

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen, Begriffe und Definitionen</b>	<b>1</b>	2.2.24	Plexus coccygeus	51
1.1	Gliederung des Nervensystems	1	2.3	<b>Hirnnerven (Nervi craniales)</b>	54
1.2	Funktionsprinzip des Nervensystems	2	2.3.1	I. Hirnnerv: N. olfactorius	54
1.3	Zytologie und Histologie des Nervensystems	2	2.3.2	II. Hirnnerv: N. opticus	55
1.3.1	Das Neuron	2	2.3.3	III. Hirnnerv: N. oculomotorius	57
1.3.2	Gliagewebe	6	2.3.4	Ganglion ciliare	57
1.3.3	Struktur des peripheren Nervs	9	2.3.5	IV. Hirnnerv: N. trochlearis	59
1.3.4	Periphere Ganglien	10	2.3.6	V. Hirnnerv: N. trigeminus	59
1.4	Afferent und efferent, sensibel und motorisch	11	2.3.7	VI. Hirnnerv: N. abducens	65
1.5	Transmittersysteme	11	2.3.8	VII. Hirnnerv: N. facialis	67
1.6	Graue und weiße Substanz im ZNS	12	2.3.9	Ganglion pterygopalatinum und Ganglion submandibulare	69
1.7	Entwicklungsgeschichte des Nervensystems	13	2.3.10	VIII. Hirnnerv: N. vestibulocochlearis	70
1.7.1	Embryogenese des Nervensystems	13	2.3.11	IX. Hirnnerv: N. glossopharyngeus	71
1.7.2	Histogenese des Nervensystems	14	2.3.12	Ganglion oticum	73
1.7.3	Regionale Entwicklung des Nervensystems	16	2.3.13	X. Hirnnerv: N. vagus	74
<b>2</b>	<b>Peripheres Nervensystem</b>	<b>23</b>	2.3.14	XI. Hirnnerv: N. accessorius	77
2.1	Allgemeine Grundlagen	23	2.3.15	XII. Hirnnerv: N. hypoglossus	78
2.2	Spinalnerven (Nervi spinales)	24	2.3.16	Durchtritt der Hirnnerven durch die Schädelbasis	79
2.2.1	Segmentale und periphere Innervation	24	<b>3</b>	<b>Rückenmark (Medulla spinalis)</b>	<b>87</b>
2.2.2	Rami anteriores und Rami posteriores der Spinalnerven	27	3.1	Äußere Gestalt, Lage und Gliederung	87
2.2.3	Rumpfwandinnervation, Nn. intercostales	28	3.2	Rückenmarkshäute und entsprechende Räume	89
2.2.4	Plexus cervicalis und zervikale Nerven	29	3.3	Querschnittsbild des Rückenmarks	92
2.2.5	Plexus brachialis	31	3.4	Graue Substanz des Rückenmarks	93
2.2.6	N. cutaneus brachii medialis und N. cutaneus antebrachii medialis	33	3.4.1	Hinterhorn	94
2.2.7	N. ulnaris	34	3.4.2	Seitenhorn	95
2.2.8	N. musculocutaneus	36	3.4.3	Vorderhorn	95
2.2.9	N. medianus	36	3.4.4	Spinale Reflexe und Eigenapparat des Rückenmarks	95
2.2.10	N. axillaris	38	3.5	<b>Weißer Substanz des Rückenmarks: Rückenmarksbahnen</b>	<b>96</b>
2.2.11	N. radialis	38	3.5.1	Tractus spinothalamicus	98
2.2.12	Plexus lumbosacralis	40	3.5.2	Hinterstrangbahnen	99
2.2.13	N. iliohypogastricus und N. ilioinguinalis	42	<b>4</b>	<b>Übersicht über Gliederung und Außenansicht des Gehirns</b>	<b>109</b>
2.2.14	N. genitofemoralis	42	4.1	Gliederung und Definitionen	109
2.2.15	N. cutaneus femoris lateralis	43	4.2	Topographische Bezeichnungen	109
2.2.16	N. obturatorius	43	4.3	Lateral-, Basal- und Medialansicht des Gehirns	109
2.2.17	N. femoralis	43	<b>5</b>	<b>Verlängertes Mark (Medulla oblongata) und Brücke (Pons)</b>	<b>115</b>
2.2.18	N. gluteus superior und N. gluteus inferior	45	5 und 6	Hirnstamm	115
2.2.19	N. cutaneus femoris posterior	45			
2.2.20	N. ischiadicus	45			
2.2.21	N. fibularis (N. peroneus)	46			
2.2.22	N. tibialis	48			
2.2.23	N. pudendus	50			

5.1	Abgrenzung, äußere Gestalt und Gliederung	115	7.2.1	Purkinje-Zellschicht (Stratum purkinjense)	160
5.2	Hirnnervenkerne	117	7.2.2	Körnerschicht (Stratum granulosum)	162
5.2.1	Grundlagen	117	7.2.3	Molekularschicht (Stratum moleculare)	162
5.2.2	Lokalisation der Hirnnervenkerne im Hirnstamm und im oberen Zervikalmark	119	7.2.4	Verschaltungsprinzip der Kleinhirnrinde	162
5.2.3	Kerne des N. oculomotorius	120	7.3	<b>Afferente und efferente Verbindungen des Kleinhirns</b>	164
5.2.4	Kern des N. trochlearis	122	7.3.1	Afferente Bahnen	164
5.2.5	Kerne des N. trigeminus	122	7.3.2	Weiterleitung der Impulse von der Rinde zu den Kleinhirnkernen	165
5.2.6	Kern des N. abducens	123	7.3.3	Kleinhirnkern und efferente Bahnen	165
5.2.7	Kerne des N. facialis	123	7.4	<b>Funktion des Kleinhirns</b>	170
5.2.8	Kerne des N. vestibulocochlearis	124	7.5	<b>Funktionsstörungen des Kleinhirns</b>	172
5.2.9	Kerne des N. glossopharyngeus	126			
5.2.10	Kerne des N. vagus	126			
5.2.11	Kerne des N. accessorius	127	<b>8</b>	<b>Zwischenhirn (Diencephalon)</b>	179
5.2.12	Kern des N. hypoglossus	127	8.1	Abgrenzung, Gliederung und äußere Gestalt	179
5.2.13	Die Hirnnervenkerne: Übersicht	127	8.2	<b>Thalamus</b>	181
5.3	<b>Weitere Kernkomplexe in Medulla oblongata und Pons</b>	129	8.2.1	Thalamuskern mit Faserbeziehungen zu umschriebenen Kortexarealen	182
5.3.1	Olivenkernkomplex und oliväres System	129	8.2.2	Thalamuskern ohne Faserbeziehungen zu umschriebenen Kortexarealen	185
5.3.2	Brückenkerne (Ncl. pontis)	130	8.2.3	Funktionsausfall bei Schädigung des Thalamus	187
5.3.3	Hinterstrangkern (Ncl. gracilis und Ncl. cuneatus)	130	8.3	<b>Hypothalamus</b>	187
5.4	<b>Überblick über Querschnitte durch Medulla oblongata und Pons</b>	132	8.3.1	Einteilung der Kerngebiete des Hypothalamus	187
			8.3.2	Vordere Kerngruppe des Hypothalamus	187
<b>6</b>	<b>Mittelhirn (Mesencephalon)</b>	137	8.3.3	Mittlere Kerngruppe des Hypothalamus	188
6.1	Abgrenzung, äußere Gestalt und Gliederung	137	8.3.4	Hintere Kerngruppe des Hypothalamus	189
6.2	<b>Tectum mesencephali</b>	138	8.3.5	Faserverbindungen des Hypothalamus	189
6.2.1	Colliculi superiores	138	8.4	<b>Hypophyse</b>	190
6.2.2	Colliculi inferiores	139	8.5	<b>Epithalamus</b>	193
6.3	<b>Tegmentum mesencephali</b>	139	8.5.1	Epiphyse (Glandula pinealis)	193
6.3.1	Ncl. ruber	139	8.5.2	Habenula und Stria medullaris	194
6.3.2	Substantia nigra	140	8.5.3	Area pretectalis	194
6.3.3	Formatio reticularis	142	8.5.4	Commissura posterior	194
6.3.4	Zentrale Verschaltung der Augenmuskelkerne, Augenbewegungszentren	147	8.6	<b>Subthalamus</b>	194
6.4	<b>Crura cerebri</b>	149	<b>9</b>	<b>Großhirn (Telencephalon) und funktionelle Bahnsysteme</b>	199
6.5	<b>Bahnsysteme des Hirnstamms</b>	150	9.1	Äußere Gestalt und Gliederung	200
6.5.1	Kortikospinale und kortikonukleäre Bahn	150	9.1.1	Entstehung der Hirnlappen und Rotation der Hemisphären	203
6.5.2	Kortikopontine Bahnen	150	9.1.2	Entwicklungsgeschichtliche Gliederung des Großhirns	203
6.5.3	Lemniscus medialis und Lemniscus trigeminalis	150	9.1.3	Rindenfeldergliederung nach Brodmann	203
6.5.4	Tractus spinothalamicus	152	9.2	<b>Basalganglien und assoziierte Strukturen, zentrale Regulation der Motorik</b>	204
6.5.5	Lemniscus lateralis	152	9.2.1	Lage und Morphologie der Basalganglien	205
6.5.6	Fasciculus longitudinalis medialis	152	9.2.2	Striatum	205
6.5.7	Fasciculus longitudinalis posterior	152	9.2.3	Pallidum (Globus pallidus)	208
6.5.8	Tractus tegmentalis centralis	152	9.2.4	Ncl. subthalamicus	209
<b>7</b>	<b>Kleinhirn (Cerebellum)</b>	157	9.2.5	Genauer Verschaltungsprinzip der Basalganglien	209
7.1	Äußere Gestalt und Gliederung	157			
7.2	Mikroskopische Anatomie der Kleinhirnrinde	160			

9.2.6	Clastrum	210	9.10.2	Viszerosensible und gustatorische Bahn, viszerosensibler und gustatorischer Kortex	247
9.2.7	Zusammenwirken der Basalganglien und zentrale Regulation der Motorik	210	9.11	<b>Bahnsysteme innerhalb des Großhirns</b>	248
9.3	<b>Paleokortex und Riechhirn</b>	212	9.11.1	Corpus callosum (Balken)	248
9.3.1	Riechbahn und Riechrinde (olfaktorischer Kortex)	212	9.11.2	Capsula interna	249
9.3.2	Septumregion (Area septalis)	213	9.12	<b>Frontal-, Horizontal- und Sagittalschnitte durch Groß- und Zwischenhirn</b>	250
9.3.3	Corpus amygdaloideum	213	9.12.1	Frontalschnitte	250
9.3.4	Basale Vorderhirnstrukturen	214	9.12.2	Horizontalschnitte	255
9.4	<b>Archikortex und limbisches System</b>	214	9.12.3	Sagittalschnitte	256
9.4.1	Bestandteile des limbischen Systems	214	<b>10</b>	<b>Liquor-, Ventrikelsystem und Hirnhäute</b>	265
9.4.2	Hippocampus	215	10.1	<b>Liquor- und Ventrikelsystem</b>	265
9.4.3	Histologie des Hippocampus und des Archikortex	217	10.1.1	Ventrikelsystem	265
9.4.4	Anatomische Grundlagen des Gedächtnisses	218	10.1.2	Liquorbildung und Plexus choroideus	267
9.4.5	Gyrus cinguli	218	10.1.3	Liquorresorption	268
9.4.6	Funktion des limbischen Systems	219	10.1.4	Funktion des Liquors	269
9.5	<b>Neokortex</b>	221	10.2	<b>Hirnhäute (Meningen)</b>	269
9.5.1	Funktionelle Gliederung	221	10.2.1	Dura mater	269
9.5.2	Histologie des Neokortex	221	10.2.2	Arachnoidea mater	271
9.6	<b>Frontallappen</b>	224	10.2.3	Pia mater	272
9.6.1	Gyrus precentralis, Pyramidenbahn und pyramidale Motorik	224	10.2.4	Liquorzisternen	272
9.6.2	Prämotorische und supplementärmotorische Rinde	228	10.2.5	Blutversorgung und Innervation der Meningen	272
9.6.3	Frontales Augenfeld	228	<b>11</b>	<b>Blutversorgung des Gehirns</b>	275
9.6.4	Motorisches Sprachzentrum	229	11.1	<b>Grundlagen</b>	275
9.6.5	Frontales Blasenzentrum	230	11.1.1	Versorgungsprinzip	275
9.6.6	Präfrontale Rinde	230	11.1.2	Blut-Hirn-Schranke	275
9.7	<b>Parietallappen</b>	230	11.2	<b>Große zuführende Gefäße</b>	276
9.7.1	Somatosensible Bahnen, afferentes System zur sensiblen Rinde	230	11.2.1	A. carotis interna	276
9.7.2	Gyrus postcentralis, primäre somatosensible Rinde	235	11.2.2	A. vertebralis	277
9.7.3	Sekundäre somatosensible Rinde und posteriorer parietaler Kortex	235	11.2.3	Circulus arteriosus cerebri	279
9.7.4	Vestibuläre Bahn und vestibulärer Kortex	236	11.3	<b>Die drei großen Gehirnarterien</b>	280
9.7.5	Gyrus angularis	238	11.3.1	A. cerebri anterior	280
9.8	<b>Okzipitallappen und visuelles System</b>	238	11.3.2	A. cerebri media	281
9.8.1	Sehbahn, afferentes System zur Sehrinde	238	11.3.3	A. cerebri posterior	283
9.8.2	Primäre Sehrinde	239	11.3.4	Darstellung der Gehirngefäße am Lebenden	284
9.8.3	Sekundäre Sehrinde und weitere visuelle Rindenfelder	241	11.4	<b>Hirnvenen und Sinus durae matris</b>	285
9.9	<b>Temporallappen, auditorisches System und zentrale Regulation der Sprache</b>	242	11.4.1	Oberflächliche Venen	285
9.9.1	Hörbahn, afferentes System zur Hörrinde	242	11.4.2	Tiefe Venen	286
9.9.2	Primäre Hörrinde	243	11.4.3	Sinus durae matris	287
9.9.3	Sekundäre Hörrinde	244	<b>12</b>	<b>Vegetatives Nervensystem</b>	295
9.9.4	Einige sprachassoziierte Schaltkreise	246	12.1	Funktionelle Grundlagen	295
9.10	<b>Inselrinde (Lobus insularis) und „multisensorischer“ Kortex</b>	247	12.2	Anatomische Grundlagen	297
9.10.1	Multisensorischer Kortex der Inselrinde	247	12.3	Transmitter und Rezeptoren	300
			12.4	Vegetative (autonome) Plexus	300
			12.5	Sympathikus	301
			12.5.1	Halsteil des Truncus sympathicus	301
			12.5.2	Brustteil des Truncus sympathicus	302

