

Inhaltsverzeichnis

1	Physikalische und technische Grundlagen der Ultraschallanwendung	17		
1.1	Ultraschallphysik	17	1.8	B-Bild-Sonografie
1.2	Interaktion von Ultraschall mit Gewebe	18	1.8.1	Konventionelles B-Bild-Verfahren, B-Mode
1.2.1	Ultraschallabschwächung	18	1.8.2	Methoden zur B-Bild-Verbesserung
1.2.2	Praktische Konsequenzen für die Gerätebedienung	18	1.8.3	Einstellgrößen bei der Gerätebedienung ..
1.2.3	Ultraschallreflexion und -brechung	19	1.8.4	Schallköpfe für die B-Bild-Darstellung, Scansysteme.
1.2.4	Ultraschallstreuung	19	1.8.5	B-Bild-Artefakte
1.2.5	Bildverbesserungstechniken durch Speckle-Reduktion	20	1.8.6	M-Mode-Verfahren
1.2.6	Ultraschallausbreitung in biologischen Geweben	20	1.9	Farbduplexsonografie
1.3	Ultraschallerzeugung und -aussendung	21	1.9.1	Technisches Prinzip der richtungssensitiven Frequenz- bzw. Geschwindigkeitskodierung
1.4	Richtungscharakteristik und räumliches Auflösungsvermögen von Ultraschall	21	1.9.2	Power-Mode: amplituden- oder intensitätsgewichtete Darstellung
1.4.1	Richtungscharakteristik	21	1.9.3	B-Flow-Verfahren
1.4.2	Räumliches Auflösungsvermögen von Ultraschall	21	1.9.4	Einstellgrößen bei der Gerätebedienung ..
1.4.3	Einstellgröße bei der Gerätebedienung ..	23	1.9.5	Artefakte der Farbduplexsonografie
1.5	Doppler-Effekt und Doppler-Geräte ...	23	1.10	Doppler-Verfahren in der Farbduplexsonografie
1.5.1	Doppler-Effekt	23	1.11	Farbduplexsonografiesysteme
1.5.2	Doppler-Geräte	26	1.12	Flussvolumenmessung
1.6	Analyse und Darstellung des Doppler-Frequenzspektrums	29	1.13	Echokontrastverstärkung und Bubble-Technologie
1.6.1	Analysemethoden	29	1.13.1	Grundlagen und Wirkprinzipien.
1.6.2	Darstellungsarten des Doppler-Frequenzspektrums.	30	1.13.2	Klinische Anwendungen
1.6.3	Messparameter der Spektrumanalyse ...	31	1.13.3	Sicherheit und messtechnische Besonderheiten beim Einsatz von Echosignalverstärkern.
1.7	Prinzipieller Aufbau und Funktionsweise von Doppler-Geräten	32	1.14	Bioeffekte und Sicherheit der diagnostischen Ultraschallanwendung
