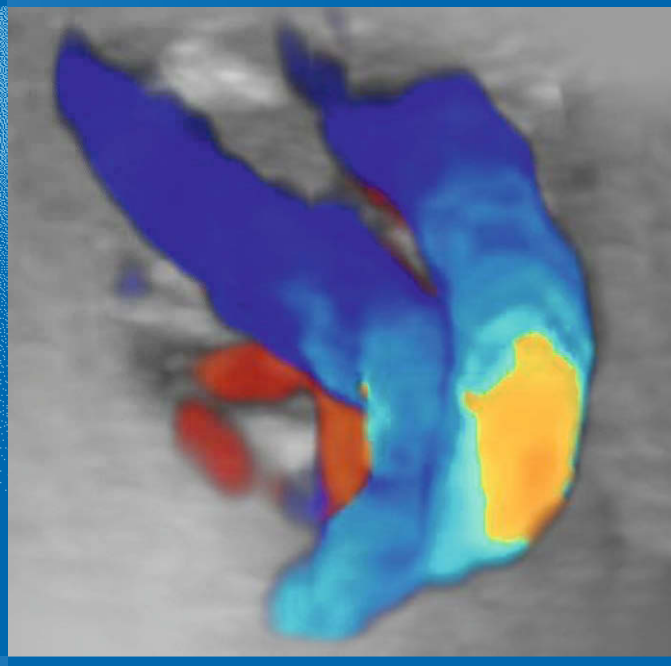
Gembruch
Hecher
Steiner



Ultraschall-diagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie

Springer

Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie

Ulrich Gembruch
Kurt Hecher
Horst Steiner
(Hrsg.)

Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie

Mit 1652 Abbildungen

Springer

Herausgeber
Prof. Dr. Ulrich Gembruch
Universitätsklinikum Bonn
Zentrum für Geburtshilfe
und Frauenheilkunde
Sigmund-Freud-Str. 25
53105 Bonn

Prof. Dr. Kurt Hecher
Universitätsklinikum
Hamburg Eppendorf
Klinik für Geburtshilfe
und Pränatalmedizin
Martinistraße 52
20246 Hamburg

Prof. Dr. Horst Steiner
Praxis für Frauenheilkunde
und Pränataldiagnostik
Sinnhubstraße 41
5020 Salzburg
Austria

ISBN-13 978-3-642-29632-1 ISBN 978-3-642-29633-8 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-29633-8

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Springer Medizin
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013
Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Planung: Dr. Sabine Höschele, Heidelberg
Projektmanagement: Ina Conrad, Heidelberg
Lektorat: Kathrin Nühse, Mannheim
Projektkoordination: Eva Schoeler, Heidelberg
Umschlaggestaltung: deblik Berlin
Zeichnungen: E. W. Hanns, Gundelfingen
Herstellung: le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Medizin ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer.com

Vorwort

Die Ultraschalldiagnostik ist ein enorm wichtiger Bereich des Faches Geburtshilfe und Gynäkologie. Eine Schwangerschaftsbetreuung ohne Ultraschalluntersuchung ist ebenso undenkbar wie eine gynäkologisch ausgerichtete Praxis ohne Sonografiegerät. In der Pränatalmedizin und Geburtshilfe ist die Arbeit am Ultraschallgerät fundamental für die tägliche Arbeit.

Ultraschall bringt Licht ins Dunkel vom Beginn der Schwangerschaft bis zur subpartalen Untersuchung im Kreißsaal.

Auch in den Schwerpunkten der Kliniken im gynäkologischen Bereich vom inneren Genitale über Fragestellungen aus Urogynäkologie, Reproduktionsmedizin bis zur Senologie oder den reproduktionsmedizinischen Einrichtungen ist Ultraschall essentiell. Der Einsatzbereich des Ultraschalls in unserem Fach ist somit äußerst breit gefächert. Darüber hinaus ist die Ultraschalldiagnostik in der Geburtshilfe und Frauenheilkunde durch eine ständige Weiterentwicklung gekennzeichnet.

Auch die Ultraschalltechnologie selbst entwickelte sich in den letzten Jahren enorm. So wurde die Bildgebung mittels Real-time-Sonografie durch 3D- und 4D-Volumensonografie ergänzt. Funktionelle Diagnostik und Überwachung mittels Dopplersonografie gehören zum Standardrepertoire bei der Betreuung Schwangerer. Die Farbdopplersonografie vereint Funktionsdiagnostik und Bildgebung im Sinne einer sonografischen Angiografie. Spezielle Ergänzungen durch Tissue Doppler Imaging, Speckle Tracking, Kontrastsonografie und andere Verfahren kommen bei spezifischen Fragestellungen zur Anwendung.

Die Breite und Dynamik in fachlicher und technologischer Hinsicht werden in diesem Buch durch zahlreiche renommierte KapitelautorInnen dargestellt. Basisinformationen über Physik, Technik und Untersuchungsablauf sind als Grundlage für das erfolgreiche Erlernen und Perfektionieren des „Handwerks“ Ultraschall eingefügt. Herausgeber, KapitelautorInnen und Verlag haben sich bemüht, sowohl etabliertes Wissen, also den State-of-the art, ebenso darzustellen wie brandaktuelle Informationen, die noch weiter evaluiert werden müssen. Die Kapitel folgen einer weitgehend einheitlichen didaktischen Grundstruktur, um leichter les- und erlernbar zu sein. Eine zudem reiche, qualitativ hochwertige Bebilderung gibt den Charakter eines Lehrbuches, Nachschlagewerkes und Atlas in einem. Darüberhinaus findet der Leser zu den jeweiligen Krankheitsbildern fundierte Informationen über deren ante- und perinatales Management sowie Outcome. Auch dem in der Pränatalmedizin zunehmend interdisziplinären Vorgehen bei Diagnostik, Behandlung und Beratung der Eltern wird Rechnung getragen, indem Kapitel über die modernen Untersuchungsverfahren in der Humangenetik und über die Möglichkeiten und Einsatzgebiete der Magnetresonanztomografie (MRT) integriert sind. Somit ist das Buch für ÄrztInnen in der allgemeinen und speziellen Weiterbildung zum Erlernen des Ultraschalls, zur Begleitung bei der täglichen Arbeit und zur Prüfungsvorbereitung geeignet, aber auch als Nachschlagewerk für Pränatalmediziner, Pädiater, Radiologen, Humangenetiker und alle anderen, die in Diagnostik, Behandlung und Beratung schwangerer und nicht schwangerer Frauen involviert sind.

Wissenschaftlich kann für viele Bereiche der Beweis der Effektivität qualitativ hochwertiger Sonografie, beispielsweise der Reduktion der perinatalen Mortalität und Morbidität, erbracht werden. Aber nur eine gute Ausbildung ermöglicht die praktische Umsetzung dieser Steigerung der Qualität der Betreuung der uns anvertrauten Patientinnen und Feten. Darüber hinaus erspart eine kompetente Ultraschalldiagnostik vielfach andere kostenintensivere Verfahren der Bildgebung.

Erwähnt werden sollte, dass eines der weltweit ersten Lehrbücher über die „Ultraschalldiagnostik in Gynäkologie und Geburtshilfe“ 1985 im Springer Verlag erschienen ist, in mehrere Sprachen übersetzt und für Jahre zum Standardwerk wurde. Herausgegeben wurde dieses Buch von den Professoren Manfred Hansmann, Bernhard-Joachim Hackelöer und Alf Staudach aus Bonn, Hamburg und Salzburg, die für Jahre unsere hervorragenden Lehrer waren, denen wir hierfür von Herzen danken. Wir möchten dieses Buch als Fortführung ihres unermüdlichen Einsatzes für die Qualitätsverbesserung und Verbreitung der sonografischen Diagnostik in unserem Fach sehen.

Wir bedanken uns vor allem bei den KapitelautorInnen für ihre hervorragenden Beiträge. Ohne deren Wissen und Arbeit wäre es unmöglich gewesen, ein derart umfangreiches Werk zu gestalten. Sie mögen uns nachsehen, dass wir Ihnen immer wieder mit Zeitlimits im Nacken saßen, aber nur so war es möglich, ein umfassendes Werk mit vielen AutorInnen, deren Kapitel möglichst homogen alle am neuesten Stand der Dinge sind, herauszugeben. Ferner sei dem Springer Verlag, vor allem Frau Dr. Hoeschele, Frau

Conrad und Frau Nühse, für die konsequente Unterstützung vom Entstehungsprozess über das Lektorat bis zur Finalisierung gedankt.

Wir hoffen, dass unsere KollegInnen in Klinik und Praxis dieses neue Werk mit Freude und Interesse lesen und es ihnen in ihrer täglichen Arbeit zum Wohle der (auch noch ungeborenen) PatientInnen helfen wird.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, dass Rückmeldungen der Leser entscheidend zu Verbesserungen in zukünftigen Neuauflagen beitragen. Daher würden wir uns auch über konstruktiv kritisches Feedback sehr freuen.

U. Gembruch, K. Hecher und H. Steiner
Bonn, Hamburg und Salzburg im August 2013

Inhaltsverzeichnis

I Ultraschall in Pränatalmedizin und Geburtshilfe

1 **Ultraschallscreening in der Schwangerschaft** 5
C. Brezinka, H. Steiner
1.1 **Allgemeines** 6
1.2 **Ultraschall in der Schwangerschaft – Anfangsjahre** 7
1.3 **Erste standardisierte Anwendungen des Schwangerenultraschalls** 7
1.4 **AFP-Screening und Amniofetografie** 8
1.5 **Stellenwert der Fehlbildungssuche im deutschen Ultraschallscreening** 9
1.6 **Mehrstufenkonzept des Ultraschalls beim Screening in der Schwangerschaft** 9
1.7 **„Versagen" des Screenings – Geburt von Kindern mit Fehlbildung trotz Ultraschall** 10
1.8 **Screening heute** 11
1.9 **Weitere Entwicklung** 11
Literatur 12

2 **Basis der Ultraschalluntersuchung** 13
J. Siemer
2.1 **Einführung** 14
2.2 **Biometrie im I. Trimenon** 14
2.3 **Biometrie im II. und III. Trimenon** 15
2.4 **Fetale Gewichtsschätzung** 18
2.5 **Fruchtwassermenge** 20
2.6 **Plazentasitz** 22
Literatur 24

3 **Embryologie und Frühschwangerschaft** 27
H.-G. K. Blaas, G. Hasenöhrl, A. Staudach
3.1 **Einführung** 28
3.2 **Untersuchung und Messung embryonaler Strukturen** 30
3.3 **Sonoembryologie von Woche zu Woche** 38
3.4 **3D-Sonoembryologie** 47
3.5 **Gestörte Entwicklung im I. Trimenon** 47
Literatur 58

4 **Ersttrimesterultraschall** 61
M. Hoopmann, K. O. Kagan
4.1 **Einleitung** 62
4.2 **Normalbefund** 62
4.3 **Normvarianten und Borderlinebefunde** 67
4.4 **Pathologie** 68
4.5 **Ergänzende Abklärung/Differenzialdiagnosen/Verbindung zu Syndromen** 74
4.6 **Klinische Konsequenzen und Management, interdisziplinäre Konsile** 75
4.7 **Zusammenfassung** 75
Literatur 75

5 **Ersttrimesterscreening** 77
K. O. Kagan, H. Abele, M. Hoopmann
5.1 **Screening auf Chromosomenstörungen** 78
5.2 **Screening auf Herzfehler** 96
5.3 **Screening auf ein feto-fetales Transfusionssyndrom bei monochorialen diamnioten Gemini** 97
5.4 **Screening auf Präeklampsie** 97
5.5 **Screening auf einen intrauterinen Fruchttod (vor und nach der 24+ SSW)** 100

5.6 **Screening auf Frühgeburt** 100
5.7 **Screening auf fetale Makrosomie und Gestationsdiabetes** 101
5.8 **Screening auf fetale Wachstumsretardierung ohne Präeklampsie** 101
5.9 Einfluss der Screeningansätze auf die Betreuung einer Schwangerschaft 102
5.10 **Notiz nach Umbruch** 102
Literatur 104

6 **Gehirn und Wirbelsäule** 107
K. D. Kalache, A. M. Dückelmann
6.1 **Fehlbildungen des Gehirns** 108
6.2 **Fehlbildungen des Rückenmarks und der Wirbelsäule** 119
Literatur 126

7 **Gesicht und Hals** 129
K.-S. Heling, H. Lebek
7.1 **Normalbefund** 130
7.2 **Pathologie** 135
7.3 **Fehlbildungen der Ohren** 149
7.4 **Fehlbildungen des Halses** 149
Literatur 153

8 **Herz** 155
C. Berg, R. Chaoui, U. Gembruch
8.1 **Einführung** 157
8.2 **Untersuchung des unauffälligen fetalen Herzens: Untersuchungstechnik und Indikationen** 157
8.3 **Shuntvitien** 171
8.4 **Konotrunkale Anomalien** 176
8.5 **Linksherzvitien** 186
8.6 **Aortenbogenanomalien** 193
8.7 **Rechtsherzvitien** 200
8.8 **Lageanomalien und Heterotaxiesyndrome** 208
8.9 **Fehlbildungen der präkardialen Venen** 213
8.10 **Fetale Herzrhythmusstörungen** 221
Literatur 232

9 **Thorax** 237
A. Geipel, K. Hecher
9.1 **Normale Anatomie** 238
9.2 **Agenesie und Hypoplasie der Lunge** 238
9.3 **Fetaler Pleuraerguss, Hydrothorax** 241
9.4 **Kongenitale zystisch adenomatoide Malformation der Lunge** 244
9.5 **Bronchopulmonale Sequestration** 246
9.6 **Fetale Larynxatresie, „congenital high airway obstruction syndrome“** 247
9.7 **Seltene Fehlbildungen** 249
9.8 **Fetale Zwerchfellhernie** 249
9.9 **Cantrell-Pentalogie** 254
Literatur 255

10 **Gastrointestinaltrakt und Bauchdecke** 259
W. Arzt, H. Steiner
10.1 **Normalbefund** 260
10.2 **Normvarianten und Borderlinebefunde** 262
10.3 **Pathologie** 263
10.4 **Ergänzende Abklärung, Differenzialdiagnosen** 270
10.5 **Klinische Konsequenzen und Management, Interdisziplinäre Konsile** 271
10.6 **Fazit** 273
Literatur 273

11 **Niere und Urogenitaltrakt** 275
U. Gembruch
11.1 **Einleitung** 277
11.2 **Normalbefunde und Normvarianten** 277
11.3 **Renale Dysplasie** 282
11.4 **Nierenagenesie** 285
11.5 **Multizystisch dysplastische Niere** 288
11.6 **Isolierte Nierenzyste** 289
11.7 **Hydronephrose** 289
11.8 **Ureterozele** 300
11.9 **Polyzystische Nierenerkrankung und andere zystische bilaterale Nierenerkrankungen** 300
11.10 **Weitere fetale Erkrankungen mit hyperechogenen Nieren** 306
11.11 **Ektope Nieren** 306
11.12 **Hufeisenniere** 307
11.13 **Doppelniere** 307
11.14 **Niere bei ACE-Hemmern und AT_1-Antagonisten** 308
11.15 **Nierenvenenthrombose** 308
11.16 **Mesoblastisches Nephrom und Wilms-Tumor** 308
11.17 **Hydrokolpos** 310
11.18 **Exstrophie-Epispadie-Komplex** 311
11.19 **Urachusanomalien und Allantoiszyste** 313
11.20 **Ovarialzyste** 313
11.21 **Intersexuelles Genitale und Hypospadie** 316
11.22 **Nebennierenblutung** 317
11.23 **Neuroblastom** 318
Literatur 318

12 **Skelettsystem** 321
T. Schramm
12.1 **Normalbefunde** 322
12.2 **Pathologische Befunde** 329
Literatur 361

13 **Fetale Tumoren** 363
A. Geipel
13.1 **Einführung** 364
13.2 **Zentrales Nervensystem** 365
13.3 **Kopf und Hals** 366
13.4 **Thorax und Herz** 368
13.5 **Abdomen** 369
13.6 **Zystische Tumoren** 372
13.7 **Extremitäten** 373
13.8 **Steißbein** 374
Literatur 376

14 **Pathologische Plazenta und Nabelschnur** 379
W. Henrich, E. Hafner
14.1 **Einleitung** 380
14.2 **Plazentasitz** 380
14.3 **Plazentastruktur, Plazentareifung** 383
14.4 **Plazentagröße und -dicke, Volumen, Wachstum** 384
14.5 **Durchblutung, Blutversorgung** 385
14.6 **Plazentaform** 386
14.7 **Plazentatumore** 387
14.8 **Implantationsstörungen der Plazenta: Placenta accreta, increta, percreta** 388
14.9 **Pathologien des Nabelschnuransatzes: Insertio velamentosa und Vasa praevia** 393
14.10 **Fazit** 397
Literatur 397

15 **Dopplersonografie in der Geburtshilfe** 401
H. Steiner, T. Jäger
15.1 **Einleitung** 402
15.2 **Technische Grundlagen** 402
15.3 **Gefäßcharakteristik und typische Flussmuster** 410
15.4 **Indikationen zur Dopplersonografie** 412
15.5 **Sicherheitshinweise** 414
Literatur 415

16 **Dreidimensionale Ultraschalldiagnostik in der Geburtshilfe** 417
R. Chaoui, K. S. Heling
16.1 **Einleitung** 418
16.2 **Grundlagen der 3D- und 4D-Ultraschalluntersuchung** 418
16.3 **Dreidimensionale Sonografie bei klinischen Fragestellungen** 426
16.4 **Schlussfolgerungen** 439
Literatur 441

17 **Fetale Magnetresonanztomografie** 443
C. C. Remus, R. Milos, U. Wedegärtner
17.1 **Einleitung** 444
17.2 **Sicherheitsaspekte der fetalen MRT** 444
17.3 **Technische Aspekte der fetalen MRT** 445
17.4 **Zentrales Nervensystem** 445
17.5 **Magnetresonanztraktografie** 459
17.6 **Abdomen** 460
17.7 **Lunge** 462
17.8 **Urogenitaltrakt** 462
Literatur 464

18 **Prädiktiver Ultraschall für Präeklampsie und intrauterine Wachstumsretardierung im II. Trimenon** 467
A. Willruth, U. Gembruch
18.1 **Einleitung** 468
18.2 **Definition und diagnostische Kriterien** 470
18.3 **Methodik, physiologische und pathologische Dopplerflussprofile der Aa. uterinae** 470
18.4 **Andere sonografische Screeningverfahren** 472
18.5 **Kombination der uterinen Dopplersonografie mit anderen Tests** 473
18.6 **Mehrlingsschwangerschaften** 474
18.7 **Klinische Konsequenzen und Management, Ansätze zur Prävention** 475
Literatur 477

19 **Geburtshilfliche Zervixsonografie und Diagnostik der drohenden Frühgeburt** 479
B. Hollwitz
19.1 **Einführung und historische Entwicklung der Methode** 480
19.2 **Technik** 480
19.3 **Interpretation der Ergebnisse** 482
19.4 **Therapeutische Implikationen** 485
19.5 **Vergleich mit anderen, neueren Diagnose-Tools** 489
Literatur 489

20 **Mehrlingsschwangerschaft** 495
W. Diehl, K. Hecher
20.1 **Einleitung** 496
20.2 **Zygosität, Chorionizität und Amnionizität** 496
20.3 **Nackentransparenz bei Mehrlingen/Ersttrimesterscreening und Monochorialität** 497
20.4 **Chorionizität und allgemeine und spezielle Risiken bei Mehrlingen** 499

20.5 Monochoriale Gemini und deren spezifischen Komplikationen ... 500
20.6 Monoamniale Gemini ... 512
20.7 Höhergradige Mehrlinge ... 514
20.8 Zusammenfassung ... 516
Literatur ... 516

21 Fetale Wachstumsrestriktion ... 519
A. Baschat
21.1 Einleitung ... 520
21.2 Regulierung des fetalen Wachstums ... 520
21.3 Definition ... 521
21.4 Ursachen der fetalen Wachstumsrestriktion ... 521
21.5 Klinischer Verlauf bei Früh- und Spätformen der IUGR ... 526
21.6 Auswirkung der plazentaren Dysfunktion auf andere Organsysteme ... 526
21.7 Diagnostik ... 528
21.8 Beurteilung des fetalen Wohlbefindens ... 531
21.9 Management ... 532
21.10 Outcome ... 534
Literatur ... 535

22 Large-for-gestational-age-Feten ... 541
R. L. Schild
22.1 Einleitung ... 542
22.2 Definition ... 542
22.3 Diagnose ... 542
22.4 Ergänzende Abklärung ... 545
22.5 Klinische Konsequenzen und Management ... 546
22.6 Zusammenfassung ... 547
Literatur ... 547

23 Hydrops fetalis, Anämie und Thrombozytopenie ... 549
U. Gembruch
23.1 Nicht immunologisch bedingter Hydrops fetalis (NIHF) ... 550
23.2 Fetale Anämie ... 569
23.3 Fetale Thrombozytopenie ... 576
Literatur ... 580

24 Chromosomale und nicht-chromosomale Syndrome ... 583
S. Tercanli, P. Miny
24.1 Definition und Nomenklatur ... 584
Literatur ... 600

25 Fetale Infektionen ... 601
M. Meyer-Wittkopf
25.1 Einleitung ... 602
25.2 Parvovirus-B19/Ringelröteln-Infektion ... 603
25.3 Zytomegalie ... 606
25.4 Toxoplasmose ... 610
25.5 Röteln ... 613
25.6 Windpocken (Varizellen) ... 614
Literatur ... 616

26 Invasive Pränataldiagnostik ... 619
A. Geipel
26.1 Indikationen zur invasiven Diagnostik ... 620
26.2 Amniozentese ... 620
26.3 Chorionzottenbiopsie ... 623

26.4 Invasive Pränataldiagnostik bei Mehrlingen ... 625
26.5 Kordozentese ... 626
26.6 Fetale Biopsien ... 628
26.7 Gendiagnostikgesetz ... 628
Literatur ... 629

27 Genetik und genetische Untersuchungsmethoden ... 631
K. R. Held
27.1 Einleitung ... 632
27.2 Zytogenetik ... 632
27.3 Molekulare Genetik ... 646
Literatur ... 651

28 Ultraschall bei Terminüberschreitung und Übertragung ... 653
A. Kempe
28.1 Einleitung ... 654
28.2 Definition ... 654
28.3 Ätiologie und Pathogenese ... 655
28.4 Klinische Konsequenzen und Management ... 656
28.5 Zusammenfassung ... 660
Literatur ... 660

29 Intrapartaler Ultraschall ... 663
B. Tutschek, W. Henrich
29.1 Einleitung ... 664
29.2 Beurteilung der fetalen Lage und Größe; Mehrlinge und Zervix ... 664
29.3 Myome und Geburtskanal ... 664
29.4 Plazentalage, -haftfläche, vorzeitige Plazentalösung ... 670
29.5 Fruchtwasser ... 674
29.6 Uteruswanddicke, Dehiszenz und Uterusruptur ... 674
29.7 Fetale Zustandsbeurteilung sub partu ... 681
29.8 Nabelschnur ... 683
29.9 Insertio velamentosa und Vasa praevia ... 688
29.10 Geburtsmechanik und Geburtsfortschritt ... 691
Literatur ... 697

30 Postpartaler Ultraschall ... 699
W. Henrich, B. Tutschek
30.1 Einleitung ... 700
30.2 Plazentarperiode ... 700
30.3 Postpartale Blutungen ... 700
30.4 Doppleruntersuchungen in der Plazentarperiode ... 701
30.5 Wochenbett ... 710
30.6 Beckenboden nach Geburt ... 718
Literatur ... 719

II Gynäkologischer Ultraschall

31 Uterus ... 723
M. Hoopmann, W. Dürr, T. Van den Bosch, D. Timmerman, C. Brezinka
31.1 Einleitung ... 724
31.2 Normalbefund ... 724
31.3 Pathologie ... 726

31.4 Ergänzende Abklärungsmethodik: Kontrastmittelsonografie 741
31.5 Fazit 745
Literatur 745

32 **Adnexe** 749
U. Germer
32.1 Einleitung 750
32.2 Gynäkologische Sonografie 750
32.3 Dignitätseinschätzung von Adnexläsionen 755
32.4 Sonomorphologische Kriterien verschiedener Tumorentitäten 766
32.5 Dopplersonografie 771
32.6 3D-Ultraschall 773
32.7 Ultraschall als Screeningmethode für das Ovarialkarzinom 773
32.8 Ultraschall als Stagingmethode beim Ovarialkarzinom 776
Literatur 777

33 **Ultraschall des Beckenbodens** 779
H.-P. Dietz
33.1 Einleitung 780
33.2 Einführung 780
33.3 Methodik 780
33.4 3D-/4D-Ultraschall 781
33.5 Funktionelle Beurteilung 783
33.6 Anteriores Kompartiment 784
33.7 Zentrales Kompartiment 789
33.8 Posteriores Kompartiment 790
33.9 Der Beckenboden an sich: der Levator-Muskel und Levator hiatus 792
33.10 Konsequenzen für die Prolaps-Chirurgie 795
33.11 Zusammenfassung 795
Literatur 796

34 **Reproduktionsmedizin** 801
C. Brezinka, D. Spitzer
34.1 Einführung 802
34.2 Technische Aspekte des Ultraschalls in der Reproduktionsmedizin 802
34.3 Beurteilung des Uterus bei der Kinderwunschpatientin 802
34.4 Normaler Zyklus im Ultraschall 803
34.5 Dopplerultraschall des Uterus 805
34.6 Polyzystisches Ovarsyndrom und „PCO-like morphology“ 807
34.7 Dopplerultraschall des Ovars 808
34.8 Luteinisierter, nicht rupturierter Follikel (LUF) 808
34.9 Hysterokontrastsonografie (HyCoSo) 809
34.10 Flüssigkeit im Cavum uteri – Serometra 810
34.11 Ultraschall des Stimulationszyklus für assistierte Reproduktion (IVF/ICSI) 810
34.12 Gezielte Follikelpunktion mittels Ultraschall 811
34.13 Ultraschall beim ovariellen Hyperstimulationssyndrom 811
34.14 Embryotransfer 812
34.15 Zusammenfassung und Ausblick 813
Literatur 813

35 **Mammasonografie** 815
B.-J. Hackelöer, H.-H. Hille
35.1 Geschichte 816
35.2 Vergleich der bildgebenden Methoden 816
35.3 Wertigkeit der Mammasonografie 816
35.4 Befundung in der Mammasonografie 820

35.5 **Sonografische Differenzialdiagnose** 822
35.6 **Duktales-in-situ-Karzinom (DCIS) in der Sonografie** 827
35.7 **Mammasonografie in Schwangerschaft und Stillzeit** 831
35.8 **Mastitis und inflammatorisches Mammakarzinom** 838
35.9 **Sonografie in der Nachsorge** 840
35.10 **Mammasonografie beim Mann** 843
35.11 **Sonografie und Stanzbiopsie** 843
35.12 **Elastografie** 845
35.13 **Automatischer 3D-Scanner** 845
35.14 **Ausblick** 847
Literatur 847

Serviceteil 849
Stichwortverzeichnis 850

Autorenverzeichnis

Abele, Harald, PD Dr. med.
Frauenklinik
Universitätsklinikum Tübingen
Calwerstraße 7
72076 Tübingen

Arzt, Wolfgang, Univ.-Doz. Dr. med.
Abteilung für Pränatalmedizin
Oö. Gesundheits- und Spitals-AG (gespag)
Landesfrauen- und Kinderklinik Linz
Krankenhausstr. 26–30
4020 Linz
Österreich
wolfgang.arzt@gespag.at

Baschat, Ahmed, Prof. Dr. med.
Section of Fetal Medicine
Department of Obstetrics, Gynecology & Reproductive Sciences
University of Maryland School of Medicine
6th Floor, Room 6NE 12
22 South Green Street
MD 21201 Baltimore
USA
abaschat@umm.edu

Berg, Christoph, Prof. Dr. med.
Abt. für Geburtshilfe und Pränatale Medizin
Universitätsklinikum Bonn, Zentrum für Geburtshilfe und Frauenheilkunde
Sigmund-Freud-Straße 25
53127 Bonn
christoph.berg@ukb.uni-bonn.de

Blaas, MD PhD, Harm-Gerd K., Prof. Dr. med.
National Center for Fetal Medicine, Department of Laboratory Medicine, Children´s and Women´s Health
Norwegian University of Science and Technology. St Olavs Hospital
7489 Trondheim
Norwegen
harm-gerd.blaas@ntnu.no

Brezinka, Christoph, A. Univ.-Prof. Dr. med.
Department für Frauenheilkunde
Universitätsklinik für Gynäkologische Endokrinologie und Reproduktionsmedizin
Anichstraße 35
6020 Innsbruck
Österreich
christoph.brezinka@i-med.ac.at

Chaoui, Rabih, Prof. Dr. med.
Praxis für Pränataldiagnostik und Humangenetik
Friedrichstraße 147
10117 Berlin
chaoui@feindiagnostik.de

Diehl, Werner
Klinik und Poliklinik für Geburtshilfe und Pränatalmedizin
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistraße 52
20246 Hamburg
w.diehl@uke.uni-hamburg.de

Dietz, Hans-Peter, Prof. Dr. med.
Sydney Medical School Nepean, Nepean Hospital
University of Sydney
PO Box 63
NSW 2751 Penrith
Australien
hpdietz@bigpond.com

Dürr, Werner, Dr. med.
Gemeinschaftspraxis für Frauenmedizin und Pränataldiagnostik
Feindiagnostik Nürtingen
Ludwigstr. 11
72622 Nürtingen
duerrwe@aol.com

Dückelmann, Anna M., Dr. med.
Klinik für Gynäkologie –
Charité Campus Benjamin Franklin
Hindenburgdamm 30
12203 Berlin
anna-maria.dueckelmann@charite.de

Geipel, Annegret, Prof. Dr. med.
Abt. für Geburtshilfe und Pränatale Medizin
Universitätsklinikum Bonn, Zentrum für Geburtshilfe und Frauenheilkunde
Sigmund-Freud-Straße 25
53127 Bonn
annegret.geipel@ukb.uni-bonn.de

Gembruch, Ulrich, Prof. Dr. med.
Abt. für Geburtshilfe und Pränatale Medizin
Universitätsklinikum Bonn, Zentrum für Geburtshilfe und Frauenheilkunde
Sigmund-Freud-Straße 25
53127 Bonn
ulrich.gembruch@ukb.uni-bonn.de

Germer, Ute, PD Dr. med.
Klinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe
Caritas-Krankenhaus St. Josef
Landshuter Straße 65
93053 Regensburg
ugermer@caritasstjosef.de

Hackelöer, Bernhard-Joachim, Prof. Dr. med.
amedes experts
Facharzt-Zentrum für Kinderwunsch,
pränatale Medizin, Endokrinologie
und Osteologie Hamburg GmbH,
Mönckebergstrasse 10
20095 Hamburg
bernhardjoachim.hackeloer@amedes-group.de

Hafner, Erich, Univ. Prof. Dr. med.
Geburtshilflich-Gynäkologische Abteilung
Sozialmedizinisches Zentrum Ost - Donauspital
Langobardenstraße 122
1220 Wien
Österreich
erich.hafner@wienkav.at

Hasenöhrl, Gottfried, Dr. med.
Abteilung für Geburtshilfe und Gynäkologie
A.ö. Krankenhaus St. Josef Braunau
Ringstraße 60
5280 Braunau am Inn
Österreich
gottfried.hasenoehrl@khbr.at

Hecher, Kurt, Prof. Dr. med.
Klinik und Poliklinik für Geburtshilfe und Pränatalmedizin
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistraße 52
20246 Hamburg
k.hecher@uke.uni-hamburg.de

Held, Karsten R., Prof. Dr. med.
MVZ genteQ GmbH
Labor für Humangenetik
Falkenried 88
20251 Hamburg
held@genteq.de

Heling, Kai-Sven, PD Dr. med.
Praxis für Pränataldiagnostik und Humangenetik
Friedrichstraße 147
10117 Berlin
heling@feindiagnostik.de

Henrich, Wolfgang, Prof. Dr. med.
Klinik für Geburtsmedizin
Charité – Campus Virchow-Kliniken
Augustenburger Platz 1
13353 Berlin
wolfgang.henrich@charite.de

Hille, Hans-Heino, Dr. med.
Lappenbergsallee 50
20257 Hamburg
heino.hille@t-online.de

Hollwitz, Bettina, Dr. med.
Klinik und Poliklinik für Geburtshilfe und Pränatalmedizin
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistraße 52
20246 Hamburg
b.hollwitz@uke.de

Hoopmann, Markus, PD Dr. med.
Frauenklinik
Universitätsklinikum Tübingen
Calwerstraße 7
72076 Tübingen
mhoopmann@gmx.de

Jäger, Tobias, Dr. med.
Abteilung für Gynäkologie und Geburtshilfe
Kardinal Schwarzenbergschen Krankenhaus , Schwarzach
im Pongau
Kardinal Schwarzenbergstrasse 2–6
5620 Schwarzach im Pongau
Österreich
tobias.jaeger@aon.at

Kagan, Karl-Oliver, Prof. Dr. med.
Frauenklinik
Universitätsklinikum Tübingen
Calwerstraße 7
72076 Tübingen
kokagan@gmx.de

Kalache, Karim Djaffar, Univ.-Prof. Dr med.
Klinik für Geburtsmedizin – Campus Charité Mitte
Charitéplatz 1
10117 Berlin
karim.kalache@charite.de

Kempe, Andrea, Dr. med.
Abt. für Geburtshilfe und Pränatale Medizin
Universitätsklinikum Bonn, Zentrum für Geburtshilfe und
Frauenheilkunde
Sigmund-Freud-Straße 25
53127 Bonn
andrea.kempe@ukb.uni-bonn.de

Lebek, Holger, Dr. med.
Praxis für Pränatale Diagnostik und Medizinische Genetik
Frankfurter Allee 231 a
10365 Berlin
lebek@pdmg.de

Meyer-Wittkopf, Matthias, Prof. Dr. med.
Zentrum für Ultraschall- & Pränataldiagnostik
Mathias-Spital Rheine
Frankenburgstraße 31
48431 Rheine
m.meyer-wittkopf@mathias-spital.de

Milos, Ruxandra, Dr. med.
Abt. für Neuroradiologie und Muskuloskeletale Radiologie
Universitätsklinik für Radiodiagnostik
Währinger Gürtel 18-20
1090 Wien
Österrreich

Miny, Peter, Prof. Dr. med.
Frauenklinik
Universitätsspital Basel
Spitalstraße 21
4031 Basel
Schweiz

Remus, Chressen Catharina, Dr. med.
Klinik und Poliklinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistraße 52
20246 Hamburg
chressen1@hotmail.com
cmuch@uke.de

Schild, MA FRCOG, Ralf L., Prof. Dr. med.
Geburtshilfe und Perinatalmedizin
Diakoniekrankenhaus Henriettenstiftung
Schwemannstraße 17
30559 Hannover
ralf.schild@ddh-gruppe.de

Schramm, Thomas, PD Dr. med.
Pränatal-Medizin München
Lachnerstraße 20
80639 München
schramm@praenatal-medizin.de

Siemer, MBA (EBS), Jörn, Prof. Dr. med.
Frauenklinik
Klinikum Pforzheim
Kanzlerstr. 2–6
75175 Pforzheim
kaiserschnitt@gmx.de

Spitzer, Dietmar, Univ.-Doz. Dr. med.
IvF Zentren Prof. Zech – Salzburg GmbH
Innsbrucker Bundesstraße 35
5020 Salzburg
Österreich
d.spitzer@salzburg.ivf.at

Staudach, Alfons, Prof. Dr. med.
St. Jakob am Thurn
Kapellenweg 55
5412 Puch
Österreich
A.Staudach@elsnet.at

Steiner, Horst, Univ.-Prof. Dr. med.
Pränatale Diagnostik
Ordination Salzburg
Sinnhubstraße 4a
5020 Salzburg
Österreich
ordination@prof-horst-steiner.at

Tercanli, Sevgi, Prof. Dr. med.
Ultraschall Freie Strasse
Pränataldiagnostik und gynäkologischer Ultraschall
Freie Straße 38
4001 Basel
Schweiz
sevgi.tercanli@hispeed.ch

Timmermann, Dirk, Prof. Dr. med.
Department of Gynecology and Obstetrics
University Hospitals Leuven
campus Gasthuisberg, Herestraat 49
3000 Leuven
Belgien

Tutschek, Boris, Prof. Dr. med.
Ultraschall Freie Strasse
Pränataldiagnostik und gynäkologischer Ultraschall
Freie Straße 38
4001 Basel
Schweiz
tutschek@uni-duesseldorf.de

Van den Bosch, Thierry, Prof. Dr. med.
Screening, Diagnostics and Biomarkers
KU Leuven
UZ Herestraat 49 – box 7003
3000 Leuven
Belgien
thierry.vandenbosch@uzleuven.be

Wedegärtner, Ulrike, Prof. Dr. med.
Klinik und Poliklinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistraße 52
20246 Hamburg
wedegaertner@uke.uni-hamburg.de

Willruth, Arne, PD Dr. med.
Abt. für Geburtshilfe und Pränatale Medizin
Universitätsklinikum Bonn, Zentrum für Geburtshilfe und Frauenheilkunde
Sigmund-Freud-Straße 25
53127 Bonn
arne.willruth@ukb.uni-bonn.de

Ultraschall in Pränatalmedizin und Geburtshilfe

Kapitel 1 **Ultraschallscreening in der Schwangerschaft – 5**
C. Brezinka, H. Steiner

Kapitel 2 **Basis der Ultraschalluntersuchung – 13**
J. Siemer

Kapitel 3 **Embryologie und Frühschwangerschaft – 27**
H.-G. K. Blaas, G. Hasenöhrl, A. Staudach

Kapitel 4 **Ersttrimesterultraschall – 61**
M. Hoopmann, K. O. Kagan

Kapitel 5 **Ersttrimesterscreening – 77**
K. O. Kagan, H. Abele, M. Hoopmann

Kapitel 6 **Gehirn und Wirbelsäule – 107**
K. D. Kalache, A. M. Dückelmann

Kapitel 7 **Gesicht und Hals – 129**
K.-S. Heling, H. Lebek

Kapitel 8 **Herz – 155**
C. Berg, R. Chaoui, U. Gembruch

Kapitel 9 **Thorax – 237**
A. Geipel, K. Hecher

Kapitel 10 **Gastrointestinaltrakt und Bauchdecke – 259**
W. Arzt, H. Steiner

Kapitel 11 **Niere und Urogenitaltrakt – 275**
U. Gembruch

Kapitel 12 **Skelettsystem – 321**
T. Schramm

Kapitel 13 **Fetale Tumoren – 363**
A. Geipel

Kapitel 14 **Pathologische Plazenta und Nabelschnur – 379**
W. Henrich, E. Hafner

Kapitel 15 **Dopplersonografie in der Geburtshilfe – 401**
H. Steiner, T. Jäger

Kapitel 16 **Dreidimensionale Ultraschalldiagnostik in der Geburtshilfe – 417**
R. Chaoui, K. S. Heling

Kapitel 17 **Fetale Magnetresonanztomografie – 443**
C. C. Remus, R. Milos, U. Wedegärtner

Kapitel 18 **Prädiktiver Ultraschall für Präeklampsie und intrauterine Wachstumsretardierung im II. Trimenon – 467**
A. Willruth, U. Gembruch

Kapitel 19 **Geburtshilfliche Zervixsonografie und Diagnostik der drohenden Frühgeburt – 479**
B. Hollwitz

Kapitel 20 **Mehrlingsschwangerschaft – 495**
W. Diehl, K. Hecher

Kapitel 21 **Fetale Wachstumsrestriktion – 519**
A. Baschat

Kapitel 22 **Large-for-gestational-age-Feten – 541**
R. L. Schild

Kapitel 23 **Hydrops fetalis, Anämie und Thrombozytopenie – 549**
U. Gembruch

Kapitel 24 **Chromosomale und nicht-chromosomale Syndrome – 583**
S. Tercanli, P. Miny

Kapitel 25 **Fetale Infektionen – 601**
M. Meyer-Wittkopf

Kapitel 26 **Invasive Pränataldiagnostik – 619**
A. Geipel

Kapitel 27 **Genetik und genetische Untersuchungsmethoden – 631**
K. R. Held

Kapitel 28 **Ultraschall bei Terminüberschreitung und Übertragung – 653**
A. Kempe

Kapitel 29 **Intrapartaler Ultraschall – 663**
B. Tutschek, W. Henrich

Kapitel 30 **Postpartaler Ultraschall – 699**
W. Henrich, B. Tutschek

Ultraschallscreening in der Schwangerschaft

C. Brezinka, H. Steiner

1.1 Allgemeines – 6

1.2 Ultraschall in der Schwangerschaft – Anfangsjahre – 7

1.3 Erste standardisierte Anwendungen des Schwangerenultraschalls – 7

1.3.1 Feststellung der Zwillingsschwangerschaft – 7

1.3.2 Datierung der Schwangerschaft und Kontrolle des fetalen Wachstums – 7

1.3.3 Ultraschall zum Fehlbildungsscreening – 8

1.4 AFP-Screening und Amniofetografie – 8

1.5 Stellenwert der Fehlbildungssuche im deutschen Ultraschallscreening – 9

1.6 Mehrstufenkonzept des Ultraschalls beim Screening in der Schwangerschaft – 9

1.6.1 Stufe I – 9

1.6.2 Stufe II – 9

1.6.3 Stufe III – 9

1.6.4 Grenzen des 3-Stufen-Konzepts – 10

1.7 „Versagen" des Screenings – Geburt von Kindern mit Fehlbildung trotz Ultraschall – 10

1.8 Screening heute – 11

1.8.1 Basisscreening – Stufe I – 11

1.8.2 Erweitertes Screening – Stufe II und III – 11

1.9 Weitere Entwicklung – 11

Literatur – 12

U. Gembruch, K. Hecher, H. Steiner (Hrsg.), *Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie,*
DOI 10.1007/978-3-642-29633-8_1, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

1

1.1 Allgemeines

Ultraschall ist innerhalb weniger Jahre zu einer selbstverständlichen Technologie geworden, die jede Schwangerschaft in entwickelten Industrieländern begleitet.