## X Inhaltsverzeichnis

12.5.3	Bauch- und Beckenteil des Truncus sympathicus	303	13.2	Ohr	331
12.6	Parasympathikus	304	13.2.1	Äußeres Ohr	332
12.6.1	Hirnstammzentren	304	13.2.2	Mittelohr	333
12.6.2	Sakrale Zentren	304	13.2.3	Innenohr	336
12.7	Vegetative Kontrolle von Harnblase, Rektum und Genitalien	304	13.3	Geruchsorgan	343
12.7.1	Harnblase	304	13.4	Geschmacksorgan	344
12.7.2	Rektum	307	13.5	Haut und Hautanhangsgebilde	345
12.7.3	Genitale	307	13.5.1	Haut: Allgemeines und Funktion	345
12.8	Viszerale Afferenzen und Head-Zonen	308	13.5.2	Mikroskopische Anatomie der Haut	345
12.9	Enterisches Nervensystem	309	13.5.3	Sinnesorgane der Haut	347
<b>13</b>	<b>Sinnesorgane</b>	<b>315</b>	13.5.4	Hautanhangsgebilde	348
13.1	Auge	315	13.6	Sinnesorgane des Bewegungsapparates	351
13.1.1	Aufbau und Gliederung des Augapfels (Bulbus oculi)	315	<b>14</b>	<b>Fallbeispiele mit Wiederholungsfragen</b>	<b>359</b>
13.1.2	und 13.1.3 Tunica fibrosa bulbi	316	14.1	Spinalnerven	359
13.1.2	Kornea	316	14.2	Hirnnerven	363
13.1.3	Sklera	318	14.3	Rückenmark	365
13.1.4	Tunica vasculosa bulbi (Uvea)	318	14.4	Gehirn	366
13.1.5	Tunica interna bulbi (Retina)	319	14.5	Lösungen	371
13.1.6	Iris	323	14.5.1	Spinalnerven	371
13.1.7	Linse (Lens)	325	14.5.2	Hirnnerven	374
13.1.8	Corpus ciliare (Ziliarkörper)	325	14.5.3	Rückenmark	376
13.1.9	Augenkammern und Kammerwasser	326	14.5.4	Gehirn	377
13.1.10	Corpus vitreum (Glaskörper)	326	<b>15</b>	<b>Tabelle der Transmittersysteme</b>	<b>383</b>
13.1.11	Visuelle Reflexe	326	<b>Anhang</b>		<b>389</b>
13.1.12	Umgebungsstrukturen und Schutzorgane des Auges	327	Abbildungsnachweis		389
13.1.13	Augenmuskeln	330	Die Zeichner		389
			Glossar		390
			Register		397

# 11

## Blutversorgung des Gehirns

<b>11.1 Grundlagen</b> .....	275	11.3.3 A. cerebri posterior .....	283
11.1.1 Versorgungsprinzip .....	275	11.3.4 Darstellung der Gehirngefäße am Lebenden .....	284
11.1.2 Blut-Hirn-Schranke .....	275		
<b>11.2 Große zuführende Gefäße</b> .....	276	<b>11.4 Hirnvenen und Sinus durae matris</b> .....	285
11.2.1 A. carotis interna .....	276	11.4.1 Oberflächliche Venen .....	285
11.2.2 A. vertebralis .....	277	11.4.2 Tiefe Venen .....	286
11.2.3 Circulus arteriosus cerebri .....	279	11.4.3 Sinus durae matris .....	287
<b>11.3 Die drei großen Gehirnarterien</b> .....	280		
11.3.1 A. cerebri anterior .....	280		
11.3.2 A. cerebri media .....	281		

### 11.1 Grundlagen

#### 11.1.1 Versorgungsprinzip

Das Gehirn wird aus vier großen extrakraniellen Arterien mit Blut versorgt:

- rechte und linke **A. carotis interna**
- rechte und linke **A. vertebralis**.

Die Stromgebiete dieser vier Arterien sind an der Schädelbasis durch einen großen Anastomosenkreis miteinander verbunden, den **Circulus arteriosus cerebri (Willisii)**.

#### KLINIK

##### Stenosen der hirnversorgenden Arterien

Eine **Stenose** (= Lumenverengung) der Arterien ist meist durch Arteriosklerose bedingt. Aufgrund des Anastomosenkreises kann selbst eine Lumenverengung bis >90% bei der A. carotis interna einer Seite völlig symptomlos bleiben, da die Blutversorgung im entsprechenden Stromgebiet über den Circulus arteriosus von der kontralateralen A. carotis und den beiden Vertebralarterien aus übernommen wird. Dies gilt allerdings nur, wenn die Stenose sich **langsam (chronisch)** entwickelt, sodass sich der Kollateralkreislauf richtig ausweiten kann. Eine **plötzlich (akut)** eintretende Stenose um 90% kann nicht kompensiert werden.

Anders als die inneren Organe wie z. B. Niere oder Leber hat das Gehirn **keinen Hilus**, in dem die Gefäße aus- und eintreten. Alle versorgenden Arterien und Venen verlaufen an der Oberfläche des Gehirns in den Sulci und anderen Furchen entlang, um dann

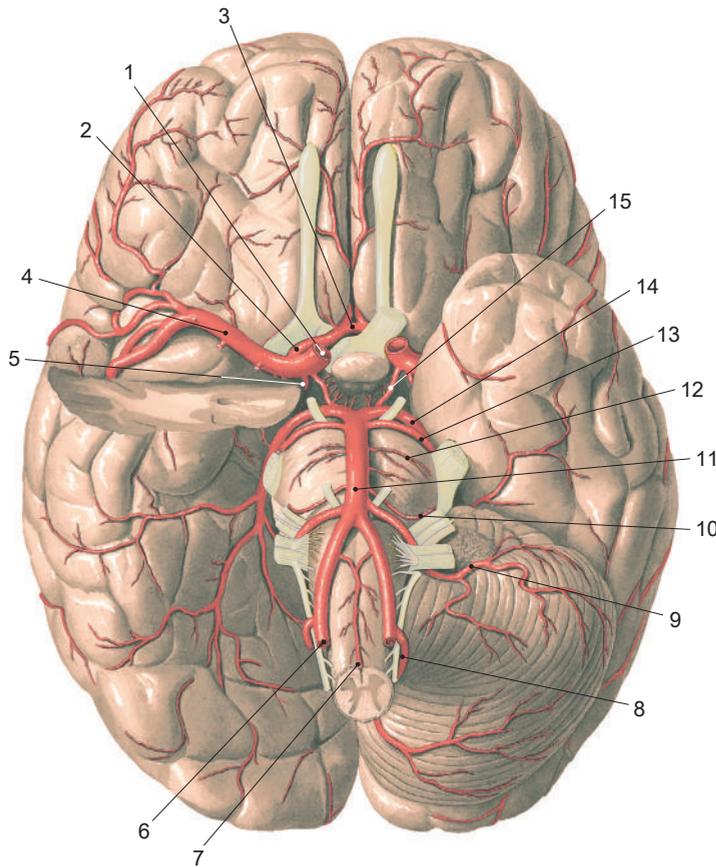
von allen Seiten aus zentripetal ins Innere des Organs einzudringen (> Abb. 11.1). Innerhalb des Gehirns ist das Kapillarnetz in der grauen Substanz extrem dicht, in der weißen Substanz eher weitmaschig angelegt. Eine weitere Besonderheit des Gehirnkreislaufs im Vergleich zur Blutversorgung anderer Organe liegt im völlig **unterschiedlichen Verlauf von Venen und Arterien**.

#### 11.1.2 Blut-Hirn-Schranke

Die Blut-Hirn-Schranke dichtet das Gehirn- oder Rückenmarksgewebe gegen das Blut ab. Diese Barriere ist aus drei Schichten aufgebaut:

- den **Endothelien** der Kapillaren,
- der darunter liegenden Basalmembran und
- den **Fortsätzen von Astrozyten**.

Die Endigungen dieser Fortsätze liegen eng aneinander gereiht an der Basalmembran der Hirnkapillaren und bilden so die äußere Schicht der Blut-Hirn-Schranke. Die eigentliche „Filterschicht“ ist jedoch das innen liegende Endothel mit seinen **Tight junctions**. Die Bildung dieser dichten Interzellularverbindungen wird durch die Astrozytenfortsätze induziert. So wird eine Barrikade für alle sonst kapillargängigen Stoffe gebildet, die dadurch entweder selektiv *durchgelassen* oder an der Penetration in das sehr empfindliche Hirngewebe *gehindert* werden. Dies geschieht in Abhängigkeit von der chemischen Beschaffenheit des Stoffes (Molekülgröße, Ionen-Ladung, Lipophilie etc.). Aber auch andere, differenziertere Unterschei-



**Abb. 11.1 Arterien des Gehirns von basal** (nach Teilentfernung des rechten Temporallappens und der rechten Kleinhirnhälfte). Es sind nur die wichtigsten Gefäße bezeichnet.

**Stromgebiet der A. carotis interna:** 1 A. carotis interna, 2 A. cerebri anterior, 3 A. communicans anterior, 4 A. cerebri media, 5 A. choroidea anterior.

**Stromgebiet der A. vertebralis:**

6 A. vertebralis, 7 A. spinalis anterior, 8 A. inferior posterior cerebelli, 9 A. inferior anterior cerebelli, 10 A. labyrinthi (zum Innenohr), 11 A. basilaris mit 12 Ästen zum Pons (Aa. pontis), 13 A. superior cerebelli, 14 A. cerebri posterior, 15 A. communicans posterior. (Aus [S007-3-23])

dungskriterien zwischen einzelnen Nährstoffen, Hormonen, Elektrolyten oder „Giftstoffen“ liegen dieser Selektion zugrunde. Durch die Blut-Hirn-Schranke werden potentiell neurotoxische Stoffe vom Nervengewebe mit seiner sehr eingeschränkten Regenerationsfähigkeit nach Schädigung ferngehalten. Zudem ist sie ein Schutz des Gehirns gegen die Schwankungen der Plasmazusammensetzung, so auch von Stoffen wie Noradrenalin, Glycin etc., die im ZNS als Neurotransmitter vorkommen und dort die topisch streng geordneten Funktionsabläufe stören könnten.

Die Blut-Hirn-Schranke fehlt in Hirnbereichen, deren neuroendokrine (z. B. Hypophyse) oder chemosensorische (z. B. Area postrema) Funktion eine direkte Kommunikation mit der Blutbahn erfordert. Diese Bereiche werden als **neurohämale Region** bezeichnet und finden sich in den **zirkumventrikulären Organen** (> Kap. 10.1.1).

## KLINIK

### Schrankenstörung

Unter krankhaften Bedingungen, insbesondere im Rahmen einer **Entzündung** (z. B. bei Infektionen, in der Nähe von Tumoren oder nach Traumatisierung), kann die **Blut-Hirn-Schranke durchlässig** werden, was man meist kurz als **Schrankenstörung** bezeichnet. Dies haben wir z. B. in den vorausgegangenen Kapiteln immer wieder in Form des beschriebenen Ödems in den Bildern von Hirntumoren gesehen. Infolge dieser Schrankenstörung können auch Stoffe in das

umgebende Hirn- oder Rückenmarksgewebe gelangen, die normalerweise an der Penetration ins gesunde ZNS-Gewebe gehindert werden. Das trifft auch für bestimmte Medikamente (was man sich therapeutisch zunutze macht) oder Kontrastmittel zu, was bei radiologischen Untersuchungen zum Nachweis einer gestörten Blut-Hirn-Schranke eine große Rolle spielt.

## 11.2 Große zuführende Gefäße

### 11.2.1 A. carotis interna

Die A. carotis communis teilt sich in die A. carotis externa und A. carotis interna. Die A. carotis interna zieht, *ohne einen Ast abzugeben* bis zur Schädelbasis. Sie durchläuft die Schädelbasis im **Canalis caroticus** des Felsenbeins und tritt im Bereich des **Sinus cavernosus** (s. u.) in die Schädelhöhle ein. Diesen Sinus durchläuft sie lateral der Hypophyse S-förmig nach oben ziehend (> Abb. 11.2, 10). Nach Verlassen des Sinus verläuft sie unter Abgabe kleinerer Äste (s. u.) im Subarachnoidealraum (Cisterna chiasmatica) ein kleines Stück nach vorne bis in Höhe der Substantia perforata anterior des Frontalhirns, wo sie sich in die

- A. cerebri anterior und die
- A. cerebri media



obere Ende des Wirbelkanals eintritt. Sie hat dabei einen stark gewundenen Verlauf, um so bei den weiten Bewegungsumfängen in den oberen Zervikalwirbeln nicht überdehnt zu werden. Sie zieht anschließend lateral der Medulla oblongata durch das Foramen magnum in die Schädelhöhle hinein (➤ Abb. 11.1, 6). Am Unterrand der Brücke vereinigt sie sich mit der A. vertebralis der Gegenseite zur

- **A. basilaris** (➤ Abb. 11.1, 11).

Diese zieht in der Medianebene am Pons entlang und zweigt sich an dessen Oberrand in die beiden

- **Aa. cerebri posteriores** (➤ Abb. 11.1, 14)

auf. Diese versorgen den Okzipital- und z. T. auch den Temporalappen der jeweiligen Seite.

### Blutversorgung des Hirnstamms und des Kleinhirns

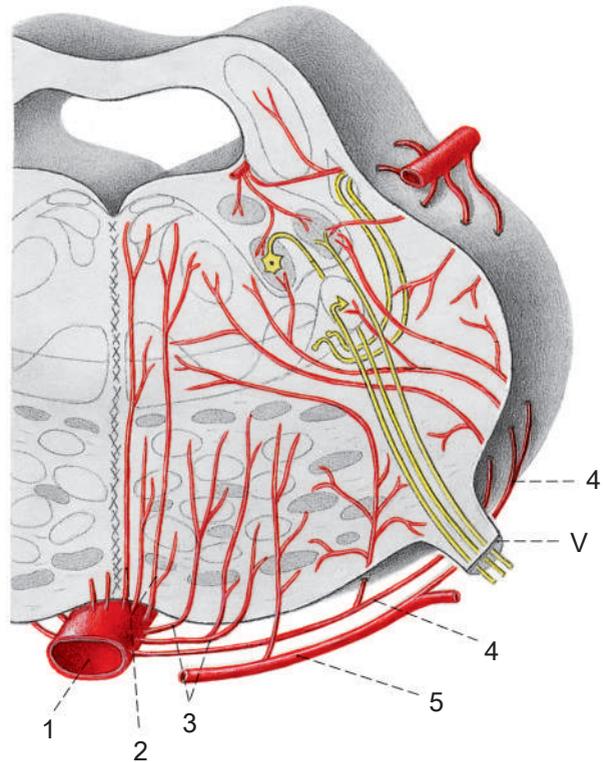
Vor der Aufzweigung in die beiden Aa. cerebri posteriores geben A. vertebralis und A. basilaris wichtige Äste zur **Versorgung des Kleinhirns** und des Hirnstamms ab. Dabei geben die A. vertebralis die **A. inferior posterior cerebelli** (➤ Abb. 11.1, 8) und die A. basilaris zuerst die **A. inferior anterior cerebelli** und danach – kurz vor ihrer Aufzweigung – die **A. superior cerebelli** ab (➤ Abb. 11.1, 9 und 13). Das Kleinhirn wird also z. T. aus der A. vertebralis, z. T. aus der A. basilaris versorgt. Zum Abgang der Rückenmarksarterien ➤ Kap. 3.6 (➤ Abb. 11.1, 7: **A. spinalis anterior**).

Die **Kleinhirnarterien** versorgen zusätzlich den Plexus choroideus des IV. Ventrikels (A. inferior posterior cerebelli, die lateralen Anteile von Medulla oblongata und Pons (A. inferior anterior cerebelli) sowie das Innenohr (über die A. labyrinthi, die meist aus der A. inferior anterior cerebelli – seltener direkt aus der A. basilaris – entspringt und zusammen mit dem VIII. Hirnnerv zum Innenohr gelangt).

Die **Blutversorgung des Hirnstamms** (➤ Abb. 11.3) lässt sich vereinfacht in drei Bereiche einteilen: ventromedial, ventrolateral und dorsolateral.