1.7.1	Einstellgrößen bei der Gerätebedienung ..	33	1.14.1	Potenzielle Schädigungsmechanismen ...
			1.14.2	Biophysikalische Sicherheitsindizes
			1.14.3	Empfehlungen zur Anwendung von diagnostischem Ultraschall

2	Anatomie des Hirnkreislaufs	59		
2.1	Einführung	59	2.3.2	Vertebrobasiläres System
			2.3.3	Circulus arteriosus cerebri (Willisii)
2.2	Extrakranielle Hirnarterien	59	2.4	Anatomie der hirndrainierenden Venen
2.2.1	Karotissystem	60	2.4.1	Intrakranielle Venen und Sinus
2.2.2	Vertebrobasiläres System	62	2.4.2	Extrakranielle Venen
2.3	Intrakranielle Hirnarterien	63		
2.3.1	Karotissystem	63		
3	Anatomie und Pathologie der Hirngefäßwände	71		
3.1	Wandaufbau der Hirnarterien	71	3.3.1	Arteriosklerose
				<i>jens Allendorfer</i>
3.2	Darstellung der normalen Gefäßwand, Intima-Media-Dicke	71	3.3.2	Arteriitis
			3.3.3	Dissektionen
3.2.1	Geräte und Geräteeinstellungen	71	3.4	Intraluminale Thromben
3.3	Pathologische Wandveränderungen	72		
4	Hämodynamische Grundlagen und Spektrumanalyse der Strömungssignale ...	87		
4.1	Allgemeine Hinweise	87	4.7.1	Einfluss von Gefäßradius und Strömungswiderstand
4.2	Stromstärke, Druck und Strömungswiderstand	87	4.7.2	Einfluss von Herzrhythmusstörungen
			4.7.3	Einfluss der Gefäßelastizität
4.3	Strömungsgeschwindigkeit	87	4.8	Einfluss morphologischer und strömungsphysiologischer Variablen auf das Strömungsspektrum (Frequenzzeitspektrum)
4.4	Laminare, turbulente und gestörte Strömung	88	4.8.1	Maximalfrequenz
4.4.1	Laminare Strömung	88	4.8.2	Diastolische Strömungsgeschwindigkeit, Pulsatilität
4.4.2	Turbulente Strömung	88	4.8.3	Bandbreite des Spektrums
4.4.3	Gestörte Strömung	89	4.9	Qualitative Beschreibung des Strömungsspektrums
4.5	Einfluss der Gefäßgeometrie auf die Strömung	89	4.9.1	Normale Spektren
4.6	Strömungspulskurve	90	4.9.2	Spektren bei gestörter Strömung
4.7	Doppler-Strömungskurven	90		
5	Untersuchung der extrakraniellen Hirnarterien (Technik, Normalbefunde und Fehlermöglichkeiten)	99		
5.1	Allgemeine Hinweise	99	5.3	Duplexsonografie der extrakraniellen Hirnarterien
5.2	Doppler-Sonografie	99	5.3.1	Farbduplexsonografie der Karotiden
5.2.1	Allgemeines zur Untersuchungstechnik	99	5.3.2	Farbduplexsonografie der Vertebralarterien
5.2.2	Differenzierung der einzelnen Halsgefäße	101		
5.2.3	Untersuchung der Äste der A. ophthalmica	107		

6	Transkranielle Ultraschalldiagnostik – Untersuchungstechnik und Normalbefunde	119			
6.1	Allgemeine Hinweise	119	6.4.2	Strukturen	129
6.2	Akustische Schallfenster	119	6.5	Methodik der transkraniellen Doppler-Sonografie (TCD)	132
6.2.1	Temporales Schallfenster	119	6.5.1	Transtemporale Untersuchung des Circulus arteriosus Willisii	135
6.2.2	Nuchales (foraminales) Schallfenster	121	6.5.2	Transnuchale (transforaminale) Untersuchung des vertebrobasilären Systems ..	138
6.3	Methodik der transkraniellen Farbduplexsonografie	122	6.5.3	Transorbitale Untersuchung der A. ophthalmica (AO) und der A. carotis interna (ACI)	138
6.3.1	Die Standarduntersuchung der basalen Hirnarterien	122	6.6	Referenzwerte für intrakranielle Arterien und Venen	139
6.3.2	pw-Doppler-Sonografie als Teil der TCCS ..	126	6.7	Standardmäßig untersuchte intrakranielle Arterien	140
6.3.3	Untersuchungsmethoden der TCCS jenseits der Routine	127			