Vielfach werden die zahlreichen Ultraschalluntersuchungen einer jeden Schwangeren als Screening bezeichnet. Dabei ist meist unklar, wer hierbei auf was gescreent werden soll und was einen Screening-positiven und was einen Screening-negativen Befund darstellt.

Die deutschen Mutterschaftsrichtlinien sehen als Ziel der ärztlichen Betreuung in der Schwangerschaft, dass „mögliche Gefahren für das Leben und die Gesundheit von Mutter und Kind abgewendet so wie Gesundheitsstörungen rechtzeitig erkannt und der Behandlung zugeführt werden."

Die Anwendung einer komplexen Technik auf unterschiedlichstem Anwenderniveau gleich an mindestens zwei Patienten (Mutter und Kind(er)) sprengt bei Weitem den Rahmen dessen, was in der modernen Medizin unter Screening verstanden wird.

Seit über 40 Jahren gelten die Screeninggrundlagen, die von der WHO festgelegt wurden:

- **Screening** (engl. für Durchsiebung/Rasterung/Durchleuchten, aber auch Selektion) soll auf organisierte Art und Weise eine bestimmte Erkrankung in asymptomatischen Individuen erkennen.
- **Gezieltes Screening** bedeutet die Anwendung systematischer Tests an einer Bevölkerungsgruppe, die ein erhöhtes Risiko für eine Krankheit hat (Schwangerschaft, Alter (Mammografie, PSA), familiär, ethnisch usw.).

Anforderungen für Screeningverfahren

- Das Testverfahren muss eine **hohe Sensitivität** und **Spezifität** aufweisen, d. h. der Test soll das gesuchte Krankheitsbild mit möglichst großer Sicherheit nachweisen oder ausschließen können.
- Das Ergebnis muss für die allgemeine Gesundheit der gescreenten Gruppe einen **konkreten Nutzen** haben: die zu findende Auffälligkeit muss bei früherer Erkennung durch das Screening deutlich besser behandelbar sein, als wenn sie, ohne Screening, erst später manifest wird.
- Der Test soll **kostengünstig** und **nicht zeitintensiv** sein.
- Die Untersuchung soll die zu Untersuchenden möglichst **wenig belasten**.
- Das Programm muss **von den Patienten angenommen** werden.
- Eine **Qualitätssicherung** der Screeningprogramme, eine Erfassung, in wie weit die erwünschten Fälle entdeckter Erkrankungen von den tatsächlichen abweichen, sind genauso notwendig wie eine mittelfristige und langfristige **Kosten-Nutzen-Rechnung** (Wilson u. Jungner 1968).

Klassische Beispiele für Screening sind

- das Screening auf sexuell übertragbare Erkrankungen etwa bei Militärangehörigen in Kriegszeiten,
- das Hypertonie-Screening und
- das Diabetes-Screening bei Menschen ab einer bestimmten Altersgruppe.

Bis in die 1980iger Jahre war – in Osteuropa mehr als in Westeuropa – das Tuberkolose-Screening mit seinen Massen**röntgenuntersuchungen** in speziellen Röntgenbussen, die in Schulen und Fabriken fuhren, für viele Bürger die einzige Berührung mit der Medizintechnik, die sie über Jahre hatten.

Seit den 1950iger Jahren spielt das Tumorscreening eine große Rolle. Hier hatte das Fach Gynäkologie mit der Einführung des Pap-Screenings eine Vorreiterrolle – gefolgt von dem Screening auf Tumoren des Gastrointestinaltraktes, das Mammografiescreening, das PSA-Screening sowie zahlreiche weitere Untersuchungen, die sich regional höchst unterschiedlich durchgesetzt haben. Nicht zu vergessen sind in diesem Zusammenhang auch sehr spezielle Screeningmaßnahmen wie das Glaukomscreening und sehr globale Screeningmaßnahmen wie das Neugeborenenscreening aller Babys auf Stoffwechselerkrankungen.

Screening erscheint die organisierte Verwirklichung des Vorsorgegedankens, der auf einem breiten gesellschaftlichen Konsens basiert und selbst in Sprichwörtern ausformuliert wird

- „Vorbeugen ist besser als Heilen",
- „an ounce of prevention is worth a pound of cure",
- „vaut mieux prévenir que guérir",

die alle seit dem 17. Jahrhundert in Ratgebern und Almanachen belegt sind.

Die oben genannten Kriterien für ein erfolgreiches Screeningprogramm sind gut im Rahmen eines **organisierten Screenings** erfüllbar, in dem die Früherkennung innerhalb eines von einer staatlichen oder staatsnahen Behörde vorgegeben Rahmens stattfindet. Zielobjekt der Maßnahmen ist ein bestimmtes Erkrankungsbild bei einer bestimmten Personen- bzw. Altersgruppe einer Region. Dies setzt erheblichen Einsatz, Planung und vor allem finanzielle und personelle Mittel voraus, wie sie am ehesten in der Struktur des alten Ostblocks mit seinen Röntgenbussen zu finden waren.

Da das Gesundheitswesen in den wenigsten Ländern eine militärisch durchorganisierte Hierarchie ist und inzwischen Wünsche der Bevölkerung, der Patienten und Angebote der Ärzte eine wesentlich größere Rolle spielen, ist es in den letzten Jahrzehnten zu einer deutlichen Zunahme des **opportunistischen Screenings** in der Medizin gekommen. Dabei wird eine weitgehend unkoordinierte Früherkennung von Erkrankungen praktiziert, die hauptsächlich auf Wunsch von Patienten und/oder aufgrund eines ärztlichen Angebotes erfolgt.

Organisiertes Screening braucht zunächst sehr viel Geld, viel Aufwand und Einsatz, die meistens vom Staat oder staatsnahen Versicherungsträgern kommen müssen. Opportunistisches Screening wird im Gegensatz dazu meist durch eine kleine Gruppe von Ärzten begonnen, die von der Methode begeistert sind, sie erlernen und beherrschen und davon wiederum ihre Patienten überzeugen.

Die Geschichte des Pap-Screenings, der Mammografie und des PSA sind beredte Beispiele für diese Entwicklung. Über Gesundheitsseiten der Zeitungen und Fernsehsendungen mit Erfolgsberichten über einzelne Pilotprojekte, Vorstellung von im Zuge des Screenings rechtzeitig entdeckter Tumoren und daher geheilter Patientinnen und Patienten, wurde schließlich genügend Öffentlichkeit hergestellt, um die neue Screeningmethode in die Empfehlungen der zuständigen Fachgesellschaft aufzunehmen.

Eine weitere, ganz wesentliche Rolle spielt auch die **Rechtsprechung**. Wenn Patienten erfolgreich klagen, dass sie aufgrund einer nicht angewandten Screeningmethode einen Schaden erlitten haben, weil eine Erkrankung so erst wesentlich später entdeckt wurde, kann dies die weitere Entwicklung beeinflussen. Hierbei kann es auch vorkommen, dass Gerichte eigene Screeningstandards setzen, noch bevor es entsprechende Empfehlungen von Fachgesellschaften gibt. Berühmt wurde der in den USA von einem Höchstgericht zugunsten des Klägers entschiedene Fall Helling – ein Augenarzt wurde zu Schadenersatz verurteilt, weil er bei einem asymptomatischen 32-Jährigen keine Glaukomscreening-Untersuchung durchgeführt hatte. Der Nachweis, dass die damaligen Empfehlungen der Fachgesellschaften erst Glaukomscreening jenseits des Alters 40 Jahren vorsahen, wurde von den Gerichten bis zur höchsten Instanz zurückgewiesen (Samples et al. 2010).

In ganz ähnlicher Weise entschieden Gerichte in Italien, Frankreich und Österreich zugunsten von Eltern, die klagten, weil beim Ultraschall in der Schwangerschaft komplexe fetale Knochenfehlbildungen nicht erkannt worden waren. Auch hier wurde jeweils das von den beklagten Ärzten vorgebrachte Argument, es habe zu dem Zeitpunkt der strittigen Schwangerschaft gar keine Screeningempfehlungen zum Schwangerenultraschall gegeben und schon gar nicht zu Knochenfehlbildungen, von den Gerichten nicht anerkannt, sondern – manchmal über Jahrzehnte retrospektiv – ein sehr hoher Fehlbildungsscreeningstandard als Norm festgelegt (Brezinka 2011).

1.2 Ultraschall in der Schwangerschaft – Anfangsjahre

Pioniere des Ultraschalls im deutschen Sprachraum, vor allem Holländer und Hansmann, haben sich ab 1966 mit Anwendungen von Ultraschallbildgebung in der Schwangerschaft beschäftigt (Klink et al. 1971). Es war die heroische Phase des Schwangerenultraschalls, in der geduldige Pioniere in mühevoller Kleinarbeit mithilfe ebenso geduldiger Schwangerer erst einmal herausfinden mussten, was man zu welchem Zeitpunkt in der Schwangerschaft überhaupt sehen konnte.

Erste für die klinische Verwendung taugliche Ultraschallgeräte wurden Anfang der 1970iger Jahre ausgeliefert, schon damals kam die Idee auf, mit dieser Methode alle Schwangeren zu untersuchen, um auf diese Weise die Betreuung zu verbessern und unglückliche Ausgänge von Schwangerschaften durch rechtzeitiges Erkennen zu verhindern.

Die originelle Abkürzung „UBU“ für „Ultraschall-Basis-Untersuchung“, die damals vorgeschlagen wurde, setzte sich nicht durch. Aber klar war, dass jede Schwangere mindestens einmal in der Schwangerschaft mittels Ultraschall untersucht werden sollte (Muller-Holve et al. 1981).

1.3 Erste standardisierte Anwendungen des Schwangerenultraschalls

1.3.1 Feststellung der Zwillingsschwangerschaft

Erste Studien über den Wert des Ultraschalls als Screeninginstrument kamen aus Schweden. In Malmö hatte man im Zuge einer 1973 begonnenen Studie festgestellt, dass Zwillingsschwangerschaften, die mit der neuen Ultraschalltechnologie entdeckt worden waren, einen deutlich besseren Outcome für die Mutter und die Kinder hatten, als solche, bei denen die Zwillingsschwangerschaft vor der Entbindung nur durch geburtshilfliche Handgriffe vermutet worden war, und erst recht dann, wenn die Geburt des zweiten Kindes für alle Beteiligten eine Überraschung am Gebärbett darstellte.

Innerhalb von fünf Jahren waren über 90 % der Schwangeren in der Region Skane in Südschweden mit Ultraschall untersucht worden(Grennert et al. 1978). Die Ergebnisse zeigten, dass der Ultraschall beim Erkennen verschiedener Problembereiche hilfreich und nützlich war.

1. Bis zur 21 SSW waren mithilfe der Ultraschalluntersuchung **90 % aller Zwillingsschwangerschaften** entdeckt worden Dies führte dazu, dass die Frühgeburtlichkeit von Zwillingen dieser Kohorte von 33 % auf 10 % und die perinatale Mortalität von 6 % auf 0,6 % gesenkt werden konnte.
2. Die **Bestimmung des Geburtstermins** mittels Messung des Biparietaldurchmessers reduzierte den Anteil der Übertragungen jenseits der 42. Woche von 11,3 % auf 1,5 % der Geburten.

Somit war der erste handfeste Vorteil des Ultraschalls, wie sich die Technik Ende der 1970iger Jahre darstellte, die rechtzeitige Erkennung von Mehrlingsschwangerschaften, was zu einer auf Mehrlinge fokussierten Betreuung der betroffenen Schwangeren führte (Persson et al. 1978).

1.3.2 Datierung der Schwangerschaft und Kontrolle des fetalen Wachstums

Im Zuge der Ultraschallstudie in Malmö hatte sich auch deutlich gezeigt, dass die korrekte Datierung des Schwangerschaftsalters einen wesentlichen Vorteil beim weiteren geburtshilflichen Management brachte.

Es wird schnell vergessen, dass vor dem Ultraschallscreening das „**dating**“, d. h. die exakte Festlegung des Geburtstermines, eines der größten geburtshilflichen Probleme darstellte. Bei ca. 25 % falsch errechneter Termine aufgrund der Naegele'schen Regel waren übersehene intrauterine Retardierungen genauso häufig wie iatrogene Frühgeburten – mit entsprechenden Auswirkungen auf die perinatale Mortalität, wenn Indikationen zur Geburtseinleitung zu früh oder zu spät gestellt wurden.

Erste Ziele des Ultraschallscreenings an allen Schwangeren waren somit

- die genaue Überprüfung und eventuell Korrektur des Gestationsalters und damit verbunden eine verbesserte Diagnostik von Wachstumsstörungen,
- die Erkennung von Mehrlingen sowie
- die Erkennung von Fehlentwicklungen wie Blasenmole, Abortivfrucht und „missed abortion“ und
- die Verbesserung der Verdachtsdiagnose auf eine extrauterine Gravidität.

In der globalen Perspektive – wenn man ressourcenarme Länder mit einbezieht – hat der Ultraschall bis heute seinen wesentlichen Nutzen in der **Prävention von Todgeburten**. Dies zeigt mit Nachdruck, wie wichtig der scheinbare banale Aspekt der Datierung des Gestationsalters mittels Ultraschall als Screeningmaßnahme bis heute ist (Bhutta et al. 2009).

1.3.3 Ultraschall zum Fehlbildungsscreening

Die Suche nach fetalen Fehlbildungen mit der Konsequenz des Abbruchs der „missgebildeten“ Schwangerschaft war schon lange bevor die erste Schwangere mit einem Ultraschallgerät in Berührung kam, ein wichtiges Anliegen der Schwangerenvorsorge. Auch als der Schwangerschaftsabbruch noch mit Gefängnisstrafen für Ärzte und Patientinnen sanktioniert war, wurde in den entsprechenden Gesetzen eine Ausnahme für schwere Fehlbildungen gemacht, in denen der „medizinisch indizierte“ Schwangerschaftsabbruch straffrei blieb. Bei der Legalisierung der Abtreibung in den 1960iger und 1970iger Jahren wurden von den meisten europäischen Gesetzgebern in die entsprechenden Gesetzesparagrafen eigene Passagen eingefügt, die dem Schwangerschaftsabbruch wegen pränatal erkannter Fehlbildung einen Sonderstatus zubilligten. Für den galten etwa die Grenzen, bis zu denen eine Abtreibung noch erlaubt war, nicht. Federführend war Großbritannien mit dem *Abortion Act* von 1967, gefolgt von Deutschland mit der (später vom Verfassungsgericht aufgehobenen) Reform des § 218 im Jahr 1974, Frankreich mit dem *Loi Veil* 1975 und Österreich ebenfalls 1975 mit der Reform des Abtreibungsparagrafen (Brezinka 2011).

All diese Bestimmungen, die zum Großteil heute noch Gesetzeskraft haben, traten vor der Ultraschallära in Kraft, als jede pränatal entdeckte fetale Fehlbildung noch eine publikationswürdige Rarität darstellte (Malmqvist et al. 1975).

In der ersten großen Studie zur Auswirkung des Ultraschalls in der Schwangerschaft in den USA, der RADIUS-Studie, zeigte sich der Hauptvorteil der Ultraschalltechnik mehr in der Reduktion von Tokolysen wegen vermeintlicher drohender Frühgeburt als in der Entdeckung von Fehlbildungen (Ewigman et al. 1993). Die Detektion von Fehlbildungen bei der im Rahmen der RADIUS-Studie der gescreenten Population betrug 35 %, wobei tertiäre Zentren eine wesentlich bessere Detektionsrate hatten (Crane et al. 1994).

Auf Basis der Ende der 1970iger Jahre vorliegenden Datenlage wurde in der Bundesrepublik Deutschland 1979 der Schwangerenultraschall im Rahmen des Mutterpass für alle Schwangeren ermöglicht. Eine allgemeine Fehlbildungssuche war weder bei den Befürwortern des Screenings noch bei der Diskussion um seine Einführung ein Thema (Bayer 1981, Schillinger 1984). Vielmehr waren die Gründe für die Einführung des Screenings einfachere und grundlegendere Fragestellungen, da schon aufgrund der damals zur Verfügung stehenden Gerätetechnik eine gezielte Fehlbildungsdiagnostik kaum erwartet werden konnte (Hahmann und Issel 1985).

1.4 AFP-Screening und Amniofetografie

„Typische“ Fehlbildungen waren damals **Anenzephalie** und **Spina bifida**. Ungefähr gleichzeitig mit der ersten Verbreitung von Ultraschallgeräten zur Anwendung an Schwangeren, war Anfang der 1970iger Jahre entdeckt worden, dass Schwangere, deren Kind einen Neuralrohrdefekt hat, einen erhöhten Wert von Alfa-Fetoprotein (AFP) im Serum aufwiesen (Brock u. Sutcliffe 1972). Dies führte innerhalb weniger Jahre zu großen AFP-Screening-Programmen für alle Schwangere, im US-Bundesstaat Kalifornien, in Dänemark und – noch vor dem Ende des Kommunismus – auch in Ungarn (California Dpt of Health Services 1997). In all diesen Ländern wurden die im AFP-Serumscreening-Programm positiven Schwangeren in zunehmendem Masse zu Ultraschalluntersuchungen zugewiesen, sodass das AFP-Screening eine Zeit lang in einzelnen Regionen wie eine Vorstufe für den qualifizierten Schwangerenultraschall gehandhabt wurde. Die Anwendung von Ultraschall zum dezidierten Screening auf fetale Fehlbildungen fand Ende der 1970iger Jahre nur bei der Fahndung nach Neuralrohrdefekten Erwähnung.

Einige Jahre zuvor war das AFP-Serumscreening in Teilen Großbritanniens eingeführt worden. Ab 1977 wurden Schwangere, die einen auffallend hohen AFP-Wert beim Screening aufwiesen, nach Glasgow in der Abteilung von Ian Donald und Hugh Robinson zugewiesen, die gezielte Ultraschalluntersuchungen durchführten. Auf diese Weise wurden zahlreiche Schwangerschaftsabbrüche bei gesunden Kindern nur auf Grund des Serum-AFP-Wertes verhindert.

In ähnlicher Weise ging man auch in Schweden vor – im Anschluss an das Primärscreening aller Schwangeren mit Serum-AFP kam die genaue Untersuchung mit Ultraschall.

Mit der immer weiteren Verbreitung des Ultraschalls wurden die AFP-Programme zunehmend infrage gestellt, in Ungarn zuletzt selbst als „AFP – antiquated fetal program“ verspottet (RMC 2011).

Das AFP und die von seiner Anwendung abhängigen Labore bekamen aber durch die weite Verbreitung von „Triple Tests“ und „Combined Tests“ im Zuge des Down-Syndrom-Screenings eine unerwartete Laufzeitverlängerung (Bredaki et al. 2011).

Einen ganz anderen Weg wählte man in der DDR, wo man mit der „Amniofetografie“ genannten Methode mit Röntgenstrahlen und in die Fruchthöhle eingebrachtem Kontrastmittel eine strahlenschutztechnisch nicht unproblematische, aber im Einzelfall höchst exakte Methode der pränatalen Fehlbildungsdiagnostik wählte, die prägend für die Vor-Ultraschallära war. Der letzte umfassende Lehratlas der Röntgendarstellung des lebenden Fetus erschien kurz vor dem Ende der DDR (Abet et al. 1989).

1.5 Stellenwert der Fehlbildungssuche im deutschen Ultraschallscreening

Bei Einführung des Ultraschallscreenings für alle Schwangeren in Deutschland 1979 war die Suche nach Fehlbildungen in den damals publizierten Ablaufschemata weit unten angesiedelt.

15 Jahre später und nachdem gut 10 Millionen Frauen in Deutschland mindestens zweimal in der Schwangerschaft eine Ultraschalluntersuchung bekommen hatten, wurde 1995 eine weitere Screeninguntersuchung eingeführt, das sogenannte „**Dreipunktscreening**". Zu diesem Zeitpunkt hatten sich – einerseits fast unbemerkt, andererseits geradezu selbstverständlich – die Ziele des Schwangerenultraschalls in Richtung der Fehlbildungsdiagnostik verschoben. Die Qualität der Geräte hatte sich deutlich verbessert, an den Ultraschallzentren war auch der Kenntnisstand und Niveau der Ärzte, die den Ultraschall durchführten, deutlich angestiegen. Sowohl die mütterlichen als auch die ärztlichen Wunschvorstellungen machten aus dem bisher von jeder Schwangeren eher hilflos geäußerten Wunsch „Hauptsache, es ist gesund!" eine mittels präziser Fehlbildungsdiagnostik durchaus erreichbar scheinendes Ziel.

In Frankreich, Dänemark und Großbritannien liegt der Schwerpunkt des UItraschallscreenings schon seit Mitte der 1990iger Jahre beim organisierten **Ersttrimesterscreening**, dessen deklariertes Ziel ist, Hinweise auf fetale Chromosomenanomalien und hier vor allem das Down Syndrom zu erkennen. Im Screening aufgefallene Fälle werden einer invasiven Diagnostik zugeführt, eine Bestätigung nach Chromosomenanalyse führt in rund 90 % zum Abbruch der Schwangerschaft (Boyd et al. 2008).

Inoffiziell und mit durchaus vergleichbarer Effizienz herrscht dieses System auch in Deutschland und Österreich, wobei jedem Gynäkologen, der ein Ultraschallgerät bedient, klar ist, dass es haftungsrechtlich kaum etwas Schlimmeres gibt, als ein Kind mit Down Syndrom nicht rechtzeitig erkannt und der Mutter nicht die Abtreibung angeboten zu haben. In den offiziellen Schriftstücken zur Schwangerenbetreuung in Deutschland findet man dazu kein Wort – die Basisultraschalluntersuchungen haben schließlich nicht die Entdeckung von Fehlbildungen zum Ziel, sondern nur die „Entdeckung von Auffälligkeiten, die dann Anlass für eine weiterführende Organdiagnostik gemäß dem Mehrstufenkonzept durch einen entsprechend qualifizierten Untersucher" sein sollen (Gembruch u. Merz 2010).

1.6 Mehrstufenkonzept des Ultraschalls beim Screening in der Schwangerschaft

Bereits 1980 zeigte sich, dass der Verkauf und Vertrieb von Ultraschallgeräten zum Einsatz an Schwangeren einer der am schnellsten wachsenden Bereiche der Medizintechnik wurde. Jede geburtshilfliche Abteilung, jede Frauenarztpraxis, die etwas auf sich hielt, brauchte ein Ultraschallgerät und alle Schwangeren wollten Bilder ihres Kindes sehen.

Es war klar, dass bei dieser raschen Verbreitung der Technik, die Qualität und der Kenntnisstand der einzelnen Untersucher große Unterschiede aufwiesen.

Hansmann postulierte 1981 ein **3-Stufen-Konzept**. Mit diesem Konzept sollen Qualifikationsdiplome vom basalen Schwangerenultraschall für die Untersuchungen des Mutterpasses (Stufe I) über die Feindiagnostik spezifischer komplexer Fehlbildungen (Stufe II) bis zum akademisch profilierten Ultraschall auf höchstem Niveau (Stufe III) verliehen und Patientenströme und Abrechnungsmodi innerhalb dieses 3-Stufen-Konzepts koordiniert werden (Hansmann 1981).

Das Konzept wurde von Hackelöer als Sektionsleiter Gynäkologie und Geburtshilfe der DEGUM bereits 1982 umgesetzt. Es wurde in den folgenden Jahren und Jahrzehnten mehrfach modifiziert und den veränderten Bedingungen angepasst. Ein wesentlicher Grundsatz war und ist die nur persönliche und nicht institutionelle Zuerkennung der Stufen-Qualifikation (Die jeweils aktuelle Version kann über die unten angeführten Webseiten der Ultraschallgesellschaften abgerufen werden).

1.6.1 Stufe I

Für den Erwerb des Stufe-I-Qualifikationsdiploms wird neben der Festlegung des Schwangerschaftsalters, der Erkennung und Differenzierung von Mehrlingen und über vorgeschriebene Biometrieleistungen auch eine gewisse Fehlbildungsdiagnostik gefordert. Damit sollen die Ärzte die Anforderungen des Deutschen Mutterpasses für die drei Screeninguntersuchungen erfüllen können. Da niedergelassene Ärzte kaum über ein großes Spektrum an selbst gesehenen fetalen Fehlbildungen verfügen, ist es in der Stufe I besonders wichtig, dass organische Auffälligkeit als solche erkannt und gemäß dem Mehrstufenkonzept an die nächste Stufe überwiesen werden (Eichhorn et al. 2006).

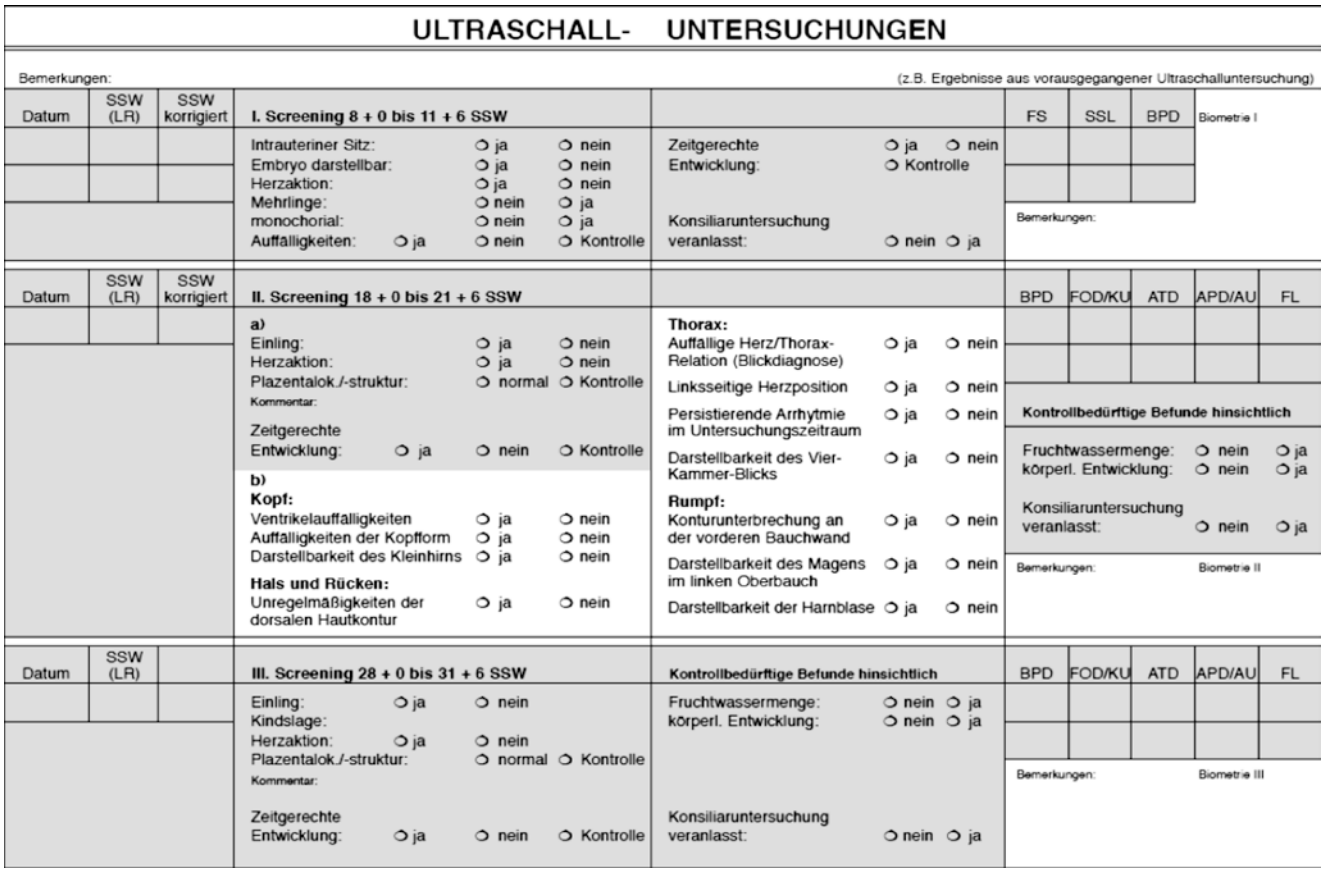
1.6.2 Stufe II

Die Stufe II verlangt eine weitaus ausgeprägtere Qualifikation (drei Jahre nach Stufe-I-Erwerb sowie mindestens 30 selbstständig diagnostizierte Fehlbildungen). In der ersten Ausgabe des Lehrbuchs 1985 war gefordert, die Stufe II habe „in der Regel im klinischen Bereich angesiedelt" zu sein (Merz et al. 2002).

1.6.3 Stufe III

Inhaber der Stufe-III-Qualifikationen sollten neben sämtlichen Inhalten der Stufe II auch die Sonografie in der intrauterinen Therapie (in Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen), sowie den wissenschaftlichen Umgang mit den Themen zuständig sein. Daher werden auch die Forschung (Habilitation oder vergleichbare Leistungen) und Lehre (Fortbildung/Kongressvorträge) und damit eine Seminarleiterqualifikation vorausgesetzt. Für die Stufe III wird eine diagnostische Sicherheit in der Fehlbildungsdiagnostik von 95 % angegeben.

Stufe II und III sind Weiterentwicklungen des Screeninggedankens. Damit können auch die Qualitäten dieser Stufe nicht Voraussetzungen für die „Basisultraschalluntersuchung in der Schwangerschaft = Screening" sein. Das bedeutet, dass die kom-



ULTRASCHALL- UNTERSUCHUNGEN

Bemerkungen: (z.B. Ergebnisse aus vorausgegangener Ultraschalluntersuchung)

Datum	SSW (LR)	SSW korrigiert	I. Screening 8 + 0 bis 11 + 6 SSW					FS	SSL	BPD	Biometrie I
			Intrauteriner Sitz:	○ ja	○ nein	Zeitgerechte Entwicklung:	○ ja ○ nein ○ Kontrolle				
			Embryo darstellbar:	○ ja	○ nein						
			Herzaktion:	○ ja	○ nein						
			Mehrlinge:	○ nein	○ ja						
			monochorial:	○ nein	○ ja			Bemerkungen:			
			Auffälligkeiten:	○ ja	○ nein ○ Kontrolle	Konsiliaruntersuchung veranlasst:	○ nein ○ ja				

Datum	SSW (LR)	SSW korrigiert	II. Screening 18 + 0 bis 21 + 6 SSW					BPD	FOD/KU	ATD	APD/AU	FL
			a)			Thorax:						
			Einling:	○ ja	○ nein	Auffällige Herz/Thorax-Relation (Blickdiagnose)	○ ja ○ nein					
			Herzaktion:	○ ja	○ nein							
			Plazentalok./-struktur:	○ normal	○ Kontrolle	Linksseitige Herzposition	○ ja ○ nein					
			Kommentar:			Persistierende Arrhytmie im Untersuchungszeitraum	○ ja ○ nein	Kontrollbedürftige Befunde hinsichtlich				
			Zeitgerechte Entwicklung:	○ ja	○ nein ○ Kontrolle	Darstellbarkeit des Vier-Kammer-Blicks	○ ja ○ nein	Fruchtwassermenge:	○ nein	○ ja		
			b)			Rumpf:		körperl. Entwicklung:	○ nein	○ ja		
			Kopf:			Konturunterbrechung an der vorderen Bauchwand	○ ja ○ nein	Konsiliaruntersuchung veranlasst:	○ nein	○ ja		
			Ventrikelauffälligkeiten	○ ja	○ nein							
			Auffälligkeiten der Kopfform	○ ja	○ nein	Darstellbarkeit des Magens im linken Oberbauch	○ ja ○ nein	Bemerkungen:			Biometrie II	
			Darstellbarkeit des Kleinhirns	○ ja	○ nein	Darstellbarkeit der Harnblase	○ ja ○ nein					
			Hals und Rücken:									
			Unregelmäßigkeiten der dorsalen Hautkontur	○ ja	○ nein							

Datum	SSW (LR)		III. Screening 28 + 0 bis 31 + 6 SSW			Kontrollbedürftige Befunde hinsichtlich		BPD	FOD/KU	ATD	APD/AU	FL
			Einling:	○ ja	○ nein	Fruchtwassermenge:	○ nein ○ ja					
			Kindslage:			körperl. Entwicklung:	○ nein ○ ja					
			Herzaktion:	○ ja	○ nein							
			Plazentalok./-struktur:	○ normal	○ Kontrolle			Bemerkungen:			Biometrie III	
			Kommentar:									
			Zeitgerechte Entwicklung:	○ ja	○ nein ○ Kontrolle	Konsiliaruntersuchung veranlasst:	○ nein ○ ja					

Abb. 1.1 Ultraschalluntersuchungen. Seite im deutschen Mutterpass

plette Sonoanatomie des Feten und damit Fehlbildungsdiagnostik nicht zu den Basisanforderungen gehört.

1.6.4 Grenzen des 3-Stufen-Konzepts

In einer umfangreichen Studie setzte sich das Kölner Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWIG) im Jahr 2010 mit dem 3-Stufen-Konzept des Ultraschallscreenings in Deutschland auseinander. Kritisiert wurde in der Studie, dass durch die Logik des mehrstufigen Screeningverfahrens alle Stufen gemeinsam immer nur die Sensitivität des Eingangsscreenings auf der ersten Stufe erzielen können: eine in Stufe I nicht als solche erkannte Auffälligkeit wird nie der besseren diagnostischen Aufarbeitung in Stufe II und III zugeführt (Scheibler et al. 2010).

Der Nutzen der wesentlich besseren Diagnostik von Stufe II und III liegt laut IQWIG nur in der Verbesserung der Spezifität – falsch positive Befunde, die von der Stufe I zugewiesen werden, werden auf Stufe II und III als harmlos beurteilt. Das IQWIG fordert, dass auf Basis dieser Datenlage jene, die den Ultraschall auf Stufe I durchführen, wesentlich besser ausgebildet werden müssen, oder aber, dass ein System geschaffen werden muss, in dem alle Schwangeren in einem gezielten Screeningprogramm in Zentren primär einem hoch qualifizierten Ultraschall zugeführt werden.

1.7 „Versagen" des Screenings – Geburt von Kindern mit Fehlbildung trotz Ultraschall

An diesem Punkt ist das haftungsrechtlichen Grundproblem des Ultraschallscreenings in der Schwangerschaft anzusprechen; ein Problem, das Jahr für Jahr in zahlreichen Gerichtsverfahren immer wieder aufs Neue den Schwangerenultraschall und alle, die ihn durchführen, schwer belastet.

Ein beim Ultraschallscreening „durchgerutschtes" Kind, welches mit einer Fehlbildung zur Welt kommt, gilt in erster Linie als ein Versagen des Screeningsystems (und im speziellen als Versagen der Ärzte, die die Mutter in der Schwangerschaft mit Ultraschall untersucht hatten), das genau diese Geburt hätte verhindern sollen. Eine Situation vergleichbar mit der Sicherheitskontrolle am Flughafen, der kein verbotener Gegenstand im Handgepäck unbemerkt bleiben darf.

Hansmann hatte bereits 1981 vor übertriebenen Forderungen an das Ultraschallscreening gewarnt (Hansmann 1981). Die EUROCAT-Studie, bei der Fehlbildungsregister in 25 europäischen Ländern und Regionen verglichen werden, zeigte über Jahre hin, dass es bei der pränatalen Erkennung von Fehlbildungen im Ultraschall von Region zu Region ganz erhebliche Unterschiede gibt (Dolk 2005, Brezinka 2004, Boyd et al. 2011).

In ähnlicher ernüchternder Weise zeigten Studien aus der Schweiz die Grenzen zwischen den geweckten Erwartungen und der Wirklichkeit auf (Stiller et al. 2001).

1.8 Screening heute

1.8.1 Basisscreening – Stufe I

Der **Nachweis des intrauterinen Sitzes der Schwangerschaft**, die **exakte Datierung** sowie die **frühe Diagnose** und möglichst auch die **Klassifizierung von Mehrlingsschwangerschaften** zählt zu den Basisaufgaben des Ultraschallscreenings. Der Nachweis des Vorteils dieser Screeningmaßnahmen ist erbracht.

Darüber hinaus sollen aufgrund der routinemäßig erhobenen fetometrischen Daten Wachstumsstörungen (IUGR, Makrosomie) suspiziert oder diagnostiziert werden und einer weiteren Diagnostik und Differenzialdiagnostik zugeführt werden (Abb. 1.1).

Das Konzept der Feststellung von Hinweiszeichen, wie beispielsweise einer abnormen Fruchtwassermenge, soll bei nicht normalen Befunden ebenfalls die weiterführende Diagnostik ermöglichen.

Eine Fehlbildungsdiagnostik im engeren Sinne ist nicht Aufgabe des Basisscreenings.

1.8.2 Erweitertes Screening – Stufe II und III

Ein erweitertes Screening muss bei erhöhtem Risiko (Alter, Anamnese, elterliche Erkrankungen, Noxen) angeboten werden oder aber es erfolgt aufgrund des Wunsches der Schwangeren bzw. des Paares. Zum erweiterten Screening zählen

- das **Fehlbildungsscreening** (sog. Feindiagnostik, fetale Echokardiografie) sowie
- das **genetische Screening**, eventuell auch in Kombination mit Serumbiochemie („Combined Test").

Weitere spezielle Screeninguntersuchungen im Risikokollektiv erfolgen in Ergänzung zu Serumdiagnostik bei mütterlichen Infektionen oder Blutgruppenantikörpern.

1.9 Weitere Entwicklung

Der Ultraschall ist mittlerweile weltweit ein fester Bestandteil der Schwangerenbetreuung. Weit mehr als die Hälfte der ca.130 Millionen Frauen, die jedes Jahr schwanger sind, haben mindestens eine Ultraschalluntersuchung in der Schwangerschaft.

Es gibt nach wie vor **von Land zu Land große Unterschiede**

- bei der Anzahl der empfohlenen Untersuchungen,
- dem Gestationsalter, in dem auf jeden Fall eine Untersuchung durchgeführt werden sollte,
- bei der Zielsetzung des Ultraschalls und auch
- bei dem Personenkreis, der die Ultraschalluntersuchung durchführen soll und darf.

So wird in den USA und Kanada Ultraschall in der Schwangerschaft von vorneherein als „genetic screening" klassifiziert (Chitayat et al. 2011). In den Niederlanden entschloss man sich erst 2006 eine einzige Ultraschalluntersuchung in der 20 SSW in das „Basispaket" der Schwangerenvorsorge aufzunehmen. In Deutschland sind es drei (10-20-30 Wochen), in Schweden zwei Untersuchungen, die für jede Schwangerschaft empfohlen werden (Taipale et al. 2004).

Die ISUOG empfiehlt als Leitlinie das „**mid-trimester screening**", einen detaillierten Ultraschall durch qualifiziertes Personal an allen Schwangeren in der 18–22 SSW (Salomon et al. 2011). Mit den Verbesserungen der Gerätetechnik zeichnet sich eine Vorverlegung der bisher in der 20–22 SSW empfohlenen Screeningultraschall-Untersuchung auf die 18. SSW und davor ab, die Zahl der Anomalien, die man bereits gegen Ende des I. Trimenon diagnostizieren kann, nimmt ständig zu (Eik-Nes 2010). Während man in Deutschland die Schwangeren-Ultraschalluntersuchung strikt entsprechend qualifizierten Gynäkologen vorbehalten will, sind es in Schweden und Frankreich die Hebammen, die den Großteil der Ultraschallscreening-Untersuchungen an Schwangeren vornehmen (Eurenius et al. 1999).

