalami derart weit in das Lumen des dritten Ventrikels, dass sich die Thalami beider Seiten berühren können. Diesen Berührungspunkt nennt man **Adhaesio interthalamica**. Sie ist eine wichtige Landmarke im Innenrelief des dritten Ventrikels.



Der Thalamus setzt sich aus vielen verschiedenen Kerngebieten zusammen, die teilweise vollständig durch weiße Substanz voneinander getrennt sind. Zur Benennung der Thalamuskern sollte man sich noch einmal die Bezeichnungen der Forel-Achse vor Augen halten (siehe Abb. 2.14). Der Thalamus ist annähernd eierförmig. Sein vorderes Ende wird „anterior“, sein hinteres „posterior“ genannt. Die Seite, die dem dritten Ventrikel zugewandt ist, heißt „medial“, die entgegengesetzte „lateral“. Die Seite des Thalamus, die der Schädelbasis zugewandt ist, nennt man „ventral“, die entgegengesetzte „dorsal“. So ergeben sich dann die Bezeichnungen der verschiedenen Thalamuskern. Der Nucleus ventralis anterolateralis liegt also basal-vorne-seitlich.

Wichtigste Funktion der Thalamuskern ist eine Verschaltung sensibler (auch motorischer) Impulse, bevor diese an den Kortex weitergegeben werden. Egal ob es sich um epikritische, protopathische, visuelle, auditive oder gustatorische Impulse handelt, alle werden vor Erreichen der entsprechenden Rindenareale im Thalamus verschaltet. Somit hat der Thalamus eine wichtige Funktion in der Kontrolle unseres Bewusstseins

Telencephalon

Prinzipieller Aufbau des Telencephalons

Das Endhirn hat gleich mehrere Namen, welche synonym verwendet werden können. Diese sind Cerebrum, Großhirn, Telencephalon oder eben Endhirn. Das Wort Telencephalon kommt aus dem Altgriechischen und setzt sich zusammen aus τέλος – „Ende“ und ἐγκέφαλος – „Gehirn“, bedeutet demnach so viel wie Endhirn. Obwohl das lateinische Wort „Cerebrum“ direkt übersetzt eigentlich „(Ge)Hirn“ heißt, also das Gehirn in seiner Gesamtheit umfasst, steht „Cerebrum“ in der Fachsprache für das Großhirn und wird somit seinem kleinen Bruder, dem Kleinhirn (Cerebellum), gegenübergestellt. Hier werden wir den Begriff Telencephalon benutzen und die anderen Begriffe so weit wie möglich vermeiden.

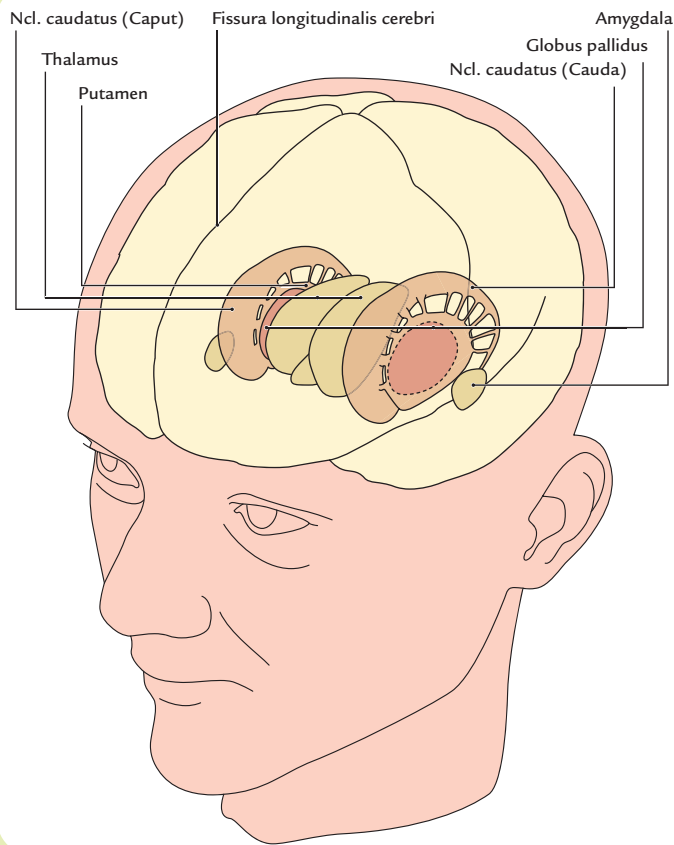
Das Telencephalon kann, ganz ähnlich wie die Nieren oder das Kleinhirn in Rinde (Kortex) und Mark untergliedert werden. Die Rinde (Cortex cerebri) liegt außen, nach innen folgt das Mark. Den Kortex haben wir bereits als Teil der Substantia grisea kennengelernt. In ihm liegen die neuronalen Zellkörper. Das Mark besteht zu großen Teilen aus Substantia alba, hier findet man die myelinisierten Axone. In den Tiefen des Marks stößt man auf einzelne, teilweise voneinander abgegrenzte Gebiete grauer Substanz, die sogenannte subkortikale graue Substanz.