Die **ventromedialen Anteile des Hirnstamms** werden aus direkten kleinen Ästen der A. vertebralis (Medulla oblongata), A. basilaris (Pons) oder A. cerebri posterior (Mesencephalon) versorgt. Dabei gibt es vor allem im Medulla-oblongata-Bereich durch die beiden Aa. vertebrales eine deutliche Seitentrennung in der Versorgung, sodass eine einseitige Durchblutungsstörung in der A. vertebralis zu isolierten Schäden in *einer* Hälfte dieses Hirnstammabschnitts führt.

Die **ventrolateralen und dorsolateralen Hirnstammanteile** werden von kurzen (lateral) und langen (dorsal) Ästen der A. basilaris oder der Kleinhirnarterien (Medulla oblongata, Pons und z. T. Mesencephalon) und der A. cerebri posterior (Mesencephalon) versorgt.



**Abb. 11.3 Blutversorgung des Hirnstamms.**

Beispielhaft gezeigt ist ein Querschnitt in Höhe des Pons (unten im Bild = ventral, oben = dorsal). Die Hirnstammdurchblutung gliedert sich vereinfacht in drei Abschnitte: einen ventromedialen, einen ventrolateralen und einen dorsolateralen Bereich.

**1** A. basilaris. Diese gibt die **2** und **3** Aa. pontis zur Versorgung des Pons ab: **2** Rr. mediales (Rr. ad pontem mediani) zur Versorgung der medialen Ponsabschnitte und **3** Rr. laterales (Rr. ad pontem breves) zur Versorgung der ventrolateralen Ponsabschnitte. Die ganz lateralen und dorsalen Abschnitte werden aus den **4** Rr. ad pontem longi versorgt, die z. T. (insbesondere in der Medulla oblongata) auch aus der **5** A. cerebelli inferior anterior entspringen. **V** N. trigeminus. (Aus [S010-2-16])

### KLINIK

#### Durchblutungsstörungen im vertebrobasilären Bereich

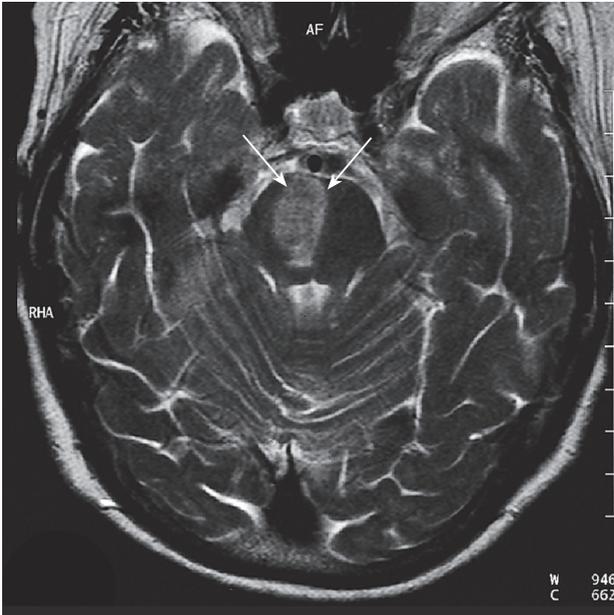
Folgende Symptome stehen im Vordergrund:

- **Schwindelgefühl** und **Ohrgeräusche** (Minderversorgung des Innenohrbereichs und der Medulla oblongata mit den Cochlearis- und Vestibulariskernen)
- **Gleichgewichtsstörungen** (Minderversorgung des Innenohrs, der Medulla oblongata und des Kleinhirns)
- **Sehstörungen** (Minderversorgung der Sehrinde, der Sehstrahlung und partiell des Corpus geniculatum laterale)
- **Bewusstseinsstörungen** (Minderversorgung der Formatio reticularis mit ARAS)
- **Lähmungen** und **Sensibilitätsstörungen** (Minderversorgung der großen auf- und absteigenden Bahnen oder der Hirnnervenkerne).

Diese Symptome sind oft nur auf eine Seite beschränkt, da nur einzelne Äste der A. vertebralis oder A. basilaris verschlossen sind (klinisches Beispiel in ➤ Abb. 11.4).

Ein völliger Verschluss der A. basilaris (**Basilaristhrombose**) ist die gefährdeteste Form des Hirninfarkts und verläuft durch den Ausfall lebenswichtiger Zentren (insbesondere Atemzentrum) im Hirnstamm meistens tödlich.

Ein sog. **Subclavian-Steal-Syndrom** tritt bei einer Stenose der A. subclavia vor der Abzweigung der A. vertebralis auf. Wird durch entsprechende Muskelbewegungen die Durchblutung in der oberen Extremität gesteigert, die sonst durch die A. subclavia versorgt wird, dreht sich in der A. basilaris der Blutstrom um, und der Arm wird über A. carotis interna – Circulus arteriosus – A. basilaris und schließlich über eine Strömungsumkehr in der A. vertebralis mit Blut versorgt, was in einer Mangelversorgung des vertebrobasilären Versorgungsbereichs im Gehirn resultiert.



**Abb. 11.4 Hirnstammsult.**

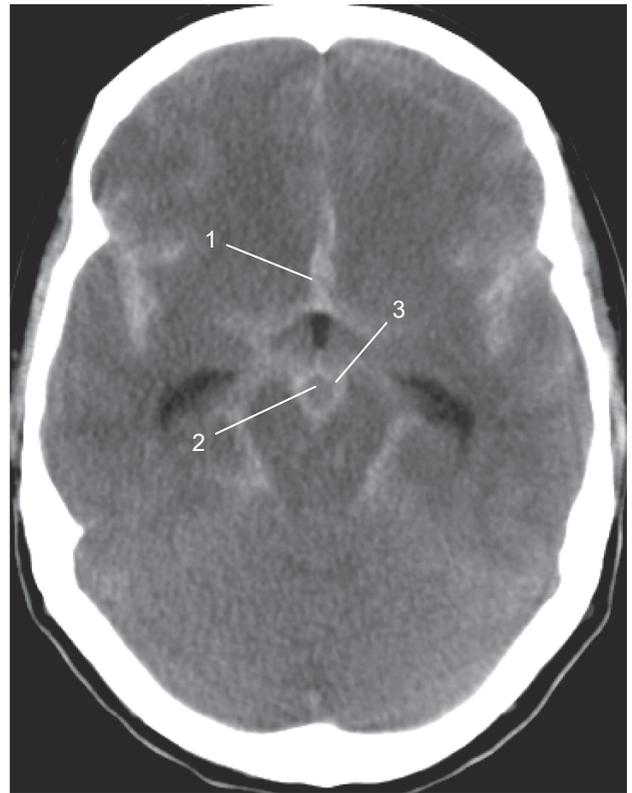
Kernspintomographie des pontomesenzephalen Übergangs bei einseitigem Verschluss der Rr. mediales und laterales aus den Aa. pontis der A. basilaris (> Abb. 11.3, beachte jedoch die unterschiedliche topografische Ausrichtung der Abbildung: oben ist ventral, unten ist dorsal). Dadurch einseitige Minderversorgung des medialen und ventralen Hirnstamms in dieser Höhe. Das infarzierte Areal (durch Pfeile markiert) grenzt sich hell gegen das umliegende Hirnstammgewebe ab.

**Symptomatik des Patienten:** Halbseitenlähmung (Hemiparese) kontralateral durch Läsion der kortikospinalen und kortikonukleären Bahn sowie Halbseitensensibilitätsstörung (Hemihypästhesie) durch Läsion des Lemniscus medialis.

(Bild mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. J. Klisch)

### 11.2.3 Circulus arteriosus cerebri

Der Circulus arteriosus cerebri (Willisii) ist ein Gefäßsystem, das den **vorderen Hirnkreislauf** (der hämodynamisch aus den beiden Aa. carotides internae gespeist wird) und den **hinteren Hirnkreislauf** (der hämodynamisch aus den beiden Aa. vertebrales gespeist wird) über Anastomosenerterien miteinander verbindet. Auch **rechter** und **linker** Hirnkreislauf werden auf diese Weise verbunden (> Abb. 11.2). So geht aus der linken



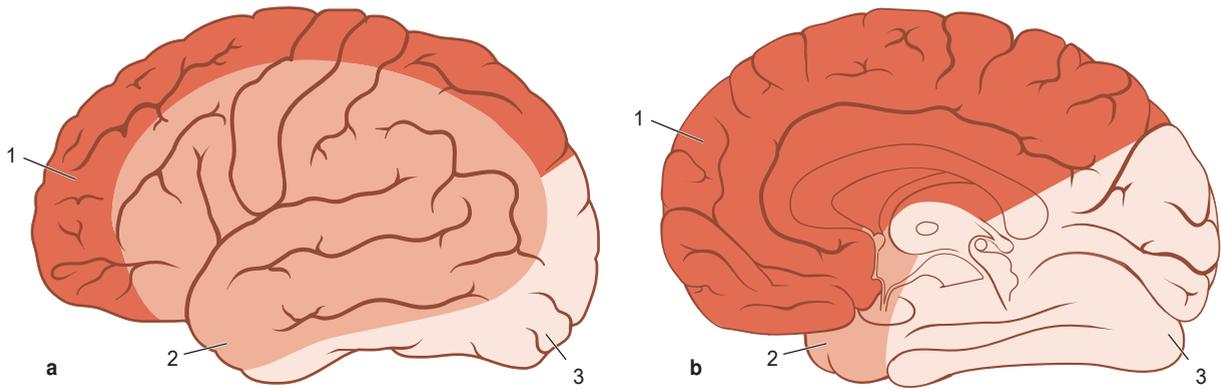
**Abb. 11.5 Subarachnoidealblutung bei Ruptur eines Aneurysmas der A. basilaris (Computertomographie).** Das frische Blut, das sich im Subarachnoidealraum (hier sichtbar in sämtlichen basalen Liquorzisternen bis in die Fissura und Fossa lateralis) ausdehnt, stellt sich weiß dar. Die inneren Liquorräume (Ventrikel) sind nicht blutgefüllt und stellen sich deshalb schwarz dar.

**1** Blut in der Cisterna chiasmatica, **2** Aneurysma am rostralen Ende der A. basilaris, erkennbar an der Aussparung innerhalb der Blutung in der **3** Cisterna interpeduncularis.

(Bild mit freundlicher Genehmigung von PD Dr. A. Berlis)

und rechten A. carotis interna je eine **A. communicans posterior** ab (> Abb. 11.2, 4), die eine Anastomose zwischen den Aa. carotides internae und den beiden Aa. cerebri posteriores (> Abb. 11.2, 3) bildet. Letztere sind wiederum selbst über ihren gemeinsamen Ursprung aus der A. basilaris (> Abb. 11.2, 2) miteinander verbunden. Die beiden Aa. cerebri anteriores schließlich sind durch die **A. communicans anterior** verbunden (> Abb. 11.2, 7), sodass der Kreislauf geschlossen ist. Wie oben erwähnt, kann über dieses beim Gesunden nur wenig durchblutete Kollateralverbindungssystem der Ausfall einer der großen zuführenden Arterien von den anderen Gefäßen kompensiert werden unter der Voraussetzung, dass die Durchblutungsstörung strömungstechnisch *vor* dem Circulus arteriosus liegt und nicht plötzlich, sondern über einen Zeitraum von Wochen oder Monaten eintritt, sodass sich das Kollateralgefäßbett ausweiten kann.

Es ist klinisch von großer Bedeutung, dass alle großen gehirnversorgenden Arterien einschließlich des Circulus arteriosus im **Subarachnoidealraum** verlaufen.



## KLINIK

### Aneurysmen und Subarachnoidealblutungen

Der *Circulus arteriosus cerebri* sowie der Beginn der großen daraus hervorgehenden Arterien ist sehr häufig der Sitz sog. **Aneurysmen**<sup>1</sup>. Dies sind arterielle Gefäßwandfehlbildungen, denen vor allem eine mangelhafte Ausbildung der Muskelschicht zugrunde liegt, wodurch es zu einer dünnwandigen Aussackung des Gefäßes kommt. Solche zerebralen Aneurysmen platzen (rupturieren) gelegentlich spontan und führen so zu Blutungen, die fast immer **Subarachnoidealblutungen** sind (klinisches Beispiel > Abb. 11.5). Im Gegensatz zu *epiduralen* (> Kap. 10.2.5) oder *subduralen* (> Kap. 11.4.1) kann man bei *subarachnoidealen* Blutungen stets **Blut im Liquor** nachweisen, da diese in den äußeren Liquorraum (entspricht dem Subarachnoidealraum) hinein erfolgen (> Abb. 11.18c). Das in den Subarachnoidealraum austretende Blut verursacht extreme Schmerzen (Reizung der Hirnhäute) und Spasmen der hirnersorgenden Arterien. Deshalb sind Subarachnoidealblutungen grundsätzlich lebensbedrohlich.

## 11.3 Die drei großen Gehirnarterien

Für die Versorgung des Groß- und Zwischenhirns sind vor allem drei große und besonders wichtige Arterien zuständig:

- **A. cerebri anterior,**
- **A. cerebri media,** und
- **A. cerebri posterior.**

Jeder dieser Arterien ist ein bestimmtes Versorgungsgebiet im Zwischen- und Großhirnbereich zugeordnet (> Abb. 11.6), wobei diese Gebiete fast ausschließlich von der entsprechenden Arterie versorgt werden und nur bei *langsamem* Verschluss (meist durch zunehmende Arteriosklerose) über Kollateralen der angrenzenden Arterie in den Randgebieten mitversorgt werden können.

Eine Synopsis der Gehirnarterien und ihrer Versorgungsgebiete ist in > Abb. 11.7 dargestellt.

Abb. 11.6 Versorgungsgebiete der drei großen Gehirnarterien.

a Lateralansicht.

b Medialansicht.

c Horizontalschnitt.

1 A. cerebri anterior, 2 A. cerebri media, 3 A. cerebri posterior.

### 11.3.1 A. cerebri anterior

#### Verlauf

Die A. cerebri anterior zweigt sich aus der A. carotis interna ab (> Abb. 11.1, 2). Sie zieht über das Chiasma opticum hinweg und – nach Abgabe der A. communicans anterior – in den Interhemisphärenspalt. Dort verläuft sie vorne um das Balkenknie herum auf die Dorsalseite des Balkens und teilt sich dabei in ihre beiden Hauptäste, die **A. pericallosa** und die **A. callosomarginalis**, auf (> Abb. 11.8, 2 und 3). Unter Abgabe zahlreicher Äste verlaufen diese bis zur Grenze von Parietal- zu Okzipitallappen (> Abb. 11.8, 2 - 6). Der Anteil der A. cerebri anterior vor Abgang der A. communicans anterior (**Pars precom-**

<sup>1</sup> aneurysma (gr.) = Erweiterung

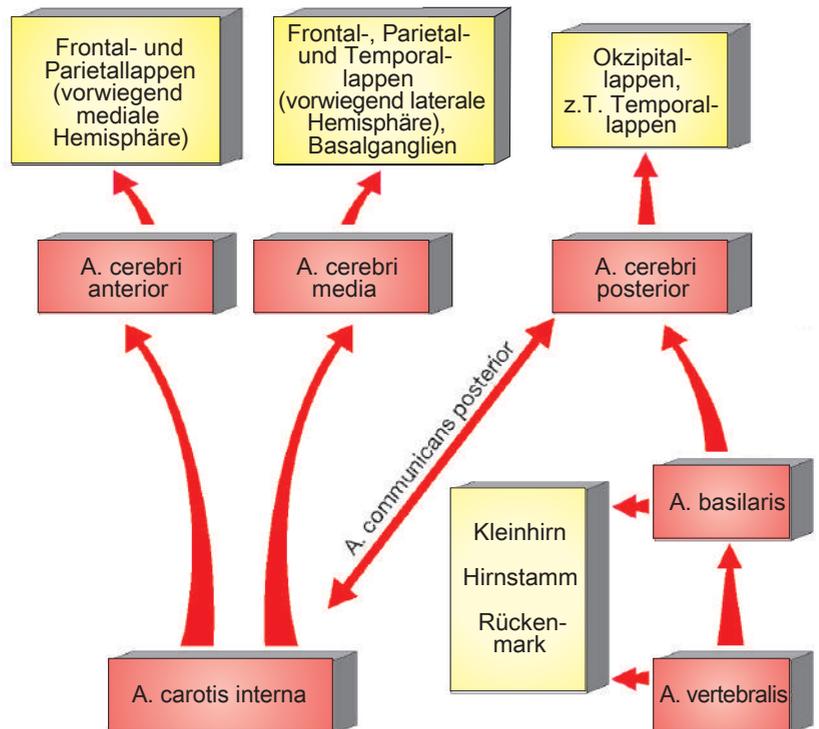


Abb. 11.7 Vereinfachtes Schema des arteriellen Gefäßsystems im Gehirn. Versorgungsgebiete in gelben Kästchen, zuführende Arterien in roten Kästchen.

municalis) wird als **A1-Segment**, der anschließende Anteil (**Pars postcommunicalis**) als **A2-Segment** bezeichnet.

