

Inhaltsverzeichnis

I Grundlagen

1	Morphologie, Physiologie und Pathologie des maternoplazentaren, fetoplazentaren und fetalen Kreislaufs	3
	<i>A.-H. Graf</i>	
1.1	Einleitung	4
1.2	Morphologie	4
1.2.1	Anatomie und Histologie der Plazenta	4
1.2.2	Maternoplazentarer Kreislauf	6
1.2.3	Fetoplazentarer Kreislauf	6
1.2.4	Fetaler Kreislauf	7
1.3	Physiologie und Pathologie	9
1.3.1	Maternoplazentare, fetoplazentare und fetale Durchblutung	9
1.3.2	Bedeutung des Blutflusses	9
1.3.3	Parameter der Plazentafunktion	10
1.3.4	Morphologie der Plazentainsuffizienz	10
	Literatur	11
2	Physikalische und technische Grundlagen der Dopplersonographie	13
	<i>M. Schelling</i>	
2.1	Erzeugung und Empfang von Ultraschallwellen	14
2.2	Prinzip der Dopplersonographie	15
2.3	Dopplerverfahren	17
2.3.1	Kontinuierlicher Doppler (CW-Doppler)	17
2.3.2	Gepulster Doppler (PW-Doppler)	17
2.3.3	Farbdoppler	19
2.3.4	Powerdoppler	20
	Literatur	21
3	Analyse des Blutflussmusters	23
	<i>H. Schaffer, T. Jäger und H. Steiner</i>	
3.1	Grundlagen	24
3.2	Quantitative Signalanalyse	25
3.3	Qualitative Signalanalyse	26
3.3.1	Resistance-Index	26
3.3.2	A/B-Ratio	27
3.3.3	Pulsatility-Index	27
3.3.4	Vergleich von A/B-Ratio, RI und PI	27
3.3.5	Weitere Indizes	28
3.3.6	Blutflussklassen	28
3.3.7	Qualitative Signalanalyse des venösen Dopplersignals	29
3.3.8	Vergleich arterieller und venöser Indizes	29
	Literatur	30

4	Technik der Blutflussmessung in der Geburtshilfe	31
	<i>H. Schaffer, T. Jäger und H. Steiner</i>	
4.1	Einleitung	32
4.2	A. umbilicalis	32
4.2.1	Technik	33
4.3	A. uterina bzw. A. arcuata	33
4.3.1	Technik	33
4.4	Fetale Aorta	33
4.4.1	Technik	33
4.5	Fetale A. cerebri media	34
4.5.1	Technik	35
4.6	Ductus venosus	35
4.6.1	Technik	36
4.7	Fetale V. cava inferior	37
4.7.1	Technik	38
4.8	Vv. hepaticae	38
4.8.1	Technik	38
4.9	V. umbilicalis	38
4.9.1	Technik	38
4.10	Aa. und Vv. pulmonales	38
4.10.1	Technik	38
	Literatur	41
5	Normale Flussmuster in den uteroplazentaren und fetalen Gefäßen	43
	<i>G. Hasenöhr</i>	
5.1	Grundlagen	44
5.2	Arterielle Gefäße	45
5.2.1	A. umbilicalis	45
5.2.2	A. cerebri media	46
5.2.3	A. uterina	47
5.2.4	Aorta	48
5.3	Venöse Gefäße	48
5.3.1	V. umbilicalis	49
5.3.2	Ductus venosus	49
5.3.3	V. cava inferior	51
	Literatur	51
6	Fehlerquellen und Reproduzierbarkeit	53
	<i>H. Schaffer, T. Jäger und H. Steiner</i>	
6.1	Einleitung	55
6.2	Reproduzierbarkeit des Dopplersignals	55
6.3	Einfallswinkel des Dopplerschalls (Schallwinkel)	55
6.3.1	Einfluss des Schallwinkels auf die quantitative Signalanalyse	55
6.3.2	Einfluss des Schallwinkels auf die qualitative Signalanalyse	55
6.4	Empfangsverstärkung („receiver gain“)	57
6.5	Wallmotion-Filter (Wandfilter, High-Pass-Filter)	58
6.6	Fetale Atembewegungen	59
6.7	Fetale Herzfrequenz	60
6.8	Einfluss des Dopplerfensters („Gate“, Sample-Volumen)	60
6.9	Einfluss des Dopplerfensters auf die qualitative Signalanalyse	60
6.10	Maximal messbare Geschwindigkeit und Pulsrepetitionsfrequenz	60