Das Telencephalon macht den Hauptanteil des Gehirnvolumens aus. Seine äußere Form wird durch die beiden Hemisphären bestimmt. Die Fissura longitudinalis cerebri schneidet zwischen beiden Hemisphären bis hinab zum Balken ein. In diesem Interhemisphärenspalt ist ein Dura-septum aufgespannt, die Falx cerebri, welche dem Gehirn mechanischen Halt verleiht. Die der Medianebene zugewandte Fläche der Hemisphären wird Facies medialis genannt. Sie geht an der Mantelkante der Hemisphären scharf in die Facies lateralis über. Als Mantelkante bezeichnet man also den nahezu rechtwinkligen Übergang vom konvexen Teil der Telencephalon-Oberfläche in die sagittal-mediale Fläche der Hemisphären im Bereich der Fissura longitudinalis cerebri. Der Begriff Mantelkante leitet sich aus dem lateinischen Wort pallium = „Mantel“ ab. Als Pallium bezeichnet man die obersten Schichten des Telencephalons, den Kortex mit direkt angrenzendem Mark.

Ansammlungen von Nervenzellkörpern unterhalb des Cortex cerebri werden subkortikale graue Substanz genannt. In Abb. 9.1 a) und b) ist ihre Lage veranschaulicht. Die subkortikale graue Substanz ist gleichzusetzen mit dem Begriff „**Endhirnkerne**“. Sie liegen im Wesentlichen in unmittelbarer Nachbarschaft der Seitenventrikel, was besonders in der frontalen Ansicht am präparierten Gehirn verdeutlicht werden kann.

Wir unterscheiden:

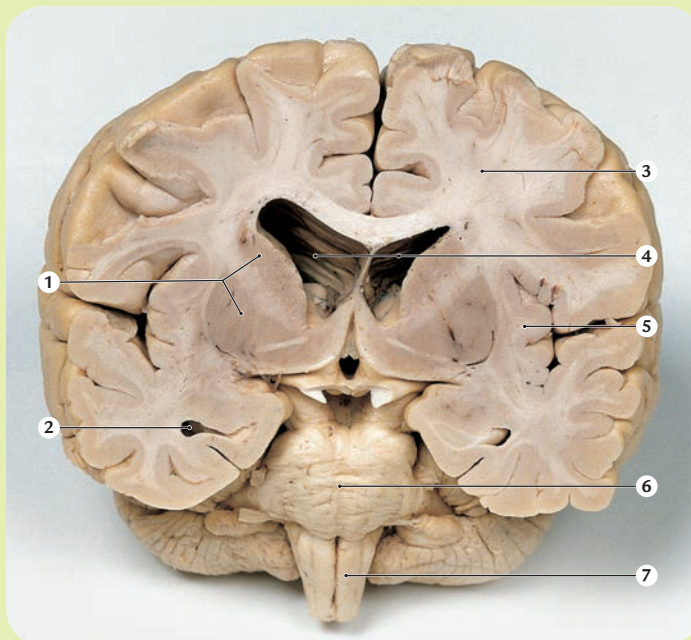
- Nucleus caudatus
- Putamen
- Claustrum
- Amygdala
- Septum verum
- Bulbus olfactorius
- Hippocampus

**Abb. 9.1 a)****Lage der Endhirnkerne**

In die Substantia alba (weiße Substanz, Mark) sind Ansammlungen grauer Hirnsubstanz eingelagert. Diese fasst man unter dem Begriff subkortikale graue Substanz oder auch Endhirnkerne zusammen. Es handelt sich um Ansammlungen von Nervenzellkörpern. Viele dieser subkortikalen Kerngebiete spielen eine wichtige Rolle bei der Regulation von Motorik.

