

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
2.2	Extrakranielle Hirnarterien	59	2.3.3	Circulus arteriosus cerebri (Willisii)
2.2.1	Karotissystem	60	2.4	Anatomie der hirndrainierenden Venen
2.2.2	Vertebrobasiläres System	62		66
2.3	Intrakranielle Hirnarterien	63	2.4.1	Intrakranielle Venen und Sinus
2.3.1	Karotissystem	63	2.4.2	Extrakranielle Venen
				70
3	Anatomie und Pathologie der Hirngefäßwände			71
3.1	Wandaufbau der Hirnarterien	71	3.3.1	Arteriosklerose
3.2	Darstellung der normalen Gefäßwand, Intima-Media-Dicke	71		<i>Jens Allendörfer</i>
3.2.1	Geräte und Geräteeinstellungen	71	3.3.2	Arteriitis
3.3	Pathologische Wandveränderungen	72	3.3.3	Dissektionen
			3.4	Intraluminale Thromben
				85
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
4.3	Strömungsgeschwindigkeit	87	4.7.3	Einfluss der Gefäßelastizität
4.4	Laminare, turbulente und gestörte Strömung	88	4.8	Einfluss morphologischer und strömungsphysiologischer Variablen auf das Strömungsspektrum (Frequenzzeitspektrum)
4.4.1	Laminare Strömung	88		94
4.4.2	Turbulente Strömung	88	4.8.1	Maximalfrequenz
4.4.3	Gestörte Strömung	89	4.8.2	Diastolische Strömungsgeschwindigkeit, Pulsatilität
4.5	Einfluss der Gefäßgeometrie auf die Strömung	89	4.8.3	Bandbreite des Spektrums
4.6	Strömungspulskurve	90		95
4.7	Doppler-Strömungskurven	90	4.9	Qualitative Beschreibung des Strömungsspektrums
				97
			4.9.1	Normale Spektren
			4.9.2	Spektren bei gestörter Strömung
				97
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		112
5.2.1	Allgemeines zur Untersuchungstechnik	99	5.3.1	Farbduplexsonografie der Karotiden
5.2.2	Differenzierung der einzelnen Halsgefäße	101	5.3.2	Farbduplexsonografie der Vertebralarterien
5.2.3	Untersuchung der Äste der A. ophthalmica	107		117

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

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
13	Gefäßmalformationen	223		221
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
				237
				238
				240
				241

15	Verlaufs- und Überwachungsuntersuchungen	243		
15.1	Allgemeine Hinweise	243	15.8	Klinische Bedeutung des frühen Gefäßbefunds
				253
15.2	Neurovaskulärer Ultraschall als Screeningmethode	243	15.9	Hirnparenchymbefunde beim akuten Schlaganfall
				254
15.3	Neurovaskulärer Ultraschall im Umfeld der Karotisendarteriektomie	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	Hirnfarkt
15.3.3	Frühe postoperative Verlaufsuntersuchung	245		
15.3.4	Langfristige postoperative Verlaufsuntersuchung	246	15.10	Subarachnoidalblutung und Vasospasmus
				259
15.4	Intraprozedurales Monitoring bei Angioplastie und Stenteinlage	246	15.10.1	Subarachnoidalblutung
15.4.1	Frühe postinterventionelle Verlaufsuntersuchung	246	15.10.2	Vasospasmen
15.4.2	Langfristige postinterventionelle Verlaufsuntersuchung	247		
15.5	Neurovaskulärer Ultraschall und asymptomatische Karotisstenosen	248	15.11	Meningitis und Enzephalitis
15.6	Intraoperatives Monitoring während herzchirurgischer Eingriffe	248		
15.7	Gefäßultraschall auf der Stroke-Unit. ...	249	15.12	Intrakranielle Druckerhöhung und zerebraler Kreislaufstillstand
15.7.1	Stellenwert der Neurosonografie im Thrombolysezeitfenster	249		
15.7.2	Fast-Track-Untersuchung	249	15.12.1	Variablen der zerebralen Hämodynamik ..
15.7.3	Verschlussdiagnostik in der Akutphase des Hirnfarkts	249	15.12.2	Hirntoddiagnostik
15.7.4	Verlaufsuntersuchungen beim akuten Hirnfarkt	251		
15.7.5	Überwachung des Lyseerfolgs und möglicher Komplikationen	251	15.13	Hirnparenchymsonografie bei Bewegungsstörungen
				266
				<i>Günter Seidel</i>
			15.13.1	Differenzialdiagnostik
				268
			15.14	Sonografie des Bulbus und des N. opticus
				269
				<i>Jens Allendörfer</i>
			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
				272
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
				280
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		280

17	Normwerte	281
17.1	Allgemeine Hinweise	281
17.2	Extrakranielle Gefäße	281
17.2.1	Strömungsgeschwindigkeiten extrakranieller Arterien	281
17.2.2	Referenzwerte der ACC-Intima-Media-Dicke bei Normalpersonen ohne klassische Risikofaktoren	281
17.2.3	Gefäßdurchmesser extrakranieller Arterien	282
17.2.4	Widerstandsindizes extrakranieller Arterien	282
17.2.5	Flussvolumen extrakranieller Arterien	282
17.2.6	ACI/ACC-Index	282
17.2.7	Globale zerebrale Zirkulationszeit (ACI-V.-jugularis-interna-Methode)	282
17.3	Intrakranielle Gefäße	283
17.3.1	Strömungsgeschwindigkeiten intrakranieller Arterien	283
17.3.2	Widerstandsindizes intrakranieller Arterien	284
17.3.3	ACM/ACC-Index und AB/AV-Index	284
17.3.4	Vasomotorenreserve und Autoregulation	284
17.3.5	Strömungsgeschwindigkeiten intrakranieller Venen und Sinus	284
17.4	Referenzwerte für die B-Bild-Sonografie	285
17.4.1	Ventrikelsystem	285
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