6.4	B-Bild-Sonografie des Hirnparenchyms (TCS)	129			
6.4.1	Einstellungen	129			
7	Untersuchung und Krankheitsbilder der hirndrainierenden Venen	141			
7.1	Untersuchung der V. jugularis interna ..	141	7.3	Untersuchung intrakranieller Venen und Sinus	144
7.1.1	Thrombosen der V. jugularis interna	141	7.3.1	Schallfenster	144
7.1.2	Ultraschallgesteuerte Katheterisierung ..	142	7.3.2	Transtemporaler Untersuchungsgang	145
7.2	Untersuchung des Klappenapparats der V. jugularis interna	143	7.3.3	Weitere Untersuchungsgänge	147
7.2.1	Klinische Konsequenzen der Venenklappeninsuffizienz	144	7.3.4	Ultraschallbefunde bei Sinus- und Hirnvenenthrombosen	148
			7.3.5	Andere Anwendungen der venösen TCCS ..	149
8	Stenose- und Verschlussignale	150			
8.1	Einleitung	150	8.5	Rekrutierung nachgeschalteter Kollateralen	153
8.2	Befunde im Stenoseabschnitt	152	8.6	Hämodynamische Relevanz einer Stenose	153
8.3	Poststenotische Befunde	153	8.7	Variabilität der Strömungsform	154
8.4	Prästenotische Befunde	153			
9	Stenosen und Verschlüsse des extrakraniellen Karotissystems	155			
9.1	Einführung	155	9.2.3	Rekanalisation der A. carotis interna	158
9.2	Verschlüsse der A. carotis interna im Halsabschnitt	155	9.3	Stenosen der A. carotis interna im Halsabschnitt	159
9.2.1	Befunde im Bereich des Verschlusses	155	9.3.1	Angiografie und Ultraschalldiagnostik, allgemeine Prinzipien	159
9.2.2	Befunde in vor- und nachgeschalteten Abschnitten	157	9.3.2	Messung der Strömungsgeschwindigkeit ..	161

9.3.3	Graduierung von ACI-Stenosen mit der Doppler-Sonografie.	163	9.4	Stenosen und Verschlüsse der A. carotis externa	176
9.3.4	Präokklusive Stenosen der A. carotis interna	172	9.4.1	Stenosesignal der ACE.	176
9.3.5	Klinische Bedeutung der Bestimmung der Stenosegrade der ACI	174	9.4.2	Befunde an der A. supratrochlearis.	177
9.3.6	Besondere diagnostische Probleme: kontralateraler ACI-Verschluss, Tandemstenose	174	9.4.3	Verschlüsse der A. carotis externa	177
9.3.7	Dissektionen der A. carotis interna.	175	9.5	Stenosen und Verschlüsse der A. carotis communis	177
9.3.8	Zuverlässigkeit der Ultraschalldiagnostik im Bereich der Karotisbifurkation.	175	9.5.1	Befunde bei Stenosen und Verschlüssen der A. carotis communis.	178
			9.6	Dissektion der A. carotis communis ...	179
10	Stenosen und Verschlüsse des vertebrobasilären Systems	180			
	<i>Thomas Staudacher</i>				
10.1	Allgemeine Hinweise	180	10.4	Stenosen und Verschlüsse der Vertebralarterien und der A. basilaris	189
10.2	Stenosen und Verschlüsse der A. subclavia	180	10.4.1	Extrakranielle Abschnitte der A. vertebralis	189
10.2.1	Stenosen der A. subclavia	180	10.4.2	Intrakranielle Abschnitte der Aa. vertebrales und der A. basilaris.	196
10.2.2	Verschluss der A. subclavia	181	10.4.3	Intrakranielle Befunde bei Stenosen und Verschlüssen der A. subclavia und des Truncus brachiocephalicus.	199
10.2.3	Befunde an der A. vertebralis (Steal-Effekte)	182			
10.3	Stenosen und Verschlüsse des Truncus brachiocephalicus	185			
10.3.1	Doppler-Sonografie.	185			
10.3.2	Farbduplexsonografie.	188			
11	Extra- und intrakranielle Kollateralsysteme bei extrakraniellen Stenosen und Verschlüssen	202			
11.1	Kollateralsysteme	202	11.3.2	Kollateralversorgung über die A. communicans posterior (AcomP).	207