### Versorgungsgebiet

Das Versorgungsgebiet der **A. cerebri anterior** (> Abb. 11.6, 1) erstreckt sich medial über den ganzen Frontal- und Parietallappen, das Septum und die basalen Vorderhirnstrukturen. Es reicht auch über die Mantelkante hinaus auf die Konvexität der Großhirnhemisphäre, wo noch ein Teil des Frontal- und Parietallappens versorgt wird. An **funktionellen Zentren** durchblutet die A. cerebri anterior also einen großen Teil des präfrontalen und prämotorischen Kortex und mit einem ihrer Endäste (**A. paracentralis**) die Teile des Gyrus pre- und postcentralis, die für die Versorgung des Bein- und Fußbereichs zuständig sind.

Nach Abgabe der A. communicans anterior zweigt aus der A. cerebri anterior eine rückwärtig verlaufende **A. striata medialis distalis (A. recurrens, Heubner-Arterie)** ab, die im Bereich der Substantia perforata anterior ins Gehirn eintritt und z. T. die Capsula interna von vorne bis in den Beginn des Crus posterior hinein sowie den vorderen Teil des Striatums mit Blut versorgt.

### KLINIK

#### Durchblutungsstörung der A. cerebri anterior

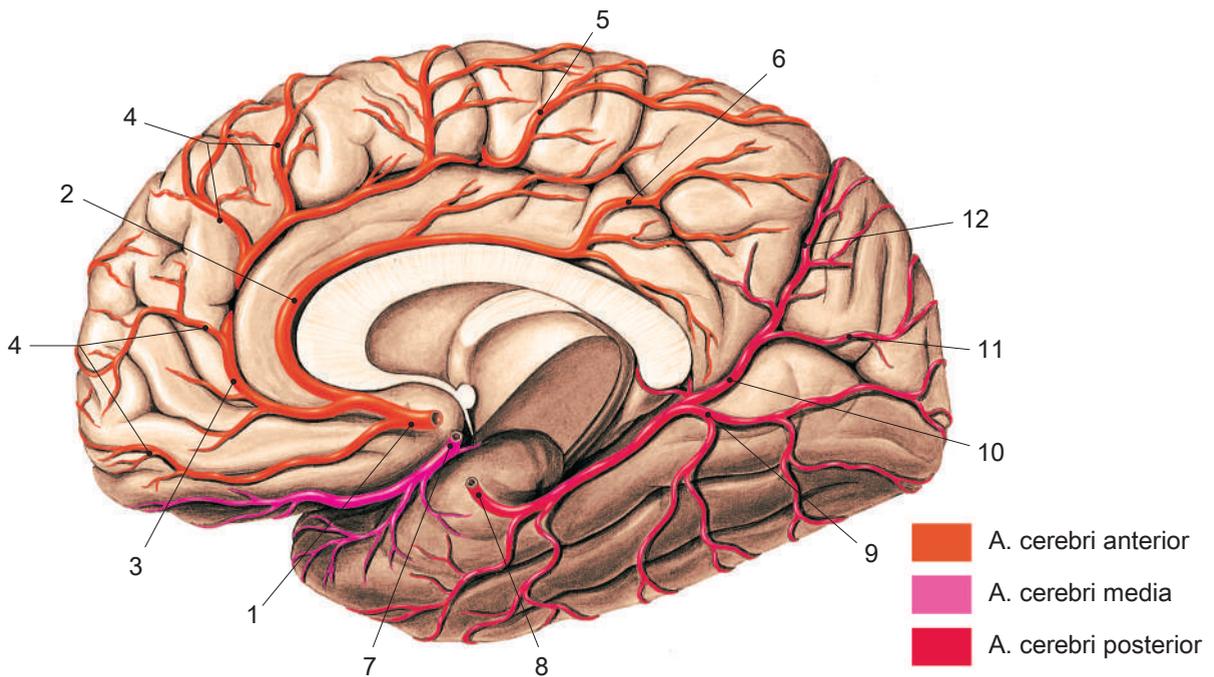
Eine isolierte Durchblutungsstörung der A. cerebri anterior ist selten. Tritt sie auf, kommt es bei durch Minderversorgung des medialen Gyrus paracentralis-Bereichs zu einer **kontralateralen schlaffen**

**Lähmung und Sensibilitätsstörung im Bein- und Fußbezirk** (häufig verbunden mit Harninkontinenz). Wird bei sehr proximalen Verschlüssen auch der präfrontale Kortex nicht mehr durchblutet, können zusätzlich **Persönlichkeitsveränderungen** auftreten.

### 11.3.2 A. cerebri media

#### Verlauf

Die A. cerebri media ist als Endast der A. carotis interna die stärkste der drei großen Gehirnarterien. Sie setzt den Verlauf der A. carotis interna nach Abgabe der A. cerebri anterior fort (> Abb. 11.1, 1 und 4). Das ist klinisch sehr wichtig, denn Emboli (mit dem Blutstrom abgelöste Blutgerinnsel oder Gefäßwandablagerungen, sog. **Plaques**) aus dem Karotisstromgebiet gelangen deshalb meist in die A. cerebri media. Nach Abzweigung aus der A. carotis interna gibt die A. cerebri media die **Aa. centrales anterolaterales (Aa. lenticulostriatae)** ab. Es handelt sich dabei um mehrere fast senkrecht abzweigende Arterien, die durch die Substantia perforata anterior ins Gehirn eintreten und das Striatum und Pallidum sowie einen Teil von Capsula interna und Thalamus versorgen (> Abb. 11.9, 3). Die A. cerebri media zieht dann nach lateral zwischen Temporalappen und Inselrinde in die Fossa lateralis, wo sie sich in ihre kortikalen Endäste aufzweigt (> Abb. 11.10). Dabei unterscheidet man **Rr. terminales corticales superiores** (Äste zum Frontal- und Parietallappen) und **Rr. terminales corticales inferiores** (Äste zum Temporalappen). Diese sich auf der lateralen Hemisphäre ausbreitenden Äste der A. cerebri media sind in ihrer Ausbildung varia-



**Abb. 11.8 Arterien des Gehirns von medial.**

**1 A. cerebri anterior:** Nach Abgabe der A. communicans anterior (nicht dargestellt) zieht sie zum Corpus callosum und teilt sich in ihre beiden Hauptäste auf: die **2 A. pericallosa** und die **3 A. callosomarginalis**. Die **2 A. pericallosa** setzt den Verlauf der A. cerebri anterior entlang dem Corpus callosum fort. Von der **3 A. callosomarginalis** gehen mehrere **4 Rr. frontales** ab, die den Frontallappen versorgen. Die **3 A. callosomarginalis** endet mit den **5 Rr. paracentrales** an der Medialseite des Gyrus pre- und postcentralis (Lobulus paracentralis). Die **2 A. pericallosa** endet mit den **6 Rr. precuneales**.

**7 A. cerebri media,** mit Ästen vor allem zum vordersten Bereich des Temporallappens.

**8 A. cerebri posterior:** Sie zieht zwischen Mittelhirn (abpräpariert) und Temporallappen nach hinten und verzweigt sich in **9 A. occipitalis lateralis** und **10 A. occipitalis medialis**. **10** zweigt sich in **11 R. calcarinus** (für die Sehirne) und **12 R. parietooccipitalis** auf. (Aus [S007-21])

bel, doch gibt es einige davon, die meist zu finden und deshalb in **> Abb. 11.10** dargestellt sind. Die nomenklatorische Kenntnis dieser Äste ist für die meisten Belange nicht von allzu großer praktischer Bedeutung, ein Auswendiglernen ist deshalb nicht sinnvoll. Der erste Teil der A. cerebri media bis in die Fossa lateralis wird **M1-Segment** (auch: **Pars sphenoidalis**), der zweite, sich in der Fossa lateralis verzweigende Anteil **M2-Segment** (auch: **Pars insularis**) genannt.

### Versorgungsgebiet

Mit den **Aa. centrales anterolaterales** versorgt die A. cerebri media das basale Vorderhirn, das Striatum und einen Teil des Pallidums (mit einem kleinen Teil des angrenzenden Thalamus) und – was von großer klinischer Bedeutung ist – einen Großteil der Capsula interna (**> Abb. 11.6c, 2**). Des Weiteren versorgt die **A. cerebri media** die Inselrinde und erhebliche Teile des Frontal-, Parietal- und Temporallappens (**> Abb. 11.6a und b, 2**). Darunter fallen zahlreiche wichtige funktionelle Zentren wie motorischer Kortex (Rumpf, obere Extremität und Kopf), ein Teil des prämotorischen Kortex, primärer und sekundärer somatosensibler Kortex, motorisches und sensorisches Sprachzentrum, frontales Blickzentrum und auch der Gyrus angularis (Kopplungsstelle zwischen visuellem und auditorischem System).

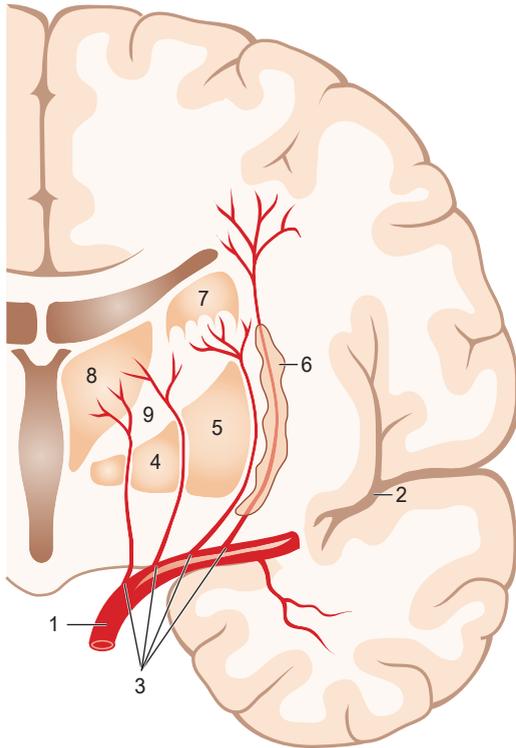
### KLINIK

#### Durchblutungsstörung der A. cerebri media

Die A. cerebri media ist von allen intrakraniellen gehirnversorgenden Arterien am häufigsten von einer Mangel durchblutung im Rahmen von Arteriosklerose und Embolien oder von einer Gefäßruptur im Rahmen des Bluthochdrucks (**arterielle Hypertonie**) betroffen.

Wird die A. cerebri media verschlossen (klinisches Beispiel in **> Abb. 11.11**), kommt es **kontralateral** zu einer (oft kopf- und armbetonen) **Halbseitenlähmung (Hemiplegie)** und **somatosensiblen Empfindungslosigkeit (Hemianästhesie)**. Das resultiert nicht nur aus der Minderversorgung der entsprechenden Kortexareale sondern vor allem der Capsula-interna-Anteile, die die entsprechenden auf- und absteigenden Fasern führen (vgl. somatotopische Zuordnung in **> Abb. 9.42b und c**). Da auch das frontale Augenfeld von der A. cerebri media versorgt wird, kommt es oft vorübergehend zu einer **Blickdeviation** zur **ipsilateralen** Seite (funktionelles Überwiegen des Blickzentrums in der nicht geschädigten, kontralateralen Hemisphäre). Ist die **dominante Hemisphäre** betroffen, kommen folgende Ausfälle hinzu: **globale Aphasie** (motorische und sensorische, da beide Sprachzentren minderversorgt sind) sowie eine **Alexie** und **Agaphie** (Lese- und Schreibunfähigkeit, durch Minderversorgung des Gyrus angularis). Bei einem Verschluss einzelner Äste der A. cerebri media, die die eben genannten Zentren versorgen, können diese Symptome natürlich auch isoliert auftreten.

Die **Aa. centrales anterolaterales** sind auf Grund ihres senkrechten Abgangs aus der A. cerebri media und der daraus resultierenden



**Abb. 11.9 Blutversorgung des Capsula-interna- und Basalganglienbereichs durch die A. cerebri media.**

1 A. cerebri media, die auf ihrem Weg zur 2 Fossa lateralis die 3 Aa. centrales anterolaterales (Aa. lenticulostriatæ) zu den Basalganglien und zur Capsula interna abgibt. 4 Pallidum, 5 Putamen, 6 Claustrum, 7 Ncl. caudatus, 8 Thalamus, 9 Capsula interna.

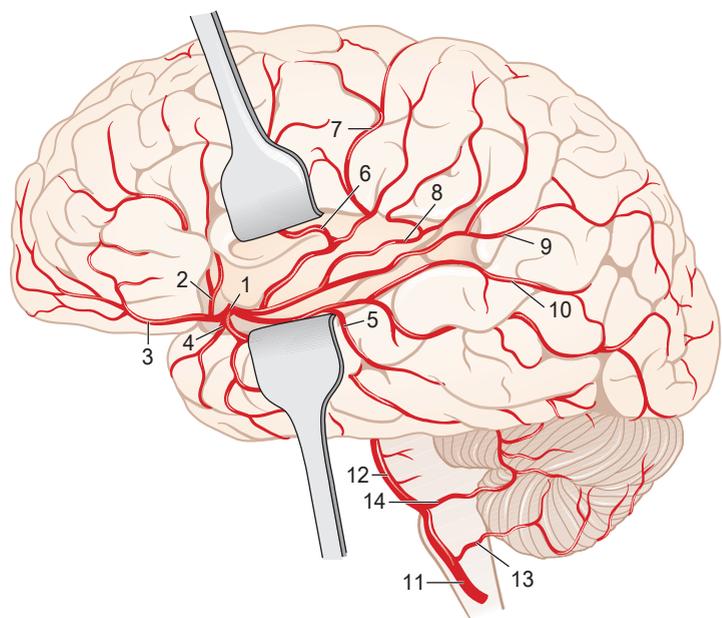
Strömungsturbulenzen für arteriosklerotische Veränderungen prädestiniert. So sind sie oft Kandidaten für einen Gefäßverschluss und bei Hochdruckpatienten besonders häufig Manifestationsort der oben erwähnten Gefäßrupturen. Solche Blutungen führen ebenso wie ein Verschluss dieser Gefäße zu einem Gewebeuntergang im Bereich der Basalganglien und vor allem der Capsula interna, was in einer kontralateralen Halbseitenlähmung (Hemiplegie) resultiert.