Basisultraschalluntersuchungen für sämtliche Schwangere (Screening) sind ein zentraler Bestandteil der **Mutterschaftsvorsorge in der BRD** seit 1980 und in Österreich seit 1987. Sie dienen der Identifizierung von Fetus und Schwangeren, die ein erhöhtes Risiko für eine bestimmte Komplikation während der Schwangerschaft, Geburt und Neugeborenenperiode haben. Eine breite Anwendung einer jeglichen Screeninguntersuchung ist aber nur gerechtfertigt, wenn es für die betreffende Untersuchung einen effektiven prophylaktischen oder therapeutischen Ansatz gibt (Hackelöer 2005).

Die Frage, ob die logische Konsequenz des Screenings der Abbruch möglichst vieler beim Screening auffälliger Schwangerschaften sein soll, wird im deutschen Sprachraum wesentlich kontroverser diskutiert, als etwa in England, den USA, Skandinavien und Frankreich. Die Suche nach fetalen Fehlbildungen bei allen Schwangeren-Ultraschalluntersuchungen und die damit verbundenen Patientenaufklärungen überschattet heute viele Schwangerschaften und suggeriert implizit, dass die Schwangerschaft ohnehin ein Geschehen auf Abruf sei, das auf Basis eines Ultraschallbefundes auch ungeschehen gemacht werden kann. Die gesellschaftliche Wahrnehmung von Menschen mit Behinderung als „versäumte Abtreibung" schließt den Kreis einer potenziell bedenklichen Entwicklung.

Richtungsweisend für diese Entwicklung waren und sind in erster Linie jene „Kind-als-Schaden"-Gerichtsurteile, die einer breiten Öffentlichkeit suggerieren, dass die Hauptaufgabe des Screeningultraschalls in der Schwangerschaft ist, zu verhindern, dass es zur Geburt von Menschen mit körperlichen Defiziten kommt.

Es ist die mühsame Aufgabe der Pränataldiagnostiker sowohl im Einzelgespräch mit Schwangeren als auch beim öffentlichen Auftreten und bei der Gutachtertätigkeit, ständig hervorzuheben, dass die Aufgabe des Ultraschalls in der Schwangerschaft wesentlich breiter und auch positiver zugunsten von Mutter und Kind aufzufassen ist.

Weiterführende Internetadressen

Internetadressen mit Screenings- und Zertifizierungsrichtlinien der Ultraschallgesellschaften der drei deutschsprachigen Länder:

- http://www.degum.de/Mehrstufenkonzept_Zertifizie.274.0.html
- http://www.oegum.at/content/blogcategory/150/113/
- http://www.sgumgg.ch/

Literatur

Abet L, Prenzlau P, Richter J (1989) Prenatal Diagnosis of Foetal Malformations and Diseases – Teaching Atlas of Amniofetography. Berlin, Akademie Verlag.

Bayer H (1981) Praktische Gesichtspunkte zur Übernahme der Ultraschalldiagnostik in die Routine der Schwangerenbetreuung. Ultraschall 2:267–268

Bhutta ZA, Darmstadt GL, Haws RA, Yakoob MY, Lawn JE (2009) Delivering interventions to reduce the global burden of stillbirths: improving service supply and community demand. BMC Pregnancy Childbirth 9(Suppl 1):S7

Boyd PA, Devigan C, Khoshnood B, Loane M, Garne E, Dolk H (2008) Survey of prenatal screening policies in Europe for structural malformations and chromosome anomalies, and their impact on detection and termination rates for neural tube defects and Down's syndrome. BJOG 115:689–696

Boyd PA, Haeusler M, Barisic I (2011) EUROCAT Report 9: Surveillance of congenital anomalies in Europe 1980–2008. Birth Defects Res A Clin Mol Teratol 91(Suppl 1):S1

Bredaki FE, Wright D, Matos P, Syngelaki A, Nicolaides KH (2011) First-trimester screening for trisomy 21 using alpha-fetoprotein. Fetal Diagn Ther 30:215–218

Brezinka C (2004) Reading the EUROCAT study. Ultrasound Obstet Gynecol 2004(25):3–5

Brezinka C (2011) Gesetze, Rechtsprechung und Einstellung zu Schwangerschaftsabbruch bei Fehlbildung in Europa. Gyn Praxis 35:616–627

Brock DJ, Sutcliffe RG (1972) Alpha-fetoprotein in the antenatal diagnosis of anencephaly and spina bifida. Lancet 2:197–199

California Dpt of Health Services (1997) The California expanded AFP Screening Program – prenatal care provider handbook. California Dpt of Health Services, Genetic Disease Branch, Sacramento

Chitayat D, Langlois S, Wilson RD (2011) Prenatal screening for fetal aneuploidy in singleton pregnancies. J Obstet Gynaecol Can 33:736–750

Crane JP, LeFevre ML, Winborn RC, Evans JK, Ewigman BG, Bain RP, Frigoletto FD, McNellis D (1994) A randomized trial of prenatal ultrasonographic screening: impact on the detection, management, and outcome of anomalous fetuses. The RADIUS Study Group. Am J Obstet Gynecol 171:392–399

Dolk H (2005) EUROCAT: 25 years of European surveillance of congenital anomalies. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 90:F355–F358

Eichhorn KH, Schramm T, Bald R, Hansmann M, Gembruch U (2006) Qualitätsanforderungen an die DEGUM-Stufe I bei der geburtshilflichen Ultraschalldiagnostik im Zeitraum 19 bis 22 Schwangerschaftswochen. Ultraschall Med 27:185–187

Eik-Nes SH (2010) The 18-week fetal examination and detection of anomalies. Prenat Diagn 30:624–630

Eurenius K, Axelsson O, Cnattingius S, Eriksson L, Norsted T (1999) Second trimester ultrasound screening performed by midwives; sensitivity for detection of fetal anomalies. Acta Obstet Gynecol Scand 78:98–104

Ewigman BG, Crane JP, Frigoletto FD, LeFevre ML, Bain RP, McNellis D (1993) Effect of prenatal ultrasound screening on perinatal outcome. RADIUS Study Group. N Engl J Med 329:821–827

Gembruch U, Merz E (2010) Viele wichtige Aspekte nicht erfasst – Kommentar zu, IQWiG-Bericht S05-03. Der Frauenarzt 51:209–211

Grennert L, Persson PH, Gennser G (1978) Benefits of ultrasonic screening of a pregnant population. Acta Obstet Gynecol Scand Suppl 78:5–14

Hackelöer BJ (2005) Sinn und Grenzen der geburtshilflichen Sonographie. Gynakol Geburtshilfliche Rundsch 45:62–72

Hahmann K, Issel EP (1985) Die Möglichkeiten der Mißbildungsdiagnostik im Rahmen der geburtshilflichen Basis-Untersuchung. Zentralbl Gynakol 107:1–21

Hansmann M (1981) Nachweis und Ausschluß fetaler Entwicklungsstörungen mittels Ultraschallscreening und gezielter Untersuchung – ein Mehrstufenkonzept. Ultraschall 2:206–220

Hansmann M (1981) Ultraschallscreening in der Schwangerschaft – Vorsicht vor übertriebenen Forderungen. Geburtshilfe Frauenheilkd 1981(41):725–728

Klink R, Hansmann M, Hunermann B (1971) Die Lokalisation der Plazenta. Dtsch Med Wochenschr 96:1473–1475

Malmqvist E, Lindsten J, Noorgaard-Pedersen B, Hellstrom B, Sundberg B (1975) Elevated levels of alfa fetoprotein in maternal serum and amniotic fluid in two cases of spina bifida. Clin Genet 7:176–180

Merz E, Eichhorn KH, Hansmann M, Meinel K (2002) DEGUM-Standards in der gezielten pränatalen Ultraschalldiagnostik (18–22 Schwangerschaftswochen). Ultraschall Med 23:11–12

Muller-Holve W, Garbe U, Kohlmann H, Martin K (1981) Ultraschall-Basis-Untersuchung (U.B.U.) in der Schwangerschaft. Geburtshilfe Frauenheilkd 41:607–614

Persson PH, Grennert L, Gennser G, Kullander S (1979) On improved outcome of twin pregnancies. Acta Obstet Gynecol Scand 58:3–7

RMC (2011) AFP stands for Antiquated Fetal Protocol. Budapest, Roszakert Medical Center.

Salomon LJ, Alfirevic Z, Berghella V, Bilardo C, Hernandez-Andrade E, Johnsen SL, Kalache K, Leung KY, Malinger G, Munoz H, Prefumo F, Toi A, Lee W (2011) Practice guidelines for performance of the routine mid-trimester fetal ultrasound scan. Ultrasound Obstet Gynecol 37:116–126

Samples JW, Samples JR (2010) Medical Legal Considerations when Treating Glaucoma Patients. In: Schacknow PR, Samples JR (Hrsg) The Glaucoma Book – A Practical, Evidence-Based Approach to Patient Care. Springer, New York, S. 391–397

Scheibler F, Kleijnen J, Soares-Weiser K, Kulier R, Lange S, Kulig M (2010) Testgüte des Ultraschallscreenings in der Schwangerschaft – Welchen Einfluss haben die Erfahrung der Untersucher und die Qualität der Geräte? Der Frauenarzt 51:202–209

Schillinger H (1984) Sonographische Screeninguntersuchungen in der Schwangerschaft. Ultraschall Med 5:281–286

Stiller R, Huch R, Huch A, Zimmermann R (2001) Qualität der pränatalen sonographischen Diagnostik – Vergleich sonographisch erfasster Fehlbildungen mit dem tatsächlichen fetalen Outcome in der Schweiz. Ultraschall Med 22:225–230

Taipale P, Ammala M, Salonen R, Hiilesmaa V (2004) Two-stage ultrasonography in screening for fetal anomalies at 13–14 and 18–22 weeks of gestation. Acta Obstet Gynecol Scand 83:1141–1146

Wilson JMG, Jungner G (1968) Principles and Practice of Screening for Disease. Public Health Papers. Bd. 34 WHO, Geneve

Basis der Ultraschalluntersuchung

J. Siemer

2.1 Einführung – 14

2.2 Biometrie im I. Trimenon – 14
2.2.1 Gestationssack und Chorionhöhle – 14
2.2.2 Dottersack – 14
2.2.3 Scheitel-Steiß-Länge – 14
2.2.4 Biparietaler Durchmesser – 14
2.2.5 Fetale Herzaktion – 15

2.3 Biometrie im II. und III. Trimenon – 15
2.3.1 Biparietaler Durchmesser – 16
2.3.2 Fronto-okzipitaler Durchmesser – 16
2.3.3 Kopfumfang – 16
2.3.4 Abdomenumfang – 17
2.3.5 Femurlänge – 17

2.4 Fetale Gewichtsschätzung – 18

2.5 Fruchtwassermenge – 20
2.5.1 Beurteilung der Fruchtwassermenge – 20
2.5.2 Bestimmung der Fruchtwassermenge bei Zwillingen – 21
2.5.3 Oligohydramnion – 21
2.5.4 Anhydramnion – 22
2.5.5 Polyhydramnion – 22

2.6 Plazentasitz – 22
2.6.1 Tiefsitzende Plazenta und Placenta praevia – 22
2.6.2 Placenta succenturiata (Nebenplazenta) – 23
2.6.3 Insertio velamentosa – 23
2.6.4 Vasa praevia – 24

Literatur – 24

U. Gembruch, K. Hecher, H. Steiner (Hrsg.), *Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie,*
DOI 10.1007/978-3-642-29633-8_2, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

2.1 Einführung

Seit Beginn der Sonografie in der Geburtshilfe versucht man, den Entwicklungsstand des Fetus zu überprüfen. Dadurch ist es möglich, bei Auffälligkeiten ein angemessenes präpartales Management vorzunehmen. Zur Beurteilung des Fruchtwassers und der Plazenta ist die Sonografie das Mittel der Wahl. Fruchtwasser und Plazenta sollten bei jeder Ultraschalluntersuchung in der Schwangerschaft zumindest orientierend untersucht werden.

In diesem Kapitel wird die **Biometrie**, also das Messen und Überprüfen der embryonalen und fetalen Entwicklung beschrieben. Außerdem werden die **Bestimmung der Fruchtwassermenge** und **Beurteilung der Plazentalokalisation** erläutert.

2.2 Biometrie im I. Trimenon

Die Bestimmung des Gestationsalters und die Berechnung des Entbindungstermins sind Routinemaßnahmen zu Beginn der Schwangerschaft. Wurde dies früher ausschließlich auf Basis der letzten Periode und unter Berücksichtigung der **Naegele-Regel** vorgenommen, so gilt heutzutage die sonografische Bestimmung als deutlich zuverlässiger. Je früher die biometrische Messung des Embryos bzw. Fetus in der Schwangerschaft erfolgt, desto zuverlässiger kann das Gestationsalter bestimmt werden. Dies ist nachvollziehbar, wenn man berücksichtigt, dass zwar jeder Embryo mit derselben Größe beginnt, aber bis zum Ende der Schwangerschaft sehr unterschiedlich wachsen kann. Üblicherweise wird eine vaginale Sonografie durchgeführt. Bei entsprechender technischer Ausstattung und guten Ultraschallbedingungen ist ab 10 Schwangerschaftswochen (SSW) auch eine abdominale Sonografie möglich.

2.2.1 Gestationssack und Chorionhöhle

Zwischen 4 und 5 SSW ist erstmals der Gestationssack (Fruchthöhle) zu sehen. Er ist das erste sonografische Zeichen einer intrauterinen Schwangerschaft und stellt sich als kleine, flüssigkeitsgefüllte Struktur im Endometrium dar. Diese Struktur zusammen mit dem echogenen Ring bildet die Chorionhöhle (Abb. 2.1).

Zur **Bestimmung des Gestationsalters** durch die Größe des Gestationssacks bedient man sich einer standardisierten Formel. Hier wird zunächst der mittlere Durchmesser des Gestationssacks (in mm) im Ultraschall durch drei orthogonale Messungen ermittelt und zu 30 addiert. Man erhält somit das aktuelle Schwangerschaftsalter in Tagen. Diese Bestimmung empfiehlt sich aber nur bis zur Darstellung eines Embryos. Ab diesem Zeitpunkt ist die Bestimmung durch die Scheitel-Steiß-Länge (s. u.) deutlich zuverlässiger.

Tipp

Mittlerer Durchmesser des Gestationssacks (MDG) zur Bestimmung des Gestationsalters (in Tagen) zwischen 4 und 7 SSW:
Gestationsalter (in Tagen) = 30 + MDG (in mm)

Bei einer **ektopen Schwangerschaft** kann sich ein echoleerer „Pseudogestationssack", meist ohne echoreichen Saum, im Endometrium bilden. Daran ist zu denken, wenn sich keine weiteren embryonalen Strukturen zeigen.

Eine ektope Schwangerschaft kann einen „Pseudogestationssack" hervorrufen!

2.2.2 Dottersack

Der Dottersack (Abb. 2.1) ist die erste anatomische Struktur, die im Gestationssack erscheint. Kugelförmig mit echoreichem Rand und ohne Binnenecho gilt er als Bestätigung einer intrauterinen Schwangerschaftsanlage. Bei 5 SSW ist der Dottersack in 95 % aller Fälle zu erkennen, bei 6 SSW in nahezu allen normalen Schwangerschaften. Im weiteren Verlauf wandert er in die Peripherie der Chorionhöhle und wächst bis zu einem Durchmesser von 6 mm bei 10 SSW. Zum Ende des ersten Trimenons ist er nicht mehr zu sehen.

Die Darstellung des Dottersacks gilt als Bestätigung einer intrauterinen Schwangerschaft.

2.2.3 Scheitel-Steiß-Länge

Die Bestimmung der Scheitel-Steiß-Länge (Abb. 2.2) ist die wichtigste biometrische Messung im I. Trimenon. Per definitionem gilt sie als längste Gerade vom äußeren Rand des kephalen Pols bis zum Ende des Rumpfes. Anhand von Messtafeln kann hierdurch das Gestationsalter bestimmt werden. Die sicherste Bestimmung erhält man zwischen 6 und 10 SSW. Außerdem sollte man den Durchschnitt aus drei Messungen verwenden.

Liegt eine Diskrepanz des berechneten Gestationsalters mithilfe der letzten Periode und durch Berechnung nach der Scheitel-Steiß-Länge von mindestens 7 Tagen vor, dann ist es üblich, den Entbindungstermin nach dem Ultraschallbefund festzulegen. Einige Autoren empfehlen, darüber hinaus auch bei geringeren Abweichungen stets die Scheitel-Steiß-Länge zu berücksichtigen (Neilson 2000).

Die Messung der Scheitel-Steiß-Länge in der Frühschwangerschaft ist die zuverlässigste Methode zur Bestimmung des Gestationsalters.

2.2.4 Biparietaler Durchmesser

Zum Ende des I. Trimenons (9–13 SSW) ist die Bestimmung des Gestationsalters auch durch Messung des biparietalen Durchmessers möglich. Verschiedene Studien konnten zeigen, dass ihre Bestimmung genauso zuverlässig ist wie mit der Scheitel-Steiß-Messung (Sladkevicius et al. 2005, Wu et al. 2011).

Während die Scheitel-Steiß-Länge in dieser Zeit abhängig von Streckung und Krümmung des Fetus ist, bleibt der biparietale Durchmesser stabil. Außerdem lässt sich durch dessen

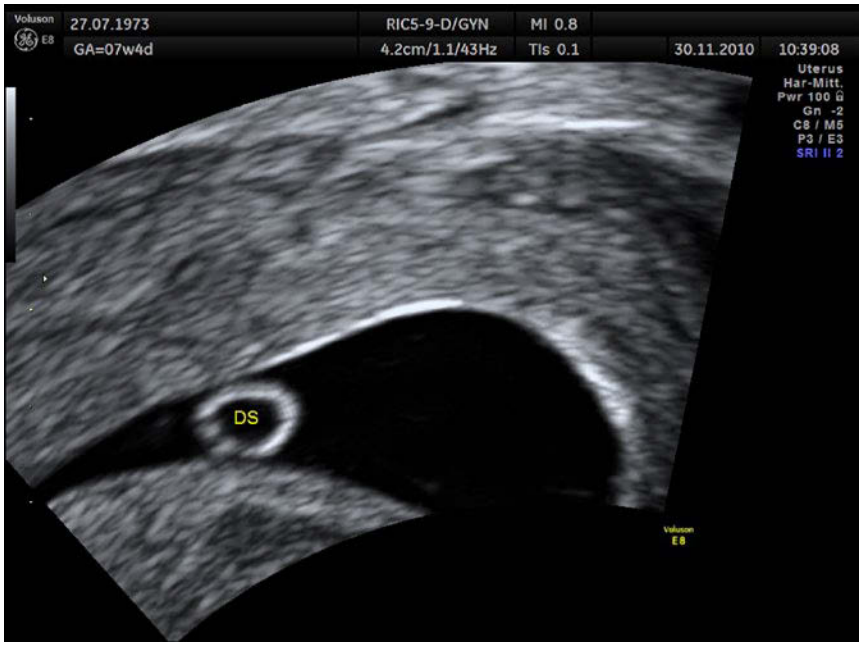


Abb. 2.1 Der Gestationssack ist zwischen 4 und 5 SSW erstmals zu sehen. Der Dottersack (*DS*) ist die erste embryonale Struktur, die man im Ultraschall erkennen kann

Messung und gleichzeitige Darstellung der Falx cerebri bzw. des Mittelechos eine Exenzephalie oder Anenzephalie ausschließen. Die Beschreibung der korrekten Ebene zur Bestimmung des biparietalen Durchmessers findet sich in ▶ Abschn. 2.3.1.

2.2.5 Fetale Herzaktion

Die fetale Herzaktion kann bei 6 SSW in 86 % der Fälle dargestellt werden und bei allen ab 7 SSW. Bei eingeschränkten Ultraschallbedingungen kann es sinnvoll sein, die Dopplertechnik zu verwenden und das Dopplerfenster auf den Embryo zu positionieren, um die Herzaktion zu bestätigen bzw. bei einer gestörten Schwangerschaft eine fehlende Herzaktion zu dokumentieren.

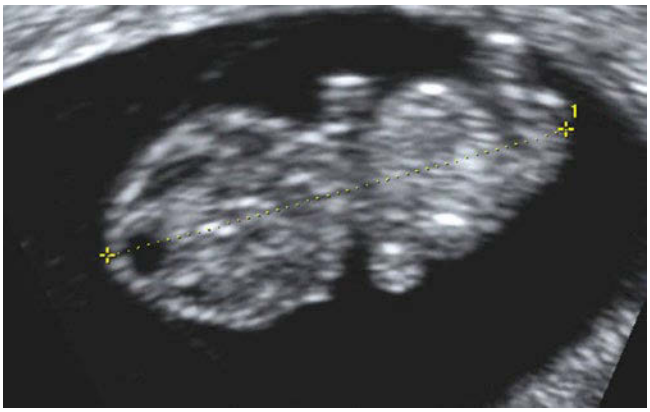


Abb. 2.2 Die Bestimmung der Scheitel-Steiß-Länge ist die zuverlässigste Methode zur Bestimmung des Gestationsalters in der Frühschwangerschaft (SSL 19,5 mm; 8+3 SSW)

2.3 Biometrie im II. und III. Trimenon

Zur Evaluation der fetalen Biometrie nach dem ersten Trimenon werden vor allem die Maße von Kopf, Abdomen und Femur untersucht. Auch für andere anatomische Strukturen wie Humerus, die Röhrenknochen von Unterarm und Unterschenkel, Fuß, Thorax, intra- und interorbitaler Durchmesser, transversaler Kleinhirndurchmesser und Klavikulalänge existieren Normkurven, an denen man den Wachstumsverlauf überprüfen kann.

Mit Hilfe von **Wachstumskurven** hat man die Möglichkeit, zu kontrollieren, ob ein Fetus entsprechend seinem Gestationsalter zu klein oder zu groß ist. Werden sequenzielle Untersuchungen durchgeführt, kann man den individuellen Wachstumsverlauf überwachen und ggf. eine Abflachung der Wachstumskurve erkennen.

Liegt die Biometrie unterhalb der 5. Perzentile (andere Autoren nennen auch die 10. Perzentile) handelt es sich um ein „**Small-for-gestational-age-Kind** (SGA)“ oder um eine **Wachstumsrestriktion** (IUGR). Bei der Wachstumsrestriktion findet man in der Regel eine asymmetrische Biometrie. Das heißt, das Abdomenmaß ist deutlich reduzierter als das Kopfmaß.

Bei einer Biometrie über der 95. Perzentile (andere Autoren nennen auch die 90. Perzentile) handelt es sich um ein „**Large-for-gestational-age-Kind** (LGA)“ oder eine fetale Makrosomie.

Bei sequenziellen Messungen sollten mindestens 10 Tage zwischen den Messungen liegen, um der üblichen Messungenauigkeit Rechnung zu tragen. Optimal ist ein Abstand von 14 bis 21 Tagen.

Es ist darauf zu achten, dass zur Beurteilung einer Biometrie die richtigen Normkurven verwendet werden. Wird zum Beispiel ein Fetus asiatischer Eltern untersucht und mit westeuropäischen Normkurven verglichen, kann es fälschlicherweise zur Diagnose „small for gestational age“ kommen, obwohl das Kind nach asiatischen Normkurven eigentlich eutroph wäre.

Um eine optimale und zuverlässige fetale Biometrie durchführen zu können, sind mehrere Aspekte zu berücksichtigen: Mithilfe der richtigen sonografischen Eindringtiefe und der Ver-

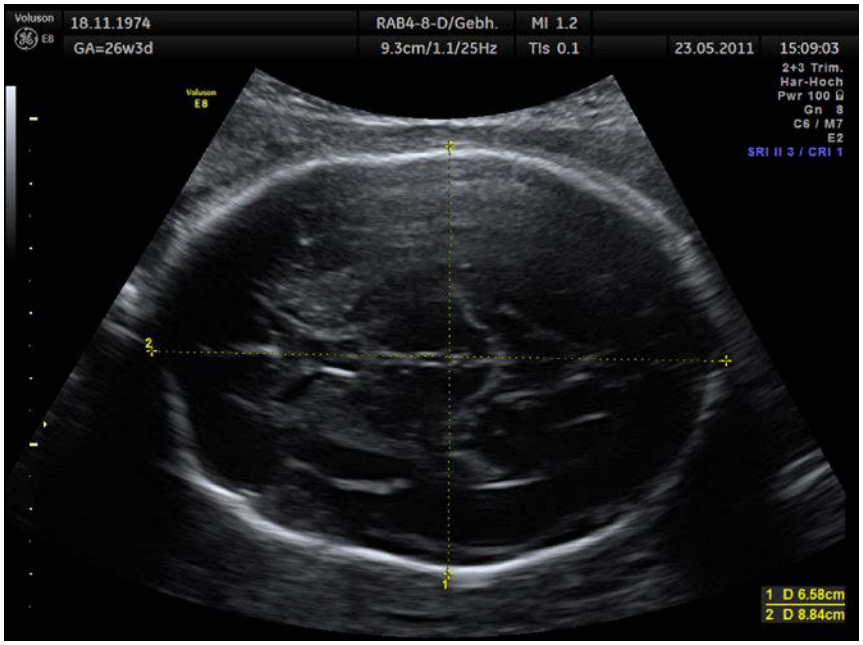


Abb. 2.3 Messung des biparietalen (*1*) und fronto-okzipitalen Durchmessers (*2*) in der korrekten Schnittebene

wendung der Zoomfunktion sollte die zu messende Struktur am Fetus so dargestellt werden, dass sie den Bildschirm möglichst groß ausnutzt. Dabei ist auch darauf zu achten, dass sich der Fokus auf Höhe der zu messenden Ebene befindet. Bei breiteren Strukturen (z. B. Abdomenumfang) ist entweder der Fokus im distalen Drittel der Struktur zu positionieren oder sind mehrere Foki zu verwenden.

Tipp

Für eine zuverlässige Messung der fetalen Biometrie sind eine optimale Nutzung der Bildschirmgröße und eine korrekte Platzierung des Fokus erforderlich.

Biometriemaße, von denen Normkurven existieren

Basisbiometrie

- Biparietaler Durchmesser
- Fronto-okzipitaler Durchmesser
- Kopfumfang
- Abdomenumfang
- Femurlänge

Zusätzliche Biometrie

- Humeruslänge
- Ulnalänge
- Radiuslänge
- Tibialänge
- Fibulalänge
- Fußlänge
- Klavikulalänge
- Thoraxumfang
- Transversaler Kleinhirndurchmesser
- Intra- und interorbitaler Durchmesser

2.3.1 Biparietaler Durchmesser

Zwischen 14 und 20 SSW ist die Messung des biparietalen Durchmessers der zuverlässigste Parameter zur Bestimmung des Gestationsalters. Seine Genauigkeit nimmt nach dieser Zeit deutlich ab.

Um den biparietalen Durchmesser korrekt zu messen, ist es wichtig, die richtige Ebene im Ultraschallbild darzustellen. Es handelt sich hierbei um einen **strikten Transversalschnitt** durch den fetalen Schädel. Die Thalamuskerne sowie das Cavum septi pellucidi müssen dargestellt werden (Abb. 2.3). Die Falx cerebri im frontalen Abschnitt darf nicht durchgehend erkennbar sein, da die Ebene sonst zu kranial liegt. Auch darf das Kleinhirn in der dargestellten Ebene nicht erkennbar sein. Ist dies der Fall, ist die Ebene zu kaudal gelegen.

Anders als in den USA wird im deutschsprachigen Raum der biparietale Durchmesser an der breitesten Stelle, orthogonal zur Mittellinie, vom äußeren Rand des proximalen knöchernen Schädels bis zum äußeren Rand (USA: innerer Rand) des distalen knöchernen Schädels gemessen.

2.3.2 Fronto-okzipitaler Durchmesser

In der gleichen Ultraschallebene wie beim biparietalen Durchmesser (s. o.) wird auch der fronto-okzipitale Durchmesser in der Mittellinie des fetalen Schädels gemessen. Die Messung erfolgt zwischen den äußeren Rändern der Schädelknochen (Abb. 2.3).

2.3.3 Kopfumfang

Die Messung des fetalen Kopfumfangs erfolgt in der gleichen transversalen Ultraschallebene, wie beim biparietalen Durch-

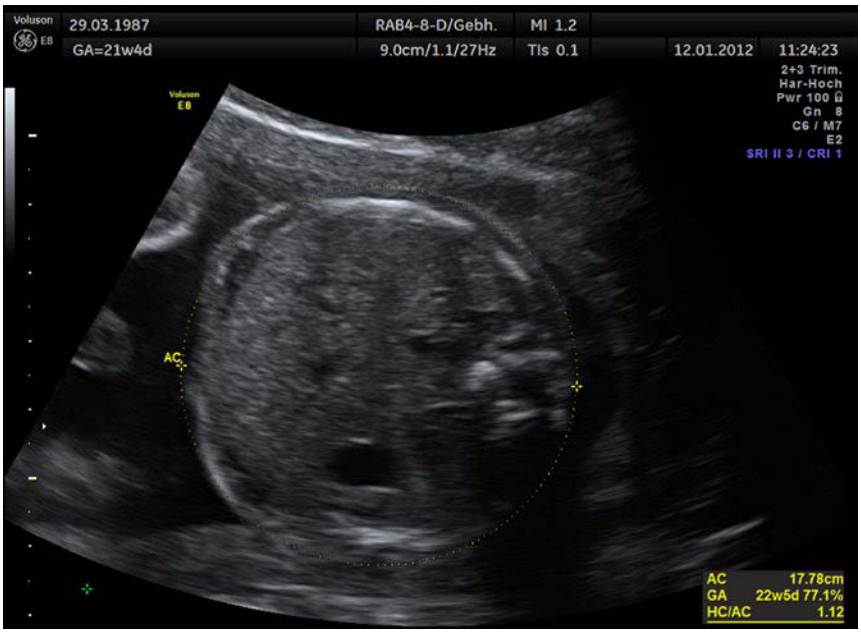


Abb. 2.4 Messung des Abdomenumfangs in der korrekten Schnittebene

messer (▶ Abschn. 2.3.1) beschrieben. Zur Berechnung des Umfangs gibt es im Wesentlichen zwei Möglichkeiten:

- Zum einen kann er aus der **Messung des biparietalen** (BPD) und d**es fronto-okzipitalen Durchmessers** (FOD) berechnet werden. Dafür wird folgende ellipsenähnliche Formel verwendet:
  Kopfumfang = π $((BPD^2 + FOD^2)/2)^{½}$.
- Zum anderen besteht bei den meisten Ultraschallgeräten die Möglichkeit, direkt **eine Ellipsenform auf das Ultraschallbild** mit der korrekten Darstellungsebene zu legen. Dabei ist darauf zu achten, dass keine Hautanteile des Schädels mit eingeschlossen werden, da hierdurch der Kopfumfang fälschlich zu groß gemessen wird.

Zwischen 14 und 20 SSW bevorzugen manche Autoren die Messung des Kopfumfangs statt des biparietalen Durchmessers zur Bestimmung des Gestationsalters.

2.3.4 Abdomenumfang

Aufgrund seiner größeren Variabilität wird der Abdomenumfang weniger zur Bestimmung des Gestationsalters verwendet. Dafür spielt er bei der **fetalen Gewichtsschätzung** und der **Überwachung des Wachstumsverlaufs** im Intervall eine wesentliche Rolle.

Dadurch, dass das Abdomen nicht symmetrisch ist, seine Begrenzung nicht echogen ist und sich seine Form bei fetalen Atembewegungen verändert, ist der Abdomenumfang deutlich schwieriger zu messen als die Kopfmaße.

Zur korrekten Ultraschallebene gehört ein strikt transversaler Schnitt mit möglichst runder Form. Dabei muss die Magenblase darstellbar sein. Die Umbilikalvene sollte orthogonal angeschnitten und zwischen dem vorderen und mittleren Drittel des Abdomens erkennbar sein. Die Wirbelkörper und Rippen erscheinen symmetrisch (Abb. 2.4).

Ist das fetale Herz oder sind Lungenanteile erkennbar, ist die Ebene zu kranial gelegen. Sind Nierenanteile oder ist der Nabelschnuransatz erkennbar, so befindet sich das Ultraschallbild zu kaudal.

Im Wesentlichen gibt es zwei Möglichkeiten, den **Abdomenumfang** zu **bestimmen**:

- Zum einen werden zwei orthogonal zueinander liegende Durchmesser bestimmt. Dabei liegt der erste Durchmesser in einer reinen **anterior-posterioren Lage** (APD). Der zweite Durchmesser befindet sich rechtwinklig dazu und misst den **Abdomendurchmesser quer** (TD). Bei beiden Durchmessern ist der äußere Rand der Haut die Begrenzung. Mithilfe der Kreisformel wird aus diesen beiden Messungen der Abdomenumfang bestimmt:
  Abdomenumfang = π ((APD + TD)/2).
- Zum anderen besteht die Möglichkeit, durch die elektronische **Ellipsenfunktion des Ultraschallgerätes** direkt einen Umfang auf das Ultraschallbild zu legen und damit zu bestimmen. Verschiedene Studien haben gezeigt, dass diese Methode zuverlässigere Ergebnisse liefert.

2.3.5 Femurlänge

Ab 10 SSW kann die Femurlänge valide gemessen werden. Zur Bestimmung des Gestationsalters wird sie meistens nicht verwendet, da andere Biometriemaße zuverlässiger sind. Bei diesem eindimensionalen Parameter wird nur der knöcherne Anteil gemessen. Zur Bestimmung sollte der zum Schallkopf näher gelegene Oberschenkel verwendet werden. Dabei wird die Diaphyse in ihrer längsten Ausdehnung ohne Berücksichtigung von Femurkopf und Epiphyse gemessen (Abb. 2.5).

Im Ultraschallbild sollte der Femur möglichst horizontal verlaufen. Ein vertikaler Verlauf führt aufgrund der hohen Dichte des Knochens fälschlicherweise zu einer zu kurzen Länge des Oberschenkelknochens.

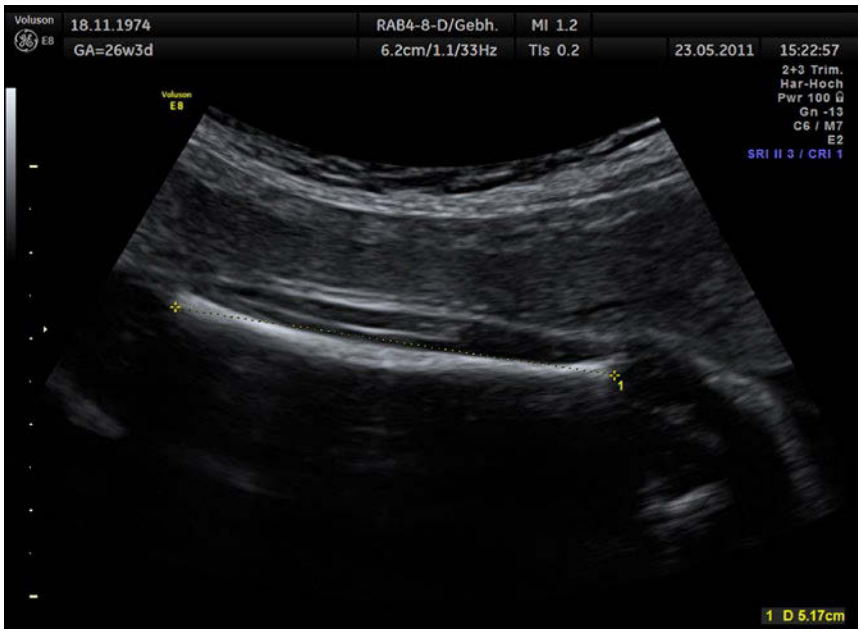


Abb. 2.5 Korrekte Messung der Femurlänge

2.4 Fetale Gewichtsschätzung

Eine zuverlässige Gewichtsschätzung ist für das Management von Schwangerschaft und Geburt sehr hilfreich. Zum Beispiel kann das Fetalgewicht zur Entscheidungsfindung bei Feten am Rande der Lebensfähigkeit um die 24. Schwangerschaftswoche (SSW) wichtig sein. Bei Verdacht auf eine fetale Makrosomie ist die zuverlässige Schätzung des Gewichts des Fetus zur adäquaten Festlegung des Geburtsmodus unerlässlich.

Gebräuchliches Mittel ist die Ultraschalldiagnostik. Dabei werden sonografisch verschiedene Biometriemaße des Fetus bestimmt, welche als Parameter in etablierte Schätzformeln einfließen, mittels derer das fetale Gewicht bestimmt wird. Das Ergebnis kann anschließend mit Normkurven verglichen werden.

Dies ermöglicht eine **Einstufung des Kindes** als

- **eutroph** (zwischen der 5. und 95. Perzentile),
- **zu klein** (intrauterine Wachstumsrestriktion (IUGR) oder „small for gestational age", unter der 5. Perzentile) oder
- **zu groß** (Makrosomie oder „large for gestational age", über der 95. Perzentile).

Fast gleichzeitig mit der Einführung der Sonografie in der Geburtshilfe wurde begonnen, nicht nur fetale Biometriemaße zu erheben, sondern auch ein fetales Schätzgewicht zu ermitteln. Das Prinzip der Methode besteht darin, dass man davon ausgeht, dass je größer ein Fetus ist, desto höher sein Gewicht sein muss. Es ist also ein **indirektes Verfahren**, bei dem man durch Längen- und Umfangsmaße auf ein Gewichtsmaß schließen möchte.

Die Grundlage der fetalen Sonographie wurde 1958 von I. Donald und T. Brown gelegt. Ihnen gelang es nach Entwicklung des „Compound-B Mode Contact Scanner" erstmals, ein ungeborenes Kind sonografisch darzustellen.

1961 veröffentlichten sie eine Untersuchung zur **Messung des fetalen biparietalen Durchmessers** (BPD) (Donald u. Brown 1961). Aufgrund der damals eindimensionalen Darstellung der Ultraschallgeräte, stellte er den einzigen zuverlässigen Parameter zur Gewichtsschätzung dar.

1964 erstellten Willocks et al. die erste Formel zur Gewichtsschätzung mittels **linearer Regressionsberechnungen**, wobei sie annahmen, dass der BPD im letzten Trimenon linear wachsen würde (Willocks et al. 1964). In der Folgezeit wurden noch mehrere Formeln durch lineare Regressionsberechnung des BPDs aufgestellt. Diese lieferten jedoch mit einer mittleren absoluten Abweichung von 350 bis 500 g vom tatsächlichen Gewicht keine signifikant besseren Ergebnisse als die konventionellen Gewichtsschätzungsmethoden durch Inspektion und Palpation.

Die Entwicklung des ab 1965 verfügbaren „Real-time-scanner-Ultraschalls" erlaubte zweidimensionale Ultraschalldarstellungen, was sich erheblich auf die fetale Sonografie auswirkte. So brachten im selben Jahr Thompson et al. erstmals die fetalen Bauchmaße als weitere Parameter in die fetale Gewichtsschätzung mit ein (Thompson et al. 1965). Dabei stellten sie fest, dass die Streuung und der mittlere Schätzfehler bei **Verwendung des Abdomenumfangs** (AU) geringer ausfielen als bei Verwendung des BPD und dass sich der mittlere Schätzfehler durch Kombination von AU und BPD noch erheblich weiter reduzieren ließ.

1977 publizierten Warsof et al. eine weitere Formel zur fetalen Gewichtsschätzung, wobei sie das Fetalgewicht mittels einer **logarithmischen Funktion aus AU und BPD** wiedergaben (Warsof et al. 1977).

Ein Jahr später veröffentlichten Hansmann et al. eine Formel, die neben **BPD und AU auch das Gestationsalter** berücksichtigte. Dabei gingen sie von einem positiven Einfluss der Gestationswoche auf das Fetalgewicht aus, der sich nicht in den herkömmlichen Biometriemaßen widerspiegelte.

1984 wurde durch Hadlock et al. erstmals die **Femurlänge** (FL) als zusätzlicher Parameter in die Gewichtsschätzung eingebracht. Hadlock et al. stellten in den Jahren 1984 und 1985

fünf Formeln zur pränatalen Gewichtsschätzung auf, die sich aus verschiedenen Kombinationen der einzelnen Parameter Kopfumfang, BPD, AU und FL zusammensetzen (Hadlock et al. 1984, 1985). Obwohl diese Formeln mittlerweile schon viele Jahre alt sind, zählen sie noch immer zu den Gebräuchlichsten in der klinischen Anwendung.

1988 wollten Merz et al. in ihrer Studie eine **Schätzformel** vorstellen, die sich für alle Gewichtsbereiche gleichermaßen eignet und unabhängig vom Gestationsalter ist (Merz et al. 1988). In ihrer Formel berücksichtigten sie sowohl den BPD als auch den AU. Dabei kamen sie zu dem Ergebnis, dass eine Formel, die für alle Gewichtsbereiche gelten soll, nur bedingt optimale Ergebnisse erzielen kann.

Bereits 1984 merkten Parker et al. an, dass das **fetale Wachstum geschlechtsspezifisch** ist, was sich ab der 28. SSW bemerkbar macht (Parker et al. 1984).