11.1.1	Bedeutende Kollateralkreisläufe	202	11.3.3	Leptomeningeale Kollateralen.	208
11.1.2	Funktion der Kollateralen	203	11.4	Intrakranielle Kollateralen bei extrakraniellen Verschlussprozessen des vertebrobasilären Systems	208
11.1.3	Untersuchung der Kollateralen	203	11.5	Bewertung der Effektivität von Kollateralsystemen und klinische Relevanz	210
11.2	Hämodynamik der Kollateralsysteme ..	205			
11.3	Intrakranielle Kollateralen bei Verschlussprozessen der A. carotis interna	205			
11.3.1	Kollateralversorgung über die A. communicans anterior (AcomA).	205			

12	Stenosen und Verschlüsse der intrakraniellen Hirnarterien	211		
	<i>Günter Seidel</i>			
12.1	Allgemeine Hinweise	211	12.5	Stenosen und Verschlüsse der A. cerebri media
12.2	Sonografische Kriterien	211		217
12.2.1	Stenosen	211	12.5.1	Stenosen
12.2.2	Verschlüsse	213	12.5.2	Verschlüsse der A. cerebri media
12.3	Indirekte Hinweise auf intrakranielle Stenosen oder Verschlüsse	214		220
12.4	Stenosen und Verschlüsse der distalen A. carotis interna	215	12.6	Stenosen und Verschlüsse der A. cerebri anterior
12.4.1	Stenosen	215		221
12.4.2	Verschlüsse	216	12.7	Stenosen und Verschlüsse der A. cerebri posterior
				221
13	Gefäßmalformationen	223		
13.1	Piale und durale arteriovenöse Malformationen	223	13.2	Aneurysmen
13.1.1	Pathophysiologie arteriovenöser Kurzschlüsse	223		226
13.1.2	Arteriovenöse (piale) Malformationen. . .	223	13.3	Glomustumoren
13.1.3	Arteriovenöse Durafisteln	224		227
14	Funktionelle Doppler-Sonografie	228		
	<i>Bernhard Rosengarten</i>			
14.1	Einführung	228	14.4.2	Reaktionstypen
14.2	Neurovaskuläre Kopplung	229	14.4.3	Klinische Messmethoden
14.2.1	Funktionsuntersuchungen im Bereich des Posteriorstromgebiets	229		234
14.3	Zerebrale Autoregulation	231	14.5	Offenes Foramen ovale und Rechts-links-Shunt
14.3.1	Leg-Cuff-Methode	232		235
14.3.2	Kipptischuntersuchungen	232	14.5.1	Häufigkeit und klinische Bedeutung
14.4	CO₂-Reaktivität, zerebrovaskuläre Reservekapazität	233	14.5.2	OFO-Test
14.4.1	Prinzip und Überlegungen für die klinische Anwendung	233		235
			14.6	Mikroemboliedetektion
				<i>Dirk W. Droste</i>
			14.6.1	Physikalische Grundlagen
			14.6.2	Technische Grundlagen
			14.6.3	Praktische Durchführung
			14.6.4	Klinische Bedeutung
				241

15	Verlaufs- und Überwachungsuntersuchungen	243		
15.1	Allgemeine Hinweise	243	15.8	Klinische Bedeutung des frühen Gefäßbefunds
15.2	Neurovaskulärer Ultraschall als Screeningmethode	243	15.9	Hirnparenchymbefunde beim akuten Schlaganfall
15.3	Neurovaskulärer Ultraschall im Umfeld der Karotisendarterektomie	244		<i>Günter Seidel</i>
15.3.1	Präoperative Diagnostik	244	15.9.1	Intrakranielle Blutungen
15.3.2	Intraoperatives TCD-Monitoring	244	15.9.2	Hirnininfarkt
15.3.3	Frühe postoperative Verlaufsuntersuchung	245	15.10	Subarachnoidalblutung und Vasospasmus
15.3.4	Langfristige postoperative Verlaufsuntersuchung	246	15.10.1	Subarachnoidalblutung
15.4	Intraprozedurales Monitoring bei Angioplastie und Stenteinlage	246	15.10.2	Vasospasmen
15.4.1	Frühe postinterventionelle Verlaufsuntersuchung	246	15.11	Meningitis und Enzephalitis
15.4.2	Langfristige postinterventionelle Verlaufsuntersuchung	247	15.12	Intrakranielle Druckerhöhung und zerebraler Kreislaufstillstand