- Striatum (Ncl. caudatus + Putamen)
- Claustrum
- Amygdala
- Bulbus olfactorius
- Hippocampus
- Ncl. basalis Meynert

9

**Abb. 9.1 b)****Lage der Endhirnkerne**

Frontalschnitt im Bereich des mittleren Septum pellucidum und des Chiasma opticum. Schnitt durch den Lobus frontalis und den Lobus temporalis; Blickrichtung von vorne nach hinten.

- 1 Corpus striatum (Ncl. caudatus und Putamen)
- 2 Ventriculus lateralis, Cornu temporale
- 3 Lobus frontalis
- 4 Ventriculus lateralis, Cornu frontale
- 5 Insula
- 6 Pons, nicht angeschnitten
- 7 Medulla oblongata

Was das IMPP wissen möchte

Bisher hat das IMPP durchaus machbare Fragen zu diesem neuroanatomischen Themengebiet gestellt. Ein Fragenkomplex bezieht sich auf die wichtigsten funktionellen Zentren, die von den drei großen Gehirnarterien (**Arteria cerebri anterior, media** und **posterior**) jeweils mit Blut versorgt werden. Zugeordnet werden sollte die primäre Hörrinde, primäre Sehrinde, das Broca-Sprachzentrum, Gyrus cinguli, Gyrus supramarginalis, die genaue Lage des sensorischen und motorischen Homunkulus (hier ist es wichtig zu wissen, dass das Beinareal nahe der Mantelkante liegt und deswegen von der Arteria cerebri anterior versorgt wird). Der Homunkulus (lat. „Menschlein“) setzt sich aus den für Motorik bzw. Sensibilität zuständigen Nervenendigungen im Kortex zusammen. Da diese im Gyrus praecentralis und Gyrus postcentralis annähernd somatotop angeordnet sind, ergibt sich bei der Zuordnung der jeweiligen versorgten Körperteile auf die Kortextareale eine Art „Menschlein“. Dabei stellen sich besonders intensiv innervierte Bereiche des Körpers, wie bestimmte Teile des Gesichts und der Hände, überproportional groß dar. Näheres zum Homunkulus erfahren Sie im nächsten Kapitel.

Etwas komplizierter und von den Studenten oft vernachlässigt ist die **Lage und Beziehung der einzelnen Sinus zueinander** (siehe Fragen unten). Diese sollten sich gut eingepägt werden. Oft steht hierbei der Sinus rectus im Zentrum des IMPP-Interesses.

Für die Zuordnung von Symptomen aufgrund einer **Ischämie** und **Lokalisation der Schädigung** sollte man bedenken, dass zerebrale Ischämien meist mit einer einseitigen (kontralateralen) Schädigung einhergehen. Klagt, wie vom IMPP 2005 gefragt, ein Patient über eine schlaffe Lähmung und Sensibilitätsstörungen der beiden unteren Extremitäten (hier ist also sogar das sensible System in Mitleidenschaft gezogen), sollte an einen Prozess im Rückenmark gedacht werden. Dort laufen die Bahnen von beiden Seiten relativ eng zusammen, so dass eine bilaterale Symptomatik wahrscheinlich ist.