6.11	Gefäßtiefe, maximal messbare Geschwindigkeit und Pulsrepetitionsfrequenz	60
6.12	Informationsverlust bei hohen Geschwindigkeiten durch Aliasing	62
6.13	Pitfalls	62
6.13.1	Nullfluss der A. umbilicalis durch kleineres Lumen der 2. Arterie	62
6.13.2	Reverse-Flow der A. cerebri media durch erhöhten Schallkopfdruck	63
6.13.3	Extrasystolen und fetaler Singultus	65
	Literatur	66
7	Sicherheitsaspekte	67
	<i>K.T.M. Schneider</i>	
7.1	Einführung	68
7.2	Messparameter für die Ultraschallexposition	68
7.2.1	Schalldruck	68
7.2.2	Schallwellengeschwindigkeit	68
7.2.3	Wellenlänge	68
7.2.4	Abschwächung der Schallausbreitung	68
7.2.5	Schallfenster	69
7.2.6	„Pulsed-Mode“	69
7.2.7	Ausgangsleistung und Intensität	70
7.3	Messung von Bioeffekten	70
7.3.1	Intensitätsgrößen	70
7.3.2	Thermische Messgrößen	71
7.3.3	Mechanische Messgrößen	71
7.4	Akustischer Output moderner Ultraschallverfahren	72
7.5	Bioeffekte und mögliche Auswirkungen auf den Feten	73
7.5.1	Thermische Beeinflussung	74
7.5.2	Kavitationswirkung	75
7.5.3	Teratogenität und Mutagenität	75
7.6	Beeinträchtigung der fetalen Entwicklung nach Ultraschallexposition	75
7.7	Sicherheitsempfehlungen	77
7.7.1	Gerätetechnik	77
7.7.2	Anwenderempfehlungen	77
7.7.3	Geräteeinstellung und Reduktion applizierter Ultraschallenergie	78
7.8	Schlussfolgerung	78
	Literatur	79

II Diagnostischer und klinischer Einsatz der Dopplersonographie in der Geburtsmedizin

8	Der SGA-Fetus – die intrauterine Wachstumsrestriktion	83
	<i>K.T.M. Schneider und H. Steiner</i>	
8.1	Einleitung	84
8.2	Definition von SGA und IUGR	84
8.3	Ätiologie	84
8.4	Diagnostik des SGA-Feten	85
8.5	Prävention und Management des IUGR-Feten	87
8.6	Späte Wachstumsretardierung	92
8.7	Zusammenfassung	92
	Literatur	93