### 11.3.3 A. cerebri posterior

Die unpaare A. basilaris teilt sich in jeweils eine linke und rechte A. cerebri posterior auf. Hämodynamisch gehört die A. cerebri posterior somit zum Versorgungsbereich des vertebrobasilären Systems.

#### Verlauf

Nachdem die A. cerebri posterior die A. communicans posterior als Verbindung zur A. carotis interna abgegeben bzw. aufgenommen hat, zieht sie zwischen Mittelhirn und Temporallappen um den Hirnstamm herum nach hinten an die mediale Hemisphärenseite, wo sie sich im Bereich des Isthmus gyri cinguli in ihre beiden Endäste, die **A. occipitalis medialis** und **A. occipitalis lateralis**, aufzweigt, von denen weitere Äste zum medialen Parietal- und Okzipitallappen einschließlich der Sehrinde abgehen (> Abb. 11.8, 8 - 12). Man unterscheidet im Verlauf der A. cerebri posterior vier Abschnitte, die mit **P1**-bis **P4-Segment** bezeichnet werden: **P1** bis zum Abgang der A. communicans posterior (auch: Pars precommissuralis), **P2** von dort bis zur Aufgabelung in die beiden Endäste an der medialen Hemisphärenfläche (auch: Pars postcommissuralis), **P3** entspricht dem Endast A. occipitalis lateralis, **P4** entspricht dem Endast A. occipitalis medialis).



**Abb. 11.10 Arterien des Gehirns von lateral.** Operculum (basaler Frontal- und Parietallappen, oberer Temporallappen) zur Freilegung der A. cerebri media auseinandergedrängt.

1 **A. cerebri media:** Sie verzweigt sich in der Fossa lateralis zwischen Temporal- und Frontallappen. Die wichtigsten Äste sind: 2 A. prefrontalis, 3 A. frontobasalis lateralis, 4 R. temporalis anterior, 5 R. temporalis medius, 6 A. sulci precentralis, 7 A. sulci centralis, 8 A. sulci postcentralis, 9 A. parietalis posterior, 10 R. gyri angularis.

**Vertebrobasilärer Bereich:** 11 A. vertebralis, 12 A. basilaris, 13 A. inferior posterior cerebelli, 14 A. inferior anterior cerebelli (aus [S010-2-16]).



**Abb. 11.11 Verschluss der A. cerebri media („Mediansult“).**

Computertomographie des Gehirns bei komplettem Verschluss der A. cerebri media links (die Schnittbilder in der Klinik werden „seitenverkehrt“ projiziert, man sieht also „von unten“ auf die Schnittebene). Das außen mit Pfeilen markierte Infarktareal (vgl. mit > Abb. 11.6c, 2) grenzt sich dunkel gegen das übrige Hirnparenchym ab.

**Symptomatik des Patienten:** Innerhalb von Minuten eintretende globale (motorische und sensorische) Aphasie und eine Hemiplegie (Halbseitenlähmung) rechts. Stunden später Bewusstseinsverlust durch die zunehmende Hirnschwellung, da O<sub>2</sub>-unterversorgtes Hirnparenchym anschwillt (beachte die verquollenen, also nicht mehr sichtbaren Sulci auf der betroffenen Seite im Vergleich zur kontralateralen Seite). (Bild mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Schumacher)

### Versorgungsgebiet

**Kortikal** versorgt die A. cerebri posterior den kaudalen und basalen Bereich des Temporallappens mit dem Hippocampus sowie den gesamten Okzipitallappen mit primärer und sekundärer Sehrinde und einem erheblichen Teil der Sehstrahlung. Ein spezieller Ast, der R. calcarinus, ist nur für die Versorgung der primären Sehrinde zuständig. **Subkortikal** durchblutet die A. cerebri posterior vor allem den Thalamus und einen Großteil des Mittelhirns (> Abb. 11.6, 3).

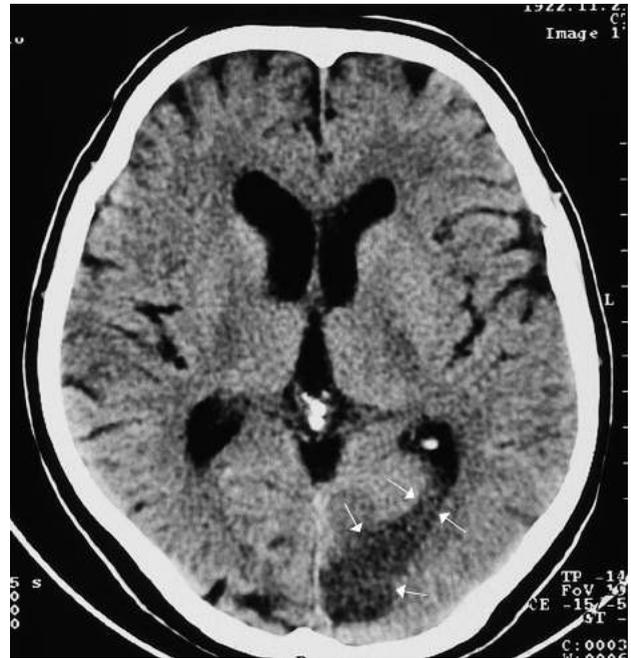
## KLINIK

### Durchblutungsstörung der A. cerebri posterior

Wegen der engen Relation dieses Gefäßes zum visuellen System (Versorgung des Corpus geniculatum laterale, des größten Teils der Sehstrahlung sowie primärer und sekundärer Sehrinde) hat ein Verschluss der A. cerebri posterior überwiegend **visuelle Ausfälle** zur Folge. meist resultiert eine **homonyme Hemianopsie** zur Gegenseite der Schädigung (klinisches Beispiel in > Abb. 11.12). Der Bereich der Sehrinde, in dem die Fasern mit der visuellen Information der Macula retinae enden (dem zentralen Punkt des Gesichtsfeldes, der auch für das schärfste Sehen verantwortlich ist), ist relativ gut mit Gefäßanastomosen versorgt, die aus der A. cerebri media gespeist werden.

Deshalb ist bei entsprechenden Infarkten mit Hemianopsie häufig das zentrale und **scharfe Sehen** noch **intakt**. Natürlich kann die isolierte Unterversorgung einzelner Teile des Versorgungsbereichs der A. cerebri posterior auch eine **Quadrantenanopsie** (Ausfall nur eines Viertels des Gesichtsfeldes) oder nur einzelne dunkle Flecken im Gesichtsfeld (**Skotome**) zur Folge haben.

Durch eine Minderperfusion der subkortikalen Versorgungsareale sind bei Verschluss der hinteren Gehirnarterie auch **Thalamusaussfallssymptome** wie z. B. Bewusstseinsverlust (Minderperfusion der „unspezifischen“ Thalamuskern) oder Schmerzsyndrome möglich (zu Thalamussyndromen > Kap. 8.2.3).



**Abb. 11.12 Teilverschluss der A. cerebri posterior („Posteriorsult“).**

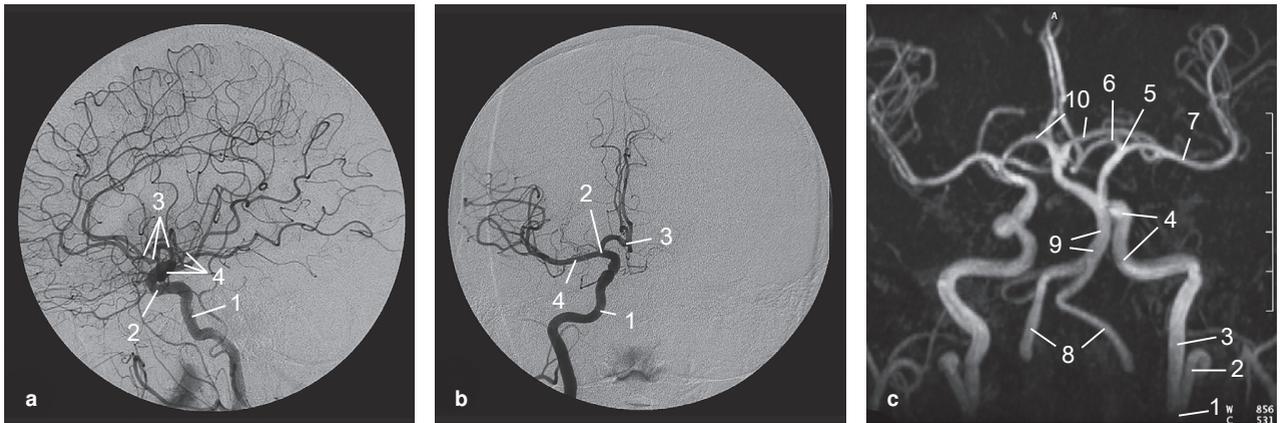
Computertomographie des Gehirns bei Teilverschluss der A. cerebri posterior links (Blick auf die Schnittebene „von unten“). Das mit Pfeilen markierte Infarktareal (vgl. mit > Abb. 11.6c, 3) grenzt sich dunkel gegen das übrige Hirnparenchym ab und beinhaltet einen Großteil der Sehstrahlung und der primären Sehrinde.

**Symptomatik des Patienten:** Hemianopsie nach rechts, die sich während einer Autofahrt entwickelt hatte. Beim Einfahren in die Hausgarage ramnte er mit seinem Wagen die rechte Garagenwand, weil er diese nicht mehr wahrnehmen konnte.

(Bild mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. D. Petersen)

## 11.3.4 Darstellung der Gehirngefäße am Lebenden

Die Blutgefäße des Gehirns, wie sie bis hierher dargestellt wurden, können auch am Lebenden dargestellt werden, was große praktische Relevanz hat. Durchblutungsstörungen in den hirnersorgenden Gefäßen sind häufig, und der diagnostische Bedarf ist entsprechend groß. Bildgebend stellt man die Blutgefäße des Gehirns gegenwärtig vor allem mit zwei Methoden dar:



**Abb. 11.13 Zerebrale Angiographie.**

**a Röntgen-Angiographie der rechten A. carotis communis in der Ansicht von lateral (lateral Strahlengang).** Gezeigt ist eine Aufnahme in der sog. *arteriellen* Durchströmungsphase (in der sich daran anschließenden sog. *venösen* Phase hat das Kontrastmittel die Hirnarterien und das Kapillarbett durchlaufen und befindet sich in den Hirnvenen; dies ist hier nicht dargestellt). **1** A. carotis interna mit **2** Karotissiphon, **3** A. cerebri anterior mit Aufgabelung in A. pericallosa und A. callosomarginalis (> vgl. Abb. 11.8), **4** A. cerebri media mit Aufgabelung in ihre Endäste (> vgl. Abb. 11.10).

**b Röntgen-Angiographie der A. carotis communis in der Ansicht von ventral (sagittaler = a.p.-Strahlengang, arterielle Phase).** **1** A. carotis interna, **2** Aufteilung der A. carotis interna in **3** A. cerebri anterior und **4** A. cerebri media.

**c Magnetresonanz(-= Kernspintomographie-)Angiographie** aller vier großen gehirnversorgenden Arterien (Aa. carotides internae und Aa. vertebrales). Aus den nach Kontrastmittelinjektion gefertigten Kernspin-Schichtaufnahmen errechnet der Computer ein dreidimensionales Modell der gehirnversorgenden Arterien. Hier ist eine Ansicht von ventral gezeigt. **1** A. carotis communis, **2** A. carotis externa, **3** A. carotis interna mit **4** Karotissiphon, **5** Aufteilung der A. carotis interna in **6** A. cerebri anterior und **7** A. cerebri media, **8** A. vertebralis beidseits, **9** A. basilaris mit Aufteilung in die **10** Aa. cerebri posteriores. (Bilder mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. J. Klisch)

- durch **Kontrastmittelinjektion** mit anschließenden **Röntgenaufnahmen** (Beispiel in > Abb. 11.13a und b)
- durch **Kontrastmittelinjektion** mit anschließenden **Kernspintomographien** (Beispiel in > Abb. 11.13c).

#### MERKE

Die oberflächlichen Venen münden **direkt in die Sinus durae matris**, während die tiefen Venen ihr Blut in die **V. magna cerebri (Galenii)** ableiten, die dann ihrerseits in den **Sinus rectus** mündet (s. u.).

Dabei lassen sich Gefäßverengungen oder -verschlüsse, Gefäßfehlbildungen, aber auch die Blutversorgung von Tumoren zur Planung von Operationen darstellen.

Einen Überblick über die Gehirnvenen und ihre Drainageareale gibt > Abb. 11.14.

## 11.4 Hirnvenen und Sinus durae matris

Das gesamte venöse Blut aus dem Gehirn sammelt sich über die Gehirnvenen in den **Sinus durae matris** (s. u.), von denen aus es fast ausschließlich über die **V. jugularis interna** der oberen Hohlvene und damit dem Herzen zugeleitet wird.

Ein kleiner Teil des Blutes verlässt den Gehirnschädelbereich auch über die Rückenmarksvenen und über die **Vv. emissariae**, die eine Verbindung zwischen duralen Sinus, Diploëvenen und den Kopfhautvenen darstellen.

Wie fast alle Venen des Kopfes haben auch die Gehirnvenen keine Klappen. Zudem sind ihre zarten Wände frei von Muskelgewebe und meist hauchdünn. Man unterscheidet im Gehirn prinzipiell:

- **oberflächliche Venen (Vv. superficiales cerebri)** und
- **tiefe Venen (Vv. profundae cerebri).**

#### KLINIK

##### Sinus- und Hirnvenenthrombose

Wie alle Venen des Körpers können auch die Gehirnvenen durch eine Thrombose verschlossen werden, einschließlich der großen duralen Sinus. Es resultiert ein **Blutrückstau** in die Gehirngebiete, deren venöser Abfluss behindert ist. Die Symptomatik richtet sich nach den betroffenen Hirnarealen, die u.U. eng umschrieben sein können (z. B. motorische Rinde oder Basalganglien mit Thalamus, klinisches Beispiel in > Abb. 11.15). Grundsätzlich kommt es bei einem Verschlusses des Blutabflusses zur **Hirnschwellung**, die in einer sog. **Einklemmung** des Gehirns enden kann (> Kap. 10.2.1), weshalb eine große Hirnvenenthrombose stets lebensbedrohlich ist.

### 11.4.1 Oberflächliche Venen

Die oberflächlichen Venen (> Abb. 11.16) leiten das Blut aus den äußeren 1–2 cm des Großhirns (Kortex und darunter liegendes Marklager) ab. Bei diesen Venen unterscheidet man:

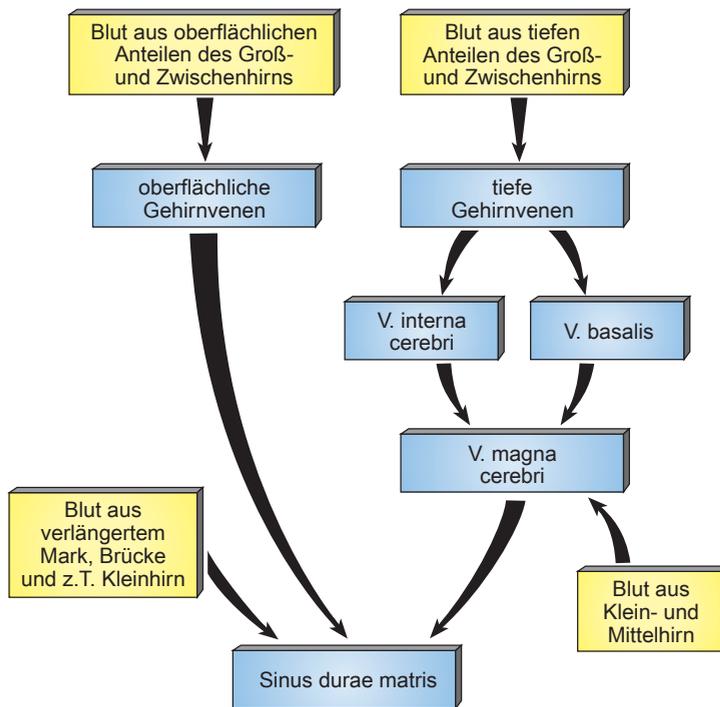


Abb. 11.14 Vereinfachtes Schema des venösen Gefäßsystems im Gehirn.