Generell ist das Thema **Aphasie** ein vom IMPP beliebtes Gebiet der Neuroanatomie. Aphasien sind zentrale Sprachstörungen, die linguistisch als Beeinträchtigung in den verschiedenen Komponenten des Sprachsystems, also Phonologie, Lexikon, Syntax und Semantik, zu beschreiben sind. Die aphasischen Störungen erstrecken sich auch auf alle expressiven und rezeptiven sprachlichen Modalitäten, d. h. auf Sprechen und Verstehen sowie Lesen und Schreiben, wo im Prinzip dieselben sprachsystematischen Merkmale der Störung nachweisbar sind. Da Sprache und Sprechen die Interaktion von sehr vielen verschiedenen Gehirnregionen erfordert, ist es nicht verwunderlich, dass sie häufig bei neurologischen Erkrankungen zu beobachten sind. Bei einer Läsion des Nucleus nervi hypoglossi ist beispielsweise die Funktion der Zunge gestört und in Folge dessen die Sprechartikulation beeinträchtigt. Auch das Kleinhirn spielt durch den Abgleich von Bewegungsimpulsen bei der Sprachartikulation eine wichtige Rolle. Dies wird deutlich, wenn man an die ver-

waschene Sprache von Betrunknen denkt, die – wie wir bereits gelernt haben – an einer vorübergehenden Dysfunktion des Kleinhirns leiden. Auch die Tatsache, dass die dominante Hemisphäre mit Sprache stärker in Zusammenhang gebracht werden kann als die nicht dominante (man spricht von der sogenannten **Hemisphärendominanz**), war schon oft Gegenstand von IMPP-Fragen. Hier soll deswegen noch einmal erwähnt werden, dass beim Rechtshänder die linke Hemisphäre in aller Regel die dominante repräsentiert. Beim Linkshänder kann es hingegen die rechte oder aber die linke Hemisphäre sein.

Im Frühjahr 2012 fragte das IMPP erstmals nach der Arteria radicularis magna, auch **Adamkiewicz-Arterie** genannt. Im Normalfall entspringt die Adamkiewicz-Arterie aus der Aorta abdominalis auf Höhe von Th9. Nach Passage des Foramen intervertebrale und Aufstieg anastomosiert die Adamkiewicz-Arterie mit der Arteria spinalis anterior. Sie liefert den hämodynamisch wichtigsten Zufluss zu den drei Rückenmarksarterien.



MC-Fragen

1. Welche der genannten Strukturen wird von der Arteria cerebri anterior versorgt?
 - (A) primäre Hörrinde
 - (B) Beinareal des Gyrus praecentralis
 - (C) Handareal des Gyrus postcentralis
 - (D) motorisches Sprachzentrum (Broca-Zentrum)
 - (E) primäre Sehrinde
2. Welche Aussage über die innere Kapsel des Gehirns trifft zu?
 - (A) Sie liegt lateral des Claustrums.
 - (B) Sie liegt medial vom Thalamus.
 - (C) Sie enthält ausschließlich deszendierende/absteigende Fasersysteme.
 - (D) Dem Crus anterius liegt medial der Nucleus caudatus an.
 - (E) Sie beherbergt in ihrem Crus anterius die Radiatio optica.
3. Welche der Strukturen steht mit dem Confluens sinuum direkt in Verbindung?
 - (A) Vena ophthalmica superior
 - (B) Sinus sagittalis inferior
 - (C) Vena cerebri interna
 - (D) Vena jugularis interna
 - (E) Sinus sagittalis superior
4. Welche Aussage trifft zu?
 - (A) Der Circulus arteriosus steht vorne über zwei Communicans-Arterien in Verbindung.
 - (B) Tiefe Hirnvenen münden direkt in das Sinussystem.
 - (C) Die Vena cerebri magna wird dem oberflächlichen Venensystem zugeordnet.
 - (D) Obere Anteile des Kleinhirns werden beidseits von je einer Arterie versorgt.
 - (E) Die Arteria carotis interna gibt in ihrem Halsbereich zahlreiche Äste zur Versorgung nervaler Strukturen ab.
5. Welche zwei Arterien scheiden den dritten Hirnnerven ein?
 - (A) Arteria cerebri posterior und Arteria cerebelli superior
 - (B) Arteria cerebri posterior und Arteria basilaris
 - (C) Arteria cerebri posterior und Arteria meningea media
 - (D) Arteria cerebri posterior und Arteria cerebelli inferior anterior
 - (E) Arteria cerebri posterior und Arteria cerebelli inferior posterior