2004 entwickelten Schild et al. **geschlechtsspezifische Formeln** für die fetale Gewichtsschätzung, die eine geschlechtsgetrennte Gewichtsbestimmung ermöglichen (Schild et al. 2004).

Die erwähnten Methoden zur fetalen Gewichtsschätzung sind nur ein Teil der Formeln, die bisher publiziert wurden. Aber sie stellen Meilensteine in der Entwicklung der fetalen Gewichtsschätzung dar.

Verschiedene Studien konnten zeigen, dass die Schätzgenauigkeit der üblichen Gewichtsformeln nicht über den gesamten fetalen Gewichtsbereich konstant ist. Vor allem am unteren und oberen Rand der fetalen Gewichtsspanne sind die herkömmlichen Methoden deutlich ungenauer. Daher geht man neuerdings dazu über, für **sehr kleine** oder **makrosome Feten** Formeln zu verwenden, die speziell für diese Kinder entwickelt wurden. Auch gibt es eine spezielle Formel für **Feten mit Bauchwanddefekten**. Mittlerweile existieren zudem Gewichtsformeln, die auf dreidimensionaler Messung basieren. Allerdings erfordert deren Anwendung neben der technischen Ausstattung des Ultraschallgerätes mit einer 3D-Sonde zusätzlichen Zeitaufwand. Zur fetalen Gewichtsschätzung werden vor allem Volumina von Oberschenkel, Oberarm und definierten Bereichen des Abdomens verwendet.

Bisherige Vergleiche mit der konventionellen Sonografie haben nur eine mäßige Verbesserung der Schätzgenauigkeit ergeben, sodass derzeit keine Empfehlung ausgegeben werden kann, die fetale Gewichtsschätzung durch 3D-Untersuchungen vorzunehmen.

Es gibt unzählige Studien, die die Zuverlässigkeit von verschiedenen Gewichtsformeln verglichen haben. Die Ergebnisse sind sehr uneinheitlich, sodass es schwierig ist, generelle Empfehlungen abzuleiten.

Am zuverlässigsten ist die fetale Gewichtsschätzung im **mittleren fetalen Gewichtsbereich** zwischen 2500 und 4000 g. Ein systematischer Fehler, das heißt ein generelles Unter- oder Überschätzen des Fetalgewichts, liegt bei den meisten Formeln nicht vor. Allerdings reduziert der relative Fehler bei allen Formeln die Qualität der Gewichtsschätzung. Lediglich 70 bis 80 % der im klinischen Alltag durchgeführten Gewichtsschätzungen zeigen eine Abweichung von maximal 10 % des tatsächlichen Gewichts. Bei den übrigen liegt sie zum Teil deutlich darüber.

Bei **Feten im unteren Gewichtsbereich** liegt bei den herkömmlichen Formeln in der Regel ein systematischer Fehler, in Form eines signifikanten Überschätzens des Gewichts, vor. Selbst Formeln, die speziell für kleine Feten entwickelt wurden, zeigen in manchen Studien dieses Phänomen. Eine Abweichung von maximal 10 % des tatsächlichen Gewichts wird bestenfalls in 60 bis 70 % der Fälle erreicht.

Bei **makrosomen Feten** liegt bei Verwendung der üblichen Schätzformeln ein signifikantes Unterschätzen des tatsächlichen Gewichts vor. Auch hier fallen lediglich 60 bis 70 % der Schätzungen in den Toleranzbereich von 10 %. Bei den wenigen Gewichtsgleichungen, die speziell für Feten über 4000 g entwickelt wurden, besteht dagegen ein Problem der richtigen Anwendung im klinischen Alltag. Da man nicht immer sicher sein kann, dass der untersuchte Fetus auch tatsächlich ein Gewicht über 4000 g aufweist, kann es zur falschen Anwendung einer Formel für makrosome Kinder kommen, die dazu führt, das Gewicht in diesem Fall zu überschätzen.

Insgesamt muss man erwähnen, dass die derzeitigen Methoden zur fetalen Gewichtsschätzung nicht die gewünschte Zuverlässigkeit haben, um im klinischen Alltag als sicheres Kriterium berücksichtigt zu werden. Zur Bestimmung des geburtshilflichen Managements sollten daher immer noch weitere Parameter hinzugezogen werden.

Möglicherweise hat die fetale Gewichtsschätzung auf Basis der konventionellen Sonografie ihr Grenzen erreicht (Kehl et al. 2011). Daher werden neue, innovative Ansätze, wie zum Beispiel die 3D-Sonografie, gebraucht, um eine substanzielle Verbesserung der fetalen Gewichtsschätzung herbeizuführen. Auch erwarten manche Autoren eine Verbesserung der fetalen Gewichtsschätzung durch Individualisierung der verwendeten Formeln auf den Untersucher oder auf die zu untersuchende Population.

Formeln zur fetalen Gewichtsschätzung (eine Auswahl)

- Formeln für den gesamten Gewichtsbereich
  - Hadlock et al. 1984, 1985
  - Shepard et al. 1982
- Geschlechtsspezifische Formel
  - Schild et al. 2004
- Formeln für kleine Feten
  - Scott et al. 1996
  - Mielke et al. 1997
  - Schild et al. 2004
- Formeln für makrosome Feten
  - Sabbagha et al. 1989
  - Hart et al. 2010
- Formel für Feten mit Bauchwanddefekt
  - Siemer et al. 2008
- 3-dimensionale Formeln
  - Lee et al. 2001 und 2009

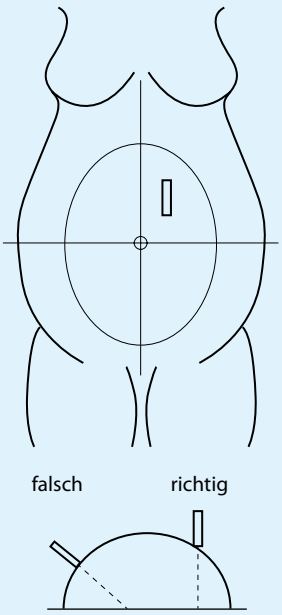


Abb. 2.6 Schematische Darstellung der korrekten Sondenpositionierung zur Bestimmung des Fruchtwasserindex

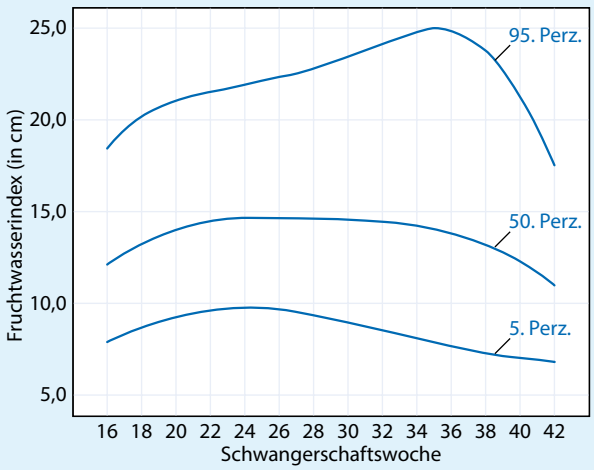


Abb. 2.7 Normbereich des Fruchtwasserindex nach Schwangerschaftsalter. Die Linien stellen den Median sowie die 5. und 95. Perzentile dar (Erstellt anhand von Daten aus Moore u. Cayle 1990)

2.5 Fruchtwassermenge

Als Fruchtwasser (FW) wird die Flüssigkeit bezeichnet, die den Embryo nach den ersten Schwangerschaftswochen umgibt. Die Bildung des FW verändert sich während der Schwangerschaft. In der Frühschwangerschaft gibt es zwei flüssigkeitsgefüllte Bereiche, die den Embryo umgeben. Einmal ist es der Amnionsack mit dem FW und zum anderen der Bereich zwischen dem Chorion und dem Amnion, der die Zölom-Flüssigkeit enthält. Diese verschwindet zwischen 12 und 15 Schwangerschaftswochen, da schließlich Chorion und Amnion miteinander verschmelzen.

Während der **Frühschwangerschaft** geht man davon aus, dass sich das FW aus drei Quellen bildet, der fetalen Plazentaoberfläche, durch das Amnion hindurch aus dem maternalen Kompartiment und der Sekretion der Oberfläche des Embryos. **Ab dem II. Trimenon** werden diese Quellen zum einen durch den Urin des Fetus und zum anderen durch die Sekretion der fetalen Lunge ersetzt. Zudem beginnt der Fetus das Fruchtwasser zu schlucken und führt es seinem eigenen Kreislauf wieder zu. Zu einem geringen Teil erfolgt die Clearance des FW auch über einen intramembranösen Weg zwischen FW und Fetalblut an kleinen Gefäßen der Plazenta.

Bei jeder Ultraschalluntersuchung sollte die Fruchtwassermenge entweder qualitativ oder quantitativ bestimmt werden.

Zu viel oder zu wenig Fruchtwasser kann ein Hinweis sowohl auf Komplikationen in der Schwangerschaft als auch auf Fehlbildungen beim Fetus sein.

Die normale Fruchtwassermenge stellt einen relativ breiten Bereich dar und ist zudem abhängig vom Gestationsalter.

2.5.1 Beurteilung der Fruchtwassermenge

Ultraschall ist der einzige praktikable Weg, um die Menge des FW zu beurteilen. Es gibt im Wesentlichen die vier im folgenden Text beschriebenen Möglichkeiten:

- Fruchtwasserindex
- Tiefstes Fruchtwasserdepot
- Zwei-Durchmesser-Fruchtwasserdepot
- Subjektive Beurteilung der Fruchtwassermenge

Fruchtwasserindex

Zu den gängigsten Verfahren zählt der Fruchtwasserindex. Bei dieser Methode wird der Uterus in vier Quadranten aufgeteilt. Dabei verwendet man die Linea nigra als Grenze zwischen rechts und links und den Bauchnabel als Markierung zwischen den oberen und unteren Quadranten.

In jedem Quadranten wird das jeweils größte Fruchtwasserdepot gemessen. Dabei ist es wichtig, dass die Ultraschallsonde in einer sagittalen Ausrichtung genau vertikal gehalten wird (Abb. 2.6). Die Messung erfolgt dann an der längsten vertikalen Stelle in Zentimetern. Hierbei ist darauf zu achten, dass sich weder fetale Anteile noch Nabelschnur auf der Messstrecke befinden.

Diese Messung wird in allen vier Quadranten durchgeführt und deren Summe stellt den Fruchtwasserindex dar. Der Bereich für einen normalen Fruchtwasserindex ist in Abb. 2.7 dargestellt (Moore u. Cayle 1990).

Tiefstes Fruchtwasserdepot

Hier wird das Fruchtwasserdepot mit dem größten vertikalen Ausmaß gemessen. Es ist darauf zu achten, dass sich dabei weder Nabelschnur noch fetale Extremitäten auf der Messstrecke befinden (Abb. 2.8). Das horizontale Ausmaß dieser streng vertikalen Messung sollte mindestens 1 cm breit sein.

Abb. 2.8 Zur Bestimmung des Fruchtwasserdepots wird die längste vertikale Strecke gemessen. Auf dieser Geraden dürfen sich keine fetalen und auch keine Nabelschnuranteile befinden

Eine Länge von 2,1 bis 8,0 cm gilt als **Normalwert.** Bis 2,0 cm wird als Oligohydramnion interpretiert und über 8,0 cm gilt als Polyhydramnion.

Zwei-Durchmesser-Fruchtwasserdepot

Auch hier wird das größte Fruchtwasserdepot im Ultraschall aufgesucht. Dabei ist darauf zu achten, dass der Schallkopf vertikal gehalten wird. Das Depot wird einmal in seinem längsten vertikalen Ausmaß gemessen und mit dem breitesten horizontalen Durchmesser multipliziert. Weder Nabelschnur noch fetale Anteile dürfen sich auf den Messstrecken befinden.

Ein Ergebnis zwischen 15,1 und 50,0 cm^2 gilt als **Normalwert**. Werte darunter gelten als Oligohydramnion und darüber als Polyhydramnion.

Subjektive Beurteilung der Fruchtwassermenge

Hierunter versteht man die visuelle Interpretation der Fruchtwassermenge. Der Untersucher betrachtet den gesamten uterinen Inhalt mittels Ultraschall und befundet ihn als normal, Oligo- oder Polyhydramnion.

In einer Studie von Magann et al. wurde die subjektive Beurteilung des Fruchtwassers mit den Methoden des Fruchtwasserindex, des tiefsten Fruchtwasserdepots und des Zwei-Durchmesser-Fruchtwasserdepots verglichen (Magann et al. 1997). Dabei konnte gezeigt werden, dass die einfache Beurteilung durch einen erfahrenen Diagnostiker eine ähnliche Sensitivität hat wie die Verwendung der anderen Verfahren. Dennoch muss man erwähnen, dass alle Methoden normale Fruchtwasservolumina zuverlässig erkennen können, aber die Detektionsrate von zu wenig oder zu viel Fruchtwasser bleibt gering, wie Untersuchungen mit Fruchtwasserfärbung zeigen konnten.

Auswahl der Methode

Die **beste Methode in der klinischen Anwendung** ist die, die am zuverlässigsten die Fruchtwassermenge bestimmt, welche mit einem schlechten Ausgang des Fetus assoziiert ist. In einer Übersichtsarbeit von Nabhan et al., in der alle randomisierten Studien über den Vergleich zwischen Fruchtwasserindex und tiefstem Fruchtwasserdepot berücksichtigt wurden, konnte gezeigt werden, dass der **Fruchtwasserindex** signifikant mehr vermeintliche Fälle mit Oligohydramnion identifizierte (Nabhan et al. 2009). Zwar führte dies zu signifikant häufigeren Interventionen wie Geburtseinleitung und Kaiserschnitt. Der fetale Ausgang konnte hierdurch allerdings nicht verbessert werden.

In der klinischen Praxis kann die Bestimmung der Fruchtwassermenge nur Konsequenzen im Zusammenhang mit anderen Untersuchungen wie CTG oder Dopplersonografie haben, um eine sinnvolles geburtshilfliches Management vorzunehmen.

2.5.2 Bestimmung der Fruchtwassermenge bei Zwillingen

Auch bei Mehrlingsschwangerschaften ist die Bestimmung der Fruchtwassermenge limitiert. Gängigstes Vorgehen ist die Bestimmung des tiefsten Fruchtwasserdepots in jeder Fruchthöhle. Dabei gilt das gleiche Vorgehen und Interpretation wie bei obigen Einlingsschwangerschaften beschrieben.

2.5.3 Oligohydramnion

Als Oligohydramnion bezeichnet man eine Fruchtwassermenge die geringer ist als die zu erwartende entsprechend der bestehenden Schwangerschaftswoche.

Zu wenig Fruchtwasser, vor allem wenn sehr ausgeprägt, kann zu fetalen Deformitäten, Nabelschnurkompression und fetalem Tod führen. Ein Oligohydramnion ist ein unspezifisches

Symptom und Ursachen sind mannigfaltig. In Fällen mit milder bis moderater Reduktion des Fruchtwassers existiert meist keine bestimmte Ursache.

Ein Oligohydramnion **vor der 10. Schwangerschaftswoche** ist selten, da die Flüssigkeit im Gestationssack vor allem von der Oberfläche der Plazenta, aus dem transamnialen Fluss aus dem maternalen Kompartiment und von der Körperoberfläche des Embryo stammt.

Ab dem II. Trimenon gelangt fetaler Urin in die Fruchthöhle, und der Fetus beginnt Fruchtwasser zu schlucken. Ab diesem Zeitpunkt spielen Fehlbildungen und Erkrankungen des Urogenitalsystems eine dominierende Rolle als Ursache für ein Oligohydramnion. Weitere Ursachen können maternaler und plazentarer Herkunft sein sowie das Auftreten eines Blasensprungs.

Ein Oligohydramnion, das erstmals **im III. Trimenon** diagnostiziert wird, ist häufig durch einen Blasensprung oder eine Plazentainsuffizienz hervorgerufen. Letzteres geht häufig mit einer fetalen Wachstumsrestriktion einher. Üblicherweise nimmt die Fruchtwassermenge auch bei Terminüberschreitung und Übertragung ab.

Es gibt bisher keine Behandlung des Symptoms Oligohydramnion, die zu einem besseren Langzeitergebnis beim Kind geführt hat. Eine Amnionauffüllung bleibt nur temporär bestehen und dient allenfalls zur Verbesserung der Bedingungen zur sonografischen Beurteilung des Fetus.

2.5.4 Anhydramnion

Lässt sich gar kein Fruchtwasser im Ultraschall darstellen, dann liegt ein Anhydramnion vor. Ursache hierfür ist meist ein vorzeitiger Blasensprung oder schwere Anomalien der harnbildenden Organe.

2.5.5 Polyhydramnion

Ein Polyhydramnion beschreibt eine übernormale Menge an Fruchtwasser.

Es wird sonografisch diagnostiziert und geht mit einem erhöhten Risiko für den Fetus einher. Häufigste Ursachen sind Fehlbildungen, Aneuploidien, ein Diabetes mellitus bei der Mutter und fetale Anämie.

Bei den Fehlbildungen sind vor allem gastrointestinale Obstruktionen durch Duodenal-, Ösophagus- oder Darmatresien für ein Polyhydramnion verantwortlich. Außerdem können neuromuskuläre Anomalien oder Störungen, wie zum Beispiel beim Anenzephalus, zu Schluckstörungen führen und damit ein Polyhydramnion hervorrufen.

Vermehrtes Fruchtwasser kann ebenfalls durch eine erhöhte kardiale Auswurfleistung, wie bei fetaler Anämie oder feto-fetalem Transfusionssyndrom, auftreten. Auch ein idiopathisches Polyhydramnion geht mit einem erhöhten Risiko für ein schlechtes fetales Outcome einher.

Eine Amniondrainage bei massiver Fruchtwassermenge kann das maternale Wohlbefinden verbessern und möglicherweise die Schwangerschaft prolongieren. Allerdings gibt es hierfür bisher keine randomisierten Studien, die dies belegen.

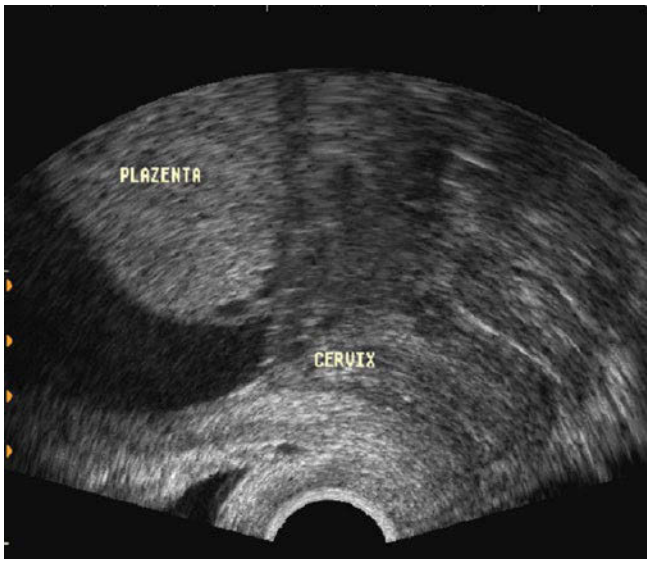


Abb. 2.9 Bei der Placenta praevia partialis ist ein Teil des inneren Muttermundes von der Plazenta bedeckt (transvaginale Sonografie, Sagittalschnitt)

2.6 Plazentasitz

Ab ca. 7 Schwangerschaftswochen (SSW) kann man die Plazenta sonografisch erkennen. Bis 20 Schwangerschaftswochen erscheint sie im Ultraschallbild als homogene Struktur mit konstanter Dicke. Danach treten zunehmend sono-morphologische Veränderungen auf. Zum einen können echoleere Lakunen erkennbar sein. Zum anderen treten echoreiche Areale auf, die auf eine Verkalkung hinweisen. Diese Veränderungen sind zwar sonografisch erkennbar, haben aber bisher in keiner Studie eindeutig zeigen können, dass hierdurch das maternale oder fetale Ergebnis beeinträchtigt wird.

Der **normale Plazentasitz** befindet sich im mittleren oder oberen Uterinsegment und entspricht der Implantationsstelle. Dabei ist die Plazenta häufig im Fundus, an der Vorderwand oder an der Hinterwand lokalisiert. Seltener ist eine Seitenwandplazenta.

2.6.1 Tiefsitzende Plazenta und Placenta praevia

Eine abnorme Plazentalokalisation liegt vor, wenn sich die **Plazenta im unteren Uterinsegment** befindet. Die Inzidenz ist abhängig vom Gestationsalter, da mit zunehmendem Schwangerschaftsalter der Uterus wächst und den Mutterkuchen nach oben „zieht". Außerdem verändert sich die Plazentalokalisation dadurch, dass es zur Atrophie an suboptimalen Stellen und zur Hypertrophie an günstigeren Stellen im Uterus kommt.

Der Begriff „**tiefsitzende Plazenta**" ist nicht einheitlich definiert und wird meist erst ab 20 SSW verwendet. Zum einen kann damit eine vorhandene Placenta praevia im 2. Trimenon gemeint sein. Zum anderen kann dieser eine Plazenta beschreiben, die

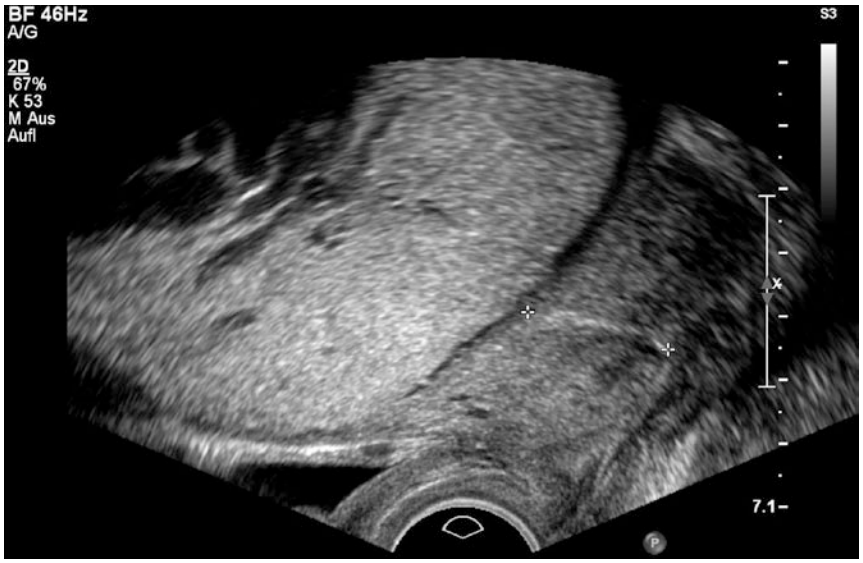


Abb. 2.10 Bei der Placenta praevia totalis ist der innere Muttermund vollständig vom Mutterkuchen bedeckt (transvaginale Sonografie, Sagittalschnitt; die beiden *Kreuze* befinden sich am inneren und äußeren Ende der Zervix)

sich im unteren Uterinsegment befindet ohne genaue Angabe zum inneren Muttermund oder deren Rand sich sonografisch zwischen 2 und 5 cm vom inneren Muttermund entfernt liegt.

Bei der Placenta praevia befindet sie der Mutterkuchen an der Zervix. Am Ende der Schwangerschaft liegt die Inzidenz hierfür bei ungefähr 0,5 %. Abhängig davon wie viel die Plazenta die Zervix überdeckt, gibt es verschiedene Einteilungen.

Placenta praevia marginalis und partialis

Bedeckt der Mutterkuchen einen Teil der Zervix, ohne den inneren Muttermund zu erreichen, wird dies als Placenta praevia marginalis bezeichnet. Wird auch ein Teil des inneren Muttermundes durch die Plazenta überlagert, gilt dies als eine Placenta praevia partialis (Abb. 2.9). Sonografisch sind diese beiden Formen kaum zu unterscheiden.

Placenta praevia totalis

Bei der Placenta praevia totalis ist der innere Muttermund vollständig von der Plazenta bedeckt (Abb. 2.10).

Da Parität, frühere Kaiserschnitte und vorausgegangene Cürettagen das Risiko für eine Placenta praevia erhöhen, ist ein endometrialer Defekt möglicherweise der ätiologische Faktor. Außerdem gelten höheres maternales Alter, Multiparität, Rauchen und Drogenkonsum als weitere Risikofaktoren. Mehrlingsschwangerschaften haben ebenfalls eine erhöhte Inzidenz für eine Placenta praevia, da eine größere endometriale Fläche für die Ausbildung der Plazenten benötigt wird.

Eine der ersten und nach wie vor wichtigsten Indikationen für eine Ultraschalluntersuchung in der Schwangerschaft ist die Bestimmung der Plazentalokalisation. Üblicherweise geschieht dies durch die Abdominalsonografie. Bei Verdacht auf eine Lokalisation im unteren Uterinsegment sollte eine Vaginalsonografie zur genaueren Beurteilung durchgeführt werden. Alternativ bietet eine translabiale Sonografie ebenfalls gute Bilder von Zervix und Plazenta. Dabei sollte die sagittale Ebene des Muttermundes dargestellt werden.

Bei vaginalen Blutungen sollte immer an eine Placenta praevia gedacht werden. Auch bei asymptomatischen Fällen ist die Durchführung einer Sectio caesarea zu empfehlen. Lediglich bei einem Abstand von mindestens 20 mm zum inneren Muttermund scheint eine vaginale Entbindung erfolgsversprechend.

Eine vaginale Blutung kann ein klinischer Hinweis auf eine Placenta praevia sein!

2.6.2 Placenta succenturiata (Nebenplazenta)

Bei der Palcenta succenturiata, umgangssprachlich **Nebenplazenta**, handelt es sich um meist einen (gelegentlich auch mehrere) akzessorischen Plazentalappen. Sie tritt in 3 bis 6 % aller Schwangerschaften auf. Während der Schwangerschaft ist eine Nebenplazenta meist unproblematisch. Nach der Geburt kann es zu Hämorrhagien und Infektionen kommen, wenn sie übersehen wird und im Uterus verbleibt.

Eine Placenta succenturiata kann während der Schwangerschaft mittels Ultraschall zuverlässig diagnostiziert werden. Zur Bestätigung sollte zum einen der Nabelschnuransatz an der Hauptplazenta sonografisch dokumentiert werden. Zum anderen sollten die kommunizierenden Gefäße zwischen Haupt- und Nebenplazenta im Ultraschall identifiziert werden. Bei beiden Darstellungen kann die Verwendung des Farbdopplers hilfreich sein.

2.6.3 Insertio velamentosa

Unter einer Insertio velamentosa versteht man die anatomische Besonderheit, dass die Gefäße der Nabelschnur zuerst in die Eihäute inserieren. Dort verlaufen sie über eine meist kurze Strecke an den Eihäuten, ohne durch Wharton'sche Sulze geschützt zu sein, bis sie die Plazenta erreichen. Sie tritt in bis zu 1 % aller Einlingsschwangerschaften auf. Bei monochorialen Zwillingsschwangerschaften liegt die Inzidenz bei fast 15 %. Die Diagnose kann sonografisch während der Schwangerschaft erfolgen. Allerdings werden nach wie vor die meisten Fälle erst postpartal durch die Inspektion des Mutterkuchens erkannt. Im Ultraschall unter

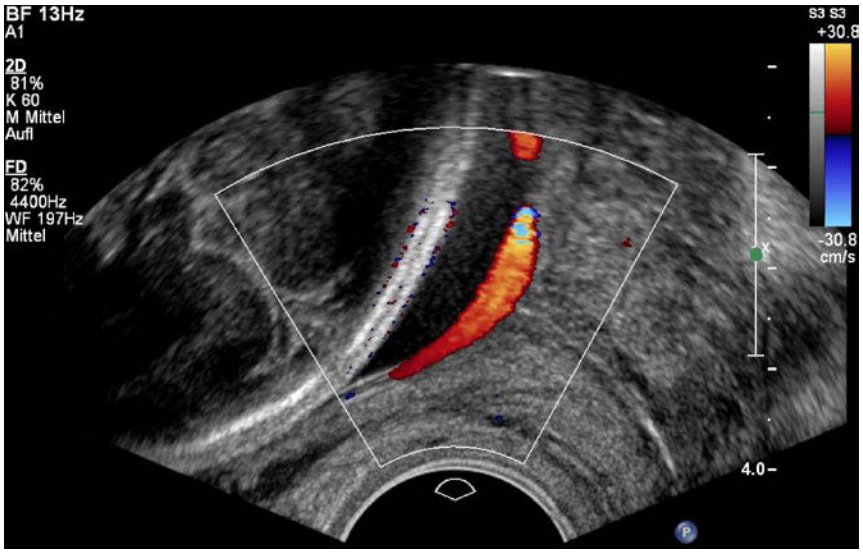


Abb. 2.11 Bei einer Vasa praevia liegen fetale Gefäße vor dem inneren Muttermund (transvaginale Sonografie, Sagittalschnitt)

Verwendung des Farbdopplers zeigt sich eine „Insertion" der freien Nabelschnur an der Gebärmutterwand. Des Weiteren kann man den Verlauf der Gefäße bis zum Plazentarand verfolgen.

2.6.4 Vasa praevia

Bei einer Vasa praevia verlaufen fetale Gefäße in der Eihaut im Bereich des inneren Muttermundes. Ursache kann eine Insertio velamentosa oder eine Nebenplazenta sein. Die Häufigkeit bei Einlingsschwangerschaften liegt bei circa 1 von 2500 Geburten. Unter der Geburt kann es durch das Öffnen des Muttermundes zur Ruptur und massiven fetalen Blutungen kommen. Dadurch, dass die Gefäße nicht durch die Wharton'sche Sulze geschützt sind, kann es zudem zur Kompression dieser Gefäße durch den vorangehenden Teil (meist Kopf) des Fetus kommen. Optimalerweise wird eine Vasa praevia mittels transvaginalen Ultraschalls diagnostiziert. Unter Verwendung des Farbdopplers ist es möglich, die fetalen Gefäße unmittelbar am inneren Muttermund darzustellen (Abb. 2.11).

Differenzialdiagnostisch gilt es, eine Nabelschnurvorlage und maternale Gefäße auszuschließen.

Aufgrund der hohen fetalen Morbidität und Mortalität vor allem sub partu sollte bei der Diagnose Vasa praevia eine elektive Sektio durchgeführt werden. Manche Autoren empfehlen zudem eine stationäre Aufnahme ab 30 Schwangerschaftswochen.

Bei einer Vasa praevia kommt es bei Blasensprung oder Amniotomie vor oder während einer vaginalen Geburt zu starken fetalen Blutungen!

Literatur

Donald I, Brown TG (1961) Demonstration of tissue interfaces within the body by ultrasonic echo sounding. Br J Radiol 34:539–46

Hadlock FP, Harrist RB, Carpenter RJ, Deter RL, Park SK (1984) Sonographic estimation of fetal weight. The value of femur length in addition to head and abdomen measurements. Radiology 150:535–540

Hadlock FP, Harrist RB, Sharman RS, Deter RL, Park SK (1985) Estimation of fetal weight with the use of head, body, and femur measurements – a prospective study. Am J Obstet Gynecol 151:333–337

Hansmann M, Schumacher H, Voigt U (1978) Mehrparametrische nicht lineare Gewichtsschätzung mittels Ultraschall unter Berücksichtigung des Gestationsalters. In: Kratochwil A, Reinold E (Hrsg) Ultraschalldiagnostik. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, S. 69–71

Hart NC, Hilbert A, Meurer B, Schrauder M, Schmid M, Siemer J, Voigt M, Schild RL (2010) Macrosomia: a new formula for optimized fetal weight estimation. Ultrasound Obstet Gynecol 35:42–47

Kehl S, Schmidt U, Spaich S, Schild RL, Sütterlin M, Siemer J (2011) What are the limits of accuracy in fetal weight estimation with conventional biometry in 2D ultrasound? A novel postpartum study. Ultrasound Obstet Gynecol 39:543–548

Lee W, Balasubramaniam M, Deter RL, Yeo L, Hassan SS, Gotsch F, Kusanovic JP, Gonçalves LF, Romero R (2009) New fetal weight estimation models using fractional limb volume. Ultrasound Obstet Gynecol 34:556–565

Lee W, Deter RL, Ebersole JD, Huang R, Blanckaert K, Romero R (2001) Birth weight prediction by three-dimensional ultrasonography: fractional limb volume. J Ultrasound Med 20:1283–1292

Magann EF, Perry Jr KG, Chauhan SP, Anfanger PJ, Whitworth NS, Morrison JC (1997) The accuracy of ultrasound evaluation of amniotic fluid volume in singleton pregnancies: the effect of operator experience and ultrasound interpretative technique. J Clin Ultrasound 25:249–253

Merz E, Lieser H, Schicketanz KH, Härle J (1988) Intrauterine fetal weight assessment using ultrasound, A comparison of several weight assessment methods and development of a new formula for the determination of fetal weight. Ultraschall in Med 9:15–24

Mielke G, Pietsch-Breitfeld B, Salinas R, Risse T, Marzusch K (1995) A new formula for prenatal ultrasonographic weight estimation in extremely preterm fetuses. Gynecol Obstet Invest 40:84–88

Moore TR, Cayle JE (1990) The amniotic fluid index in normal human pregnancy. Am J Obstet Gynecol 162:1168–1173

Nabhan AF, Abdelmoula YA (2009) Amniotic fluid index versus single deepest vertical pocket: a meta–analysis of randomized controlled trials. Int J Gynaecol Obstet 104:184–188

Neilson JP (2000) Ultrasound for fetal assessment in early pregnancy. Cochrane Database Syst Rev 2:

Parker AJ, Davies P, Mayho AM, Newton JR (1984) The ultrasound estimation of sex–related variations of intrauterine growth. Am J Obstet Gynecol 149:665–669

Sabbagha RE, Minogue J, Tamura RK, Hungerford SA (1989) Estimation of birth weight by use of ultrasonographic formulas targeted to large-, appropriate-, and small-for-gestational-age fetuses. Am J Obstet Gynecol 160:854–860 (discussion 860–2)

Schild RL, Fell K, Fimmers R, Gembruch U, Hansmann M (2004) A new formula for calculating weight in the fetus of < or = 1600 g. Ultrasound Obstet Gynecol 24:775–780

Schild RL, Sachs C, Fimmers R, Gembruch U, Hansmann M (2004) Sex–specific fetal weight prediction by ultrasound. Ultrasound Obstet Gynecol 23:30–35

Scott F, Beeby P, Abbott J, Edelman D, Boogert A (1996) New formula for estimating fetal weight below 1000 g: comparison with existing formulas. J Ultrasound Med 15:669–672

Shepard MJ, Richards VA, Berkowitz RL, Warsof SL, Hobbins JC (1982) An evaluation of two equations for predicting fetal weight by ultrasound. Am J Obstet Gynecol 142:47–54

Siemer J, Hilbert A, Hart N, Hoopmann M, Schneider U, Girschick G, Müller A, Schild RL (2008) Specific weight formula for fetuses with abdominal wall defects. Ultrasound Obstet Gynecol 31:397–400

Sladkevicius P, Saltvedt S, Almström H, Kublickas M, Grunewald C, Valentin L (2005) Ultrasound dating at 12–14 weeks of gestation, A prospective cross–validation of established dating formulae in in-vitro fertilized pregnancies. Ultrasound Obstet Gynecol 26:504–511

Thompson HE, Holmes JH, Gottesfeld KR, Taylor ES (1965) Fetal Development as Determined by Ultrasonic Pulse Echo Techniques. Am J Obstet Gynecol 92:44–52

Warsof SL, Gohari P, Berkowitz RL, Hobbins JC (1977) The estimation of fetal weight by computer–assisted analysis. Am J Obstet Gynecol 128:881–892

Willocks J, Donald I, Duggan TC, Day N (1964) Foetal Cephalometry by Ultrasound. J Obstet Gynaecol Br Commonw 71:11–20

Wu FS, Hwu YM, Lee RK, Li SH, Sun FJ, Lin MH, Lin SY (2012) First trimester ultrasound estimation of gestational age in pregnancies conceived after in vitro fertilization. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol 160:151–155

Embryologie und Frühschwangerschaft

H.-G. K. Blaas, G. Hasenöhrl, A. Staudach

3.1 Einführung – 28
3.1.1 Altersangabe – 28
3.1.2 Bilddiagnostik – 28
3.1.3 Technische Untersuchungsgrundlagen – 28
3.1.4 2-, 3- und 4-dimensionale Embryologie und Sonoembryologie – 29

3.2 Untersuchung und Messung embryonaler Strukturen – 30
3.2.1 Embryonale Entwicklung – 30
3.2.2 Nachweis und Messungen extraembryonaler Strukturen – 31
3.2.3 Nachweis und Biometrie des Embryos – 33

3.3 Sonoembryologie von Woche zu Woche – 38
3.3.1 4 Wochen, 0 bis 6 Tage – 38
3.3.2 5 Wochen, 0 bis 6 Tage – 38
3.3.3 6 Wochen, 0 bis 6 Tage – 39
3.3.4 7 Wochen, 0 bis 6 Tage – 39
3.3.5 8 Wochen, 0 bis 6 Tage – 40
3.3.6 9 Wochen, 0 bis 6 Tage – 42
3.3.7 10 Wochen, 0 bis 6 Tage – 42
3.3.8 11 Wochen, 0 bis 6 Tage – 45
3.3.9 12 Wochen, 0 Tage, bis 13 Wochen, 6 Tage – 46

3.4 3D-Sonoembryologie – 47

3.5 Gestörte Entwicklung im I. Trimenon – 47
3.5.1 Allgemeine Aspekte der gestörten Frühschwangerschaft – 47
3.5.2 Abortus imminens, incipiens, incompletus und Missed abortion – 48
3.5.3 Blasenmole – 51
3.5.4 Ektope Schwangerschaft – 51
3.5.5 Schwangerschaft bei Uterusanomalien – 56
3.5.6 Schwangerschaft und Uterus myomatosus – 57
3.5.7 Adnextumoren in der Schwangerschaft – 57
3.5.8 Schwangerschaft und IUD – 58

Literatur – 58

U. Gembruch, K. Hecher, H. Steiner (Hrsg.), *Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie,*
DOI 10.1007/978-3-642-29633-8_3, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

3.1 Einführung

Ungefähr 12–15 % aller klinisch erkennbaren Schwangerschaften enden mit einem Spontanabort (Regan u. Rai 2000).

Die häufigste Ursache für die Zuweisung von Frühschwangerschaften in den klinischen Bereich ist eine vaginale Blutung. Aber es gibt auch viele andere Gründe, wie Bauchschmerzen, belastete geburtshilfliche Anamnese, wiederholte Aborte, mögliche Exponierung durch teratogene Stoffe, unsicheres Schwangerschaftsalter, Nachuntersuchungen nach assistierter Befruchtung und nicht zuletzt auch abstrakte Angst einer werdenden Mutter, die zu einer Ultraschalluntersuchung Anlass geben.

Die Zielsetzung einer Ultraschalldiagnostik bei all diesen Indikationen ist es, primär festzustellen,

- ob die Schwangerschaft intrauterin liegt,
- ob ein Embryo nachweisbar ist,
- ob der Embryo bzw. Fetus lebt (Herzaktion),
- wie groß er ist (und damit wie alt die Schwangerschaft ist),
- ob es sich um Mehrlinge handelt und wenn ja, welcher Typ von Chorionizität und Amnionizität vorliegt.

3.1.1 Altersangabe

Vor der Ultraschallära waren Informationen über das Entwicklungsstadium des frühen Konzeptus ungenau. Es wurden Altersangaben wie „Monate" und „Trimenon" angewandt. Man bezeichnet immer noch das erste Schwangerschaftsdrittel als „**I. Trimenon**", wie von dem Kinderarzt Ernst Moro (1874–1951) in den medizinischen Sprachgebrauch eingeführt. Ein Trimenon entspricht etwa einer Periode von drei Monaten (griechisch tri = drei, menos = Monat), und wurde verwendet, um eine normale Schwangerschaft in drei gleich lange Perioden zu unterteilen. Da 40 Wochen in etwa 9 Kalendermonaten plus einer Woche entsprechen, sollte das I. Trimenon nach 13 Wochen und 2 Tagen enden.

Diese Unterteilungen sind praktisch kaum anwendbar, besonders da die Grenzen zwischen den drei Trimenons keine spezifischen Entwicklungsstadien kennzeichnen (O'Rahilly u. Müller 1994).

Embryologen benutzen das **Carnegie-Staging-System**, um die embryonale Entwicklung in 23 Stadien einzuteilen. Angefangen mit der Befruchtung als Stadium 1 bis zur fetalen Periode (Stadium 23), die mit dem Entstehen des Knochenmarks im Humerus beginnt, welches etwa nach 56 bis 57 postovulatorischen Tagen erfolgt (Streeter 1949). Das Carnegie-Stadien-System beruht auf externen und internen morphologischen Charakteristika, die mit dem Lichtmikroskop beschrieben wurden (O'Rahilly u. Müller 1987). Diese Stadien beziehen sich also auf mikroskopische morphologische Merkmale und sind daher nicht vom wirklichen chronologischen Alter oder der Größe des Embryos abhängig (O'Rahilly u. Müller 1987).