Drainierende Areale in gelben, Venen in blauen Kästchen.

- **obere Venen (Vv. superiores cerebri)**
- **mittlere Vene (V. media superficialis cerebri)**
- **untere Venen (Vv. inferiores cerebri).**

Die **Vv. superiores cerebri**, von denen es etwa 8–12 pro Hemisphäre gibt, drainieren das Blut der oberen **lateralen** und **medialen Hemisphäre** (vor allem Frontal- und Parietallappen), verlaufen im Subarachnoidealraum z. T. entlang großer Sulci des Endhirns und leiten das Blut direkt in den Sinus sagittalis superior (> Abb. 11.16, 1–7). Von der Gehirnoberfläche aus müssen sie den Subarachnoidealraum durchqueren und anschließend als sog. „**Brückenvenen**“ die Arachnoidea durchbohren, um dann vom (fiktiven) **Subduralraum** aus in den venösen Sinus zu enden.

## KLINIK

### Subdurale Blutungen

Diese Venen können selbst bei leichteren Schädeltraumen (die zu Scherkräften zwischen Dura und Arachnoidea führen) verletzt werden, wodurch es zu Blutungen in den Subduralspalt, sog. **subdurale Blutungen**, kommt. Subdurale Blutungen sind also in der Regel **venöse Blutungen**. Wenn die Blutung nicht spontan zum Stillstand kommt und auf diese Weise durch die entstehende Raumforderung in Form des sich ausweitenden Subduralraums das Gehirn komprimiert wird, werden dort lokalisierte Zentren in ihrer Funktion beeinträchtigt. Neben den meist bestehenden **Kopfschmerzen** treten dann auch **neurologische Ausfallerscheinungen** hinzu. Die Symptome können oft erst **Wochen nach der eigentlichen Verletzung** auftreten, da der Blutdruck in den betroffenen Gefäßen sehr gering ist, das Blut also nur langsam austritt und die Raumforderung damit nur langsam größer wird (klinisches Beispiel in > Abb. 11.17). Die verschiedenen Arten der intrakraniellen Blutung sind zusammenfassend in > Abb. 11.18 dargestellt.

Die **V. media superficialis cerebri** (> Abb. 11.16, 6) entsteht aus den **Vv. anastomotica superior** und **inferior**, die die oberen und unteren Zerebralvenen miteinander verbinden, und leitet das Blut aus der Umgebung des Sulcus lateralis direkt in den Sinus sphenoparietalis.

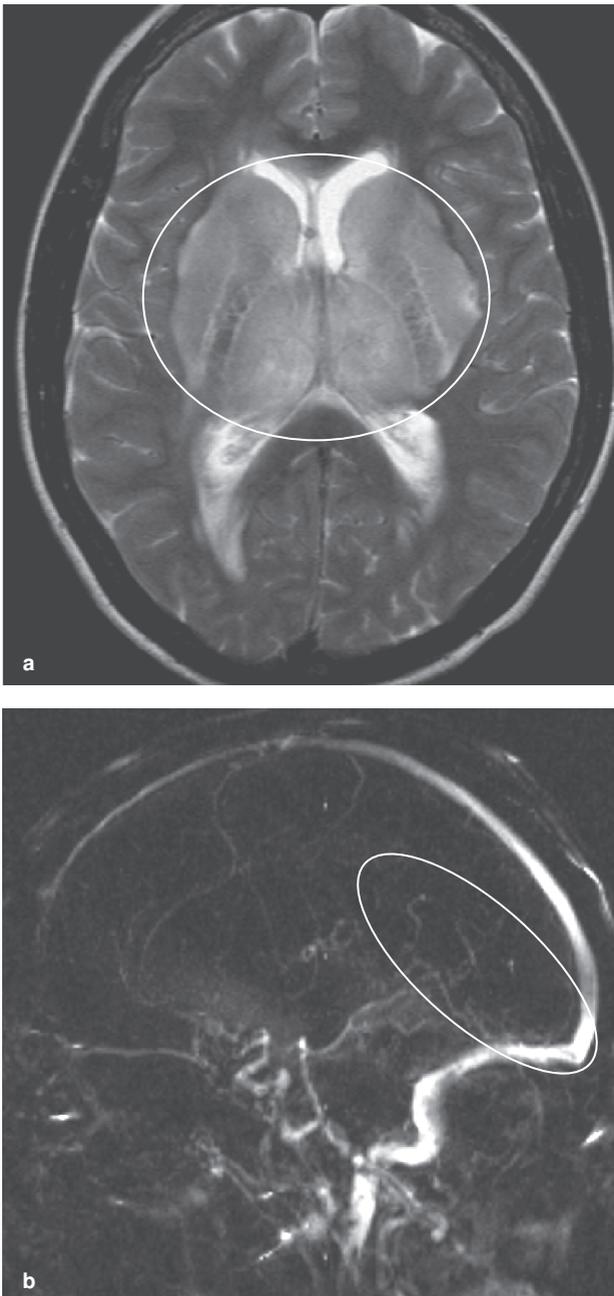
Die **Vv. inferiores cerebri** sammeln das Blut aus dem **basalen Hemisphärenbereich** (vor allem Temporal- und Okzipitalappen). Sie verlaufen ebenfalls an der Oberfläche der Hemisphäre (> Abb. 11.16, 9 und 10) und leiten das Blut in die großen duralen Blutleiter der Schädelbasis (s. u.), vor allem in den **Sinus transversus** (> Abb. 11.16, 12).

## 11.4.2 Tiefe Venen

Die tiefen Venen des Gehirns (> Abb. 11.19) münden in die **V. magna cerebri (V. Galeni)** und drainieren vor allem das Blut aus den **subkortikalen Großhirnstrukturen** und dem **Zwischenhirn**. Man kann hier zwei große Gefäße hervorheben, in die alle anderen tiefen Venen einmünden und die sich dann beide zur unpaaren V. magna cerebri vereinigen:

- **V. basalis** und
- **V. interna cerebri**

Während die **V. basalis** vorwiegend die ventralen subkortikalen Vorderhirnstrukturen drainiert, führt die **V. interna cerebri** das Blut großer Bereiche der Basalganglien und des nach hinten angrenzenden Marklagers.



**Abb. 11.15 Sinusthrombose und tiefe Hirnvenenthrombose.**  
**a Kernspintomographie.** Horizontalschnitt, sog. axiale Schnittebene.  
**b Magnetresonanz(= Kernspintomographie-)Angiographie der Gehirnvenen und Sinus.** Ansicht von links-lateral (d.h. links im Bild ist vorne, rechts ist hinten).

Es zeigt sich eine Thrombose des Sinus rectus und der in den Sinus mündenden tiefen Hirnvenen. Die pathologischen Veränderungen sind jeweils mit einem Kreis umrandet. Aufgrund des fehlenden venösen Abflusses entsteht ein venöser Stauungsinfarkt und eine Schwellung in den Basalganglien und im Thalamus beidseits. Deshalb hebt sich dieser Bereich in **a** bei dieser Untersuchungstechnik hell gegen das umgebende Hirngewebe ab. In **b** stellt sich der Sinus rectus nicht dar (zur Lage des Sinus > Abb. 11.20).

**Symptomatik der Patientin:** 18-jährige Frau mit Kopfschmerzen, Übelkeit, psychomotorischer Verlangsamung, im weiteren Verlauf durch Thalamusausfall zunehmender Bewusstseinsverlust.

(Bilder mit freundlicher Genehmigung von PD Dr. A. Berlis)

Die **V. basalis** (> Abb. 11.19, 2) entsteht durch den Zusammenschluss der **V. anterior cerebri** und **V. media profunda cerebri** (Verlauf dieser beiden Gefäße parallel zu A. cerebri anterior und A. cerebri media) im Bereich der Substantia perforata anterior. Sie zieht von dort am Hypothalamus und Mittelhirn vorbei bis zum oberen Ende der Vierhügelplatte.

Die **V. interna cerebri** (> Abb. 11.19, 3) entsteht im Bereich des Foramen interventriculare zwischen Seitenventrikel und III. Ventrikel vor allem durch die Vereinigung dreier Venen (> Abb. 11.19, 4 - 6):

- **V. choroidea superior** (Blut aus dem Plexus choroideus der Seitenventrikel und des III. Ventrikels)
- **V. septi pellucidi** (Blut aus dem Marklager des Frontal- und Parietallappens)
- **V. thalamostriata superior** (Blut aus Striatum, Pallidum und Teilen des Thalamus).

Die **V. thalamostriata** (> Abb. 11.19, 6) wurde schon als Grenzstruktur zwischen Ncl. caudatus und Thalamus und damit zwischen Telencephalon und Diencephalon erwähnt.

Die Vv. basales und Vv. internae cerebri beider Seiten vereinigen sich dann zur **V. magna cerebri** (> Abb. 11.19, 1). Diese mündet nach einem kurzen, nach dorsal gerichteten Verlauf in den **Sinus rectus** (s. u.).

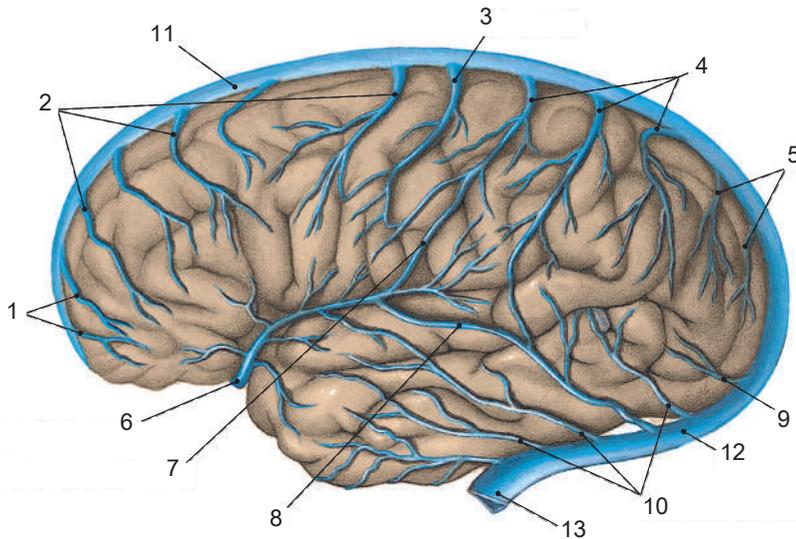
#### Venöser Abfluss aus dem Hirnstamm und dem Kleinhirn

Während das Mittelhirn vorwiegend direkt in die **V. magna cerebri** über die **V. basalis** ableitet, fließt venöses Blut aus dem Pons in den Sinus petrosus, Sinus transversus oder in die Kleinhirnvenen. Die Medulla oblongata drainiert sowohl über die Rückenmarksvenen als auch über die benachbarten duralen Sinus. Das Kleinhirn schließlich leitet sein venöses Blut in die **V. cerebri magna**, den Sinus rectus (oberer Teil) sowie den Sinus petrosus superior und Sinus transversus (unterer Teil).

### 11.4.3 Sinus durae matris

Wie in Kap. 10.2.1 bereits erwähnt, bildet die Dura mater Duplikaturen aus. Dadurch entstehen zwischen zwei Durablättern Hohlräume, die als venöse Blutleiter dienen und als **Sinus durae matris** (kurz: **durale Sinus**) bezeichnet werden. Sie sammeln das gesamte Blut aus dem Gehirnbereich, den Hirnhäuten sowie der Augenhöhle und leiten es fast ausnahmslos der **V. jugularis interna** zu, die im Foramen jugulare der hinteren Schädelgrube beginnt. Eine Synopsis dieser Sinus findet sich in > Abb. 11.20.

Der größte von ihnen ist der **Sinus sagittalis superior**, der im Oberrand der Falx cerebri verläuft (> Abb. 11.20, 4). In ihrem Unterrand verläuft der **Sinus sagittalis inferior** (> Abb. 11.20, 5), der zusammen mit der **V. magna cerebri** im **Sinus rectus** endet (> Abb. 11.20, 7). Dieser wiederum fließt im **Confluens sinuum** mit dem Sinus sagittalis superior zusammen (> Abb. 11.20, 16). Vom Confluens aus richtet sich nach rechts und links der **Sinus transversus**, der, die hintere Schädelgrube seitlich und hinten einrahmend, nach vent-



**Abb. 11.16 Oberflächliche Hirnvenen.**

**Obere Venen (Vv. superiores cerebri):**

1 Vv. prefrontales, 2 Vv. frontales, 3 V. centralis, 4 Vv. parietales, 5 Vv. occipitales superiores.

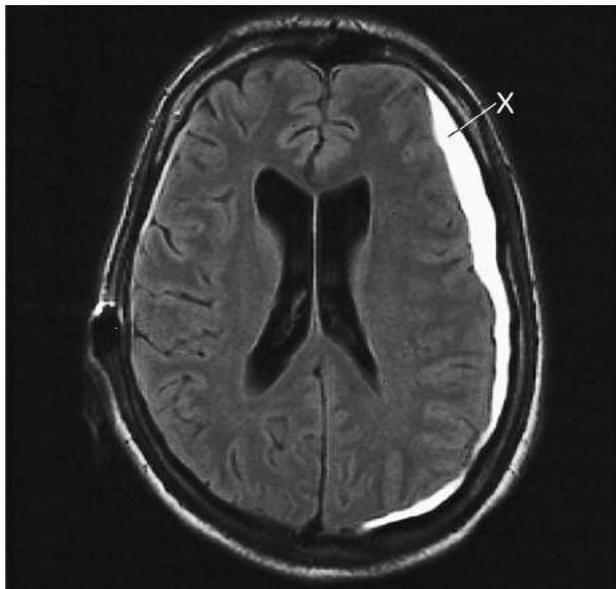
**Mittlere Vene:** 6 V. media superficialis cerebri, die über 7 V. anastomotica superior (Trolard-Vene) und 8 V. anastomotica inferior (Labbé-Vene) mit den oberen bzw. unteren Venen verbunden ist.

**Untere Venen (Vv. inferiores cerebri):**

9 Vv. occipitales inferiores, 10 Vv. temporales.

**Durale Sinus (Sinus durae matris):**

11 Sinus sagittalis superior, 12 Sinus transversus, 13 Sinus sigmoideus. (Aus [S010-2-16])



**Abb. 11.17 Subdurales Hämatom.**

Kernspintomographie des Kopfes bei ausgedehnter subduraler Blutung links (Blick auf die Schnittebene „von unten“). Das Hämatom (mit x bezeichnet) hebt sich weiß gegen das graue, komprimierte und nach innen verdrängte Hirnparenchym ab.