Index**A**

A1-Segment 327
 Abduzensparese 340
 Adamkiewicz-Arterie *siehe* Arteria radicularis magna
 Agrammatismus 331
 Agraphie 332
 AICA *siehe* Arteria cerebelli inferior anterior
 Alexie 332
 Amaurosis fugax 324
 Aphasie 342
 Leitungsaphasie 332
 motorische Aphasie 331
 sensorische Aphasie 331
 Aquaporine 320
 Area postrema 320
 Arteria basilaris 325, 340
 Arteria carotis communis 322
 Arteria carotis interna 317, 322, 340
 Arteria centralis retinae 324
 Arteria cerebelli inferior anterior 325
 Arteria cerebelli inferior posterior 325
 Arteria cerebelli superior 326
 Arteria cerebri anterior 325, 327, 340
 Arteria cerebri media 325, 329, 341
 Arteria cerebri posterior 332, 341
 Arteria choroidea anterior 325
 Arteria communicans anterior 317, 327
 Arteria communicans posterior 317, 327
 Arteriae centrales anterolaterales 329
 Arteriae lenticulostriatae
siehe Arteriae centrales anterolaterales
 Arteriae occipitales medialis et lateralis 332
 Arteria hypophysialis 324
 Arteria ophthalmica 324
 Arteria praerolandica 330
 Arteria radicularis magna 343
 Arteria Rolandica *siehe* Arteria sulci centralis
 Arteria spinalis anterior 325, 343
 Arteria sulci centralis 330
 Arteria sulci praecentralis 330
 Arteria vertebralis 317, 325, 340
 arteriovenöse Kopplung 316
 Aspirin 321
 Astrozyt 318 f.

B

Barorezeptor 322
 Basalganglien 334

Blickdeviation 331
 Blut-Hirn-Schranke 318, 341
 Brechzentrum 320
 Broca-Sprachzentrum 331 f.
 Brückenvene 337

C

Canalis opticus 324
 Capsula interna 330, 334, 336
 Chemorezeptor 322
 Circulus arteriosus cerebri
siehe Circulus arteriosus Willisii
 Circulus arteriosus Willisii 317, 322, 340
 Confluens sinuum 339
 Corona radiata 336

E

Eminentia mediana 322
 Endothel 318, 320, 338
 Epiphyse 322

F

Falx cerebelli 338
 Falx cerebri 338
 Fasciculus arcuatus 332
 Fieber 321

G

Glia limitans perivascularis 318 f., 341
 Globus pallidus 329
 Glomus caroticum 322
 Gyrus angularis 332
 Gyrus cinguli 332
 Gyrus frontalis inferior 331
 Gyrus postcentralis 330
 Gyrus praecentralis 330
 Gyrus temporalis superior 331

H

Hemianästhesie 330
 Hemianopsie 333 f.
 Hemiplegie 330
 Hemisphärendominanz 343
 Homunkulus 342

I

Indometacin 321
 Interhemisphärenspalt 327
 Isthmus gyri cinguli 332

K

Karotissiphon 324
Kleinhirnbrückenwinkel 325

M

M1-Segment 329
M2-Segment 329
Macula lutea 333
Muskelpumpe 316

N

Neglect 334
Neologismus 331
Nervus oculomotorius 326
Neurohypophyse 322
Nucleus caudatus 334

O

Okulomotoriusparese 340
Organum subfornicale 321
Organum vasculosum laminae terminalis 321
OVL *siehe* Organum vasculosum laminae terminalis
Oxytocin 322

P

P1-Segment 333
P2-Segment 333
Pallidum *siehe* Globus pallidus
Putamen 329, 334, 336

S

Sella turcica 338
Sinus caroticus 322
Sinus cavernosus 324, 339
Sinus-cavernosus-Syndrom 340

Sinus durae matris 317, 338, 341
Sinus rectus 338
Sinus sagittalis inferior 338
Sinus sagittalis superior 338
Sinus sigmoideus 339
Sinus transversus 339
Spinalis-anterior-Syndrom 325
Striatum 329, 334
Substantia perforata anterior 329
Sulcus basilaris 325
Sulcus parietooccipitalis 327

T

Telegrammstil 331
Tentorium cerebelli 338
Tight junction 318, 341
Transportprotein 319 f., 341
Trochlearisparese 340
Truncus brachiocephalicus 322

V

Vena cerebri magna 337
Venae cerebri 337
Vena Galeni 337
Vena jugularis interna 339
Venenklappe 316
vertebro-basiläres Stromgebiet 325 f., 340

W

Wernicke-Sprachzentrum 331 f.