Man kann nicht von der Messung der Scheitel-Steiß-Länge (SSL) oder der sonografisch-morphologischen Beurteilung eines Embryos auf das Entwicklungsstadium schließen (O'Rahilly u. Müller 2006, O'Rahilly u. Müller 2010).

Bis heute gibt es keine zufriedenstellende Einteilung der weiteren fetalen Entwicklung bis hin zur Geburt.

Während Embryologen das **Ende der embryonalen Periode** mit der Entstehung des Knochenmarks im Humerus definieren, die sonografisch nicht darstellbar ist, gibt es für den klinischen Bereich ein gut erkennbares, morphologisches Substrat, das die Grenze zwischen embryonaler und fetaler Entwicklung darstellt. Es ist der im Ultraschall gut erkennbare **Prozess der physiologischen Darmherniierung**, sichtbar am Ende der Schwangerschaftswoche 11 bezogen auf den ersten Tag der letzten Menstruation (Blaas 1999a). Das heißt, man nimmt die physiologische Herniierung als sonografisch diagnostizierbares Kriterium für die Differenzierung zwischen der embryonalen und fetalen Periode.

In diesem Kapitel beschreiben wir die embryologische und sonoembryologische Entwicklung des Menschen. Alle Altersangaben basieren dabei, wie es auch sonst in der Geburtshilfe üblich ist, auf dem **Menstruationsalter**, also bezogen auf den 1. Tag der letzten Regelblutung. Vorausgesetzt wird dabei ein regelmäßiger Zyklus von 28 Tagen mit einem Eisprung 14 Tage vor der zu erwartenden nächsten Blutung. Das **Schwangerschaftsalter** wird in vollendeten Wochen und Tagen angeben, da wegen der raschen Embryonalentwicklung Missverständnisse über nur 1 Woche Altersunterschied große Abweichungen beinhalten und klinisch als signifikante Fehlerquelle zu bewerten sind. In den folgenden Kapiteln werden also alle Altersangaben, einschließlich der Beschreibungen der Embryonalentwicklung, in vollendeten Wochen + vollendeten Tagen, ausgehend vom 1. Tag der letzten Regelblutung, angegeben (p.m.).

Zur Erläuterung der Nomenklatur des Schwangerschaftsalters in vollendeten Tagen und Wochen dient ◘ Abb. 3.1.

3.1.2 Bilddiagnostik

Orientierung

Es empfiehlt sich, bei Orientierungsangaben die Nomenklatur der deskriptiven Anatomie beizubehalten. Dabei ist „kranial" bzw. „kaudal" die Richtung zum Kopf bzw. zum unteren Körperende hin gemeint, mit „ventral" bzw. „dorsal" die Vorderseite- bzw. Rückseite des Körpers.

Bei der Bilddarstellung am Bildschirm aber auch bei der Fotodokumentation, sollte – vom Untersucher oder Betrachter aus gesehen – der kaudale Anteil der Darstellung bei Längsschnitten immer rechts zur Ansicht gebracht werden. Bei Horizontalschnitten entspricht die linke Mutterseite dem rechten Bildrand (◘ Abb. 3.2).

Auf die sonst in der Geburtshilfe übliche Bezeichnung der **fetalen Lage** – Haltung und Stellung – wird in diesem Abschnitt nicht Rücksicht genommen, da die Veränderungen kurzfristig erfolgen und zu diesem Zeitpunkt keinerlei Aussagekraft besitzen.

3.1.3 Technische Untersuchungsgrundlagen

Im I. Trimenon stehen sowohl der transvaginale als auch der transabdominale Zugangsweg zur Verfügung. Ein Pionier in der Entwicklung der **transvaginalen Sonografie** (TVS) war Takeu-

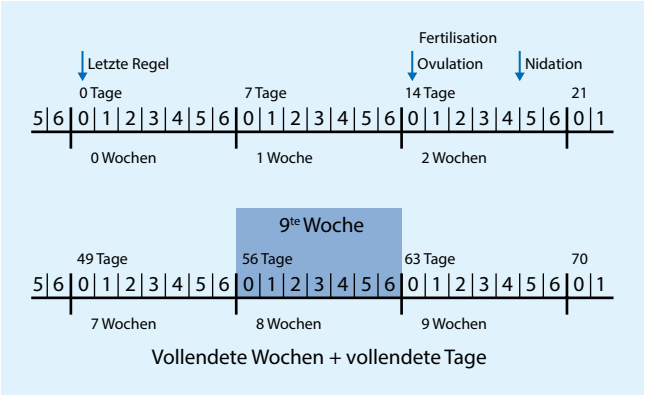


Abb. 3.1 Grafische Darstellung zur Berechnung des Schwangerschaftsalters. *Oben* die Zeit vom 1. Tag der letzten Regel bis nach der Befruchtung, *unten* als Beispiel die Woche 7, 8 und 9

chi, der schon 1964 dieses Verfahren auf einem Ultraschallkongress in Tokyo präsentierte (Takeuchi et al. 1964). Kratochwil beschrieb die TVS erstmals 1969 in Europa (Kratochwil 1969).

Die TVS ist seit Ende der 80iger Jahre das bevorzugte Verfahren, um eine Frühschwangerschaft zu untersuchen. Der Vorteil der TVS liegt vor allem in der Nutzbarkeit höherer Sendefrequenzen mit entsprechend höherem Auflösungsvermögen, da man den zu untersuchenden Strukturen wesentlich näher kommt, und gleichzeitig ungünstiger Untersuchungsbedingungen, wie z. B. adipösen Bauchdecken, umgeht. Üblicherweise kommen heute bei der transvaginalen Sonografie Ultraschallfrequenzen zwischen 5 und 10 MHz zum Einsatz. Moderne Transducer ermöglichen sogar noch höhere Frequenzen.

Hauptvorteil der **transabdominalen Sonografie** (TAS) ist die größere Übersichtlichkeit. Als weiterer Vorteil mag gelten, dass die transabdominale Sonografie weniger invasiv ist und damit bequemer für die Patientin. Des Weiteren kann durch eine TAS ein männlicher Untersucher die Frage umgehen, inwieweit ein männlicher Untersucher ohne Gegenwart von weiterem Personal vaginale Untersuchungen bei Patientinnen ausführen sollte.

Prinzipiell gilt, dass man bis etwa zu 11 Wochen die TVS bevorzugt, während man später, besonders im Zusammenhang mit dem Nackentransparenzscreening zuerst die TAS durchführt, um erst dann auf die TVS umzusteigen, wenn eine höhere Auflösung bei unsicheren Befunden erforderlich ist.

3.1.4 2-, 3- und 4-dimensionale Embryologie und Sonoembryologie

Wilhelm His Senior, vielleicht der eigentliche Vater der klassischen humanen Embryologie (His 1880-85), erkannte früh die Notwendigkeit, sich über die bloße (histologische) Schnittbetrachtung hin zu einer plastischen Synthese des zerlegten Gebildes weiter zu entwickeln (His 1987). Er formte solide Wachsrekonstruktionen von Embryonen nach Freihandzeichnungen von histologischen Schnitten. Im Verlaufe des letzten Jahrhunderts hat man viele verschiedene Materialien für solche Rekonstruk-

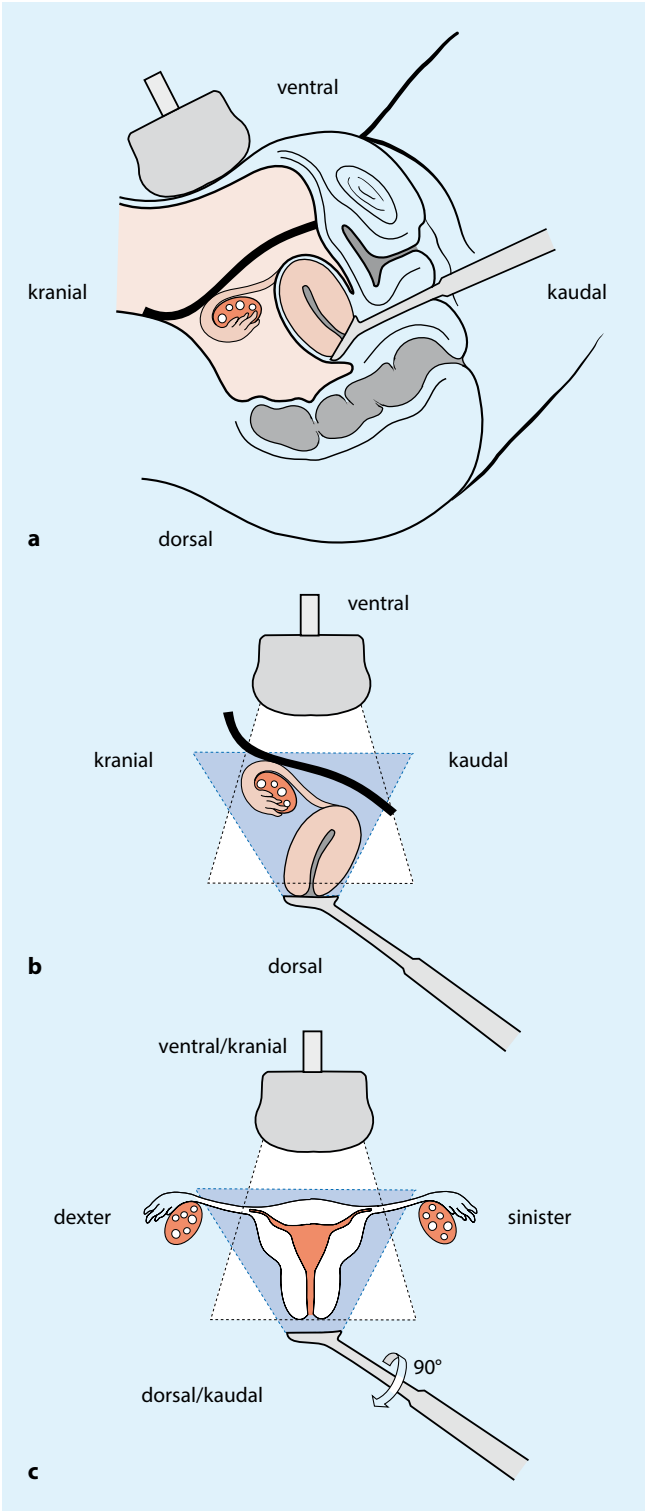


Abb. 3.2 **a** Transabdominale Sonografie (TAS) und transvaginal Sonografie (TVS) des weiblichen Beckens; sagittale Insonation. **b** Richtung der sagittalen Abbildungssektoren von TAS und TVS durch das weibliche Becken. Der kraniale Teil des Beckens zeigt nach links, während der kaudale Teil nach rechts zeigt. Man muss davon ausgehen, dass der Untersucher auf der rechten Seite des Patienten steht/sitzt und aus dieser Richtung auf das Becken blickt. **c** Durch eine Drehung um 90° wird das transversale Bild des Beckens gezeigt, wobei die linke Seite des Patienten auf der rechten Seite des Bildes erscheint (als ob der Untersucher von kaudal nach kranial schaut). (In Anlehnung an Blaas u. Carrera 2009)

tionen benutzt. Auch grafische Rekonstruktionen fanden oft in der Darstellung der embryonalen Entwicklung ihre Anwendung (Blechschmidt 1954, O'Rahilly u. Müller 2006).

Die Entwicklung der Computertechnologie hat es möglich gemacht, kleine embryonale Strukturen und Embryonen 3-dimensional darzustellen und zu untersuchen (el-Gammal 1987, Smith et al. 1987, Quintana u. Sharpe 2011). Die Auflösung solcher Bilder übertrifft bei Weitem die Möglichkeiten, die uns bisher die Ultraschalltechnologie bei der Abbildung von lebenden Embryonen geboten hat. Desgleichen ist mit der Einführung von hochfrequenten Transvaginaltransducern eine bis zu einem gewissen Grad detaillierte Darstellung der embryonalen Anatomie und damit Entwicklung ermöglicht worden (Timor-Tritsch et al. 1988).

Der **Vorteil der Ultraschalluntersuchung** liegt darin, dass man den lebenden Embryo abbildet, und somit die Entwicklung der Embryonen/Feten in mehreren Untersuchungen longitudinal verfolgen kann (Blaas et al. 1994, Blaas et al. 1995b, Blaas et al. 1995c, Blaas et al. 1998b). Hinzu kommen die Möglichkeiten, Lebensfunktionen wie die Herztätigkeit mit M-Mode oder Doppler nachzuweisen und zu untersuchen.

Den ersten Versuch, einen Fetus im III. Timenon 3-dimensional nach Ultraschallaufnahmen darzustellen, machten Brinkley und Mitarbeiter (Brinkley et al. 1982). Die immer besser werdende Auflösung im 2D-Bild führte nach und nach auch zur verbesserten 3D- und 4D-Darstellung beim transvaginalen Zugang. Am häufigsten werden Oberflächenrekonstruktionen angewandt, die auf verschiedene Art moduliert werden können.

Inzwischen gibt es zahlreiche 3D- und 4D-Applikationsformen, mit deren Hilfe man jetzt den Embryo und die embryonalen Organe rekonstruieren kann. Heute können wir lebende, humane Embryonen in großer Zahl detailliert und mit stetig verbesserter Auflösung und neuen Ultraschallalgorithmen untersuchen. Sogar die 4. Dimension der Bilddarstellung, nämlich die Bewegung, kann mit moderner Ultraschalltechnologie im 4D-Modus erfasst werden. Damit bringen wir neues Leben in die deskriptive Humanembryologie!

3.2 Untersuchung und Messung embryonaler Strukturen

3.2.1 Embryonale Entwicklung

Embryonen der verschiedenen Entwicklungsstadien zeigen jeweils einen hohen Grad von **Gleichförmigkeit** sowohl in Bezug auf das äußere Erscheinungsbild als auch auf ihre Größe.

Die **Entwicklungsdynamik eines Embryo**s ist dramatisch:

- Wachstum von einem Bruchteil eines Millimeters bis zu etwa 3 cm Länge,
- Änderung der Gestalt, ausgehend von einer Zelle, über eine Embryonalscheibe, weiter über den schlanken schmalen Embryo mit dem charakteristischen sagittalen dreieckigen Aussehen in der Woche 7 bis zum kleinen, offensichtlich menschlich aussehenden Embryo am Ende der embryonalen Periode und die gleichzeitige Entstehung von vielen Organsystemen.

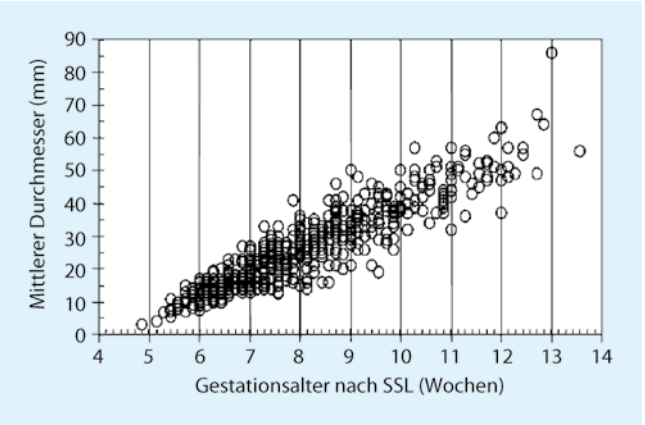


Abb. 3.3 Mittlerer Durchmesser des Gestationssacks (Chorionsack) in 495 unkomplizierten Frühschwangerschaften gemessen. Das Alter ist nach der SSL korrigiert. Die Werte zeigen schon früh eine große Streuung, sodass die Messung der Größe des Chorionsacks kein nützliches Kriterium für die Vorhersage einer normalen Entwicklung oder einer Fehlentwicklung ist

All dies geschieht in den ersten 8 Wochen nach der Befruchtung.

Nach 10 Wochen, ausgehend von der letzten Regelblutung, ist ein menschlicher Embryo immer noch kleiner als die Hälfte eines Daumens, besitzt aber schon mehrere Tausend Organstrukturen, wovon laut O'Rahilly und Müller praktisch jede einzelne Gegenstand von Entwicklungsabweichungen sein kann (O'Rahilly u. Müller 2006).

Die Embryonalperiode beginnt mit der Befruchtung (2 Wochen + 0 Tage p.m.). Trotz der kleinen Größe (ca. 0,1 mm) und des geringen Gewichtes (ca. 0,004 mg) des Organismus bei der Befruchtung ist der Embryo „schon ein individual-spezifischer Mensch" (Blechschmidt 1972, O'Rahilly u. Müller 1987).

Im Carnegie-Stadium 6b (etwa 4 Wochen + 0–1 Tage p.m.) erscheint in der Keimscheibe der Primitivstreifen, eine axiale Struktur, die die wichtige Phase der Gastrulation einleitet. Von nun an kann man von dorsal, ventral, kranial, kaudal und lateral sprechen.

In den Wochen 4 und 5 p.m. geschehen dramatische Veränderungen des Embryo. Aus der zweiblättrigen Keimscheibe entsteht ein zylindrischer gebeugter Körper, in dem die wichtigsten Organsysteme primitiv vorgeformt sind (ZNS, Herz- und Kreislauf, Gastrointestinaltrakt, Bindegewebe, Urniere).

Die **embryonale Organentwicklung** findet hauptsächlich zwischen 5 Wochen und 10 Wochen p.m. statt. In der Embryologie wird die Grenze zwischen Embryonal- und Fetalperiode mit ungefähr 8 Wochen + 1 Tag p.c., das heißt 10 Wochen + 1 Tag p.m. entsprechend, gezogen.

Als Kriterium für diese Grenze gilt das Erscheinen von Knochenmark im Humerus (Streeter 1949).

Die untere Grenze für die sonografische Darstellbarkeit einer Schwangerschaft liegt im Verlaufe der Woche 4 (► Abschn. 3.3).

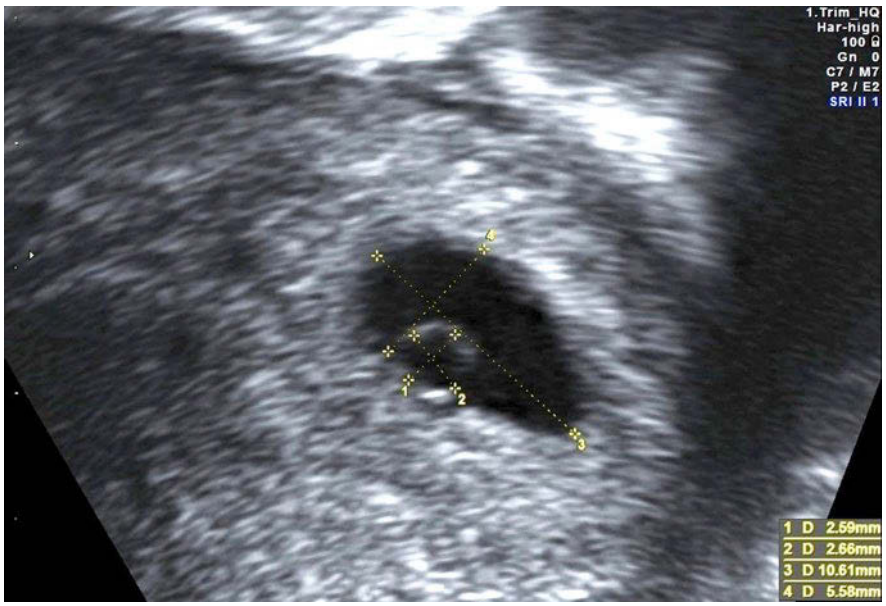


Abb. 3.4 Durchmesser des Dottersackes (*1* und *2*) und der Chorionkavität (*3* und *4*) in einer Schwangerschaft von 5 1/2 Wochen basiert auf dem ersten Tag der letzten Regelblutung

3.2.2 Nachweis und Messungen extraembryonaler Strukturen

Fruchtblase („gestational sac"), Chorionsack, Chorionkavität

Die blastozystische Kavität erscheint im Carnegie-Stadium 3 und entwickelt sich später zur Chorionkavität im Carnegie-Stadium 5a–c (O'Rahilly u. Müller 1987). Der durchschnittliche Durchmesser beträgt dann 0,15 mm bis 0,49 mm (Rock u. Hertig 1948).

Der früheste klinische Nachweis mithilfe des Ultraschalls ist etwa nach 4 ½ Schwangerschaftswochen möglich, der 2D-Diameter beträgt 2,6 mm (Oh et al. 2002).

Man erkennt dann einen kleinen echogenen Ring in der Dezidua, den Trophoblastring (s. u.). In der Chorionkavität liegen das Chorionzölom, der Dottersack und der Embryo. Die ersten sonografischen Messungen des Diameters der Chorionkavität („gestational sac") wurden von Hellmann und Jouppila (Hellmann et al. 1969, Jouppila 1971) durchgeführt.

Robinson versuchte 1975 ein neues Konzept: er führte **planimetrische Messungen** an Ultraschallbildern durch, die im Abstand von 1 mm von einem Ende bis zum anderen Ende der Chorionkavität durchgeführt wurden (Robinson 1975). Auf diese Weise konnte er das Volumen ziemlich genau berechnen, doch diese Methode war sehr zeitraubend und im klinischen Alltag nicht anwendbar. Spätere **2D-Studien** der Chorionkavität wendeten meistens den mittleren arithmetischen Wert von 3 perpendikulären Messungen an (Goldstein et al. 1991, Rempen 1991, Daya 1993, Blaas et al. 1998b). Die ersten Studien der 3-dimensionalen Volumetrie tauchten in den 1990-iger Jahren auf (Steiner et al. 1994). Inzwischen gibt es zahlreiche 2D- und 3D-Studien über die Größe und das Wachstum der Chorionkavität. Die **3D-Messung** ist relativ einfach, weil erstens die Chorionkavität eine einfache runde geometrische Gestalt hat und zweitens die Grenzen zwischen Wand und Flüssigkeit im Ultraschallbild sehr deutlich sind. Verschiedene Softwareprogramme wurden benutzt, wie die Segmentierung von Konturen in parallelen Schnittbildern oder in Rotationsschritten (Nardozza et al. 2010).

Neuere 3D-semi- und -vollautomatische Algorithmen ermöglichen sogar die relativ schnelle Volumenbestimmung der Flüssigkeit in der Chorionkavität plus Amnionkavität, indem nur die im Ultraschallvolumen sichtbare schwarze Flüssigkeit markiert und deren Volumen (ohne Embryo und Nabelschnur und ohne Dottersack) bestimmt wird (Rousian et al. 2011, Sur et al. 2011). Eine solche Software gibt es z. B. bei Voluson (SonoAVC).

Die **klinische Relevanz der Chorionkavitätsgröße** (d. h. „gestational sac") bzw. der kombinierten Flüssigkeitsmenge von Chorion- und Amnionhöhle ist bei der Beurteilung der Frühschwangerschaft unsicher, da die natürliche Variabilität auch in normalen Schwangerschaften schon sehr groß ist (Abb. 3.3) (Blaas et al. 1998b, Jauniaux et al. 2005). So zeigte auch eine Multizenterstudie, dass die Größe des Chorionsackes kein nützliches Kriterium für die Vorhersage einer Fehlentwicklung ist (Abdallah et al. 2011).

Es gibt bisher keine großen 3D-Studien über die normalen Werte der kombinierten Flüssigkeitsmenge von Amnion- und Chorionhöhle in normalen Schwangerschaften. Hinzu kommt bei der Volumeneinschätzung von SonaAVC, dass besonders bei sehr kleinen Volumina Fehlberechnungen entstehen (Sur et al. 2010, Sur et al. 2011). Probleme mit sonografischen 3D-Volumenberechnungen von sehr kleinen Strukturen und Kavitäten wurden schon früher angesprochen und thematisiert (Blaas et al. 1998a, Berg et al. 2000).

Dottersack und Amnionsack

Der **sekundäre Dottersack** ist die erste Struktur, die mittels Ultraschall in der Fruchtblase als charakteristischer, echogener Ring dargestellt werden kann. Er ist in der Regel ab einer Fruchtsackgröße von 10 mm nachweisbar (Timor-Tritsch et al. 1990), kann aber mit hochfrequenten Transducern schon früher erkannt werden (Abb. 3.4).

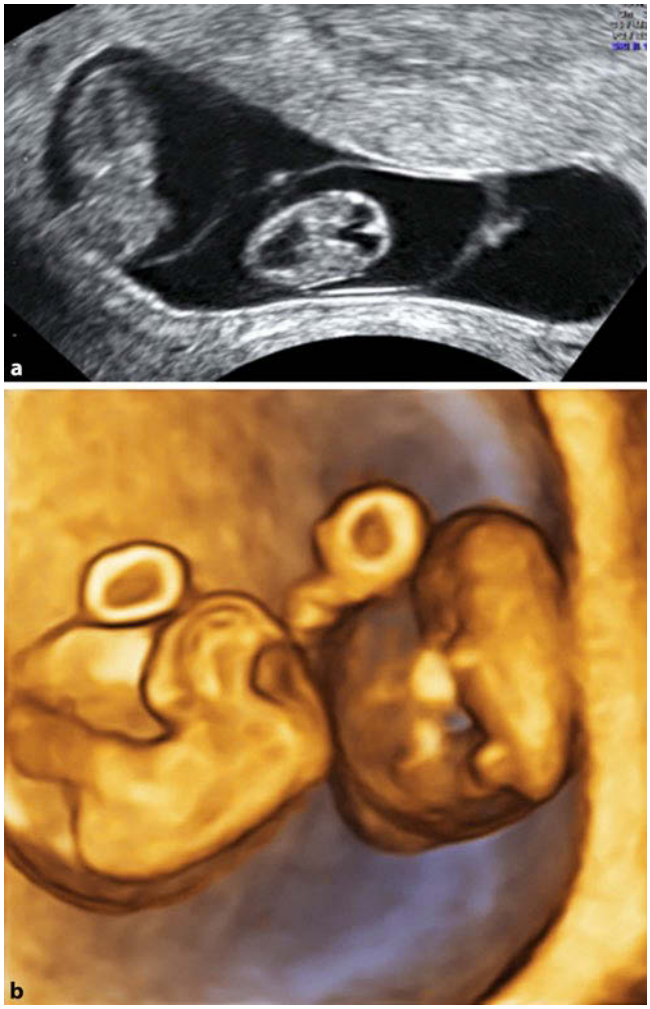


Abb. 3.5 Monochoriale diamniale Zwillingsschwangerschaft Anfang der Woche 8 (SSL 16 mm). **a** Die Amnionmembranen sind deutlich im 2D-Bild zu erkennen. **b** Im 3D-Bild sieht man, dass die Embryonen in ihren Amnionsäcken liegen, während sich die Dottersäcke in der gemeinsamen Chorionhöhle außerhalb der Amnionsäcke befinden

Die Echogenität der Wand ist möglicherweise durch den Gefäßreichtum bedingt. Es gibt verschiedene Methoden, den **Dottersack zu messen**:

- außen-außen
- außen-innen
- innen-innen

Da jedoch die Punktausbreitungsfunktion bei der Ultraschallabbildung von Grenzflächen mit dem Transducertyp und dessen Auflösungsvermögen variiert und da ebenso unterschiedliche „Gain-Setzungen" zu Variation der Abbildung der Wanddicke führen können, sollte man erwägen, den Kaliper auf die Mitte der Dottersackwand zu setzen (Blaas et al. 1998b, Papaioannou et al. 2010) (Abb. 3.4).

Der Dottersack nimmt in seiner Größe von 2 mm am Tag 38 p.m. auf durchschnittlich 5,40 mm bis Ende der Woche 8 zu.

Der Dottersack ist ebenso wie der Amnionsack embryonalen Ursprungs. Die Keimscheibe liegt ursprünglich wie eine Trennwand zwischen diesen beiden Kavitäten. Durch den Abfaltungsprozess der Keimscheibe im Laufe der Woche 5 p.m. liegt der Embryo später im Amnionsack, während der Dottersack sich außerhalb im extraamnialen Zölom (Chorionkavität) befindet (Abb. 3.5). Die anfangs breite Verbindung des Embryos zum Dottersack entwickelt sich unter der Abfaltung zum Ductus vitellinus, einem Strang, in dem bis zu 8 Wochen im Realtime-Ultraschallbild deutlich Blutstrom sichtbar ist. Bis zu 9 bis 10 Wochen p.m. nimmt der Durchmesser des Dottersackes leicht zu (Stampone et al. 1996, Blaas et al. 1998b). Danach machen Formänderungen wie Aufblasen oder Schrumpfung das Ende seiner physiologischen Funktion deutlich.

Abb. 3.6 7 Wochen alte Schwangerschaft mit einem zu großen Dottersack, der Durchmesser beträgt 10 mm. *Links* sieht man den Querschnitt durch den embryonalen Kopf, Diameter 5,9 mm mit dem Hohlraum des Rhombenzephalons (*Rhomb*). Es stellte sich später heraus, dass eine partielle Trisomie 13 vorlag

Bei Dottersackdurchmessern von über 7 mm vor 9 bis 10 Wochen p.m. steigt die Wahrscheinlichkeit von Spontanaborten deutlich an (Abb. 3.6).

So wurden in einer Studie Dottersäcke mit einem Durchmesser von mehr als 6 mm bei nur 5 von 253 (2 %) normalen, aber bei 7 von 29 Schwangerschaften mit späterem Spontanabort (24,1 %, $P = < 0{,}0005$) gefunden (Rempen 1988). Auch entrundete, zu kleine Dottersäcke sind mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit mit Spontanaborten assoziiert.

Gelegentlich finden sich gedoppelte Dottersäcke, die nahezu immer mit einer nicht vorhandenen Vitalität des Embryos eingehen. Allerdings konnte in einer Untersuchung von Reece und Mitarbeitern kein Zusammenhang zwischen abnormen Dottersackgrößen und Aneuploidie festgestellt werden (Reece et al. 1988).

Die **Amnionkavität** entsteht im Carnegie-Stadium 5a (O'Rahilly u. Müller 1987), d. h. etwa 3 Wochen + 0–1 Tage p.m. Die Amnionmembran wird bei dem Faltungsprozess in der Woche 5 über den Embryo gezogen und bildet am Ende der Woche 5 den Amnionsack, der den Embryo enthält. Der Nachweis der zarten Amnionmembran im Ultraschall ist etwa nach 7 Wochen p.m. möglich (Abb. 3.5a). Embryologen haben die gute Korrelation zwischen dem Wachstum des Amnionsackes und des Embryos erkannt (Abramovich 1968, 1981).

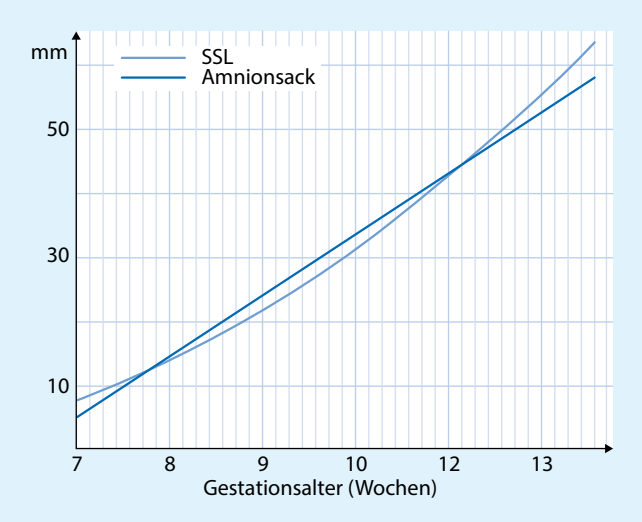


Abb. 3.7 Die Werte des mittleren Amnionsackdurchmessers und der Scheitel-Steiß-Länge zeigen eine deutliche Übereinstimmung in der Frühschwangerschaft

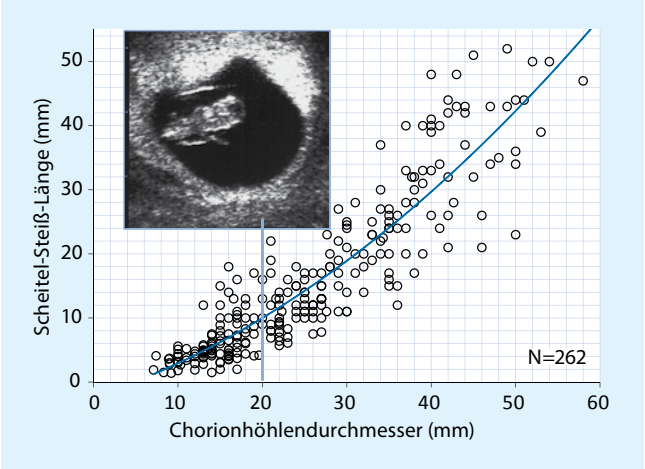


Abb. 3.8 Bei einem mittleren Fruchtsackdurchmesser von 17 mm müsste ein Embryo bereits eine SSL von fast 9 mm haben und ist daher kaum mehr zu übersehen

Der mittlere Durchmesser des Amnionsackes, in drei perpendikulären Durchmessern gemessen, entspricht ziemlich genau der **Scheitel-Steiß-Länge** (Abb. 3.7) (Grisiola 1993, Blaas 1998b). Dementsprechend zeigt der Amnionsack während des I. Trimenons relativ geringe Variationen in seiner Größe – im Gegensatz zum Chorionsack, dessen Durchmesser individuell sehr variieren kann.

Der Zwischenraum zwischen Chorionmembran und Amnionmembran entspricht dem extraamnialen Zölom. Es enthält das sogenannte „**Magma reticulare**“, das im Ultraschallbild etwas „grauer“ als die „schwarze“ Amnionflüssigkeit erscheinen kann. Erst am Ende des I. Trimenon legt sich die Amnionmembran an die Innenseite der Chorionhöhle, wobei die beiden Membranen dann gemeinsam die „**Fruchtblase**“ bilden.

Es liegen zahlreiche Normkurven für die mittleren Amnion- und Choriondurchmesser vor. Deutliche Abweichungen von der konstanten Beziehung zwischen der Scheitel-Steiß-Länge und dem mittleren Amnionhöhlendurchmesser, die normalerweise in den Wochen 7 bis 10 nahezu identische Werte aufweisen, haben eine größere Aussagekraft bei der klinischen Beurteilung der Prognose einer Frühschwangerschaft.

3.2.3 Nachweis und Biometrie des Embryos

Obwohl man bei einem mittleren Fruchthöhlendurchmesser von weniger als 10 mm unter guten Ultraschallbedingungen einen Embryo darstellen kann (Bree u. Marn 1990), sollte in den Fällen, wo dies nicht möglich ist, die Diagnose eines „**blighted ovum**“ nur mit Vorsicht gestellt werden.

Robinson hat die Grenze für die sichere Diagnose „blighted ovum“ bei einem Fruchtsackvolumen von 2 bis 5 ml, entsprechend 17 mm mittlerer Fruchtsackdurchmesser angesetzt (Robinson 1975).

Erst wenn bei einer Fruchtsackgröße von 20 mm kein Embryo sichtbar ist, ist die Diagnose relativ sicher (Abb. 3.8). Wegen möglicher Messfehler wurde sogar empfohlen, diese obere Grenze auf 25 mm zu setzen (Pexsters et al. 2011).

Im Mittel ist am Ende der Woche 5 p.m. und zu Beginn der Woche 6 p.m. parallel zur Darstellbarkeit des Dottersackes mit einer Darstellung des Embryo zu rechnen (Böhmer et al. 1993).

Es gibt viele Parameter, um den Embryo zu messen. George LeClers, Count of Buffon (1707–1788), war wahrscheinlich der Erste, der einen menschlichen Embryo vermaß: „I take the fetus at 1 month, when all the parts are developed. It then is one pouce (französisch Daumen, Zoll = 2,7 cm) in length“ (Tanner 1981).

Größte Länge, Scheitel-Steiß-Länge

Gewöhnlich misst man die größte Länge vom Kopf bis zum kaudalen Ende des Rumpfes ohne die unteren Extremitäten zu berücksichtigen, welche in utero nicht gestreckt sind. Sowohl Embryologen als auch Kliniker wenden den Begriff Scheitel-Steiß-Länge (=SSL) an (engl. „crown-rump length“, CRL), die der Sitzhöhe im postnatalen Leben entspricht (O'Rahilly u. Müller 1984).

Mall setzte voraus, dass sich die SSL von einem Punkt gerade über dem Mittelhirn bis zum tiefsten Punkt des Beckenendes erstreckt (Mall 1907). Als Robinson 1973 den Begriff „**crown rump length**“ (CRL) für den klinischen Gebrauch einführte, dachte er nicht an Malls Definition, dass der kraniale Messpunkt das Mittelhirn sein sollte. Zum Beispiel messen wir an einem 6 Wochen alten Embryo die SSL von einem Punkt oberhalb des Rhombenzephalons bis zum Steiß, das heißt, dass wir sonografisch immer die größte Länge in mm messen und nicht die SSL.

Der Begriff SSL (respektive CRL) ist aber inzwischen in der klinischen Praxis so weit etabliert, dass es nicht mehr möglich ist, eine Begriffsmodifizierung im Sinne der Embryologen (O'Rahilly u. Müller 2000) einzuführen.

Bei der **Messung der SSL** eines Embryo/Fetus muss man die natürliche Beugung des Körpers und die Anatomie des Gehirns

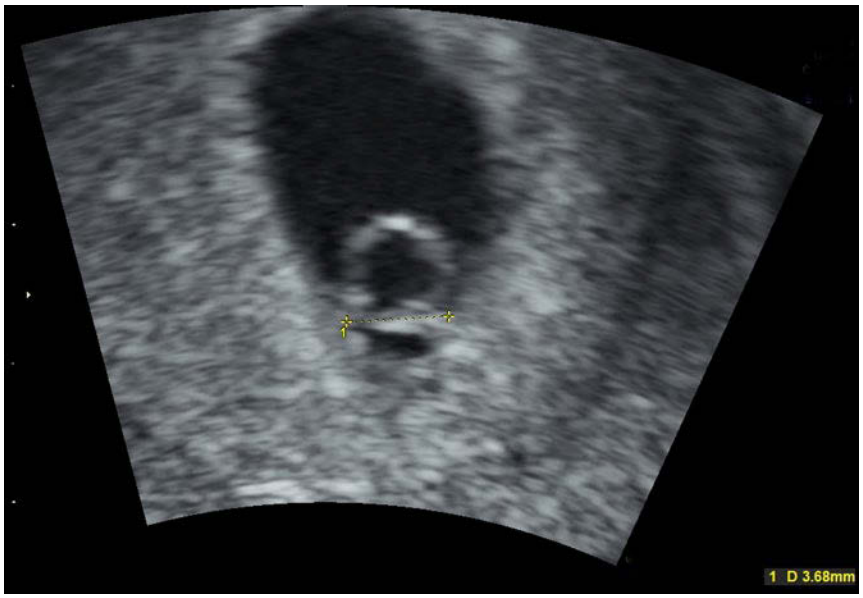


Abb. 3.9 5½ Wochen alte Schwangerschaft. Der Embryo (SSL 3,8 mm) liegt wandnah und grenzt an den Dottersack. („Ring mit Stein", Ring = Dottersack, Durchmesser ca. 3–4 mm, Stein = Embryo, Länge/Breite ca. 1,5–4 mm

berücksichtigen, die sich altersabhängig ändern. Zum Beispiel liegt nach 7 Schwangerschaftswochen p.m. das Rhombenzephalon ganz oben im embryonalen Kopf, während eine Woche später das Mesenzephalon diese Position eingenommen hat (O'Rahilly u. Müller 1984, 1987, 2006, Blaas et al. 1994, 1995a, 1995c). Ebenso verändert sich der tiefste Punkt des embryonalen/fetalen Beckenendes mit der altersbedingten Biegung des Körpers. O'Rahilly und Müller verglichen die größte Länge und die Scheitel-Steiß-Länge in 43 klassifizierten Embryonen. Sie konkludierten, dass die größte Länge des Embryo die Scheitel-Steiß-Länge zwischen den Carnegie-Stadien 13 (ungefähr 6 Wochen + 0 Tage p.m.) und 18 (ungefähr 8 Wochen + 2–4 Tage p.m.) mit bis zu 1,5 mm übertrifft. Danach sind diese beiden Maße praktisch identisch (O'Rahilly u. Müller 1984).

Robinson und Fleming berichteten 1975, dass die **Schätzung des Gestationsalters** aufgrund einer einzigen sonografischen Scheitel-Steiß-Messung auf ±4,7 Tage und unter Durchführung von 3 unabhängigen Untersuchungen auf ±2,7 Tage sogar mit einer Zuverlässigkeit von 96 % genau sein kann (Robinson u. Fleming 1975). Es ist vorstellbar, dass diese hohe Genauigkeit aus dem Sachverhalt resultiert, dass ein Embryo – und später ein Fetus – in keiner Richtung schneller wächst als in seine Länge. Hinzu kommt das in einer longitudinalen Studie beschriebene gleichförmige Wachstum von gesunden Embryonen (Blaas et al. 1998b), dass die Verlässlichkeit der SSL als Parameter für die Bestimmung des Schwangerschaftsalters, bestätigt.