9	Plazentationsstörungen und feto-maternale Erkrankungen	97
	<i>C.S. von Kaisenberg und H. Steiner</i>	
9.1	Einleitung	98
9.2	Morphologie, Physiologie und Pathophysiologie	98
9.3	Indikationen und Gefäßauswahl.	99
9.3.1	Screening für Plazentationsstörungen im 1. Trimenon.	99
9.3.2	Screening für Plazentationsstörungen im 2. Trimenon	107
9.3.3	Symptomatische Patientinnen – bestehende SIH bzw. Präeklampsie.	108
9.3.4	Prädiktion schwerer Verlaufsformen der SIH und Präeklampsie	110
	Literatur.	111
10	Zerebrale Durchblutung und dopplersonographische Befunde	115
	<i>D. Wertaschnigg und H. Steiner</i>	
10.1	Einleitung	116
10.2	Indikationen	116
10.3	Einflussfaktoren auf die zerebralen Flussmuster	116
10.4	Termineffekt	117
10.5	Blutumverteilung – „Brain sparing“	119
10.6	„Brain sparing“ und „fetal outcome“	120
10.7	„Brain sparing“ und kongenitale Herzfehler	122
10.8	Dezentralisation – Reredistribution	122
10.9	Wertigkeit von Doppleruntersuchungen um den Geburtstermin	123
10.10	Weitere Indikationen und Krankheitsbilder	123
	Literatur.	124
11	Mehrlingsschwangerschaften und Dopplersonographie	127
	<i>P. Klaritsch</i>	
11.1	Einleitung	128
11.2	Formen der Zwillingschwangerschaften	128
11.3	Spezifische Komplikationen monochorialer Schwangerschaften	129
11.3.1	Singulärer intrauteriner Fruchttod (sIUFT).	131
11.3.2	Feto-fetales Transfusionssyndrom (FFTS).	131
11.3.3	Twin Anemia Polycythemia Sequence (TAPS).	134
11.3.4	Twin Reversed Arterial Perfusion (TRAP)	135
11.4	Selektive fetale Wachstumsrestriktion (sFGR).	135
11.4.1	sFGR bei dichorialen Mehrlingen	136
11.4.2	sFGR bei monochorialen Mehrlingen	136
11.5	Monoamniote Zwillinge	138
	Literatur.	139
12	Dopplersonographie im 1. Trimenon	143
	<i>E. Ostermayer und C.S. von Kaisenberg</i>	
12.1	Physiologische Implantation – Trophoblastzellinvasion – intervillöse Zirkulation	144
12.2	Doppler im frühen 1. Trimenon	145
12.2.1	Intervillöser Raum	145
12.2.2	Dottersack	145
12.2.3	Embryo	145
12.3	Doppler- und Ultraschalluntersuchung zwischen 11–13 ⁺⁶ Schwangerschaftswochen	147
12.4	Bedeutung der dopplersonographischen Marker zwischen 11–13 ⁺⁶ Schwangerschaftswochen	155

12.5	Farbdopplersonographie beim frühen Fehlbildungsschall	156
	Literatur	157
13	Dopplersonographie am Termin und bei Übertragung	161
	<i>C.S. von Kaisenberg und K.T.M. Schneider</i>	
13.1	Fetale Risiken um den Termin und bei Übertragung	162
13.1.1	Physiologische und pathophysiologische Veränderungen	162
13.1.2	Termineffekt	163
13.2	Dopplersonographie am Termin	164
13.3	Dopplersonographie sub partu	164
13.4	Dopplersonographie nach dem Termin und in der Übertragung (13.–17. Tag)	165
13.5	Dopplersonographie als Vorhersagemöglichkeit einer Spontangeburt	165
13.6	Geburtshilfliches Management um den Termin und bei Übertragung	165
13.7	Zusammenfassung	166
	Literatur	166
14	Anämie – Blutgruppensensibilisierung	169
	<i>H. Steiner und G. Hasenöhr</i>	
14.1	Kurzüberblick	170
14.2	Physiologie und Pathophysiologie	170
14.3	Indikationen	170
14.4	Untersuchungstechnik und Gefäßauswahl	171
14.5	Diagnostische Wertigkeit und Konsequenzen	173
14.5.1	Diagnostische Wertigkeit der Messungen an verschiedenen Gefäßen	173
14.5.2	Hydrops	174
14.5.3	Intrauterine Transfusion	175
14.5.4	Praktische Anwendung	175
14.6	Zusammenfassung – Schlussfolgerungen	176
	Literatur	176
15	Dopplersonographie des venösen fetalen Kreislaufsystems	179
	<i>K. Hecher und W. Diehl</i>	
15.1	Anatomie und Physiologie	180
15.2	Pathologie	183
15.3	Klinischer Einsatz bei intrauteriner Wachstumsretardierung	185
15.4	Hydrops fetalis und Herzerkrankungen	186
15.5	Schlussfolgerungen	187
	Literatur	187
16	Farbdopplersonographie in der Diagnostik von fetalen Fehlbildungen	191
	<i>R. Chaoui</i>	
16.1	Einleitung	192
16.2	Gepulste Dopplersonographie bei fetalen Fehlbildungen	192
16.2.1	Differenzialdiagnose des Oligohydramnions	192
16.2.2	Chromosomenanomalien	193
16.2.3	Differenzialdiagnose des immunologischen und nichtimmunologischen Hydrops fetalis (NIHF)	193
16.3	Farbdopplersonographie bei fetalen Fehlbildungen	193
16.3.1	Nabelschnur und Plazenta	194
16.3.2	Nieren	196
16.3.3	Gehirn	196