Z

zirkumventrikuläres Organ 320, 341
Zonula occludens *siehe* Tight junction

Weiterführende Literatur

1. Bechmann I, Galea I, Perry VH (2007) What is the blood-brain barrier (not)? *Trends Immunol* 28(1): 5-11
2. Miyata S (2015) New aspects in fenestrated capillary and tissue dynamics in the sensory circumventricular organs of adult brains. *Front Neurosci* 9: 390
3. Barrett AM, Goedert KM, Basso JC (2012) Prism adaptation for spatial neglect after stroke: translational practice gaps. *Nat Rev Neurol* 8(10): 567-77
4. Li K, Malhotra PA (2015) Spatial neglect. *Pract Neurol* 15(5): 333-9

Motorik

Motorische Areale des Zentralnervensystems

Motorik des Rumpfes und der Extremitäten

 Hierarchische Gliederung der Motorik und ihr Zusammenspiel

 Primärmotorischer Kortex

 Motorischer Homunkulus

 Pyramidales System der Motorik

 Extrapyramidales System der Motorik

Motorik des Kopf-Hals-Bereiches

 Tractus corticonuclearis

 Frontales Augenfeld

 Sprache

 Weitere Besonderheiten

Basalganglien

 Aufbau und Verschaltung der Basalganglien

 Motivation und Belohnung als Elemente motorischen Lernens

 Direkter und indirekter Weg der Basalganglien

 Heterogenität der medium-sized spiny neurons

 Projektionen der Substantia nigra in die Basalganglien

Kleinhirnschleife

 Steuerungsmechanismen des Kleinhirns

Zusammenfassung

Was das IMPP wissen möchte

Index

Weiterführende Literatur

Motorik

Motorische Areale des Zentralnervensystems

An der Planung, Steuerung und Ausführung von Motorik sind verschiedene Gehirnregionen des Zentralnervensystems beteiligt, die untereinander eng verknüpft sind. Die wichtigsten sind der primärmotorische Kortex, der prämotorische Kortex und der supplementärmotorische Kortex des Lobus frontalis, der Nucleus caudatus und das Putamen als subkortikale Kerngebiete des Telencephalons, Kerngebiete des Diencephalons (Globus pallidus und Nucleus subthalamicus), die graue Substanz des Hirnstamms (Substantia nigra, Nucleus ruber und Formatio reticularis) sowie das Kleinhirn.

Zwischen den hier genannten Elementen bestehen äußerst komplexe Regelkreise, die alle in die Steuerung, Regulation und Feinabstimmung von Bewegung eingreifen. Die Motorik wird über sogenannte **motorische Kerngebiete** zur Ausführung gebracht. Für die Aktivierung der Extremitäten und des Rumpfes liegen diese im Vorderhorn des Rückenmarks, jene zur Aktivierung der Kopfmuskulatur liegen im Hirnstamm. Die motorischen Kerngebiete in Rückenmark und Hirnstamm sind demnach am Ende einer langen, komplexen neuronalen Kette lokalisiert und bringen Bewegungsimpulse quasi „nur noch“ zur Ausführung.

Die α -Motoneurone des Rückenmarks und die motorischen Nervenzellen der Hirnnervenkerne werden von absteigenden Bahnen aktiviert. α -Motoneurone werden vom Tractus corticospinalis, die motorischen Hirnnervenkerne vom Tractus corticonuclearis aktiviert. Beide haben im Gyrus praecentralis, also im primärmotorischen Kortex, ihren Ursprung. In ihrem Verlauf vom Gyrus praecentralis zum Rückenmark bzw. Hirnstamm kreuzen die Fasern auf die Gegenseite, so dass die Motorik der linken Körperhälfte von der rechten Kortexhemisphäre reguliert wird. Selbiges gilt vice versa. Werden entweder die motorischen Rindenareale oder ihre Bahnen in Mitleidenschaft gezogen, resultiert auf der kontralateralen Seite ein motorisches Defizit. Je nachdem, wo die Schädigung liegt und wie ausgeprägt sie ist, kann eine schlaffe Parese (unvollständige Lähmung) oder eine Paralyse (vollständige Lähmung) resultieren. Auch eine spastische Parese ist möglich.