15.5	Neurovaskulärer Ultraschall und asymptomatische Karotisstenosen	248	15.12.1	Variablen der zerebralen Hämodynamik ..
15.6	Intraoperatives Monitoring während herzchirurgischer Eingriffe	248	15.12.2	Hirntoddiagnostik
15.7	Gefäßultraschall auf der Stroke-Unit ..	249	15.13	Hirnparenchymsonografie bei Bewegungsstörungen
15.7.1	Stellenwert der Neurosonografie im Thrombolysezeitfenster	249		<i>Günter Seidel</i>
15.7.2	Fast-Track-Untersuchung	249	15.13.1	Differenzialdiagnostik
15.7.3	Verschlussdiagnostik in der Akutphase des Hirnininfarkts	249	15.14	Sonografie des Bulbus und des N. opticus
15.7.4	Verlaufsuntersuchungen beim akuten Hirnininfarkt	251		<i>Jens Allendörfer</i>
15.7.5	Überwachung des Lyseerfolgs und möglicher Komplikationen	251	15.14.1	Einführung
			15.14.2	Untersuchungstechnik und Sicherheitshinweise
			15.14.3	Befunde bei erhöhtem Liquordruck
			15.14.4	Darstellung der A. centralis retinae
16	Nerven- und Muskelsonografie	273		
	<i>Heidrun H. Krämer-Best und Henrich Kele</i>			
16.1	Sonografie bei Erkrankungen des peripheren Nervensystems	273	16.2	Muskelsonografie
16.1.1	Untersuchungstechnik	273	16.2.1	Strukturelle Muskelsonografie
16.1.2	Normaler nervensonografischer Befund ..	274	16.2.2	Sonomorphologische Darstellung von Faszikulationen
16.1.3	Pathologische Befunde	275		

17	Normwerte	281			
17.1	Allgemeine Hinweise	281	17.3	Intrakranielle Gefäße	283
17.2	Extrakranielle Gefäße	281	17.3.1	Strömungsgeschwindigkeiten intrakranieller Arterien	283
17.2.1	Strömungsgeschwindigkeiten extrakranieller Arterien	281	17.3.2	Widerstandsindizes intrakranieller Arterien	284
17.2.2	Referenzwerte der ACC-Intima-Media-Dicke bei Normalpersonen ohne klassische Risikofaktoren	281	17.3.3	ACM/ACC-Index und AB/AV-Index	284
17.2.3	Gefäßdurchmesser extrakranieller Arterien	282	17.3.4	Vasomotorenreserve und Autoregulation ..	284
17.2.4	Widerstandsindizes extrakranieller Arterien	282	17.3.5	Strömungsgeschwindigkeiten intrakranieller Venen und Sinus	284
17.2.5	Flussvolumen extrakranieller Arterien ...	282	17.4	Referenzwerte für die B-Bild-Sonografie	285
17.2.6	ACI/ACC-Index	282	17.4.1	Ventrikelsystem	285
17.2.7	Globale zerebrale Zirkulationszeit (ACI-V.-jugularis-interna-Methode)	282	17.4.2	Echogenität der Substantia nigra	285
			17.5	Referenzwerte für die Orbitasonografie	285
			17.5.1	Intraorbitale Gefäße	285
			17.5.2	N. opticus und Optikusscheide	285
18	Zitierte und weiterführende Literatur	286			
	Sachverzeichnis	294			