16.3.4	Thorax	199
16.3.5	Abdomen	200
16.3.6	Tumore	202
16.3.7	Flüssigkeitsbewegungen im Farbdoppler	203
16.4	Schlussfolgerungen	203
	Literatur	204
17	Intrapartale Dopplersonographie	205
	<i>J. Gnirs und K.T.M. Schneider</i>	
17.1	Einleitung	206
17.2	Pathophysiologische Grundlagen	207
17.3	Diagnostischer Wert dopplersonographischer Befunde sub partu	207
17.4	Treffsicherheit der Überwachungsmethoden (CTG, FBA, Dopplersonographie)	209
17.5	Methodenvergleich	210
17.6	Stellenwert intrapartaler Dopplerbefunde	211
17.7	Farbdopplersonographie	213
	Literatur	213
18	Wertigkeit der Dopplersonographie im Vergleich zu anderen Überwachungsverfahren	217
	<i>J. Gnirs</i>	
18.1	Einleitung	218
18.2	Zielsetzung der antepartalen Überwachung	218
18.3	Pathophysiologie	219
18.4	Biophysikalische Überwachungsmethoden	219
18.4.1	Kardiotokographie	219
18.4.2	Fetale Bewegungsaktivität und Verhaltenszustände	221
18.5	Fetale Belastungstests	221
18.5.1	Non-Stress-Test (NST)	223
18.5.2	Vibroakustischer Stimulationstest	224
18.5.3	Fetales Bewegungsprofil	225
18.5.4	Computerisierte CTG-Überwachung	229
18.5.5	Ultraschalldiagnostik	230
18.5.6	Dopplersonographie	236
18.5.7	Hormonelle Schwangerschaftsüberwachung	238
18.6	Schlussfolgerungen	239
	Literatur	240
19	Integration der Dopplersonographie in das klinische Management	245
	<i>K.T.M. Schneider</i>	
19.1	Einführung	246
19.2	Historie der Einführung der Dopplersonographie in die Klinik	246
19.3	Indikationen der Dopplersonographie	246
19.3.1	Screening im Niedrigrisikokollektiv	246
19.3.2	Screening im Hochrisikokollektiv	247
19.4	Für die Dopplersonographie geeignete Gefäße	248
19.5	Bedeutung pathologischer Blutströmungsmuster	249
19.6	Überwachungsintervalle der Dopplersonographie	251
19.7	Rolle der Dopplersonographie bei exspektativem Vorgehen	252
19.8	Rolle der Dopplersonographie bei der Optimierung des Entbindungszeitpunktes	253
19.9	Zusammenfassung	255
	Literatur	256