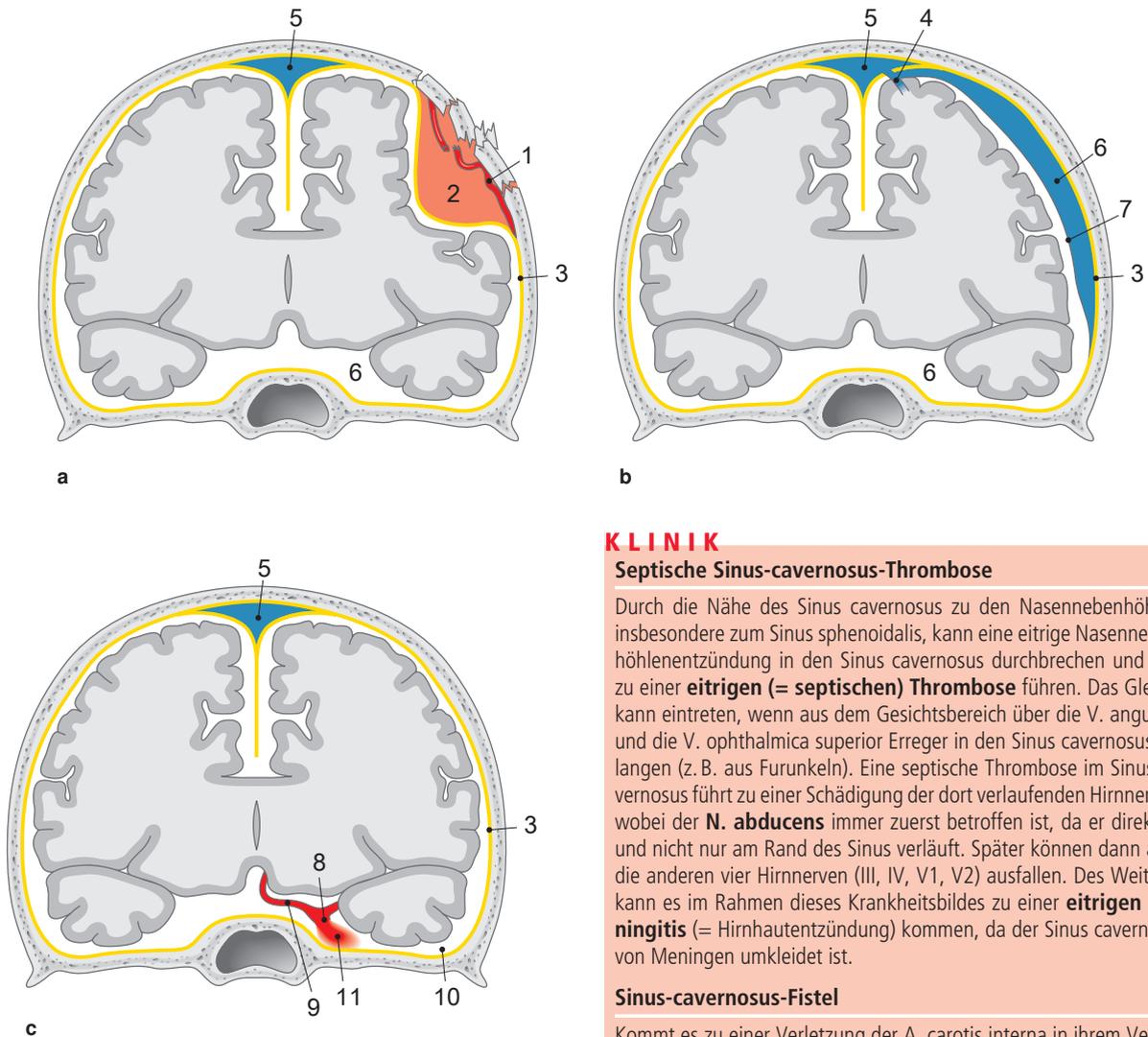
(Bild mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. M. Schumacher)

ral zieht und in den S-förmig geschwungenen **Sinus sigmoideus** übergeht (> Abb. 11.20, 9). Der Sinus sigmoideus endet dann im **Foramen jugulare**, in dem die **V. jugularis interna** beginnt (> Abb. 11.20, 8). Ganz vorne an der Grenzkannte zwischen vorderer und mittlerer Schädelgrube verläuft entlang den Keilbeinflügeln der **Sinus sphenoparietalis** (> Abb. 11.20, 3), der in den medial davon liegenden **Sinus cavernosus** mündet. Dieser Sinus cavernosus (> Abb. 11.20, 6) umgibt die in der Sella turcica liegende Hypophyse als ein großes venöses Hohlraumsystem. Von ihm aus existiert eine Verbindung

zum **Sinus sigmoideus** über den **Sinus petrosus superior** und den **Sinus petrosus inferior**, die jeweils im oberen bzw. unteren Rand der Felsenbeinpyramide verlaufen (> Abb. 11.20, 13 und 14). Ein weiterer Abfluss des Sinus cavernosus ist der sich dorsal der Sella auf dem Clivus nach kaudal ausbreitende **Plexus basilaris**, der sein Blut ebenfalls größtenteils ins Foramen jugulare ableitet (> Abb. 11.20, 15).

### Topographie des Sinus cavernosus

Dieser Sinus ist ein gekammertes Hohlraumsystem, das, von zwei Durablättern umkleidet, links und rechts der Hypophyse zu finden ist (> Abb. 11.20, 6). Er erhält seine venösen Zuflüsse direkt aus basalen Hirnvenen, dem Sinus sphenoparietalis und – was von besonderer klinischer Wichtigkeit ist – aus der **V. ophthalmica superior** (> Abb. 11.20, 1), die das venöse Blut aus dem Bulbus oculi (Augapfel) transportiert und im Bereich des medialen Augenwinkels mit der **V. facialis** bzw. **V. angularis** anastomosiert. Die topographischen Beziehungen des Sinus cavernosus haben klinische Bedeutung (> Abb. 11.21). Wie beschrieben, umgibt er bilateral die Hypophyse (> Abb. 11.21, 2), während sich kaudal von ihm, nur durch eine dünne Knochenplatte des Keilbeins getrennt, der Sinus sphenoidalis befindet (> Abb. 11.21, 6). Der Sinus cavernosus wird von mehreren Leitungsbahnen durchzogen, wobei die A. carotis interna – die hier einen S-förmigen Verlauf aufweist (**Karotissiphon**) – die größte ist (> Abb. 11.21, 3). Des Weiteren läuft mitten durch den Sinus cavernosus der N. abducens (VI), der für die Lateralbewegung des gleichseitigen Auges verantwortlich ist. An der **lateralen Wand** des Sinus verlaufen von kranial nach kaudal der N. oculomotorius (III), der N. trochlearis (IV) und der N. ophthalmicus (1. Trigeminusast, V1) und an der **laterokaudalen Wand** (weiter vorne dann am Boden) schließlich der N. maxillaris (2. Trigeminusast, V2).



**Abb. 11.18 Die verschiedenen Arten der intrakraniellen Blutung.** Nicht berücksichtigt: intrazerebrale Blutungen ins Hirnparenchym.

**a Epidurale Blutung**

**b Subdurale Blutung**

**c Subarachnoidealblutung**

Die **a** epidurale Blutung entsteht durch den Riss einer **1** meningealen Arterie (meist A. meningea media) im Rahmen eines Schädeltraumas, wodurch **2** arterielles Blut zwischen Schädelknochen und **3** Dura mater tritt und dort durch seine rasche Ausbreitung das Gehirn komprimiert. Bei der **b** subduralen Blutung reißt (meist durch ein schwaches Schädeltrauma) eine **4** Brückenvene zwischen oberflächlichen Gehirnvenen und **5** intraduralen Sinus, sodass **6** venöses Blut zwischen **3** Dura und **7** Arachnoidea tritt und die beiden Hirnhäute auseinanderdrängt. Bei der **c** subarachnoidealen Blutung platzt (meist ohne Trauma) z. B. ein **8** Aneurysma einer **9** gehirnversorgenden Arterie, die im **10** Subarachnoidealraum an der Schädelbasis verläuft, sodass **11** arterielles Blut in den Subarachnoidealraum pulsiert.

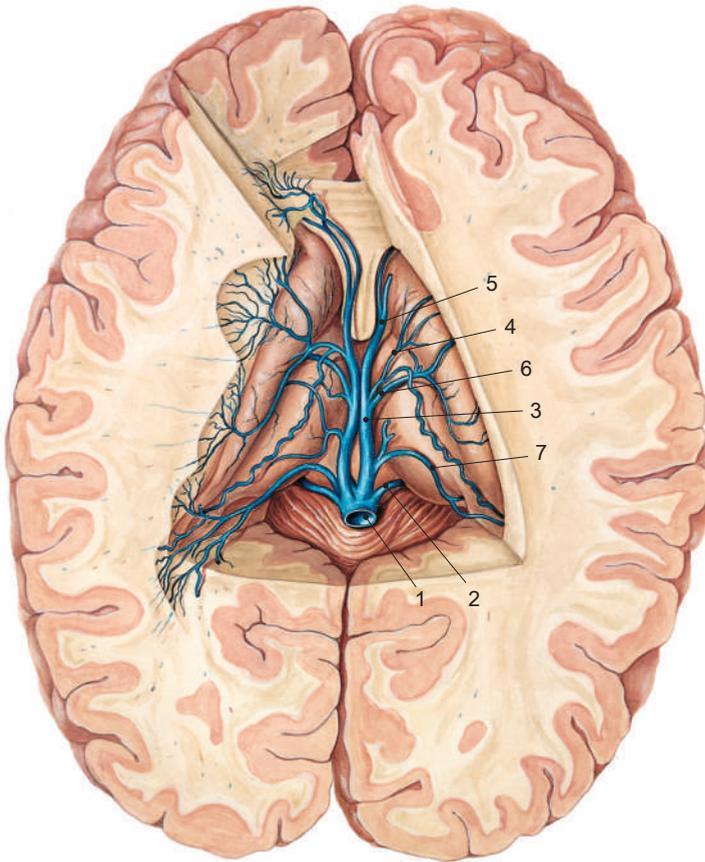
### KLINIK

#### Septische Sinus-cavernosus-Thrombose

Durch die Nähe des Sinus cavernosus zu den Nasennebenhöhlen, insbesondere zum Sinus sphenoidalis, kann eine eitrige Nasennebenhöhlenentzündung in den Sinus cavernosus durchbrechen und dort zu einer **eitrigen (= septischen) Thrombose** führen. Das Gleiche kann eintreten, wenn aus dem Gesichtsbereich über die V. angularis und die V. ophthalmica superior Erreger in den Sinus cavernosus gelangen (z. B. aus Furunkeln). Eine septische Thrombose im Sinus cavernosus führt zu einer Schädigung der dort verlaufenden Hirnnerven, wobei der **N. abducens** immer zuerst betroffen ist, da er direkt im und nicht nur am Rand des Sinus verläuft. Später können dann auch die anderen vier Hirnnerven (III, IV, V1, V2) ausfallen. Des Weiteren kann es im Rahmen dieses Krankheitsbildes zu einer **eitrigen Meningitis** (= Hirnhautentzündung) kommen, da der Sinus cavernosus von Meninge umkleidet ist.

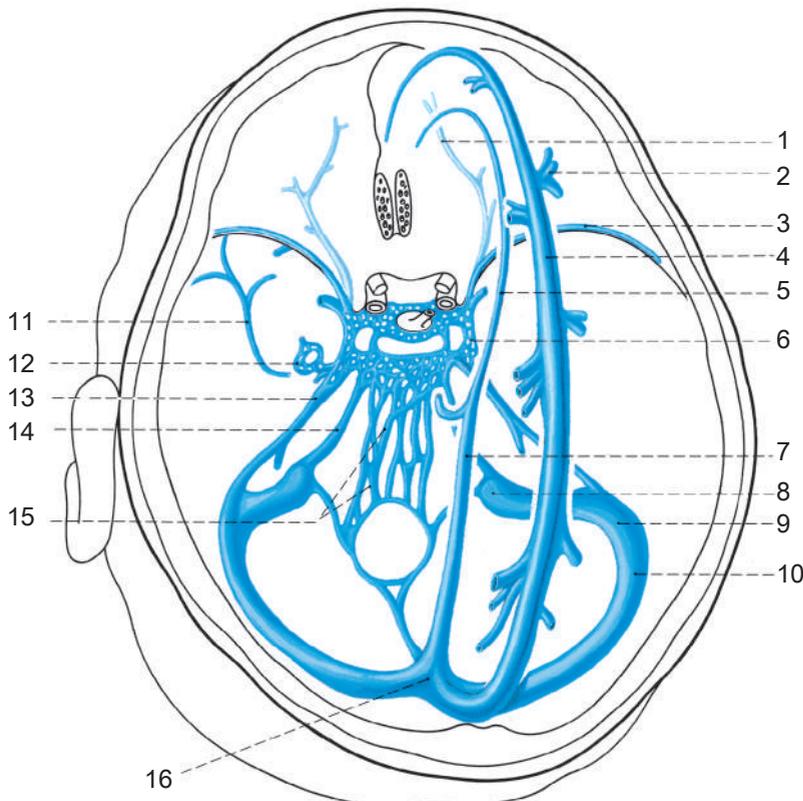
#### Sinus-cavernosus-Fistel

Kommt es zu einer Verletzung der A. carotis interna in ihrem Verlauf im Sinus cavernosus (z. B. durch ein rupturiertes Aneurysma), strömt pulsierend mit arteriellem Druck Blut in den venösen Sinus, sodass eine **arteriovenöse Fistel** vorliegt. Über die Verbindung mit den Augenvenen erklärt sich das Leitsymptom dieses Krankheitsbildes: eine stark geschwollene Augenhöhle mit wulstartigen, nicht mehr öffnungsfähigen Augenlidern und einem pulsierend nach vorne tretenden Augapfel.



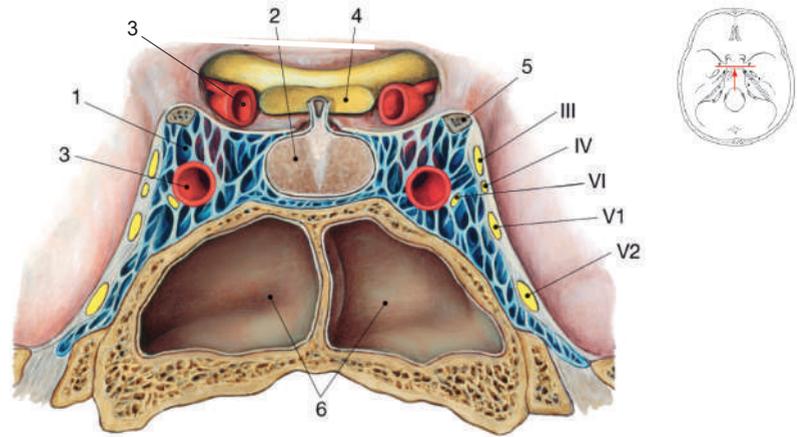
**Abb. 11.19 Tiefe Hirnvenen.** Ansicht nach Eröffnung der Seitenventrikel des Großhirns.