Motorik des Rumpfes und der Extremitäten

In einem ersten Schritt wollen wir verstehen, wie Motorik vor allem des Rumpfes und der Extremitäten zustande kommt, und wie beide Anteile zusammenarbeiten, um eine präzise Ausführung motorischer Impulse zu ermöglichen.

Hierarchische Gliederung der Motorik und ihr Zusammenspiel

Die an der Planung, Steuerung und Ausführung von Willkürmotorik beteiligten Strukturen können hierarchisch in vier Ebenen bzw. Stufen untergliedert werden (siehe Abb. 11.1):

Ebene I umfasst die **Planung und Steuerung**. Hierbei übernimmt der supplementärmotorische Kortex vor allem die Planung und Einleitung einer Bewegung, der prämotorische Kortex erstellt Bewegungsentwürfe und stimmt diese mit dem Kleinhirn und den Basalganglien ab.

Ebene II beschäftigt sich mit einer **Feinmodulation** der Bewegungsmuster sowie der **Anpassung** an die äußeren Gegebenheiten. Basalganglien und das Kleinhirn sind Elemente der Ebene II.

Ebene III vereinfacht betrachtet die **Weiterleitung** der Information zu den motorischen Kerngebieten. Nervenzellen des Gyrus praecentralis sind Elemente der Ebene III.

Ebene IV umfasst schlussendlich die Weiterleitung der (fertigen) Bewegungsimpulse von den motorischen Kerngebieten zur (quergestreiften) Skelettmuskulatur, wo sie letztendlich zur **Ausführung** kommen. Die motorischen Kerngebiete liegen entweder im Vorderhorn des Rückenmarks oder im Hirnstamm als motorische Hirnnervenkerne. Sie sind die Nervenzellen der Ebene IV.

Merke

Spricht man vom ersten Motoneuron, meint man eines aus der Ebene III, dessen neuronaler Zellkörper im Gyrus praecentralis sitzt. Das zweite Motoneuron hat seinen Zellkörper im Vorderhorn des Rückenmarks oder im Hirnstamm, gehört also zur Ebene IV der motorischen Regulation.



Nervenzellen der Ebene I regulieren vor allem die Aktivität des Gyrus praecentralis, können aber auch direkt oder indirekt über die Formatio reticularis des Hirnstamms auf die motorischen Kerngebiete des Rückenmarks projizieren. Diese Axone verlaufen nicht in der **Pyramidenbahn** und werden deshalb dem Pyramidensystem als **extrapyramidalmotorisches System** gegenübergestellt. Über solche extrapyramidalmotorische Bahnen werden vor allem die proximale Extremitätenmuskulatur und die Rumpfmuskulatur innerviert. Die motorischen Kerngebiete der Ebene IV repräsentieren die gemeinsame motorische Endstrecke, da sie Ziel aller absteigenden motorischen Bahnen sind und mit ihrem Axon direkt zur Skelettmuskulatur führen. Hier wird deutlich, dass das pyramidale und extrapyramidalmotorische System eng miteinander verknüpft sind.

Eine weitere Unterteilung der Motorik ist die in Haltemotorik/Stützmotorik und Zielmotorik. Die Zielmotorik meint **Willkürmotorik** für zielhafte (auf Erreichen eines bestimmten Punktes gerichtete) Bewegungen. Voraussetzung für eine sichere Ausführung ist die Intaktheit der Stützmotorik. Grob kann gesagt werden, dass das pyramidalmotorische System vor allem die Zielmotorik, das extrapyramidalmotorische System vor allem die **Haltemotorik** (Synonym: Stützmotorik) reguliert.