III Dopplersonographie am fetalen Herzen

20	Normale Flussmuster am fetalen Herzen	261
	<i>G. Tulzer</i>	
20.1	Einleitung	262
20.2	Grundlagen	262
20.2.1	Untersuchungszeitpunkt	262
20.2.2	Geräteeinstellung	262
20.3	Doppleruntersuchung des fetalen Herzens	263
20.3.1	Präkordiale Venen	264
20.3.2	Foramen ovale	264
20.3.3	Atrioventrikular-Klappen (Mitral- und Trikuspidalklappe)	265
20.3.4	Semilunarklappen (Aorten- und Pulmonalklappe)	268
20.3.5	Ductus Botalli/Aortenbogen	269
20.4	Zusammenfassung	271
	Literatur	271
21	Evaluierung des Cardiac Outputs und der kardialen Dekompensation	273
	<i>G. Tulzer und J.C. Huhta</i>	
21.1	Einleitung	274
21.2	Ursachen einer fetalen Herzinsuffizienz	274
21.3	Besonderheiten des fetalen Herzens	274
21.4	Cardiac Output: Physiologie	274
21.5	Diagnostik der Herzinsuffizienz	275
21.5.1	Definition der Herzinsuffizienz beim Feten	275
21.5.2	Direkte Bestimmung des Cardiac Outputs mittels Doppler-Echokardiographie	275
21.5.3	Diagnose der fetalen Herzinsuffizienz	275
21.5.4	Herzinsuffizienz-Score	276
21.5.5	Limitierungen des Herzinsuffizienz-Scores	280
21.5.6	Tissue Doppler	280
21.6	Zusammenfassung	280
	Literatur	281
22	Dopplerechokardiographie bei fetalen Arrhythmien	283
	<i>U. Gembruch</i>	
22.1	Einleitung	284
22.2	Differenzierung fetaler Arrhythmien	284
22.3	Dopplerechokardiographische Befunde im Rahmen fetaler Arrhythmien	286
22.3.1	Extrasystolie	286
22.3.2	Bradyarrhythmie	288
22.3.3	Tachyarrhythmie	291
22.4	Zusammenfassung	297
	Literatur	297
23	Farbdopplersonographie bei fetalen Herzfehlern	303
	<i>R. Chaoui</i>	
23.1	Technische Voraussetzungen	304
23.1.1	Fetale Dopplerechokardiographie: Spektral- und Farbdoppler	304
23.1.2	Optimale Einstellung: erst B-Bild, dann Farbdoppler	304
23.2	Das normale fetale Herz in der Farbdopplersonographie	305
23.3	Dopplerechokardiographische Befunde bei ausgesuchten fetalen Herzfehlern	306
23.3.1	Ventrikelseptumdefekt (VSD)	306

23.3.2	Atrioventrikulärer Septumdefekt (AVSD)	307
23.3.3	Hypoplastisches Linksherzsyndrom (HLHS) und kritische Aortenstenose	307
23.3.4	Hypoplastischer rechter Ventrikel	308
23.3.5	Ebstein-Anomalie	308
23.3.6	Aorten- (AS) und Pulmonalstenose (PS)	309
23.3.7	Fallot-Tetralogie	309
23.3.8	Double-Outlet-Right-Ventricle (DORV)	310
23.3.9	Truncus arteriosus communis	310
23.3.10	Komplette Transposition der großen Gefäße (d-TGA)	310
23.3.11	Obstruktionen des Aortenbogens	310
23.3.12	Rechter und doppelter Aortenbogen	310
23.3.13	Anomalien des Körper- und Lungenvenenrückflusses	311
23.4	Fetale Dopplerechokardiographie zwischen 11 und 14 SSW	312
23.5	Schlussfolgerungen	314
	Literatur	314

IV Dopplersonographie in der Gynäkologie

24	Blutversorgung, Physiologie und Neoangiogenese des inneren Genitales	317
	<i>R. Gruber</i>	
24.1	Kurzüberblick	318
24.2	Blutversorgung des Uterus und der Adnexe	318
24.2.1	Uterus	318
24.2.2	Tuben und Ovarien	318
24.3	Physiologischer Zyklus des inneren weiblichen Genitales	318
24.4	Neoangiogenese im Bereich des inneren weiblichen Genitale	321
24.4.1	Definition	321
24.4.2	Historischer Rückblick	321
24.4.3	Formen der Neoangiogenese	322
24.4.4	Pathophysiologie der (Neo-)Angiogenese	322
24.4.5	Auswirkungen der Angiogenese auf Gefäßmorphologie und Funktion	325
24.4.6	Therapeutische Ansatzpunkte	327
	Literatur	327
25	Untersuchungsgang, Normalbefunde und Fehlerquellen in der gynäkologischen Dopplersonographie	329
	<i>G. Bogner</i>	
25.1	Einleitung	331
25.2	Grundlagen	331
25.2.1	Einstellung des Ultraschallgeräts	331
25.2.2	Möglichkeiten der Darstellung	331
25.2.3	Fehlerquellen	332
25.3	Anwendungsgebiete	332
25.4	Uterusdurchblutung	333
25.4.1	Arteria uterina	333
25.4.2	Color-Flow-Mapping des Uterus	335
25.5	Ovarielle Durchblutung	335
25.5.1	Arteria ovarica	335