Die früheste sinnvolle SSL-Messung ist ab etwa 5½ Wochen möglich (Abb. 3.9).

Ein häufiger Fehler bei der Messung der SSL ist der fälschliche Einschluss des Dottersackes oder der unteren Extremität in die Messstrecke, worauf schon Robinson und Fleming hingewiesen haben (Robinson 1973) (Abb. 3.10).

Der Embryo beginnt mit etwa 8 Schwangerschaftswochen p.m. sich aktiv zu bewegen. Erst nach 10 Schwangerschaftswochen p.m. führen fetale Bewegungen und unterschiedliche Biegung des Körpers zu deutlichen Variationen der SSL-Messungen. Die SSL sollte dann nur an einem Fetus in Ruhehaltung gemessen werden. Bei überstreckter Haltung fallen Messungen der SSL zu groß aus.

Gegen Ende des I. Trimenon werden SSL-Messungen immer stärker von Haltungsänderungen des Fetus beeinflusst. Es gibt zahlreiche Normtabellen der SSL, sowohl transabdominal als auch transvaginal gemessen.

Biparietaler Durchmesser

Der biparietale Durchmesser (**BPD**) kann heute bereits ab 7 Wochen gemessen werden (Grisiola et al. 1993, Blaas et al. 1998b).

In der Schwangerschaftswoche 7 misst man den „BPD" im horizontalen Schnitt ganz oben an dem sehr schmalen embryonalen Kopf. Die Schnittfläche geht durch das Rhombenzephalon und den hinteren Teil des Mesenzephalons. Die größte Breite liegt in der Höhe der rhombischen Lippen, dem späteren Zerebellum. Wegen des unterschiedlichen Wachstums der Gehirnabschnitte und der „Deflektion" des embryonalen Gehirns ändert sich die Abgriffstrecke für den BPD im Verhältnis zu den Strukturen des ZNS. In den Wochen 10 und 11 p.m. wird das Cranium allmählich sichtbar. Man misst dann den BPD in Höhe des Thalamus. Am Ende des I. Trimenons sieht man deutlich eine Spalte mitten im Kopf die den 3. Ventrikel repräsentiert (Abb. 3.11). Erst später erscheint allmählich anterior dazu das Cavum septi pellucidi, welches eine der Hauptreferenzpunkte für die BPD-Messung in der Mitte der Schwangerschaft ist.

Der Begriffe BPD passt eigentlich nicht für den embryonalen Kopf, da der Schädel und die Referenzpunkte für diese Messungen in dieser Periode noch nicht vorhanden sind. Da der Übergang von der embryonalen Kopfbreite zum fetalen BPD gleitend ist, ist es vernünftig, den Begriff BPD auch für embryonale Messungen beizubehalten, um Verwirrungen zu vermeiden.

Herztätigkeit

Erste Herzaktionen treten im Carnegie-Stadium 10, entsprechend dem 22. Tag p.c. bzw. 36. Tag p.m. (5+0–1) auf (deVries u.

Abb. 3.10 Der Dottersack liegt dem Steiß direkt an und könnte beim falschen Setzen von Messpunkten zu einer falschen SSL-Messung führen

Saunders 1962). Mit der TVS kann man wenige Tage später unter Verwendung des M-Mode-Verfahrens bzw. im Real-time-Bild die embryonale Vitalität (Herzschlag) nachweisen. Ab 6 Wochen etwa sollte mittels der TVS der Vitalitätsnachweis immer möglich sein (Abb. 3.12).

Longitudinale M-Mode-Untersuchungen haben ergeben, dass die Herzfrequenz von zunächst weniger als 110 Schläge/min in der Schwangerschaftswoche 6 p.m. steil auf ein Maximum von etwa 175 Schlägen/min nach vollendeten 9 Wochen p.m. ansteigt, um danach auf deutlich weniger als 150 Schläge/min am Ende des I. Trimenons abzufallen (Robinson u. Shaw-Dunn 1973, DuBose et al. 1980, Blaas et al. 1995b) (Abb. 3.13).

Das Herz ist im Prinzip das erste in Funktion darstellbare Organ des Embryos. Dabei liegt eine Besonderheit darin, dass erst durch die Organfunktion selbst das Herz nachweisbar ist. Schon am Ende der Woche 5 kann man das im B-Bild gut erkennbare „Blinken" erkennen. Im Zweifelsfall kann die Herzaktivität durch M-Mode-Registrierung (Abb. 3.12) oder durch Farbkodierung objektiviert werden (Abb. 3.14).

Es ist bekannt, dass das embryonale Herz als schlauchförmiges Gebilde in der Woche 5 entsteht. Schon zu diesem Zeitpunkt gibt es einen atrialen und später ventrikulären Teil, wobei die Schrittmacherfunktion in den Zellen des atrialen Teils liegt. Nach einem komplizierten Ausformungsprozess ist das Herz nach 9 Wochen (p.m.) im Prinzip fertig entwickelt, mit venösem systemischen und pulmonalen Inflow, vier Kammern (Abb. 3.15), Septa, AV-Klappen, Aorta und Arteria pulmonalis.

Zusammenfassung der Biometrie

Kürzlich wurden Normalwerte von SSL, Dottersack und Herzfrequenz von einer großen Cross-sectional-Studie präsentiert (Papaioannou et al. 2010).

Für diejenigen, die sich mit besonderer Akribie der Erkennung von Störungen in der Frühschwangerschaft widmen, geben die nachfolgenden Tabellen eine übersichtliche Möglichkeit der Korrelation von Messgrößen im Normalfall (Abb. 3.16) und die Erkennung möglicher Zeichen einer Störung (Tab. 3.1).

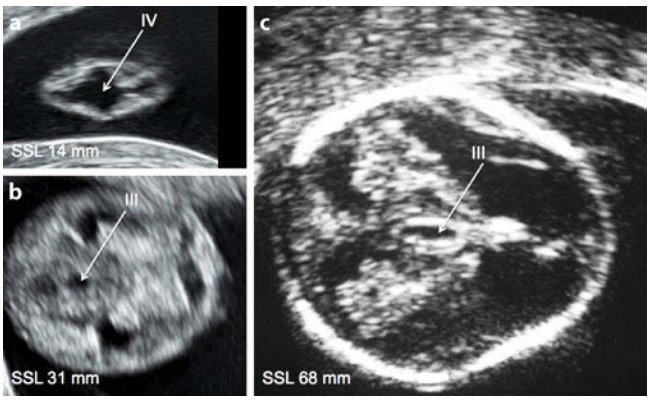


Abb. 3.11 Die Abgriffstrecke für die Kopfbreite (BPD) ändert sich im Verhältnis zu den Strukturen des ZNS im Laufe des I. Trimenon. **a** Nach 7 Wochen liegt die größte Breite in der Höhe des 4. Ventrikels (*IV*); man erkennt das rautenförmige Rhombenzephalon. Der 4. Ventrikel führt durch den Isthmus rhombencephali (*nach rechts*) in den zukünftigen Aquaeductus Sylvii. **b** Nach etwa 9½ Wochen dominieren die paarigen Großhirnhemisphären mit ihren hellen Plexus chorioidei (Abb. 3.25a); der 3. Ventrikel liegt etwas dorsal (*III*). **c** Am Ende des I. Trimenon liegt der 3. Ventrikel zentral als eine deutliche schmale Kavität. Der Corpus callosum und damit das Cavum septi pellucidi, sind noch nicht entwickelt

Die SSL und Herzaktivität sind ab ca 5½ bis 6 Wochen messbar, der Dottersack wird von 5½ bis 8+6 Wochen gemessen, der Amnionsack von 7 bis 11 Wochen. Der BPD ist ein Parameter, der nützlich für die Bewertung des Kopfes ab 10 Wochen ist. Man misst die SSL und beurteilt die Entwicklung des Embryos, indem man die entsprechenden anderen Werte (Herzfrequenz (S/min), Kopfbreite (mm), mittlere Durchmesser (mm) von Amnionsack und Dottersack) der der SSL entsprechenden Schwangerschaftslänge anpasst.

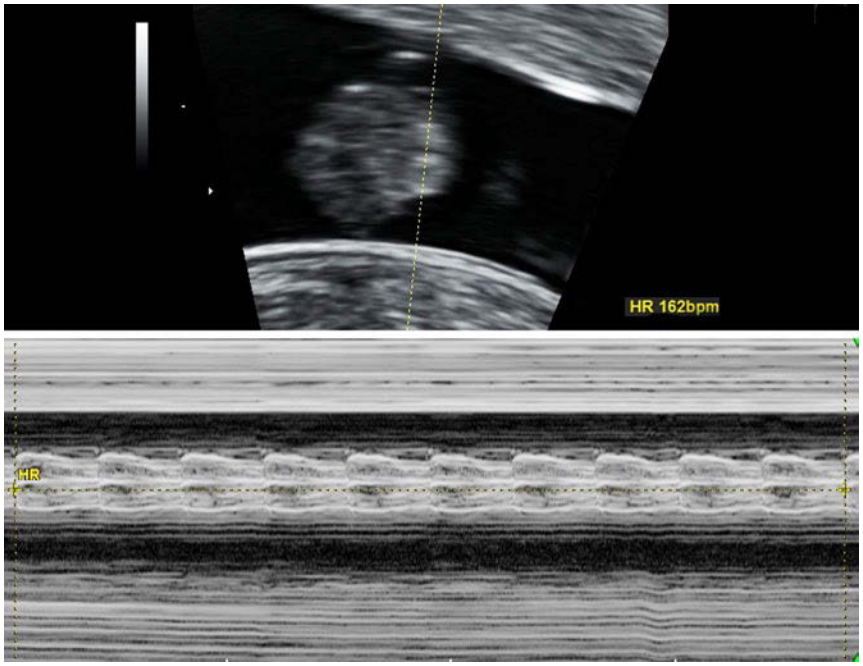


Abb. 3.12 Motion-Mode (M-Mode) des Herzens zu Beginn der Woche 8: Der Cursor liegt über den Herzventrikeln und registriert deren Bewegungen und damit die Herzfrequenz (hier 162 Schläge/Minute)

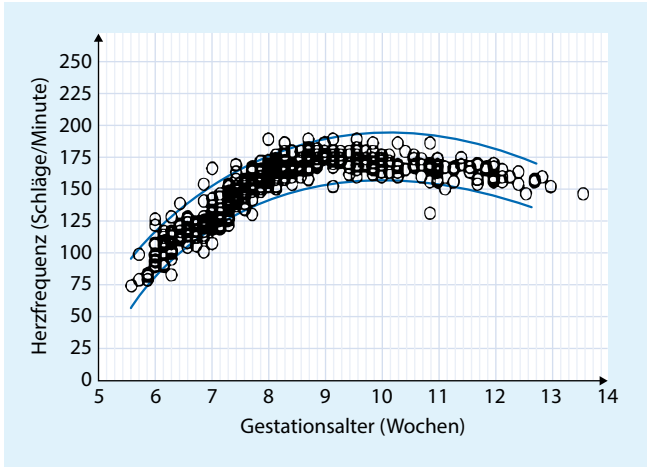


Abb. 3.13 Diagramm der normalen Herzfrequenz (N=474) im I. Trimenon. In der zweiten Hälfte der Woche 5 schlägt das Herz mit einer Frequenz von durchschnittlich 80 bis 100 Schläge/min; die Frequenz steigt auf 175 Schläge/min in der Woche 9. Danach fällt die Frequenz nach 12 Wochen auf 160 Schläge/min

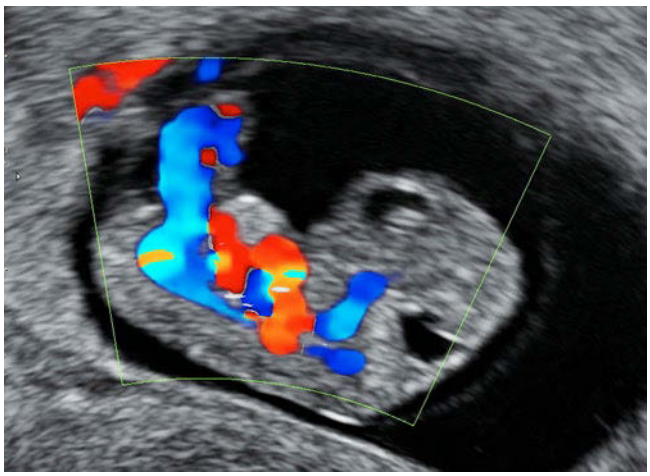


Abb. 3.14 Sagittalschnitt durch einen Embryo mit SSL von 20 mm. Die Farbkodierung zeigt den Blutstrom durch Umbilikalvene, Ductus venosus und Herz (*rot*), Karotis, Aorta und Umbilikalarterien (*blau*)

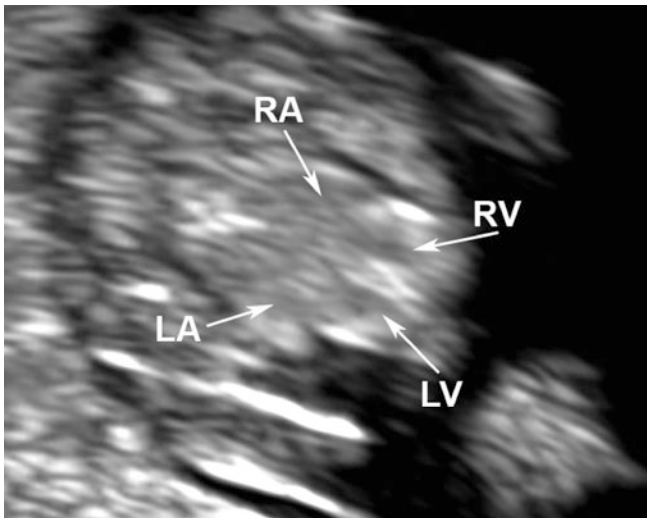
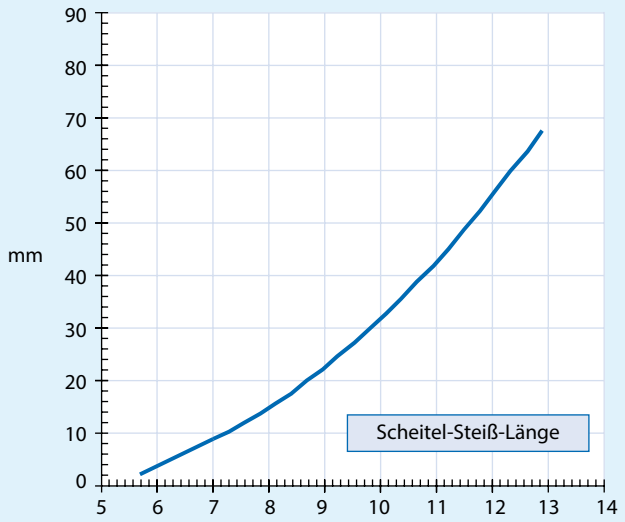
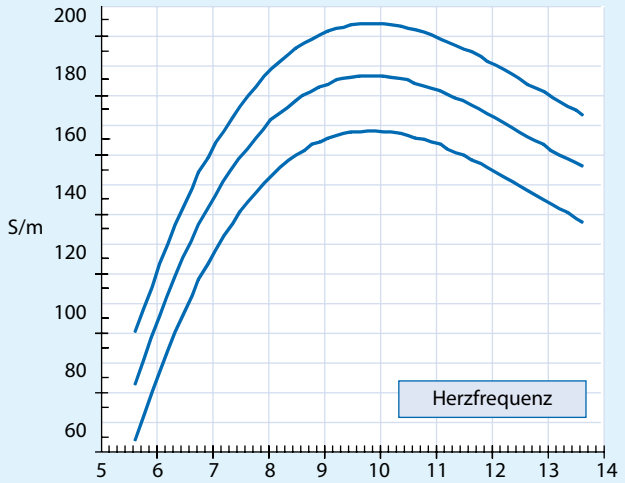
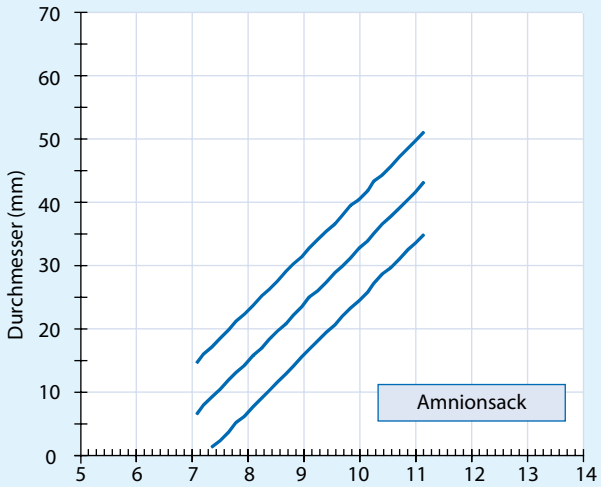


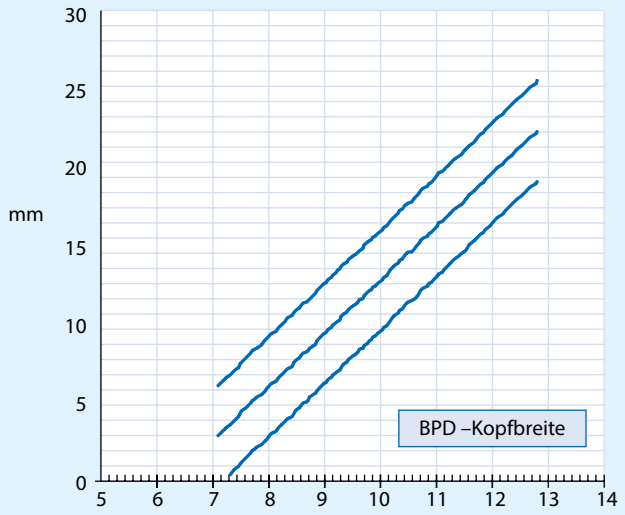
Abb. 3.15 Vierkammerschnitt durch das Herz eines Embryos (SSL 20 mm) am Ende der Woche 8; die Atrien sind zusammen breiter als die Ventrikel. *RA* rechtes Atrium, *LA* linkes Atrium, *RV* rechter Ventrikel, *LV* linker Ventrikel



Scheitel-Steiß-Länge (mm)		
SSL-Alter (Woche + Tag)		
Kopfbreite / BPD (mm)		
Herzfrequenz (S/m)		
Amnionsack (mm)		
Dottersack (mm)		
Kommentar		







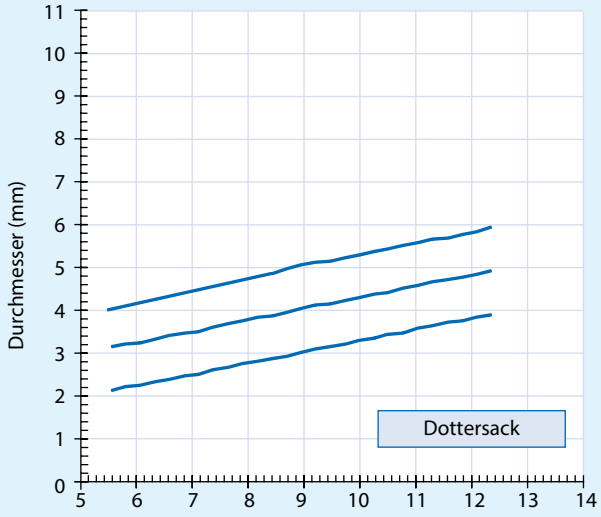


Abb. 3.16 Die SSL und Herzaktivität sind ab ca. 5½ bis 6 Wochen messbar, der Dottersack wird von 5 1/2 bis 8+6 Wochen gemessen, der Amnionsack von 7 bis 11 Wochen. Der BPD ist ein Parameter, der nützlich für die Bewertung des Kopfes ab 10 Wochen ist. Man misst die SSL und beurteilt die Entwicklung des Embryo, indem man die entsprechenden anderen Werte (Herzfrequenz (S/min), Kopfbreite (mm), mittlere Durchmesser (mm) von Amnionsack und Dottersack) der der SSL entsprechenden Schwangerschaftslänge anpasst

Tab. 3.1 Faktenbox. Mögliche Zeichen einer gestörten Frühschwangerschaft (Referenzwerte aus Papaioannou et al.)

	Normal	Mögliche Zeichen einer Störung
Dottersack	Sichtbar ab 5–5½ Wochen	Durchmesser <3,0 mm zwischen 6 und 10 Wochen
		Durchmesser >7 mm vor 9 Wochen
Amnionsack	Sichtbar ab 7 Wochen	Nicht visualisierbar nach 7 Wochen
		Durchmesser kleiner als der Dottersack
		Mittlerer Durchmesser deutlich größer als SSL
Embryo	Sichtbar ab 5½–6 Wochen	SSL >4 mm, ohne Herzaktivität
		Alter >6 Wochen, ohne Herzaktivität
		Permanente Bradykardie (<100/min) nach 6 Wochen

Tipp

Signifikante Abweichungen sind mögliche Hinweiszeichen einer gestörten Frühschwangerschaft. Es empfiehlt sich, besonders bei unsicheren Befunden die Untersuchung nach mehreren Tagen bzw. einer Woche zu wiederholen.

Eine Zusammenfassung der möglichen Hinweiszeichen von Entwicklungsstörungen der in diesem Abschnitt behandelten Strukturen zeigt Tab. 3.1.

3.3 Sonoembryologie von Woche zu Woche

Die frühen Arbeiten zur transvaginal erfassbaren Sonoanatomie im I. Trimenon wurden von Timor-Tritsch , Takeuchi und Blaas vorgelegt (Timor-Tritsch et al. 1988, 1990, Takeuchi et al. 1992, Blaas et al. 1994, 1995b, 1995c, 1998b). Mit der modernen Ultraschalltechnik und Computertechnologie nähern wir uns dem Auflösungsvermögen eines Mikroskops und können damit zu Recht den Begriff „Sonoembyologie", der von Timor-Tritsch geprägt wurde, anwenden.

Im Folgenden wird die sonoembryologische Entwicklung des menschlichen Embryos Woche für Woche beschrieben. Der Beschreibung liegen Studien mit transvaginalen 7,5-Mhz-Transducern bei optimalen Untersuchungsbedingungen zugrunde.

Voraussetzung ist die normale Entwicklung mit zeitgerechter Ovulation, Befruchtung und Nidation. Das heißt, bei Abweichungen vom unten angeführten Zeitschema kann neben einer gewissen biologischen Variation der embryologischen Entwicklung einfach ein anderes Alter als ursprünglich berechnet vorliegen. Zu empfehlen ist dann eine Kontrolluntersuchung nach 3–4 Tagen.

Abb. 3.17 Historisches Bild von M. Hansmann 1998 von einer sehr frühen Schwangerschaft in der Woche 4. Man sieht im Endometrium eine winzige Ringstruktur mit einem zentralen Loch (Mit freundl. Genehmigung von M. Hansmann 1998)

Tab. 3.2 Faktenbox Woche 4

Tag	Embryologie	Ungefähres Carnegie-Stadium
0	Primitiver Strich, Gastrulation	
1		7
2	Gestationssack	
3	≥1000 FIRP	8
4	Neurulation	
5	Erste Somiten	9
6		

3.3.1 4 Wochen, 0 bis 6 Tage

Ungefähr in der Mitte dieser Woche gelingt mithilfe der transvaginalen Sonografie der früheste Nachweis einer scharfsäumigen, lochartigen Struktur >1 mm bis 6 mm, asymmetrisch im hohen Endometrium gelegen (Abb. 3.17). Es lässt sich keine Herzaktion darstellen (da noch nicht vorhanden!). Der ß-HCG-Wert liegt zwischen 200–800 mIU/ml (Tab. 3.2).

Wesentlich ist, dass diese winzige, kreisrunde, wie ausgestanzt wirkende Struktur in allen Schnittebenen reproduzierbar ist.

3.3.2 5 Wochen, 0 bis 6 Tage

Es findet sich eine **Fruchtblase mit hyperreflexivem Saum**, der durch den Trophoblasten bedingt ist. Der mittlere Fruchtblasendurchmesser nimmt von 6 auf 12 mm zu.

Anfang der Woche kann man einen zarten Ring mit einem Diameter von ungefähr 2–3 mm in Wandnähe in der Fruchtblase erkennen (Abb. 3.18). Dies ist der **Dottersack**, der als embryonale Struktur ein sicherer Beweis einer intrauterinen Schwangerschaft darstellt (Abb. 3.19). Im Laufe der Woche wird der Dot-

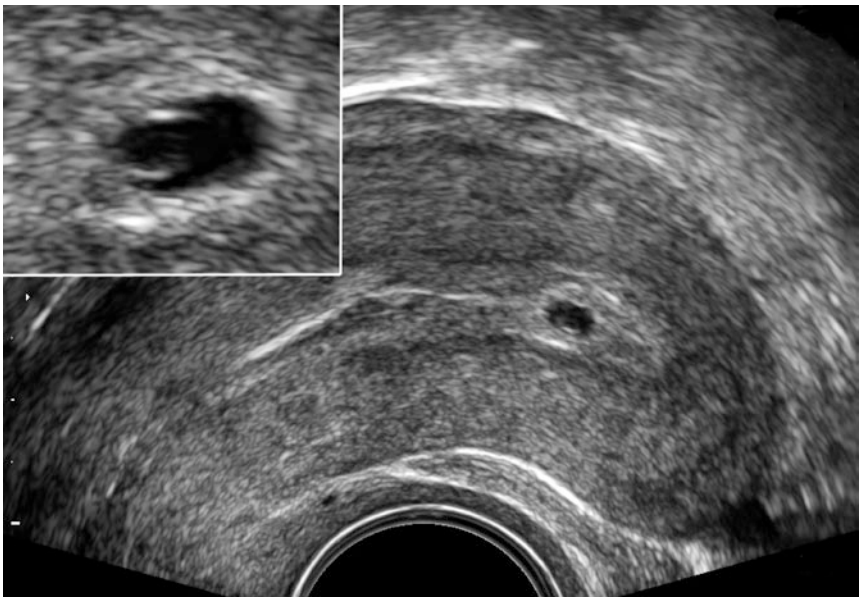


Abb. 3.18 Sagittalschnitt durch einen antevertierten Uterus in der Woche 5. Man erkennt den echoreichen Trophoblastring, in dem der kleine Dottersack liegt (s. *Vergrößerung im Bild oben links*)

tersack-Embryo-Komplex wandnah deutlich („Ring mit Stein", Ring = Dottersack, Durchmesser ca. 3–4 mm, Stein = Embryo, Länge/Breite ca. 1,5–4 mm) (Abb. 3.9).

Der früheste Nachweis einer embryonalen **Herzaktion** gelingt etwa ab Mitte dieser Woche. Die Frequenz liegt bei ca. 100 Schläge/min.

3.3.3 6 Wochen, 0 bis 6 Tage

Die Scheitel-Steiß-Länge liegt bei 4–9 mm. Der mittlere Durchmesser der **Fruchtblase** (= Chorionhöhle) nimmt von etwa 12 mm auf 20 mm zu. Die **Herzaktion** ist immer erkennbar und hat anfangs eine Frequenz von etwa 105 Schläge/min, gegen Ende der Woche 135–140 Schläge/min. Am Ende der Woche kann man die dünne **Amnionmembran** erkennen.

Ebenso kann als erstes anatomisches Detail der Hohlraum des Rhombenzephalons sichtbar werden (s. u.) (Blaas et al. 1995c, Blaas u. Eik-Nes 1996). Das für die Woche 6 typische Bild zeigt Abb. 3.20.

3.3.4 7 Wochen, 0 bis 6 Tage

Die Scheitel-Steiß-Länge liegt bei 9–14 mm, der biparietale Durchmesser bei 2,5–5,5 mm. Der Körper ist im Koronarschnitt schmal, im Sagittalschnitt sieht er wie ein Dreieck aus, wobei die Schenkel von

1. dem Rücken,
2. dem Dach des Rhombenzephalon und von
3. der Vorderseite des Kopfes, der Basis der Nabelschnur und der Schwanzpartie gebildet werden (Abb. 3.21).

An den Seiten des Körpers erscheinen echoarme Auswüchse, die **Extremitätenknospen** (Abb. 3.21d).

Das **Herz** bildet einen großen, hellen, pulsierenden Fleck im Zentrum des Körpers. Am Ende der Woche erkennt man im Real-

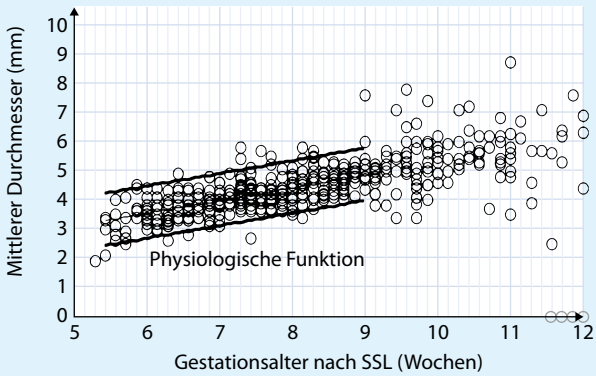


Abb. 3.19 Durchschnittliche Diameter des Dottersackes in 3 Ebenen gemessen von 490 unkomplizierten Frühschwangerschaften. Die geringen Variationen von 5 bis 8 Wochen zeigen die Periode der physiologischen Funktion des Dottersackes an. Ab Woche 9 hat die Messung des Dottersackes keine klinische Bedeutung

Tab. 3.3 Faktenbox Woche 5

Tag	Embryologie	Ungefähres Carnegie-Stadium
0	Chorionkavität 6–7 mm, Dottersack Neuralfalten beginnen zu fusionieren	
1		10
2	Offene rostrale und kaudale Neuroporen	
3	Dottersack sichtbar, rostrale Neuropore schließt sich	11
4	Embryonaler Pol, Herzschläge, SSL 1,5 mm	
5	Kaudale Neuropore schließt sich	12
6	Herzfrequenz 105 Schläge/min, „body stalk" etabliert	

Tab. 3.4 Faktenbox Woche 6

Tag	Embryologie/Sonoembryologie	Ungefähres Carnegie-Stadium
0	Embryonalpol sichtbar, Herz schlägt	
1	Obere Extremitätenknospe, 4 Paare Kiemenbögen	13
2	Untere Extremitätenknospe	
3	Herzfrequenz 120, obere Extremität paddelförmig	14
4	Primordia der zerebralen Hemisphären	
5	Rhombenzephalon oben im Kopf, Mesenzephalon anterior Untere Extremitäten paddelförmig, Handplatte	15
6	Amnionmembran sichtbar	

Tab. 3.5 Faktenbox Woche 6

Tag	Embryologie/Sonoembryologie	Ungefähres Carnegie-Stadium
0	Herzfrequenz 130 Schläge/min, Mes- und dienzephalon	
1	Spina, Extremitäten sichtbar	
2	Telenzephalon teilt sich in Hemisphären	16
3	Physiologische Nabelhernie, große Nierenkelche	
4	Blutstrom in den vitellinen Gefäßen	
5	Zerebrale Hohlräume deutlich, Fingerstrahlen	17
6	Vierter Ventrikel ist größter Hirnhohlraum	

time-Bild atriale und ventrikuläre reziproke Bewegungen, Details lassen sich jedoch noch nicht ausmachen (Blaas et al. 1995b).

In unmittelbarer Nähe antero-kranial vom Herzen liegt das **Vorderhirn**. Alle Hirnhohlräume sind in dieser Woche sichtbar (Blaas et al. 1994, Blaas et al. 1995c) (Abb. 3.21a, b, c). Die lateralen Ventrikel erscheinen als stecknadelgroße Bläschen an den Seiten des Hohlraumes des Zwischenhirns (Dienzephalon), dem 3. Ventrikel (Abb. 3.21b). Der 3. Ventrikel mündet in den gebeugten Hohlraum des Mittelhirns (Mesenzephalon), dem zukünftigen Aquaeductus Sylvii, der im vorderen Teil des embryonalen Kopfes liegt. Der Übergang vom Aquaeductus in den rautenförmigen Hohlraum (4. Ventrikel) des Rhombenzephalons ist durch eine Enge gekennzeichnet, dem sogenannten Isthmus rhombencephali (Abb. 3.21a). Der Hohlraum des Rhombenzephalons liegt ganz oben im Kopf, ist anfänglich eine flache Grube, die gegen Ende der Woche etwas tiefer wird.

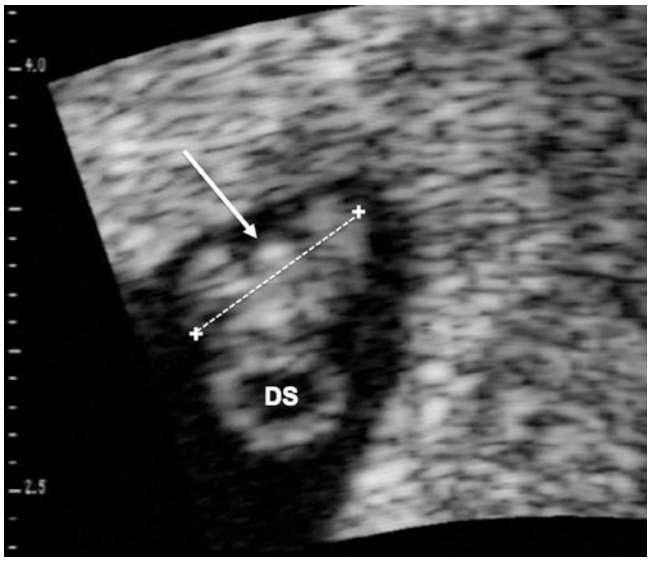


Abb. 3.20 Sagittalschnitt durch einen 6–7 mm langen Embryo in der Woche 6. Der *Pfeil* zeigt auf das Herz. Der Dottersack liegt unter dem Rücken des Embryos. *DS* Dottersack

Die zukünftige **Wirbelsäule** bildet in der Körperlängsachse zwei parallel verlaufende Linien (Abb. 3.21c, d).

Im Laufe der Woche 7 erscheint im verdickten Ursprung der kurzen Nabelschnur ein kleiner echogener Zapfen, dem ersten Zeichen der physiologischen **Herniierung** (s. u.) (Blaas et al. 1995b).

Der Embryo liegt im Amnionsack, der Dottersack liegt außerhalb. Der Ductus vitellinus verbindet als echoreicher Strang den Dottersack via Nabelschnur mit dem Embryo. Blutstrom ist im Real-time-Ultraschall leicht im Ductus vitelllinus zu erkennen.

3.3.5 8 Wochen, 0 bis 6 Tage

Die Scheitel-Steiß-Länge beträgt 15–22 mm, der biparietale Durchmesser 6–9 mm. Chorionkavität, Amnionkavität und Dottersack sind besonders leicht zu unterscheiden (Abb. 3.22). Der Embryo liegt im Amnionsack wie in einer Hängematte.

Die **Entwicklung des Gehirns** zeigt dramatische Veränderungen: Die Hemisphären wachsen rasch, der 3. Ventrikel imponiert als großer zentraler Hohlraum (Abb. 3.23). Ende der Woche zeigt eine leichte Einengung (Isthmus prosencephali) den Übergang zum weiten Aquaeductus Sylvii, der jetzt ganz oben im Kopf liegt (Abb. 3.24). Der 4. Ventrikel ist nach dorsal verschoben, er ist jetzt kürzer und tiefer. Am Ende der Woche tauchen die Plexus chorioidei in den lateralen Ventrikeln und im 4. Ventrikel auf (Blaas et al. 1994, 1995c, 1998a).

Zu Beginn liegt die **Herzfrequenz** bei etwa 165 Schläge/min (Blaas et al. 1995b). Die echogenen Darmschleifen in dem physiologischen Nabelbruch werden deutlicher (▶ Woche 9).

Die **Extremitäten** werden deutlicher. Gegen Ende der Woche erkennt man den Ellbogen, die Hand und sogar die Finger. Nach anfänglichen diskreten Körperbewegungen zeigt der Embryo später vorsichtige Armbewegungen.

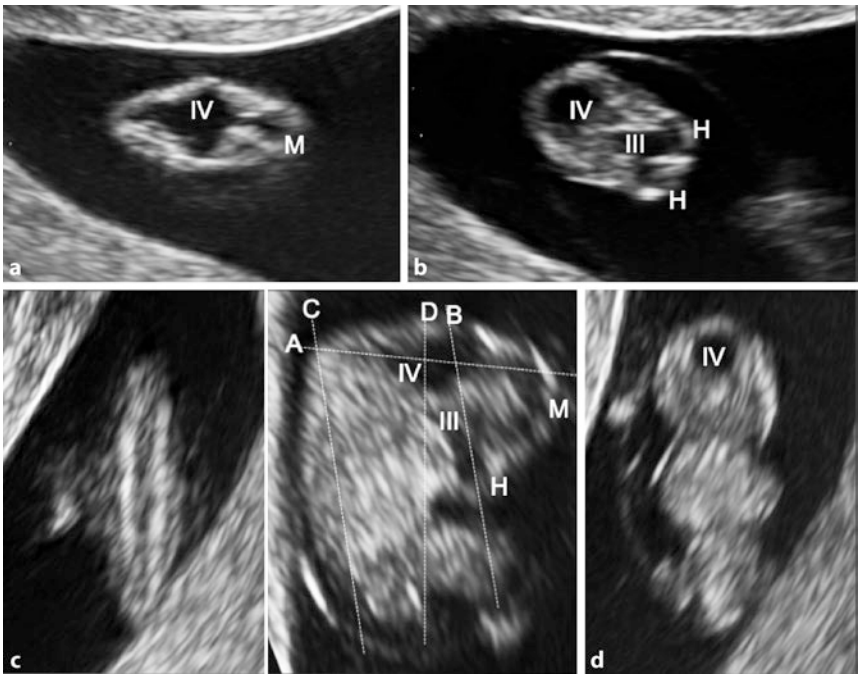


Abb. 3.21 Typisches Erscheinungsbild eines Embryos in der Woche 7, hier SSL 13 mm. In der *Mitte unten* der Sagittalschnitt, Rücken *links*, Vorderseite *rechts*. Die Schnittebenen *A* bis *D* sind angezeigt. **a** Schnitt durch den vierten Ventrikel (*IV*), den Isthmus rhombencephali und den Hohlraum des Mesenzephalons (*M*). **b** Man erkennt den großen vierten Ventrikel (*IV*), den dritten Ventrikel (*III*) und die Hemisphären„knospen" (*H*). **c** Die zukünftige Spina ist mit zwei hellen Linien dargestellt. **d** Koronarschnitt durch den schmalen Körper; im Kopf der vierte Ventrikel (*IV*); besonders gut sind die kleinen Auswüchse der unteren Extremitäten zu sehen. Man erkennt die Amnionmembran links vom Embryo. Der kleine weiße Fleck zwischen Amnionmembran und Uteruswand ist ein Querschnitt durch den Ductus vitellinus

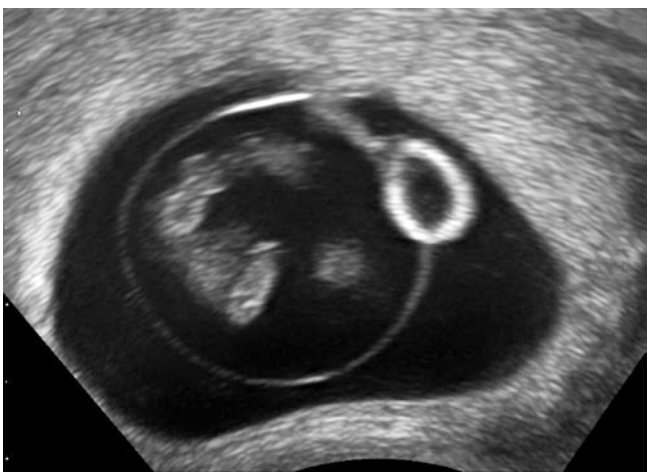


Abb. 3.22 Die drei Säcke Chorionkavität, Amnionsack (zarte Membran) und Dottersack (relativ dicke Wand) in der Woche 8. Der Dottersack liegt außerhalb der Amnionkavität in der Chorionkavität. Im Amnionsack sieht man den Embryo mit der unteren Extremität nach oben zeigend, die Flanke und eine obere Extremität

Abb. 3.23 Koronarschnitt durch einen 16 mm langen Embryo, der in seiner Amnionhöhle liegt. Die Seitenventrikel des Gehirns, der dritte Ventrikel und ganz oben der vordere Teil des zukünftigen Aquaeductus Sylvii (Hohlraum des Mesenzephalon) erscheinen als große Löcher im Kopf. Am unteren Teil des Embryos sieht man die noch kurzen Extremitäten

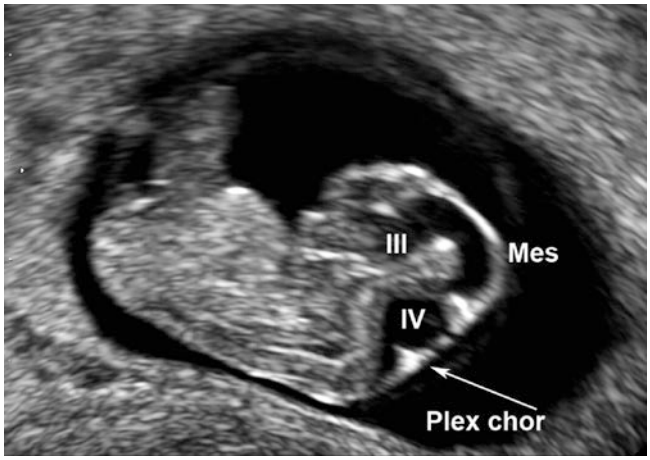


Abb. 3.24 Sagittalschnitt durch einen 20 mm langen Embryo. Der Kopf ist noch auf die Brust gebeugt, mit einer deutlichen Flexur im Nackenbereich. Die Hohlräume des Gehirns in der Mittellinie sind von kaudal: 4. Ventrikel (*IV*), der durch den Isthmus rhombencephali in den noch geräumigen Hohlraum des Mesenzephalons (*Mes*) führt. Im Dach des 4. Ventrikels erkennt man einen der hellen Plexus chorioidei (*Plex chor*). Der 3. Ventrikel (*III*) ist in diesem Bild etwas tangential getroffen, daher nicht so deutlich

Tab. 3.6 Faktenbox Woche 8

Tag	Embryologie/Sonoembryologie	Ungefähres Carnegie-Stadium
0	Körperbewegungen, Herzfrequenz 160 Schläge/min	
1	Spina, Extremitäten sichtbar	
2	Ossifikation des Skelettes beginnt	18
3	Diskrete Extremitätenbewegungen	
4	Finger, Plexus chorioidei im 4. Ventrikel	
5	Plexus chorioidei in lateralen Ventrikeln	19
6	4 Herzkammern, Septum primum, urogenitale Membran rupturiert	

3.3.6 9 Wochen, 0 bis 6 Tage

Die Scheitel-Steiß-Länge liegt bei 23–31 mm, der biparietale Durchmesser bei 9,5–12,5 mm. Die Hemisphären nehmen die typische C-Form an. Die Plexus chorioidei wachsen schnell und füllen die Seitenventrikel aus (Abb. 3.25a, c). Der Hirnmantel ist sehr dünn und hypoechogen. Der 3. Ventrikel wird langsam schmäler, während der Aquaeductus Sylvii, der Hohlraum des Mesenzephalons, sogar noch weiter wird (im Schnitt 1,5 mm) (Abb. 3.25b, d). Die sogenannten rhombischen Lippen wandeln sich in die zerebellaren Hemisphären um.