**1** V. magna cerebri. Sie entsteht durch den Zusammenschluss von **2** V. basalis und **3** V. interna cerebri (jeweils beider Seiten, aber nur in der rechten Bildhälfte auf Hinweislinien versehen). **3** entsteht durch den Zusammenschluss von **4** V. choroidea superior, **5** V. bzw. Vv. septi pellucidi und **6** V. thalamostriata. **7** V. communis cornus posterioris (Blut aus dem Marklager des Parietal- und Okzipitalappens). (Aus [S007-21])



**Abb. 11.20 Sinus durae matris.**

**1** V. ophthalmica superior, **2** Vv. superiores cerebri (abgeschnitten), **3** Sinus sphenoparietalis, **4** Sinus sagittalis superior, **5** Sinus sagittalis inferior, **6** Sinus cavernosus, **7** Sinus rectus, **8** Beginn der V. jugularis interna, **9** Sinus sigmoideus, **10** Sinus transversus, **11** V. meningea media, **12** Plexus venosus foraminis ovalis, **13** Sinus petrosus superior, **14** Sinus petrosus inferior, **15** Plexus basilaris, **16** Confluens sinuum. (Aus [S010-2-16])



**Abb. 11.21 Frontalschnitt durch den Sinus cavernosus.** (Schnittebene rechts dargestellt)

**1** Sinus cavernosus, **2** Hypophyse, **3** A. carotis interna (die durch den Sinus cavernosus verläuft und oberhalb desselben lateral der Hypophyse wieder erscheint), **4** Chiasma opticum, **5** Processus clinoides anterior, **6** Keilbeinhöhle, **III** N. oculomotorius, **IV** N. trochlearis, **V1** N. ophthalmicus, **V2** N. maxillaris, **VI** N. abducens. (Aus [S007-3-23])

## Zusammenfassung

### Blut-Hirn-Schranke

Das Blut der hirnersorgenden Gefäße ist vom Gehirn- gewebe durch die Blut-Hirn-Schranke getrennt. So werden Stoffe, die nicht in das ZNS gelangen sollen, am Durchtritt durch die Kapillarwand im ZNS-Bereich gehindert, während O<sub>2</sub>, Nährstoffe und Metaboliten ausgetauscht werden können. Diese Barriere besteht aus drei Schichten: den **Endothelien** der Kapillaren, der darunterliegenden **Basalmembran** und den sich außen anlagernden **Fortsätzen von Astrozyten**.

### Große zuführende Gefäße

Die Blutversorgung des Gehirns erfolgt im Wesentlichen aus den **Aa. carotides internae** und den **Aa. vertebrales**.

**A. carotis interna.** Sie entsteht bei der Teilung der A. carotis communis, zieht durch den Karotiskanal ins Schädelinnere, bildet dort im Sinus cavernosus den **Karotissiphon** und gibt danach die **A. ophthalmica** zum Auge ab. Anschließend teilt sie sich an der Hirnbasis in die **A. cerebri anterior** und die etwas stärkere **A. cerebri media**.

Das **Versorgungsgebiet** der A. carotis interna umfasst mit den drei genannten Endästen das gesamte Auge einschließlich der Retina, den vollständigen Frontal- und Parietallappen, den größten Teil des Temporallappens, die Hypophyse und einen Teil des Zwischenhirns. Wegen des sehr großen Versorgungsbereichs der A. carotis interna haben **vollständige Verschlüsse** dieses Gefäßes sehr weit reichende Folgen: von Lähmungen (motorischer Kortex) und Gefühlsstörungen (sensibler Kortex) auf der kontralateralen Körperseite, über Sprachstörungen (Broca- und/oder Wernicke-Zentrum) bis hin zu Sehverlusten oder gar Blindheit des betroffenen Auges (Retina).

**A. vertebralis.** Sie entspringt aus der A. subclavia, zieht entlang der Halswirbelsäule nach oben und tritt durch das Foramen magnum in die Schädelhöhle ein. Dort vereinigt sie sich am Unterrand des Pons mit der A. vertebralis der Gegenseite zur **A. basilaris**. Diese zieht ventral des Hirnstamms nach rostral und teilt sich in die beiden **Aa. cerebri posteriores**, die den hinteren Teil des Groß- und Zwischenhirns versorgen. Zuvor gehen Äste zum Kleinhirn und Hirnstamm ab: **A. inferior posterior cerebelli** aus der A. vertebralis, **A. inferior anterior cerebelli** und **A. superior cerebelli** aus der A. basilaris sowie zahlreiche kleine, mediale und laterale Äste direkt zur Versorgung von Medulla oblongata, Pons und Mesencephalon.

Das **Versorgungsgebiet** des vertebrobasilären Systems umfasst also den Okzipitallappen, Teile des Zwischenhirns, den gesamten Hirnstamm, das Kleinhirn, das Innenohr und den kranialen Teil des Rückenmarks. Eine **Durchblutungsstörung** dieser Arterien verursacht Symptome wie Schwindel (Vestibulariskerne, Innenohr), Doppelbilder und Blicklähmungen (Augenmuskelkerne und Hirnstamm-blickzentren), Gesichtsfeldausfälle (visueller Kortex), zerebelläre Ataxie (Kleinhirn) und Bewusstseinsstörungen (Formatio reticularis mit ARAS).

**Circulus arteriosus cerebri (Willisii).** Karotis- und vertebrobasiläres Gefäßsystem sind über kleine Anastomosenarterien miteinander verbunden, die zusammen den Circulus arteriosus cerebri (Willisii) bilden: zwischen den beiden Aa. cerebri anteriores die **A. communicans anterior** und zwischen der A. cerebri posterior und der A. carotis interna jeweils eine **A. communicans posterior**. Auf diese Weise sind die großen Gehirnarterien (Karotisstromgebiet und vertebrobasiläres Stromgebiet) untereinander und mit den Gefäßen der Gegenseite verbunden, sodass bei Minder-

durchblutung eines Gefäßes die Durchblutung ggf. durch die anderen Gefäße kompensiert werden kann.

### Große Gehirnarterien

**A. cerebri anterior, A. cerebri media** und **A. cerebri posterior** sind für die Versorgung des Groß- und Zwischenhirns zuständig.

**A. cerebri anterior.** Sie zieht rostral um das Balkenknie herum und verläuft dann oberhalb des Balkens an der medialen Hemisphäre im Interhemisphärenspalt zu ihren **Versorgungsarealen** (> Abb. 11.6, 1), die im Wesentlichen die Medialseite und den oberen Teil der Lateralseite des Frontal- und Parietallappens umfassen (präfrontaler Kortex, prämotorischer Kortex, Bein- und Fußregion des motorischen und sensiblen Kortex). **Durchblutungsstörungen** fallen vor allem durch Lähmungen und Empfindungsstörungen im Bein-/Fußbereich auf.

**A. cerebri media** Sie setzt den Verlauf der A. carotis interna fort. Sie zieht medial des Temporallappens in die Fossa lateralis und breitet sich von dort vor allem an der lateralen Hemisphärenseite aus. Ihr **Versorgungsgebiet** (> Abb. 11.6, 2) umfasst die Basalganglien mit angrenzendem Thalamus, die Capsula interna mit den absteigenden kortikonukleären und kortikospinalen Bahnen (Durchblutungsstörungen in diesem Bereich sind sehr häufig!) und die lateralen Bereiche des Temporal-, Frontal- und Parietallappens (Arm-, Hand- und Gesichtsbereich des Gyrus precentralis und postcentralis sowie Broca- und Wernicke-Sprachzentrum in der dominanten Hemisphäre). **Durchblutungsstörungen** der A. cerebri media sind häufig und verursachen halbseitige kontralaterale Lähmungen (die aufgrund der Beteiligung der Capsula interna die *gesamte kontralaterale Körperhälfte* betreffen können), Sensibilitätsstörungen und ggf. Sprachstörungen.

**A. cerebri posterior** Sie zieht von ventrokaudal um das Mittelhirn herum zur medialen Hemisphärenseite und dort zum hinteren Bereich des Groß- und Zwischenhirns. Das **Versorgungsgebiet** (> Abb. 11.6, 3) umfasst den primären und sekundären visuellen Kortex mit dem Großteil der Sehbahn, den basalen Temporallappen und Teile des Zwischen- und Mittelhirns. Ein **Verschluss** der Arterie zeigt sich vor allem in Gesichtsfeldausfällen – wie homonyme Hemianopsie – und ggf. partiellen Thalamusausfallssyndromen.

### Hirnvenen und Sinus durae matris

Das gesamte venöse Blut des Gehirns sammelt sich in den **Sinus durae matris** und wird von dort hauptsächlich über die **V. jugularis interna** dem rechten Herzen zugeleitet.

**Hirnvenen.** Bei den den duralen Sinus vorgeschalteten Gehirnvenen unterscheidet man **oberflächliche** und **tiefe Venen**. Während die oberflächlichen Gehirnvenen direkt in die Sinus durae matris münden, leiten die tiefen Gehirnvenen ihr Blut in die **V. magna cerebri (Galenii)** ab, von wo aus es dann in den **Sinus rectus** (s. u.) gelangt.

- Die **oberflächlichen Gehirnvenen**, die im Subarachnoidalraum z. T. entlang den großen Sulci des Endhirns verlaufen, sammeln Blut aus dem Großhirnkortex und dem unmittelbar darunter liegenden Marklager. Um in die Sinus durae matris zu münden, müssen diese Venen als sog. „**Brückenvenen**“ durch den Spalt zwischen Dura und Arachnoidea hindurchziehen. Kommt es zwischen den beiden Hirnhäuten zu Scherkräften (z. B. bei Schädeltraumen), so reißen die oberflächlichen Gehirnvenen ein, und es kommt zur **Subduralblutung**.

- Die **tiefen Gehirnvenen** sammeln das Blut aus den subkortikal gelegenen Großhirnanteilen.

Bei **Thrombosen** der Gehirnvenen staut sich das Blut in die betroffenen Gehirnareale zurück, die dadurch geschädigt werden, was ebenso gefährlich werden kann wie eine arterielle Durchblutungsstörung.

**Sinus durae matris.** Die wichtigsten der Sinus durae matris sind:

- **Sinus sagittalis superior** und **Sinus sagittalis inferior** im Ober- bzw. Unterrand der Falx cerebri
- **Sinus rectus, Sinus transversus** und **Sinus sigmoideus**, die an der okzipitalen Schädelbasis entlanglaufen
- **Sinus cavernosus**, der die Hypophyse umgibt und besondere klinische Bedeutung hat.

Der **Sinus cavernosus** bekommt venöse Zuflüsse u. a. aus der **V. ophthalmica superior** des Auges, die am medialen Augenwinkel mit Gesichtsvenen anastomosiert (Aufsteigen von Bakterien des Gesichtsunterhautgewebes in den Sinus cavernosus möglich!). Durch den Sinus cavernosus ziehen die **A. carotis interna** und der N. abducens (**VI**), in seiner Seitenwand laufen der N. ophthalmicus (**V1**), N. oculomotorius (**III**), N. trochlearis (**IV**) und N. maxillaris (**V2**). Diese Leitungsbahnen können bei **Sinus-cavernosus-Läsionen** (Vereiterungen, Thrombosen) geschädigt werden.

### Wiederholungsfragen

1. Aus welchen Gefäßen gehen jeweils die Aa. cerebri anterior, media und posterior ab?
2. Welche Gefäßbrücken bilden den Circulus arteriosus cerebri? Wozu dient dieser Circulus?
3. Welche Gefäße versorgen folgende wichtige, oft von Durchblutungsstörungen betroffene Funktionsareale des Gehirns: Motokortex, somatosensibler Kortex, Capsula interna, Basalganglien, Sehstrahlung und visueller Kortex, Kleinhirn, Hirnstamm?
4. In welches große Venensystem wird das gesamte Blut des Gehirns drainiert? Zählen Sie die größten Anteile davon auf.
5. Mit welchem extrakraniellen Gefäß anastomosiert der Sinus cavernosus über die V. ophthalmica superior, und mit welchem Gefäß anastomosiert die A. carotis interna über die A. ophthalmica?

Weitere Wiederholungsfragen zur Blutversorgung des Gehirns finden sich im Rahmen der **Fallbeispiele** zum Gehirn in ► Kap. 14.4. Es empfiehlt sich, sie nach Durcharbeiten aller Gehirnkapitel zusammenhängend zu bearbeiten.

### Lösungen

1. Aa. cerebri anterior und media aus A. carotis interna, A. cerebri posterior aus A. basilaris.
2. *A. communicans posterior* zwischen der A. cerebri posterior und A. carotis interna sowie *A. communicans anterior* zwischen beiden Aa. cerebri anteriores. Beide Aa. cerebri posteriores sind durch die A. basilaris miteinander verbunden. Zweck des Circulus ist die Sicherung des Hirnkreislaufs über Kollateralen, falls ein hämodynamisch vor dem Circulus liegendes Gefäß langsam verschlossen wird.
3. *Motokortex und somatosensibler Kortex*: lateral Endäste der A. cerebri media, medial Endäste der A. cerebri anterior; *Capsula interna und Basalganglien*: Aa. centrales anterolaterales aus der A. cerebri media; *Sehstrahlung und visueller Kortex*: A. cerebri posterior; *Kleinhirn*: Aa. superior cerebelli und inferior anterior cerebelli aus der A. basilaris sowie A. inferior posterior cerebelli aus A. vertebralis. *Hirnstamm*: kurze und lange Äste aus A. vertebralis, A. basilaris und den o. g. Aa. cerebellares.
4. Sinus durae matris. Die größten von ihnen sind: Sinus sagittalis superior, Sinus sagittalis inferior, Sinus rectus, Sinus transversus, Sinus sigmoideus, Sinus cavernosus.
5. *V. ophthalmica superior* bildet eine Anastomose zwischen V. angularis (aus der V. facialis) und dem Sinus cavernosus (Fortleitung von Infektionen aus dem Gesichtsbereich möglich!). *A. ophthalmica* anastomosiert zwischen A. angularis (aus der A. facialis) und der A. carotis interna (Kollateralkreislauf bei Durchblutungsstörungen der A. carotis interna möglich!).

### WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- Adams, R.D., M. Victor: Cerebrovascular diseases. In: Adams, R.D., M. Victor: Principles of Neurology, pp 660–746. McGraw-Hill, New York 2005.
- Banerjee, S., M.A. Bhat: Neuron-glia interactions in blood-brain barrier formation. *Annu. Rev. Neurosci.* 30 (2007) 235–258.
- Bouthillier, A., H.R. van Loveren, J.T. Keller: Segments of the internal carotid artery: a new classification. *Neurosurgery* 38 (1996) 425–432.
- Drenckhahn, D.: Blutgefäße des Zentralnervensystems. In: Drenckhahn, D. (Hrsg.): Benninghoff, Anatomie, Bd. 2, pp 621–648. Elsevier, Urban & Fischer, München 2004.
- Feekes, J.A., S.W. Hsu, J.C. Chaloupka, M.D. Cassell: Tertiary microvascular territories define lacunar infarcts in basal ganglia. *Ann. Neurol.* 58 (2005) 18–30.
- Fiehler, J., G. Thomalla: Vertebrobasiläre Gefäßverschlüsse. *Radiologie* 49 (2009) 319–327.
- Haroun, A., W. Mahafza, M. Abo-El Rub, M. Al Najjar: Visualization of the normal cerebral venous system using a contrast-enhanced three-dimensional magnetic resonance angiography technique. *Eur. J. Anat.* 11 (2007) 149–154.
- Kim, J.H., J.A. Park, S.-W. Lee, W.J. Kim, Y.S. Yu, K.-W. Kim: Blood-Neuroal-Barrier: intervellular communication at glio-vascular interface. *J. Biochem. Mol. Biol.* 39 (2006) 339–345.
- Krishnaswamy, A., J.P. Klein, S.R. Kapadia: Clinical cerebrovascular anatomy. *Cath. Cardiovasc. Interventions* 75 (2010) 530–539.
- Mikulis, D.J.: Functional cerebrovascular imaging in brain ischemia: permeability, reactivity and functional MR imaging. *Neuroimaging Clin. N. Am.* 15 (2005) 667–680.
- Rhoton, A.L.: The supratentorial arteries. *Neurosurgery* 51 Suppl (2002) 53–120.
- Rhoton, A.L.: The cerebral veins. *Neurosurgery* 51 Suppl (2002) 159–205.
- Scremin, O.U.: Cerebrovascular system. In: Paxinos, G., J.K. Mai (eds.): The Human Nervous System, pp 1326–1350. Elsevier, San Diego 2004.