25.5.2	Color-Flow-Mapping des Ovars und dessen zyklische Veränderungen des Blutflusses	336
25.5.3	Corpus luteum	337
25.6	Dopplersonographische Befunde in der Frühschwangerschaft	338
25.6.1	Normalbefund	338
25.6.2	Anwendungsmöglichkeiten bei Schwangerschaftspathologie	339
25.7	Postmenopause	340
25.8	Perspektiven für die zukünftige Entwicklung	341
	Literatur	341
26	Diagnostischer Einsatz bei Adnextumoren	343
	<i>G. Bogner</i>	
26.1	Einleitung	344
26.2	Grundlagen	344
26.2.1	Pathophysiologie	344
26.2.2	Untersuchung und Doppler – Eigenschaften von Ovarialtumoren	345
26.2.3	Fehlerquellen	346
26.3	Auswertung	346
26.3.1	Farbdoppler	346
26.3.2	Abhängigkeit von der Sonomorphologie	349
26.3.3	Klinische Anwendung der Dopplersonographie	350
26.3.4	Analyse des Malignitätsrisikos von Adnextumoren mit Hilfe von Algorithmen	352
26.4	Fallbeispiele	353
26.5	Praktische Hinweise	354
26.6	Powerdoppler und 3D-Doppler	355
26.7	Andere Adnexerkrankungen	355
26.7.1	Entzündliche Prozesse	356
26.7.2	Ovarialtorsion	356
	Literatur	357
27	Diagnostischer Einsatz bei anderen gynäkologischen Erkrankungen	361
	<i>G. Bogner und R. Gruber</i>	
27.1	Pathologie in der Schwangerschaften, I. Trimenon	362
27.1.1	Extrauterin gravidität	362
27.1.2	Abortus	367
27.1.3	Trophoblasttumoren, Gestational Trophoblastic Neoplasia (GTN)	370
27.2	Einsatzmöglichkeiten der transvaginalen Farbdopplersonographie bei Pathologien des Uterus	370
27.2.1	Gutartige Endometriumsveränderungen	371
27.2.2	Leiomyom – Adenomyom	372
27.2.3	Malignome des Uterus	373
	Literatur	378
V	Dopplersonographie in der Reproduktionsmedizin	
28	Dopplersonographie in der Reproduktionsmedizin	385
	<i>D. Grab</i>	
28.1	Einleitung	386
28.2	Tubenfaktor	386
28.3	Ovarielle Perfusion	387

28.4 **Uterine Perfusion**390

28.5 **Dopplersonographie zur Optimierung der assistierten Reproduktion**396

Literatur.....397

VI Dopplersonographie in der Mammadiagnostik

29 Dopplersonographie in der Mammadiagnostik.....403

M. Braun und M. Schelling

29.1 **Einleitung**404

29.2 **Pathophysiologischer Hintergrund**404

29.3 **Apparative Voraussetzungen, Messtechnik, diagnostische Kriterien, Kontrastmittel** ...405

29.4 **Sonographische und dopplersonographische Dignitätsbeurteilung**407

29.5 **Ausblick**.....412

29.6 **Zusammenfassung**415

Literatur.....416

Serviceteil419

Anhang.....420

Stichwortverzeichnis428