Der 4. Ventrikel liegt jetzt mehr dorsal (Blaas et al. 1998a). In der Aufsicht erkennt man noch die rhomboide Form, ein heller Streifen teilt jedoch das Dach des 4. Ventrikels in die Areae membranaceae superior und inferior (Blaas et al. 1995c) (Abb. 3.25d). Dieser helle Streifen besteht aus den paarig angelegten Plexus chorioidei, die von den dorsalen Seiten der Recessi laterales aus auf die Mitte zu gewachsen sind (Brocklehurst 1969, O'Rahilly u. Müller 1990). Die Augen lassen sich bei guter Auflösung (7,5 MHz) erkennen, sie stehen noch weit voneinander (Blaas u. Eik-Nes 1996) (Abb. 3.26).

Tab. 3.7 Faktenbox Woche 9

Tag	Embryologie/Sonoembryologie	Ungefähres Carnegie-Stadium
0	Herzfrequenz 175 Schläge/min, zerebellare Hemisphären	20
1	Magensack, Plexus chorioidei teilen 4. Ventrikel	
2	Hände und Füße nähern sich in der Mittellinie, Zehen	
3	Ossifikation von Klavikula, Maxilla, Mandibula	21
4	Breite von Hohlraum im Mesenzephalon > im Dienzephalon	
5	Alle Finger erkennbar	22
6	Große physiologische Nabelhernie	

Die zuerst **ossifizierten Knochen** sind das Schlüsselbein, der Unter- und der Oberkiefer.

Das **Herz** ist in groben Zügen fertig entwickelt und bei guter Vergrößerung lassen sich die 4 Herzkammern darstellen (Blaas et al. 1995b) (Abb. 3.15). Die Frequenz der Herzschläge erreicht seinen Gipfel mit im Durchschnitt 175 Schläge/min (Robinson u. Shaw-Dunn 1973, DuBose et al. 1990, Blaas et al. 1995b).

Die **Speiseröhre** erscheint als ein heller Streifen hinter dem Herzen (Blaas u. Eik-Nes 2008) (Abb. 3.27). Gelegentlich erkennt man den **Magensack** als kleinen echoarmen Fleck unterhalb des Herzens auf der linken Seite des Embryos (Blaas et al. 1995). Er kann in einigen Fällen schon in der Woche 8 erkannt werden.

Der **physiologische Nabelbruch** liegt wie ein großer gefüllter Beutel an der vorderen Bauchwand (Abb. 3.28a, b). Oft erkennt man in der Nabelschnur zum Teil relativ große zystische Hohlräume, die möglicherweise Reste des Nabelschnurzöloms darstellen. Sie sind in der Regel harmlos.

Die **Extremitäten** erhalten zunehmend ihre menschliche Ausformung. Sowohl Ober- und Unterarme und die Hände sind zu erkennen. Die Fingerspitzen sind zu erkennen (Abb. 3.29a), sie berühren einander beinahe in der Mitte vor dem Brustkorb. Die Knie zeigen nach lateral, die Füße haben noch eine Supinationshaltung (Abb. 3.29b). Oft sieht man, dass der Embryo in „die Füße" klatscht.

3.3.7 10 Wochen, 0 bis 6 Tage

Die Scheitel-Steiß-Länge liegt bei 32–42 mm, der biparietale Durchmesser bei 13–16 mm.

Nach etwa 10 Wochen beginnt die fetale Periode. Von nun an sprechen wir vom „**Fetus**". Der Kopf ist immer noch verhältnismäßig groß, mit prominierender Stirn und flachem Hinterkopf. Der Körper streckt sich, die Extremitäten werden länger und

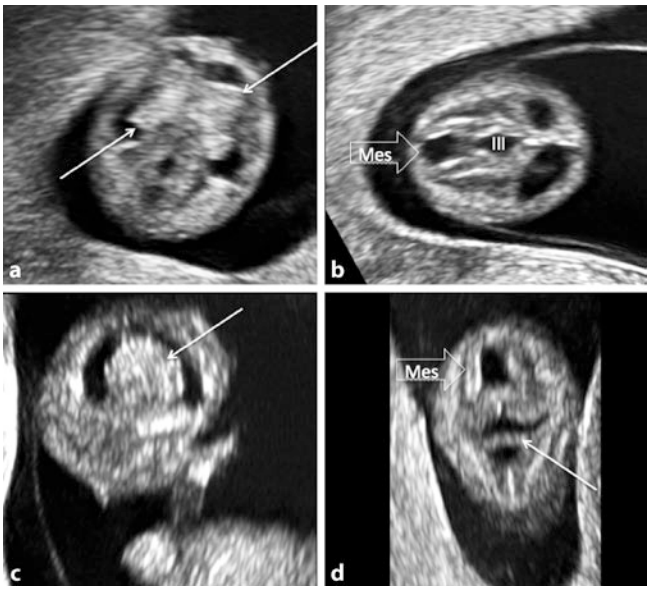


Abb. 3.25 Ultraschallschnitte durch den Kopf eines 9½ Wochen alten Embryo. **a** Ebene für die Messung der Kopfbreite. Man erkennt die paarigen hellen Plexus chorioidei der Seitenventrikel (*Pfeile*). **b** Diese Ebene liegt etwas höher als **a**) und zeigt die Seitenventrikel rechts, den dritten Ventrikel zentral (*III*), und den Hohlraum des Mesenzephalons (*Mes*). **c** Parasagittalschnitt durch eine Großhirnhemisphäre; der *Pfeil* zeigt auf den großen Plexus chorioideus. **d** Schräger Koronarschnitt durch den hinteren Teil des Kopfes; man erkennt das Mesenzephalon (*Mes*), darunter die Kleinhirnhemiosphären, und den Hohlraum des Rhombenzephalon, der von den paarigen Plexus chorioideus (*Pfeil*) in einen oberen und unteren Bereich unterteilt ist

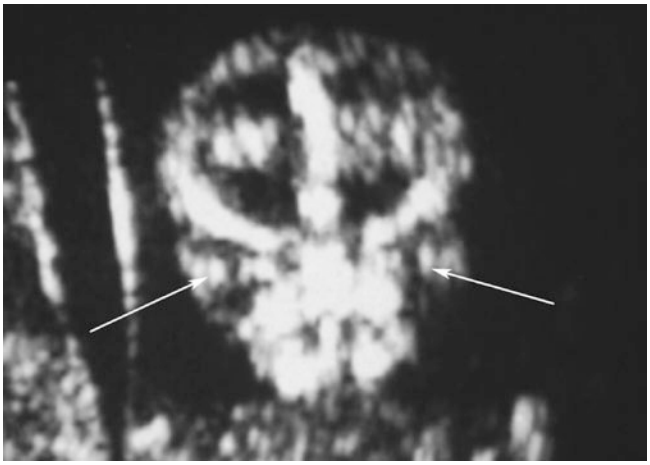


Abb. 3.26 „Physiologischer" Hypertelorismus der Augen (*Pfeile*) in der Woche 9

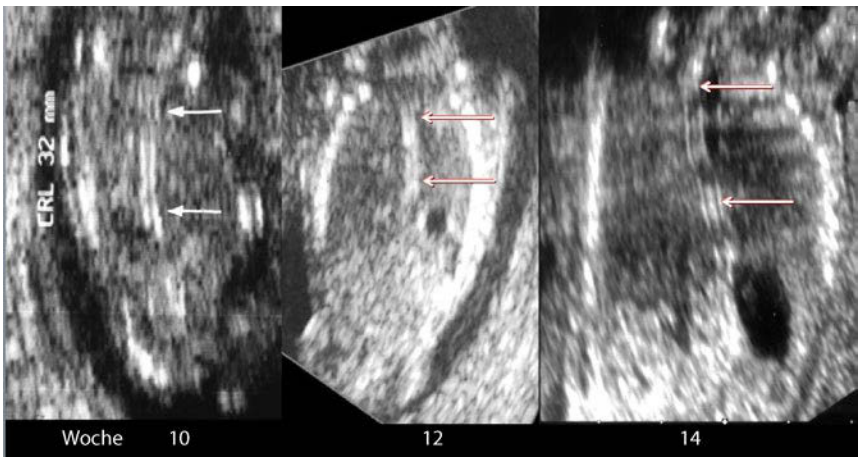


Abb. 3.27 Darstellung des Ösophagus als echoreiche Doppelkontur schon ab der 10. Woche (**a**) in der 12 und 13. Woche sieht man den Ösophagus am schon darstellbaren Magen enden (**b**,**c**)

nehmen allmählich die für Menschen natürliche Haltung ein. Im Laufe von ein bis zwei Wochen werden sich die Füße ausgerichtet haben. Finger und Zehen kann man zählen.

Die **Entwicklung des Zentralnervensystems** mit Betonung der Hemisphären schreitet fort (Blaas et al. 1998a). Die Hemisphären mit ihren großen, hellen Plexus chorioidei füllen die vordere Hälfte des Kopfes und bedecken teilweise das Dienzephalon. Die Wände des Dienzephalons verdicken sich, besonders der dorsale Thalamus engt den oberen, ventralen Teil des 3. Ventrikels ein. Der 3. Ventrikel wird also schmäler, während das Lumen des Mesenzephalon weit bleibt (O'Rahilly u. Müller 1990, Blaas et al. 1994, 1998a). Die dorsalen Evaginationen des mesenzephalen Hohlraums, die sogenannten „Blindsäcke", sind deutlich. Die zerebellaren Hemisphären werden größer, das Lumen des 4. Ventrikels wird in Relation kleiner. Die Plexus chorioidei des 4. Ventrikels werden an die untere Kante des Zerebellums gezogen. Grobe Anomalien wie alobare Holoprosenzephalie , Rachischisis, Anenzephalie und Akranie sollten erkennbar sein (Blaas u. Eik-Nes 2009).

Die **Anatomie des Herzens** wird deutlicher. Gelegentlich lassen sich besondere Details wie die Herzkammern und die großen Arterien darstellen.

Die **Speiseröhre** zeigt sich als eine längliche Struktur, die aus einer doppelten hellen Linie besteht. Der **Magensack** ist meist sichtbar. Der physiologische Nabelbruch erreicht sein größtes Ausmaß, kann jedoch bei einigen Feten schon am Ende der Woche abgeschlossen sein. Auch wenn man mit der Diagnose

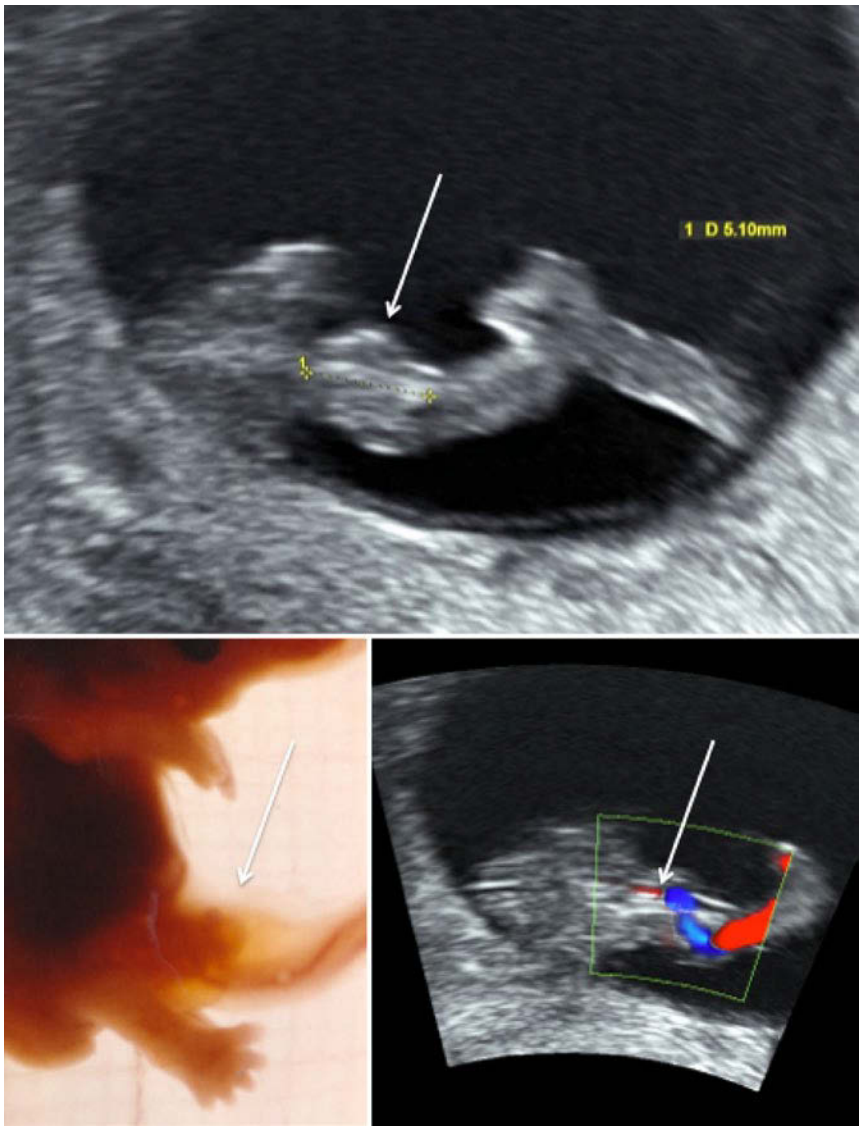


Abb. 3.28 Physiologische Nabelhernie (*Pfeile*) in der Woche 9. Oben ein Querschnitt durch den embryonalen Bauch und der Nabelschnur. Die Länge der Darmherniierung beträgt 5,1 mm. *Unten links* Foto eines Embryos, im durchsichtigen Nabelzölom sind Darmschleifen zu erkennen. *Unten rechts* 3D-Bild eines 27 mm langen Embryo. Die Verdickung der Nabelschnur an der Bauchwand ist deutlich (*Pfeil*)

Abb. 3.29 Die Extremitäten in der Woche 9. **a** Man erkennt den Unterarm und die fünf Finger (*Pfeile*), der Daumen liegt körpernah. **b** Koronarschnitt durch die kurzen Beine, die Füße liegen noch im Sagittalplanum. Der *Pfeil* zeigt auf den großen genitalen Tuberkel

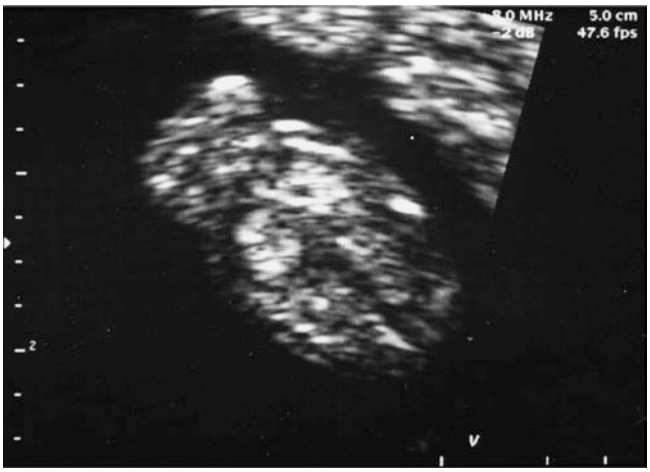


Abb. 3.30 Koronarschnitt durch den Rücken eines Fetus in der Woche 10. Die Nieren können oft relativ echogen erscheinen

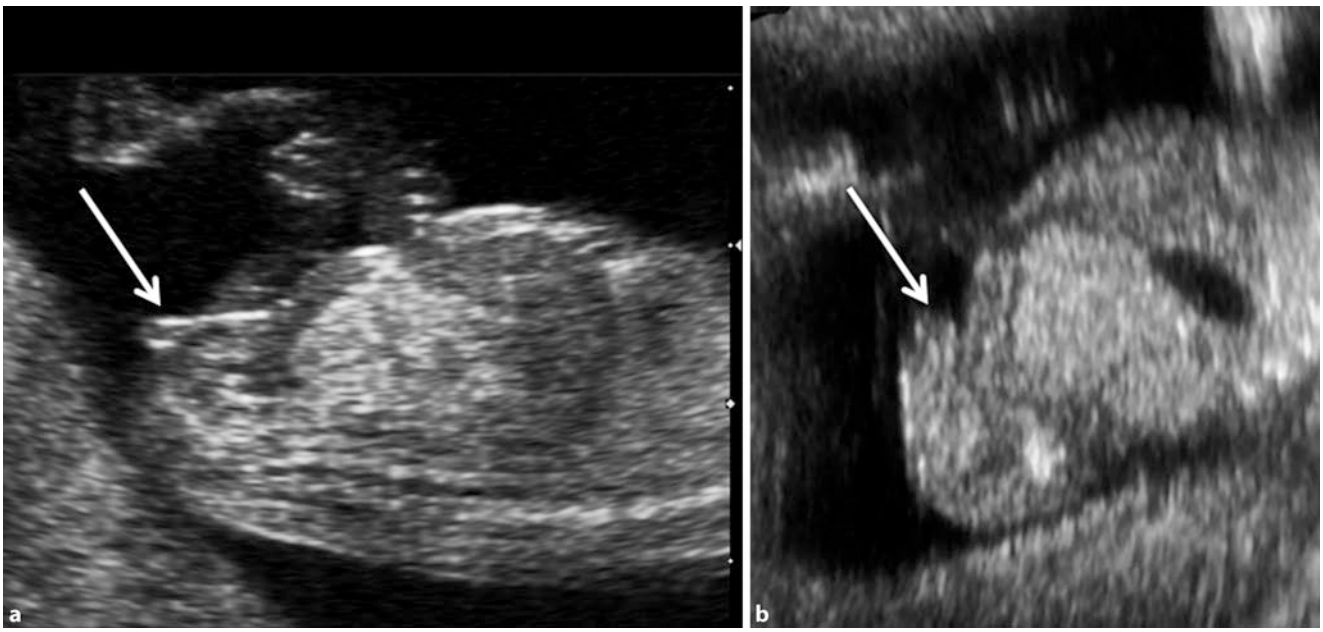


Abb. 3.31 Die Differenzierung des äußeren Genitals ist spätestens in der Woche 13 bei Feten mit SSL ≥69 mm oder einem BPD ≥23 mm abgeschlossen: Penis und Klitoris sind immer noch annähernd gleich groß (*Pfeile*). **a** Während die Klitoris beim Mädchen, zwischen den Labia majora liegend, nach unten gerichtet ist. **b** Zeigt beim Jungen der Phallus mit mehr als 30 Grad nach ventral, kranial vom kleinen Skrotum

Bauchwanddefekt vor 12 Wochen vorsichtig sein sollte, so gibt es in der Literatur frühe Beschreibungen z. B. einer epigastrischen Omphalozele in der Woche 10 (Brown et al. 1989). Die **Nieren** erkennt man als helle Flecken beidseits der lumbalen Wirbelsäule (Abb. 3.30). Die fetale Harnblase ist gelegentlich sichtbar.

Das prominierende genitale Tuberkel, das nach kaudal gerichtet ist, darf nicht mit einem Penis verwechselt werden (Abb. 3.29b). Die Differenzierung der äußeren Genitalien geschieht zwischen 11 und 14 Wochen. Man soll also mit der sonografischen **Geschlechtsbestimmung** vor 14 Wochen zurückhaltend sein (Abb. 3.31).

3.3.8 11 Wochen, 0 bis 6 Tage

Die Scheitel-Steiß-Länge liegt bei 43–54 mm, der biparietale Durchmesser bei 17–20 mm. Die Hemisphären füllen etwa 2/3 des Kopfes aus. Das Dienzephalon liegt zum größten Teil zwischen den Hemisphären. Das Mesenzephalon verlagert sich etwas nach kaudal. Die zerebellaren Hemisphären nähern sich in der Mitte (Blaas et al. 1998a). Das Wachstum des Zerebellums führt dazu, dass das membranöse Dach des 4. Ventrikels unter das Zerebellum gezogen wird. Damit nähern sich die echogenen Plexus chorioidei der unteren Kante des Zerebellums. Das Rückgrat wird deutlich.

An den **Extremitäten** kann begonnen werden, die Diaphysenlänge zu messen (Abb. 3.32).

Die **Speiseröhre** ist jetzt als ein Doppelstreifen erkennbar, und der Magensack ist immer deutlich zu sehen (Blaas et al. 1995b, Blaas u. Eik-Nes 2008) (Abb. 3.27). Spätestens im Laufe dieser Woche zieht sich der **Darm** nach total 270° Rotation aus dem Nabelzölom in die Bauchhöhle zurück (Kiesselbach 1952, Blaas et al. 1995b). Große, epigastrische Omphalozelen (enthalten Leber und Darm) oder zentrale Omphalozelen (enthalten in der

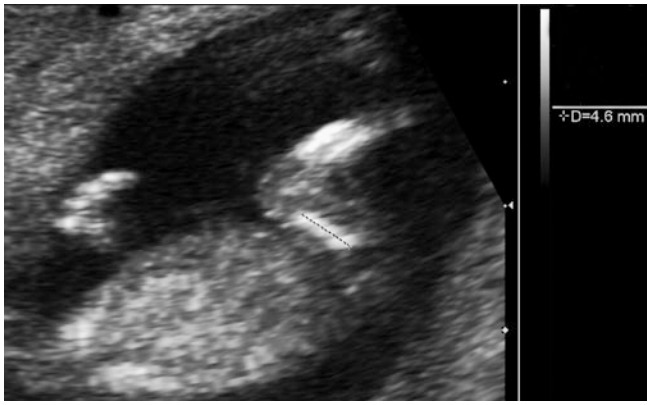


Abb. 3.32 Femurmessung bei einem 57 mm SSL langen Fetus

Tab. 3.8 Faktenbox. Wochen 10–11

Embryologie/Sonoembryologie
Herzfrequenz 170–165, BPD 13–16
Extremitäten in sagittaler Ebene, Knie nach vorne gedreht
Zerebrale Hemisphären dominieren, Plexus chorioidei füllen laterale Ventrikel, immer noch großer, mesenzephaler Hohlraum
Organe: 4-Kammer-Herz, Ösophagus, Magensack, Nieren, Urinblase
Physiologische Nabelhernie verschwindet während Woche 11

Regel nur Darm) werden diagnostizierbar. Sicher ist man meist erst nach 12 Wochen, ob eine Omphalozele vorliegt oder nicht.

3.3.9 12 Wochen, 0 Tage, bis 13 Wochen, 6 Tage

Die Scheitel-Steiß-Länge liegt bei 55–76 mm, der biparietale Durchmesser bei 20,5–30 mm.

Die **Hemisphären** zeigen im Parasagittalschnitt eine Halbmondform. Das Cornu posterior ist noch nicht entwickelt. Der Hirnmantel ist glatt, er hat eine Dicke von etwa 1 bis 1,5 mm. Die Seitenventrikel sind im Horizontalschnitt sehr weit. Sie werden jedoch in der Mitte immer von den Plexus chorioidei ausgefüllt, während man im Vorderhorn und dorsal Zerebrospinalflüssigkeit erkennt. Im Sagittalschnitt liegt das **Dienzephalon** zentral im Kopf, dorsal davon erkennt man das **Mesenzephalon**, wo das Lumen immer noch deutlich zu sehen ist. Im Koronarschnitt kann man zwischen **Thalamus** und **Hypothalamus** unterscheiden. Die Kleinhirnhemisphären treffen sich in der Mittellinie.

Es wird zunehmend leichter, den **Vierkammerschnitt des Herzens** darzustellen (Blaas u. Eik-Nes 2008). Interventrikularseptum, Atrioventrikularklappen, Foramen ovale, die großen Venen, Arteria pulmonalis und Aorta kann man erkennen. Die Farbkodierung kann dabei sehr hilfreich sein. Die frühe Herzdiagnostik erfordert jedoch spezielles Sachverständnis.

Der **Magensack** ist in der Regel mit Flüssigkeit gefüllt (Abb. 3.27). Die physiologische Hernierung ist abgeschlossen. Die **Nieren** sind immer noch relativ hell, die **Harnblase** erkennt

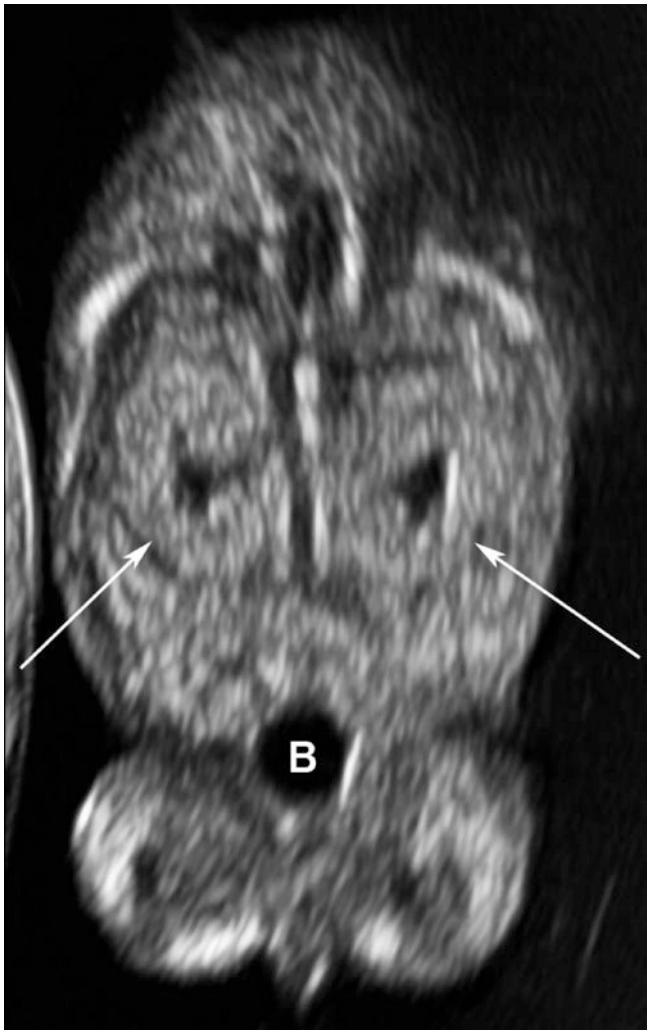


Abb. 3.33 Im Koronarschnitt durch den Körper eines 12 Wochen alten Fetus sieht man die Nieren (*Pfeile*) mit den Nierenbecken und die Harnblase (*B*)

man als kleinen dunklen Fleck im kleinen Becken (Abb. 3.33). Bronshtein und Mitarbeiter beschrieben die Größe der Nieren mit 6 mm bis 8 mm Länge für die Wochen 13 und 14. Auch hier kann man durch farbkodierte Darstellung der Aa. renales von ihrem Ursprung der Aorta descendens aus das Auffinden der Nieren erleichtern.

Die hundertprozentige Differenzierung des **äußeren Genitals** ist spätestens in der Woche 13 bei Feten mit SSL ≥69 mm oder BPD ≥23 mm abgeschlossen (Mazza et al. 1999, 2004, Efrat et al. 2006). Penis und Klitoris sind immer noch annähernd gleich groß, beim Jungen jedoch zeigt der Phallus mit mehr als 30° nach ventral, kranial vom kleinen Skrotum, während die Klitoris beim Mädchen, zwischen den Labia majora liegend, nach unten gerichtet ist (Abb. 3.31). Man muss aber bei der Diagnostik des äußeren Geschlechts an die Möglichkeit einer Fehlbildung denken.

Die Ossifikation des **Skelettes** schreitet fort, sodass alle Knochen erkennbar werden.

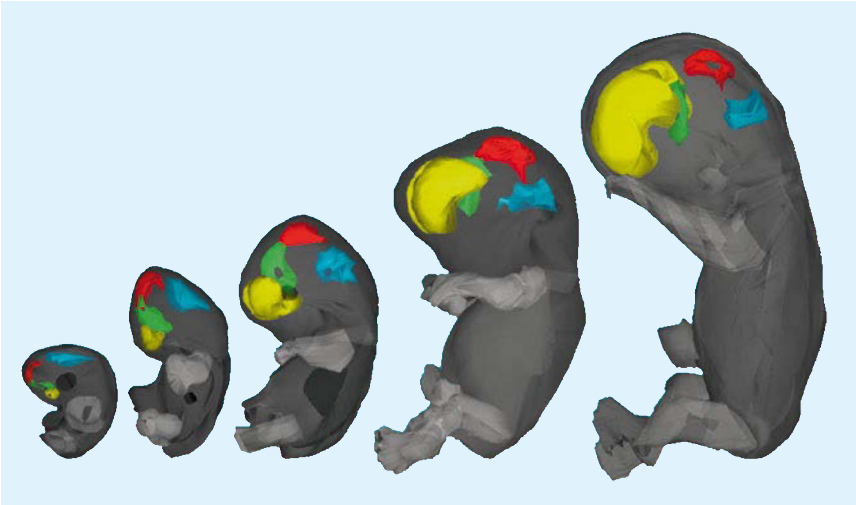


Abb. 3.34 Die geometrischen 3D-Rekonstruktionen von Embryonen und Feten zwischen den Wochen sieben bis zehn illustrieren die dramatischen Veränderungen der Körperformen, der Extremitäten und der Gehirnabschnitte im Laufe eines sehr kurzen Zeitraumes (In Anlehnung an Blaas et al. 1998a)

3.4 3D-Sonoembryologie

Die **Volumenmessungen** von Embryonen/Feten werden in der Regel mithilfe manueller Segmentierung im Geometriemodus ausgeführt. Dazu zählen einfache geometrische Volumenrekonstruktionen (Aviram et al. 2004, Falcon et al. 2005), bei denen nur der Kopf und der Körper von Embryonen unter Auslassung der Extremitäten in einem Volumen segmentiert wurden (mit dem sogenannten VOCAL-System), oder komplexe Analysen (z. B. mithilfe des EchoPAC-Systems), wo mehrere Volumina gleichzeitig gemessen wurden, wie der Kopf, Körper und die Extremitätensegmente, und die somit ein korrekteres Resultat ergaben (Abb. 3.34) (Blaas et al. 1995a, 1998a, 2006).

Embryonale/fetale *Extremitäten* machen zwischen 5 % bis 10 % des totalen Volumens aus, sollten also nicht negiert werden (Blaas et al. 2006).

In diesen 3D-Studien wurden die von der klassischen Embryologie beschriebenen Entwicklung des Körpers und der Hirnhohlräume bestätigt (Blaas et al. 1995c, 1995a, 1998a). Auch die 3D-Volumenestimationen waren mit embryologischen Studien vergleichbar (Streeter 1920, Jirásek et al. 1966).

Interessant sind halb- und vollautomatische Algorithmen, mit deren Hilfe man im Ultraschallbild dunkel erscheinende Flüssigkeit wie z. B. Fruchtwasser oder Hirnflüssigkeit markieren und geometrisch darstellen und sogar volumetrisch berechnen kann (Raine-Fenning et al. 2007, 2008, Kim et al. 2008, Trimor-Tritsch et al. 2008, Hata et al. 2009, Sur et al. 2011).

Die Hirnhohlräume sind ab der Woche 7 gut zu erkennen und lassen sich somit im 3D-Verfahren sowohl mit der Geometrievisualisierung als auch mit dem **Inversionsmodus** darstellen. Die Volumenberechnungen in ml sind besonders mit dem Geometrieverfahren (manuelle Segmentierung nach Überprüfung der Validität der Software) sehr genau.

Bezüglich des Inversionsverfahrens hat sich herausgestellt, dass bei der Volumeneinschätzung mit SonaAVC besonders bei sehr kleinen Volumina **Fehlberechnungen** entstehen (Sur et al. 2010, 2011). Daher ist es noch etwas problematisch, Volumina von Embryonen im Substraktionsverfahren zu berechnen: geometrische Volumenberechnung des Fruchtsackes mithilfe von VOCAL minus Flüssigkeitsvolumen der Chorion- und Amnionkavität im SonoAVC-Verfahren (Sur et al. 2010, 2011). Probleme mit sonografischen 3D-Volumenberechnungen von sehr kleinen Strukturen und Kavitäten wurden schon früher thematisiert (Blaas et al. 1998a, Berg et al. 2000).

Die 3-dimensionale Darstellung von Embryonen wird fortlaufend perfektioniert (Abb. 3.35). Die HD-3D-Bilder von Benoit stellen, zumindest zum Zeitpunkt des Verfassens dieses Buchbeitrags, wohl das absolut Beste, derzeit Erreichbare dar (Abb. 3.36).

3.5 Gestörte Entwicklung im I. Trimenon

3.5.1 Allgemeine Aspekte der gestörten Frühschwangerschaft

Die klinischen Zeichen des drohenden Abortes stellen für jede betroffene Frau eine psychische Belastung dar. In der historischen Entwicklung der Differenzialdiagnostik von Problemen bei Blutungen und Schmerzen in der Frühschwangerschaft vor der Ultraschallära war die substanzielle Unsicherheit des Arztes über den tatsächlichen Hintergrund der Symptome gekennzeichnet durch lange stationäre Aufenthalte und oftmals ergebnislose Therapieansätze. Erst nach Einführung der Sonografie bestand die Möglichkeit, visuell zu klären, ob ein vitaler Embryo vorliegt und damit die Prognose völlig anders einzuschätzen ist.

Bei 100 Konzeptionen ist in mehr als 50 Fällen mit einem unerkannten präklinischen Frühabort zu rechnen (Benagiano et al. 2010). Von den verbleibenden weniger als 50 Prozent objektivierten klinischen Schwangerschaften werden weniger als 15 % mit einem Abort enden.

In der sonografischen Beurteilung kommt den Fragen

- „Ist die Schwangerschaft intakt?“
- „Findet sich ein vitaler Embryo?“

eine grundlegende Bedeutung sowohl für Prognose als auch für die psychische Betreuung der betroffenen Frau zu.

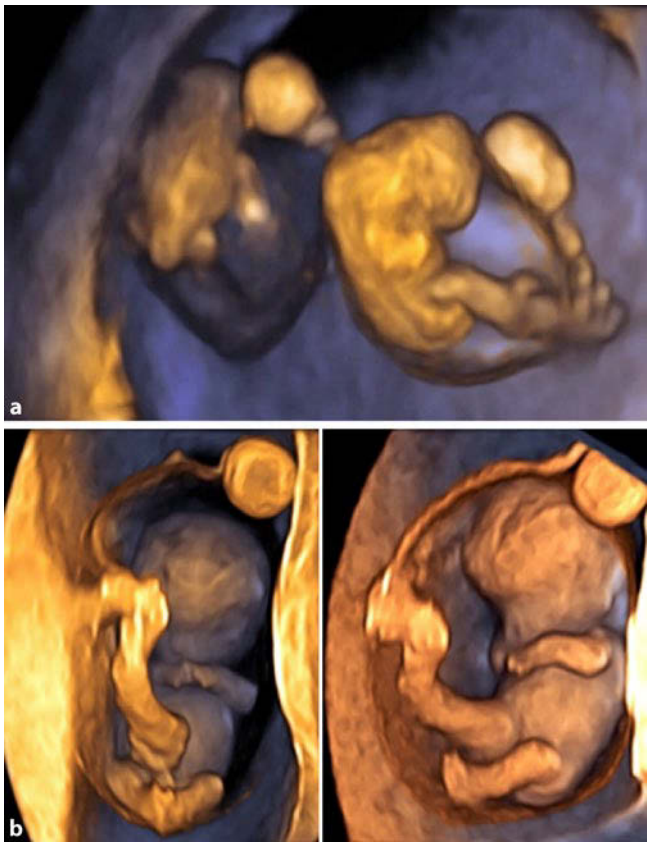


Abb. 3.35 3D-Abbildungen. **a** MCDA-Zwillingen am Anfang der Woche 8 (SSL 16 mm). **b** Ein Embryo aus der Woche 9 (SSL 26 mm). Die Abbildung veranschaulicht deutlich die Körperformen, Extremitäten, Nabelschnüre, Amnionsäcke und den Ductus vitellinus mit Dottersack außerhalb des Amnionsacks

Abb. 3.36 Ähnliche 3D-Motive wie in Abb. 3.34 – jedoch mit einer weiterentwickelten HD-Software, die die Embryonenoberfläche besonders schön glättet und beleuchtet. **a** 7 Wochen alter Embryo. **b** 9 Wochen alter Embryo. (Mit freundl. Genehmigung von Dr. Bernard Benoit, Nizza, Frankreich)

3.5.2 Abortus imminens, incipiens, incompletus und Missed abortion

Bei Verdacht auf eine gestörte Schwangerschaft (Schmerzen, Blutungen oder Nachlassen schwangerschaftsbegleitender Symptome wie Übelkeit oder Brustspannung) liefert die **transvaginale Sonografie** die entscheidenden Befunde – wenngleich auch nicht in jedem Fall die sofortige und endgültige Differenzierung in gestörte intrauterine und extrauterine Schwangerschaft möglich ist.

Klinische und laborchemische Untersuchungen können häufig den verschwommenen Begriff „**Abortus imminens**“ nicht in definierte Diagnosen unterteilen. Das therapeutische Konzept muss jedoch von klar definierten Diagnosen ausgehen. Bringt man die bereits beschriebenen Möglichkeiten der Ultraschalldiagnostik im I. Trimenon konsequent zum Einsatz, so ist klar, dass sich durch diese Untersuchung wichtige Gesichtspunkte zu einer raschen zielführenden und diagnosebezogenen Betreuung der Patientinnen ergeben.

Eine Vorbereitung der Patientin (Blasenauffüllung bei der transabdominalen Sonografie) entfällt zwar bei der transvaginalen Sonografie, dennoch sollte die transabdominale Untersuchung bei entsprechenden Fragestellungen weiter erwogen werden, vor allem bei der Differenzierung von Tumor und Schwangerschaft, Uterusfehlbildungen und Schwangerschaft und jeder Form des Verdachts auf ektopen Sitzes der Schwangerschaft.

Sonografischen Diagnosekriterien

1. Die Schwangerschaft ist sicher intrauterin und intakt (der Embryo lebt).
2. Die Schwangerschaft ist sicher intrauterin und nicht intakt (der Embryo ist vorhanden und lebt nicht bzw. ein aufgrund der Fruchthöhlengröße zwingend zu fordernd sichtbarer Embryo ist nicht vorhanden).
3. Es ist noch nicht zu entscheiden, ob eine normale oder eine gestörte Schwangerschaft vorliegt.

Die wichtigste Grundeinteilung resultiert aus dem Nachweis embryonalen oder fetalen Lebens. Fällt dieser Nachweis positiv aus, so ist aus Sicht der Autoren nur noch in etwa 5–15 % der Fälle damit zu rechnen, dass es tatsächlich zum Abort kommt.

Hilfreich für die Diagnose „gestörte Schwangerschaft“ ist der **Größenvergleich zwischen Embryo, Dottersack und Fruchthöhlengröße** – wobei kurzfristige Kontrollen (2–4 Tage) einen klinischen Verdacht erhärten oder ausräumen. Vorschnelle Äußerungen und Diagnosen sind zu vermeiden. Eine Untersuchung durch eine zweite Person oder eine Kontrolluntersuchung im

Abb. 3.37 Choriale Blutung. *Links* neben der Fruchthöhle findet sich eine unregelmäßig begrenzte, inhomogen echoärmere Region, die einem Hämatom bei Abortus imminens entspricht

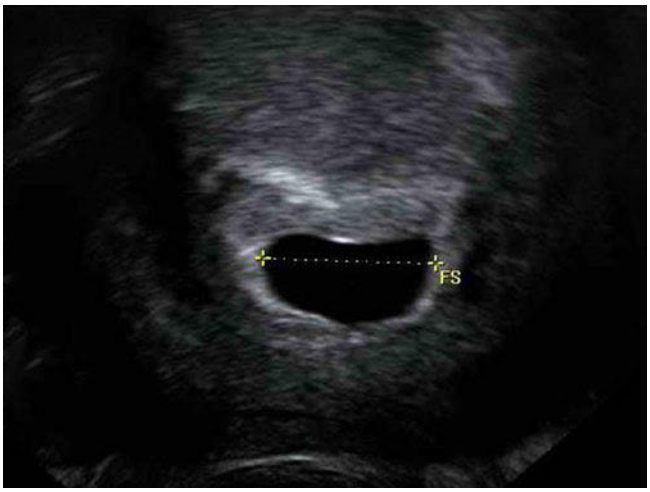


Abb. 3.38 Typischer Fruchtsack des Windeis ohne embryonale Strukturen

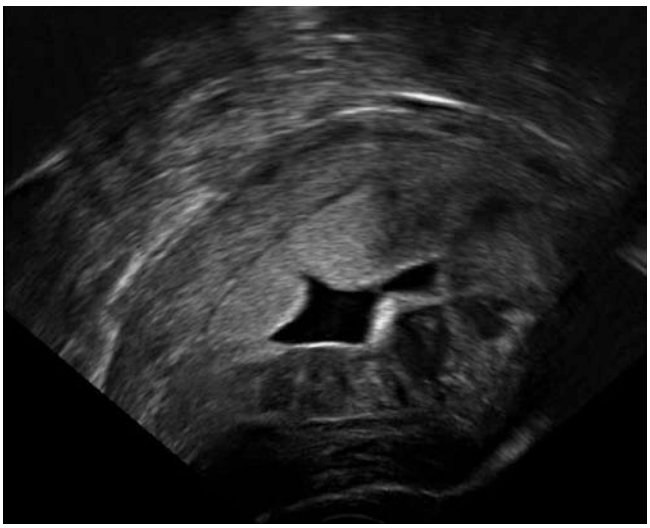


Abb. 3.39 Entrundeter Fruchtsack im Rahmen eines Windeis

entsprechend zeitlichen Abstand muss das Grundprinzip des diagnostischen Vorgehens sein.

In vielen Fällen können bei den Symptomen eines „Abortus imminens" **choriale Blutungen** verifiziert werden. Hämatome sind als zweiter im Uterus sichtbarer Hohlraum nicht immer auf den ersten Blick von einer Gravidität zu differenzieren, besonders dann nicht, wenn bei Mehrlingen eine Anlage gestört ist. Sonografisch hilft die Tatsache, dass eine frühe Schwangerschaftsanlage mit einem hellen Trophoblastenring umgeben ist (Abb. 3.37), während ein solcher bei einem Hämatom fehlt.

Andererseits führen auch größere sonografisch leicht **erkennbare intra-** bzw. **subchoriale Hämatome** nicht zwangsläufig zum Abort, da offensichtlich auch größere Blutansammlungen, die meist zwischen Decidua und Chorion liegen, organisiert und resorbiert bzw. ohne Störung des weiteren Schwangerschaftsverlaufes abbluten können. Ein relativ sicheres Zeichen für einen nicht aufzuhaltenden Abort ist die vollständige Ablösung der Chorionschicht.

Verschiedene **Phasen des Abortgeschehens** können ebenfalls sonografisch erfasst werden, wobei in Kombination mit der immer angebrachten klinischen Untersuchung, bei geöffnetem Zervikalkanal und in die Vagina prolabierter Fruchtblase, der Embryo häufig noch mit Herzaktion dargestellt werden kann, nach Blasensprung und stärkerer Blutung ist der nicht spontan ausgestoßene Embryo oft nur noch als unregelmäßige Gewebsstruktur zu erkennen.

Abortivfrucht (Windei)

In etwa 50 % aller Aborte ist der Embryo weder im Ultraschallbild, noch im Curettagematerial auffindbar. Donald prägte dafür den Begriff „blighted ovum". Im deutschen Sprachraum wird diese Diagnose meist als „Abortivei", „Windei" oder auch „Mole" bezeichnet, wobei dieser Begriff zu Missverständnissen führen kann.

Das typische Ultraschallbild zeigt eine echoleere, häufig auch schlechter abgrenzbare und für das Gestationsalter zu kleine Fruchthöhle, die bei der Verlaufskontrolle zu langsam wächst oder unter Umständen sogar wieder kleiner wird (Abb. 3.38). Außerdem liegen häufig morphologische Veränderungen (Entrundung u. ä.) der Fruchthöhle vor (Abb. 3.39).

Da bekannt ist, dass zwischen 6 + 5 und 10 Schwangerschaftswochen der durchschnittliche Diameter der Amnionhöhle gleich der SSL des Embryos entspricht, folgert Blaas et al., dass mit der Darstellung der Amnionhöhle in diesem Zeitraum auch immer ein Embryo darstellbar sein müsste (Blaas et al. 1998b, Blaas 1999b). Im Umkehrschluss heißt dies, dass, wenn bei einer sichtbaren Amnionhöhle kein Embryo gefunden wird, eine Abortivfrucht vorliegt.

Wenn zwischen 6 + 5 und 10 SSW die Amnionhöhle/Amnionmembran darstellbar ist, aber kein Embryo gefunden werden kann, liegt eine Abortivfrucht vor.

Findet sich jedoch eine **kleinere Fruchthöhle**, so muss auch eine **jüngere Gravidität** in Betracht gezogen werden.

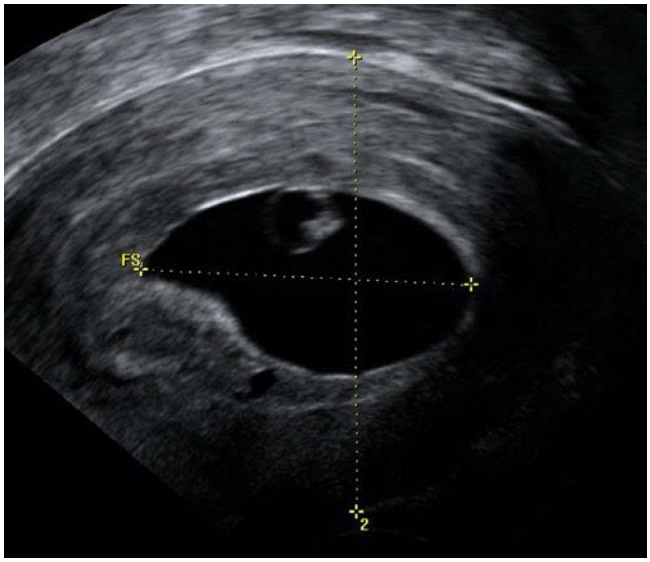


Abb. 3.40 Missed abortion. Die Fruchthöhle ist bei der „missed abortion" im Verhältnis zum Embryo deutlich zu groß

Tipp

Gerade in diesen Fällen muss von einer voreiligen Fehldiagnose gewarnt werden. Abwartendes Verhalten, Verlaufskontrollen im Abstand von 2 bis 7 Tagen, Vergleich der biometrischen Daten und Patientenaufklärung über den Hintergrund der gezeigten Vorsicht sind das beste Instrument zu einer medizinisch korrekten und psychisch adäquaten Vorgangsweise.

Auch eine primär leer erscheinende Fruchthöhle darf nicht zur „Blickdiagnose" Windei führen. Der Embryo kann sich in einem Winkel der nicht ganz runden Fruchthöhle verbergen oder er kann ganz am Rande der Fruchthöhle liegen, sodass er schwer vom anliegenden Gewebe zu unterscheiden ist („Eckenhocker"). Nur ein exaktes Schichtscreening in allen Ebenen durch Rotation und Kippen des Schallkopfes schützt vor Fehldiagnosen.

Besonders retroflektierte evtl. auch noch myomatöse Uteri können durch erschwerte Untersuchungsbedingungen zu Fehleinschätzungen führen. Wir möchten uns Robinson anschließend, der schon vor vielen Jahren vorschlug, die Menstruationsanamnese und alle klinischen Angaben im Zweifelsfall zu ignorieren und die endgültige Diagnose nur aus den Ultraschallbefunden zu stellen.

Jaffe untersuchte mithilfe der Farbdopplersonografie die uteroplazentare Durchblutung bei 100 Schwangeren zwischen 7 und 12 Wochen und konnte einen deutlichen Unterschied zwischen normaler und gestörter Schwangerschaft feststellen (Jaffe 2001). So führten anormale Durchblutung in 43 % der Fälle zum Abort während normale Durchblutung nur in 1,4 % zur Fehlgeburt führten, so dass der Farbdoppleruntersuchung ein hoher Vorhersagewert zukam. Im klinischen Alltag ist dies derzeit immer noch kein empfehlenswerter Weg da sowohl methodisch, als auch von den Sicherheitsaspekten her die zukünftige Entwicklung abzuwarten ist.

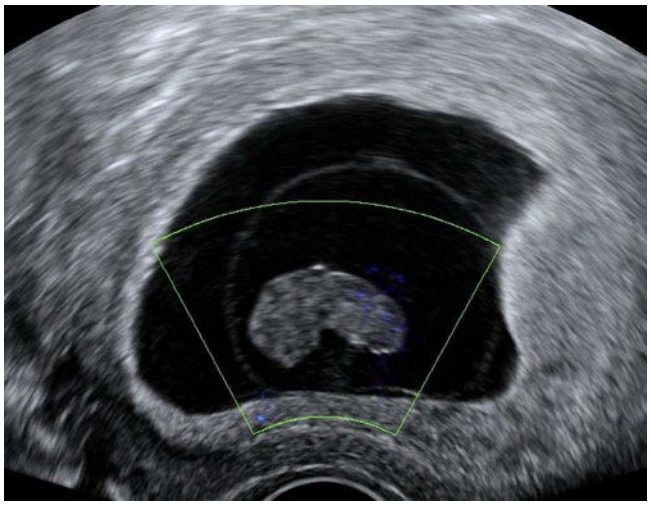


Abb. 3.41 Missed abortion. Negative Herzaktion im Farbdoppler. Der HD-Flow ist sensitiv eingestellt: Man beachte den zarten Fluss im chorialen Bereich links unten im Dopplerfenster und die periembryonalen Artefakte

Die Abortivfrucht kann als typische „Entwicklungsanomalie" der sehr frühen Schwangerschaft angesehen werden, da in einem hohen Prozentsatz (40–70 %) chromosomale Störungen vorliegen. Diese Information soll im Fall einer sicher gestörten Schwangerschaft an betroffene Patientinnen weitergegeben werden, da dadurch die psychische Belastung deutlich besser verarbeitet wird.

Missed abortion

Die Diagnose „missed abortion" ist vergleichsweise einfach zu stellen, sofern die Darstellung des Embryos bzw. Fetus einwandfrei gelingt. Typisch ist die Diskrepanz zwischen embryonaler Größe und Größe der Amnionhöhle (Abb. 3.40).

Ist der Embryo/Fetus sonografisch eindeutig darstellbar und zeigt keine Herzaktion, so ist die Diagnose leicht stellbar (Abb. 3.41). In der frühen Woche 6 kann der Nachweis der Herzaktion schwierig sein. In solchen Fällen ist die mehrzeitige Kontrolle im Abstand von 3 oder mehr Tagen angezeigt.

Typisch für einen abgestorbenen Embryo ist dessen milchiges Aussehen, ohne Zeichen der intrazerebralen Hohlräume, und oft das Fehlen der Amnionmembran (Abb. 3.42).

Bei eindeutig positiver Herzaktions- oder Bewegungsdarstellung ist die Ausschlussdiagnose sicher und eine weitere hormonelle Absicherung unnötig. Auch im Zweifelsfall ist eine kurzfristige Ultraschallkontrolle die schnellere, sichere und billigere Methode.

Sonografischen Diagnosekriterien

4. Sichtbarer Embryo/Fetus
5. Fehlende Herzaktion/Spontanmotorik
6. Diskrepanz zwischen Embryogröße und Amnionhöhle

Abb. 3.42 Missed abortion, etwa 9 Wochen

3.5.3 Blasenmole

Zur kompletten (vollständigen) Blasenmole kommt es, wenn der mütterliche einfache Chromosomensatz der Eizelle (durch einen noch unbekannten Mechanismus) verloren geht und der väterliche Chromosomensatz verdoppelt wird. Es resultiert also ein scheinbar normaler doppelter Chromosomensatz ohne mütterliches Erbgut. Hieraus entwickelt sich lediglich abnormes Trophoblastgewebe, jedoch kein embryonales Gewebe. In 20 % der Fälle kann es zu einer malignen Entartung kommen. Das Auftreten von extremen Luteinzysten mit Aszites kann einen Abbruch aus mütterlicher medizinischer Indikation indizieren (Abb. 3.43).

Die Diagnose Blasenmole lässt sich anhand pathognomonischer Bilder relativ leicht und zuverlässig stellen.

Das typische Ultraschallbild einer **kompletten Blasenmole** zeigt mehr oder weniger homogene Echomuster als Folge der Umwandlung des Trophoblastgewebes in zahlreiche Bläschen ohne den Nachweis einer Embryonalanlage oder Fruchtwasser. Gelegentlich finden sich auch größere echoarme Bezirke bedingt durch voluminösere Blasen oder Einblutungen. Der gleichzeitige Nachweis einer Blasenmole mit einer lebenden embryonalen oder fetalen Struktur ist nur bei etwa 2 % aller Blasenmolen zu beobachten. Bei 40–50 % aller Blasenmolen finden sich zusätzlich Theka-Lutein-Zysten von mehr als 5 cm Durchmesser. Die Entwicklung zum Chorionepitheliom ist prinzipiell möglich, aber extrem selten.

Eine **partielle Blasenmole**, d. h. eine Blasenmole neben einem Fetus, sollte immer eine Indikation zur raschen Karyotypisierung sein. Bei Nachweis einer Triploidie bedeutet dies eine infauste kindliche Prognose und eine erhöhte mütterliche Gefährdung (Präeklampsie, Blutungen, Plazentalösungsstörungen etc.). Die sofortige Beendigung der Schwangerschaft sollte mit den Eltern besprochen werden. Zur inkompletten (partiellen) Blasenmole kommt es, wenn eine Eizelle, die einen einfachen maternalen DNA-Satz enthält, von zwei Spermien befruchtet wird (**Diandrie**), oder von einer Spermie, bei der sich der Chromosomensatz verdoppelt hat. Es resultiert eine **Triploidie** mütterlichen und doppelt väterlichen Ursprungs. Hieraus entwickeln sich dann Trophoblastgewebe und embryonales Gewebe.

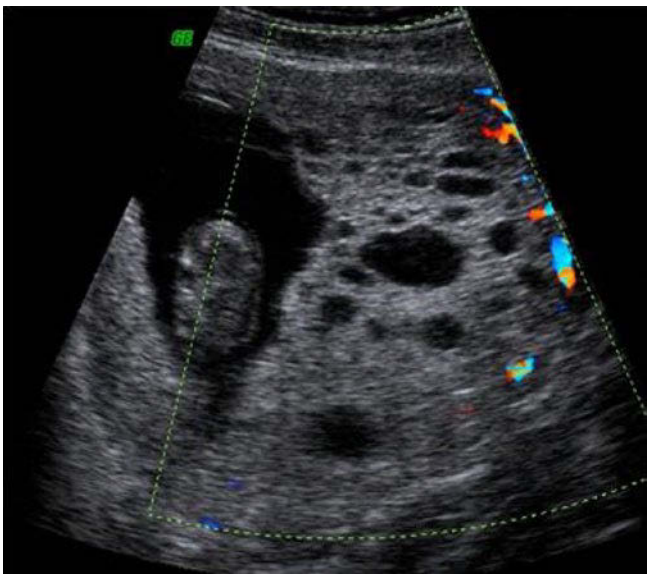


Abb. 3.43 Partielle Blasenmole. *Links* der Fruchtsack mit dem Embryo, *rechts* daneben der homogene Trophoblast mit den blasenartigen Löchern. Die komplette Blasenmole entspricht diesem Bild – jedoch ohne zusätzliche Fruchtanlage

3.5.4 Ektope Schwangerschaft

Allgemeines

Die Extrauterinschwangerschaft (EUG) ist definiert als eine Schwangerschaft, die sich außerhalb des Uterus cavum implantiert hat. Besser als dieser Terminus ist der Begriff der ektopen Schwangerschaft, da auch innerhalb des Uterus an nicht typischer Stelle (zervikal oder cornunal) Schwangerschaften auftreten können, die in ihrer klinischen Wertung der extrauterinen Schwangerschaft gleichzusetzen sind.

Das Risiko an den Folgen einer EUG zu sterben liegt bei 1 Promille, das bedeutet, es ist 10-mal größer als das einer Geburt oder 100-mal höher als das Risiko eines legalen Schwangerschaftsabbruches (Filly 1987, Atrash et al. 1987).

Ebenso eindrucksvoll sind die Spätschäden. Weniger als die Hälfte der Frauen werden nach einer EUG noch spontan schwanger und das Wiederholungsrisiko liegt bei 12–18 % (Stabile et al. 1990).

Frühzeitige Diagnosestellung und eine Therapie, die eine Tubenruptur verhindert, stellen die wichtigsten Maßnahmen zur Senkung der Komplikationsrate dar.

Epidemiologie

Ältere Studien zwischen 1965 und 1975 haben eine Zunahme der ektopen Schwangerschaften (EUG) unter anderem auf die Zunahme von Entzündungen, die größere Verbreitung von Intrauterinpessaren und die Zunahme sogenannter „sexuell transmitted diseases" zurückgeführt.

Zhang et al. (1997) berichten in einer Metaanalyse, dass häufige Vaginalspülungen („vaginal douching") nach Geschlechtsverkehr (etwa 1/3 der weißen und 2/3 der schwarzen Frauen im Reproduktionsalter in den USA) einmal das Risiko von Unterleibsentzündungen (PID) um 73 %, aber auch das Risiko für EUG um 76 % steigern.

Außerdem ist seit 1975 weltweit ein Ansteigen der ektopen Schwangerschaften zu verzeichnen, das besonders auf die Sterilitätsbehandlung (Stimulationsbehandlung und In-vitro-Fertilisation) und Zunahme der Tubenchirurgie zurückgeführt wird. Bezeichnend ist, dass die erste durch IVF erzeugte Schwangerschaft im Jahr 1976 eine ektope Schwangerschaft war (Steptoe u. Edwards 1976).

Untersuchungsgang

Der Einsatz der transabdominellen Sonografie machte früher den Nachweis einer ektopen Schwangerschaft meist erst bei Darstellung der Herzaktion des außerhalb des Uterus befindlichen Embryos oder Ruptur der Tuben (>8. SSW) möglich.

Die Kombination von Ultraschall und β-HCG steigerte zwar die diagnostische Sicherheit, erreichte aber nicht annähernd jene Präzision, mit der heute durch **transvaginale Sonografie** eine ektope Schwangerschaft nachweisbar ist. Man nimmt heute an, dass bei 91 % der Frauen mit einer ektopischen Schwangerschaft diese auf der Basis eines transvaginalen Ultraschalls allein diagnostiziert werden konnte (Casikar et al. 2012).

Wesentliche Einschnitte und Verbesserungen in der Diagnostik sind etwa seit 1986 durch den konsequenten Einsatz der transvaginalen Sonografie zu erkennen (Krantz et al. 1990). Es zeigte sich, dass bei jenen Patientinnen die transvaginal sonografiert wurden, sich der Zeitpunkt der Diagnosestellung vorverlagerte – von der durchschnittlich 10. Woche postmenstruell auf unter 6 Wochen. Damit einhergehend ist die Zahl der rupturierten ektopen Schwangerschaften „dramatisch" zurückgegangen.

Ein **systematischer Untersuchungsgang** ist wichtig, um eine sichere Diagnose zu erzielen.

Klassische Untersuchungsschritte

- Transvaginale Sonografie des Uterus,
- Aufsuchen der Adnexen und zuletzt
- gezielte Darstellung des Douglas.

Grundsätzlich sollte im Zweifelsfalle auch transabdominal untersucht werden, da die diagnostische Sicherheit dadurch erhöht wird.

Findet sich im Douglas freie Flüssigkeit, so verstärkt dies den Verdacht auf eine ektope Schwangerschaft, stellt jedoch keinen Beweis dafür dar. Ist im Douglas keine freie Flüssigkeit darstellbar, so muss bei klinischem Verdacht auf eine ektope Schwangerschaft transabdominal (am besten rechter Oberbauch zwischen Leber und rechter Niere) geschallt werden. Dies gilt vor allem für Patientinnen, die liegend transportiert wurden. Die Blutansammlung findet sich dann vor allem nach der Hochlagerung des Beckens oft nicht im Douglas, sondern im Oberbauch.

Die Bedeutung der **Farbdoppleruntersuchung** für die Diagnostik wurde von Turan et al. 1996 und Abramov et al. 1997 demonstriert. Sie konnten ein typisches Durchblutungsmuster des Adnextumors (extreme periphere und fehlende zentrale Tumordurchblutung) darstellen, während Dubinsky et al. 1997 einen negativen Vorhersagewert von 97 % für eine ektope Schwangerschaft über eine fehlende Endometriumdurchblutung ermittelten. Diese Ergebnisse zeigen, dass mithilfe der Doppler- und Farbdoppleruntersuchung zusätzliche diagnostische Kriterien gesucht werden, deren Aussagekraft für den klinischen Alltag derzeit noch nicht sicher zu beurteilen ist.

Durch die kombinierte Anwendung von Ultraschall und β-HCG können heute die besten Ergebnisse erzielt werden, denn zirkulierendes HCG zeigt zwar das Vorhandensein eines Trophoblasten an, ohne allerdings dessen Implantationsort anzugeben, die Sonografie hingegen hilft das morphologische Substrat zu lokalisieren.

Lokalisation

Wir unterscheiden zwischen **extrauterinen** und **ektopen intrauterinen Schwangerschaften**, wobei letztere nicht weniger gefährlich sind.

Zu den extrauterinen Lokalisationen zählen mit 95 % die **tubare Schwangerschaft**, in 5 % sitzt die EUG außerhalb der Tube

- im Ovar,
- im Ligamentum infundibulopelvicum,
- im Netz oder
- der freien Bauchhöhle,
- an Organen des Oberbauchs (Milz!) oder
- im Douglas-Raum.

Der **ektope Sitz** der Schwangerschaft ist selten und beinhaltet

- die zervikale Schwangerschaft,
- den kornualen, angulären oder interstitiellen Sitz sowie
- die ektope Schwangerschaft im rudimentären Horn eines Uterus didelphys.

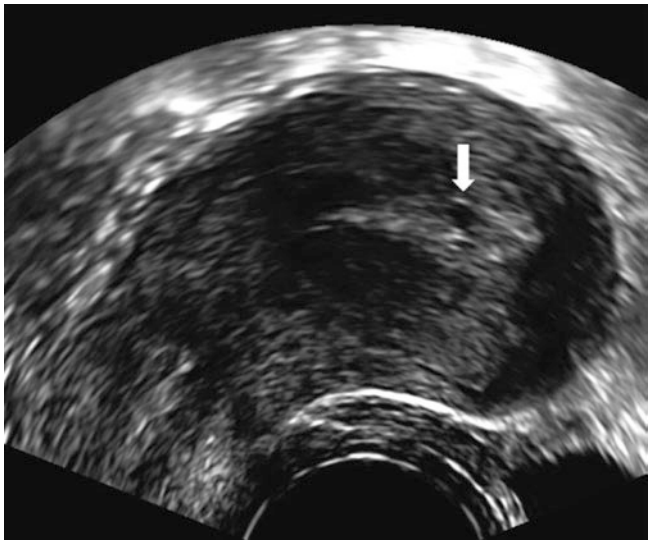
Die Gefährlichkeit der nicht-tubaren Schwangerschaft dokumentiert die Untersuchung von Bayless aus den Vereinigten Staaten von 1979–1981, indem der nicht-tubare Sitz, wenngleich selten, doch für 20 % der mütterlichen Komplikationen verantwortlich war.

Pathophysiologie

Die **tubare Schwangerschaft** ist charakterisiert durch die Invasion des Trophoblasten in die Tubenmukosa. Das Wachstum findet im Raum zwischen der Serosa und der Endosalpinx statt (Stock 1985).

Finden Blutungen statt, fließt das Blut meist zunächst durch die Tube in die freie Bauchhöhle ab. Bei weiterem Wachstum des Trophoblasten rupturiert die Tube und eine oft massive intraperitoneale Blutung findet statt.

Im Rahmen der durch den Trophoblasten – wo immer er auch implantiert sein mag – produzierten Hormone reagiert das Endometrium. Es entsteht manchmal (10-20 % s. u.) eine einer intrauterinen Schwangerschaft ähnliche ringförmige Struktur („**Pseudogestationssack**"), die einerseits als Beginn einer Blutung zwischen das dezidual umgewandelte Endometrium gedeutet wird, also nicht bei noch vitalen EUG's auftritt, andererseits aber auch mit der Progesteronhöhe korreliert werden kann, wie Vergleiche mit peri- und postovulatorischen Endometriumuntersuchungen schon 1981 zeigten (◘ Abb. 3.44).



◘ **Abb. 3.44** Pseudogestationssack. Im Endometrium bei ektopen Schwangerschaften kann sich ein kleiner echoarmer Bezirk finden, der im Gegensatz zum intrauterinen Gestationssack unscharf begrenzt und meist entrundet vorliegt (*Pfeil*). Im Gegensatz zu einer Frühschwangerschaft fehlt der helle Trophoblastenring

Klinik

Schmerzen sind das häufigste Symptom. 97 % der Patienten klagen über ein- oder beidseitige ziehende Schmerzen, die aber ebenso durch eine Corpus-luteum-Zyste bedingt sein können – oder unspezifisch als Uterusdehnungsschmerz bei einer intrauterinen Schwangerschaft auftreten können.

Blutungen treten in 75 % der Frauen mit EUG auf, 50 % haben einen **suspekten Tastbefund**. Durch die heute viel häufiger zu beobachtende frühzeitige Diagnose einer EUG hat das sich das Risiko einer massiven Blutung durch Tubenruptur von ehemals 80 % auf 5–26 % reduziert (Weckstein 1987).

Trotz all dieser diagnostischen Fortschritte ist die EUG noch immer für 4.9 % aller mütterlichen Todesfälle in den westlichen Ländern verantwortlich (WHO 2005).

Weitere Komplikationen sind

- Sinusthrombosen,
- Chorionepitheliome,
- Chorionkarzinome und
- Fisteln nach abdominellen Schwangerschaften (Stabile u. Grudzinskas 1990, McDonnell et al. 1997).

Diagnose und Differenzialdiagnose

Neben der Sonografie und der HCG-Bestimmung kommen heute immer noch weitere **diagnostische Maßnahmen** zum Einsatz:

- die Douglaspunktion (Kuldozentese) als wichtigstes Verfahren der 70er-Jahre,
- die Curettage als diagnostisch- und therapeutisches Verfahren, wenn eine nicht intakte intrauterine Schwangerschaft besteht und
- die Laparoskopie als diagnostisch-therapeutisches Standardverfahren.

Die Douglaspunktion bietet zwar ein hohes Maß an diagnostischer Sicherheit (99,2 % bei positivem Schwangerschaftstest), ist aber durch den hochsensitiven Ultraschall abgelöst worden.

Die **Laparoskopie** bietet ein hohes Maß an Sicherheit bei Rupturen und den älteren tubaren Schwangerschaften. Beim Nachweis einer EUG kann mit gleichem Eingriff durch Entfernung der Schwangerschaft auch die Therapie erfolgen. Falsch negative Befunde sind vor allem bei sehr frühen Fällen nicht selten.

Allerdings sollte nicht vergessen werden, dass die Laparoskopie eine generelle Anästhesie erfordert und dass der derzeitige Trend zunehmend in Richtung „nicht-chirurgischer" Behandlungsmethoden geht.

▪ Uterus

Eine **intrauterine Schwangerschaft** kann frühestens 17 bis 19 Tage nach Konzeption dargestellt werden (Fruchtsackdurchmesser 1–3 mm und β-HCG 400–700 mIU/ml FIRP).

Gegenüber der transabdominellen Sonografie spielen die äußeren Ultraschallbedingungen (Adipositas) bei der TVS eine nur untergeordnete Rolle, allenfalls Myome können die Diagnose erschweren.

Im Fall einer EUG kann das dezidual umgewandelte Endometrium in aller Regel als ein relativ helles homogenes Endometrium dargestellt werden – es erinnert an ein sekretorisch umgewandeltes Endometrium der normalen 2. Zyklusphase. Nur in wenigen Fällen kommt der sogenannte „Pseudogestationssack" (Lim et al. 2007) zur Darstellung, eine ringförmige Struktur (◘ Abb. 3.44), die mit einer intrauterinen Schwangerschaft verwechselt werden kann.

Das **Drei-Schichten-Endometrium** („endometrial three layer") wird von Lavie et al. und Lim et al. als neues und gutes Zeichen mit einer Spezifität von 100 % und einer Sensitivität von 62 % angegeben (Lavie et al. 1996, Lim et al. 2007). Es handelt sich um eine sphärische Struktur, die ein Mittelecho mit zwei anliegenden ödematösen Endometriumschichten darstellen soll, bedingt durch die Wassereinlagerung als Folge der Progesteronwirkung (◘ Abb. 3.45).

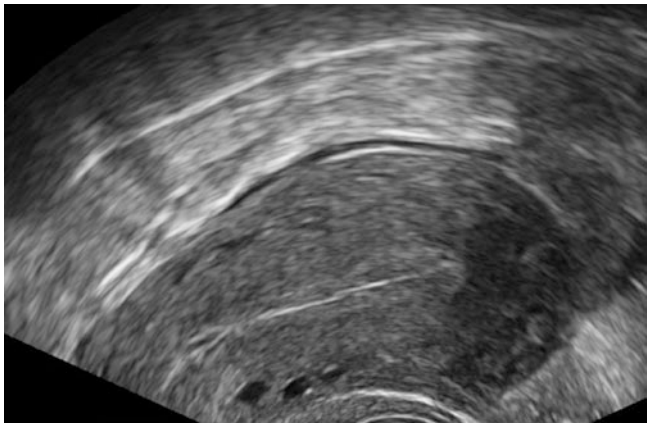


Abb. 3.45 Angedeutetes Drei-Schicht-Endometrium mit scharfen Grenzen und echoärmerem Stroma

Tab. 3.9 Vergleich des sonografischen Bildes einer intrauterinen Schwangerschaft und des „Pseudogestationssacks".

	Intrauterine Gravidität	„Pseudogestationssack"
Lokalisation	Exzentrisch im Cavum uteri, da Implantation im Endometrium von Vorder-, Hinter- oder Seitenwand	Zentral in der Mitte des Cavum uteri
Randbegrenzung	Hyperreflektiver asymmetrischer Randbereich, entspricht dem Trophoblastenring	Hyperreflektiver Randsaum gleicher Breite, entspricht Endometrium
Farbdoppler	„Low resistance flow" im Bereich des Chorion frondosum, höhere Durchblutungsaktivität	Geringer Flow mit höherem Widerstand, kein arterieller, wenig venöser Flow
Zusätzlich	Dottersack und Embryo nach 5 bis 6 SSW sichtbar	Kein Dottersack, kein Embryo

Sonografische Hinweise für eine Extrauterinschwangerschaft – Uterus

- Keine intrauterine Fruchthöhle darstellbar ab einem HCG-Wert von 1000–2000 mIU/ml/IRP)
- Zentraler Sitz einer vermeintlichen Chorionhöhle („Pseudogestationssack" ohne echoreichen Trophoblastring)
- Bereits helleres Endometrium (wie in der Sekretionsphase) und positiver HCG-Wert

Adnexe

Die sorgfältige Sonografie der Adnexe ist der wichtigste Teil der Untersuchung, wenn keine intrauterine Schwangerschaft darstellbar ist.

Gelingt die Darstellung einer hyperreflektiven Ringstruktur (Querschnitt der Tube mit Throphoblast (Abb. 3.46) sowie die Darstellung eines Dottersackes, eines Embryos oder der Herzaktion, ist die Diagnose einfach. Zu erwarten ist dies in 14–28 % der Fälle (Cacciatore et al. 1989, Stiller et al. 1989).

Es entwickeln sich 13 % der EUGs zunächst scheinbar normal und zeigen einen unauffälligen β-HCG-Anstieg sowie nahezu alle sonografischen Charakteristika einer intrauterinen Schwangerschaft (Dottersack, Zölom, Embryo) (Casikar et al. 2012).

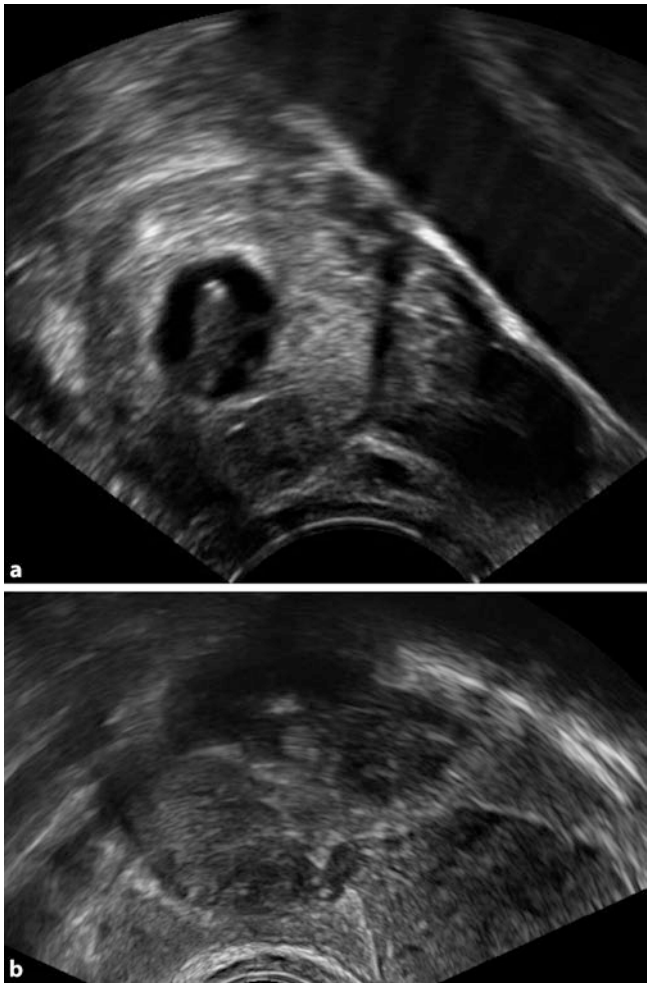


Abb. 3.46 **a** Stehende EU. *Links* neben dem Ovar findet sich der Fruchtsack mit dem Embryo, umgeben von echogenem, chorialem Gewebe. Als Leitstruktur im *rechten oberen Bildrand* die Iliakalvene. **b** EU Tubaria

Die intrauterine Schwangerschaft ist von einem deutlichen Myometriumrand umgeben, der bei die extrauterinen Gravidität fehlt.

In 68 % der ektopen Schwangerschaften liegt das Corpus luteum auf der gleichen Seite (Ziel u. Paulson 2002) – hier kann es zu Verwechslungen bei „nicht rupturierten" tubaren Schwangerschaften kommen, wenngleich das Hauptcharakteristikum, der hyperreflektive Randsaum, beim Corpus luteum fehlt.

Die Ultraschalldiagnostik älterer Tubaraborte ist schwierig, da sich im Adnexbereich zystisch-solide, oft längliche Tumoren finden, die nur schwer von anderen Adnextumoren bzw. entzündlichen Prozessen unterscheidbar sind.

Bei Extrauteringraviditäten in einem späteren Gestationsalter kann die Diagnose häufig nur durch Kombination von transvaginaler und transabdominaler Sonografie gestellt werden.

Sonografische Hinweise für eine Extrauterinschwangerschaft – Adnexe

7. Hyperreflexive meist runde Struktur mit zentraler echoleerer Höhle auf der Seite des Corpus luteums
8. Chorionhöhle ohne deutlichen Muskelmantel
9. In späterem Schwangerschaftsalter: Fruchthöhle ohne eindeutige Beziehung zur Zervix

Douglas'sche Raum

Bei den meisten Tubaraborten lässt sich sonografisch Blut im Douglas'schen Raum nachweisen, wobei frisches Blut eher echoarm und in Organisation befindliche Hämatome bzw. Gewebsanteile als fast solide Strukturen imponieren.

Interstitielle, kornuale und anguläre Schwangerschaft

Eine Sonderform der ektopen Gravidität ist die interstitielle, kornuale und anguläre Gravidität.

Eine **kornuale Schwangerschaft** liegt im rudimentären Horn eines septierten oder bikornualen Uterus. Die **interstitielle Schwangerschaft** findet sich im intramuralen Teil der Tube, die von Myometrium bedeckt ist. Eine solche Schwangerschaft kann unentdeckt bleiben, bis sie bei 12 bis 16 Wochen rupturiert. Im Gegensatz zur interstitiellen Schwangerschaft spricht man von einer **angulären Schwangerschaft** (Abb. 3.47), wenn diese in einem der lateralen Winkeln der uterinen Kavität implantiert ist und sich bis zum Termin entwickeln kann (Alves et al. 2011). Solche angulären Schwangerschaften enden in 38 % mit einem Abort und in etwa in 23 % mit einer Uterusruptur.

Die **Häufigkeit interstitieller Graviditäten** wird zwischen 1,3 und 4,7 % aller ektopen Graviditäten angegeben. Sie nimmt seit Einführung von IVF deutlich zu. Dies ist deshalb von Bedeutung, weil Rupturen von Graviditäten im interstitiellen Abschnitt der Tube charakteristischerweise später als Rupturen von Graviditäten im isthmischen oder ampullären Tubenabschnitt erfolgen. Die Tube ist in der Pars interstitialis von Myometrium umgeben und somit dehnbarer als in den anderen Abschnitten (Beck et al. 1990). Das Myometrium bietet aber auch eine bessere Blutversorgung als die anderen Teile des Eileiters. Vor der Ära der Sonografie wurden nur 2,2 % dieser Form der Extrauteringravidität vor der Ruptur diagnostiziert und operiert. Die klinische Diagnostik der interstitiellen Gravidität ist durch das Fehlen spezifischer Symptome erschwert.

Die sonografische **Diagnose der interstitiellen Gravidität** beruht auf den allgemeinen Prinzipien der Diagnostik von Extrauteringraviditäten. Für die Diagnostik der interstitiellen Gravidität wird die Darstellung einer exzentrisch gelegenen Fruchtanlage ohne direkten Anschluss zum intrakavitären Endometrium gefordert. Die frühe interstitielle Gravidität erscheint als kleiner, intramural gelegener, sonoluzenter Bereich. Der Fruchtsack kann sich auch unterhalb der Uterusmukosa vorwölben.

Mit der zeitlich früheren Diagnostik werden zunehmend konservative, also organ- und damit fertilitätserhaltende **Therapiemethoden** angewandt. So berichten Lau et al. 1999 in einer Übersichtsarbeit über 41 Fälle interstitieller Gravidität, die systemisch oder lokal mit Methotrexat behandelt wurden, wobei die Erfolgsrate 83 % betrug. Weitere 22 Fälle wurde mittels konservativer laparoskopischer Techniken behandelt – in dieser Gruppe lag die Erfolgsrate bei 100 %. In einer prospektiven Interventionsstudie (Hafner et al. 1999) wurden 10 von 11 betroffenen Frauen mit Methotrexat behandelt, 5 systemisch (Erfolgsrate 80 %) und 5 lokal (Erfolgsrage 100 %). All diese organ- und fertilitätserhaltenden Therapiemethoden wären ohne rechtzeitige Diagnose mittels TVS nicht denkbar gewesen.

Interstitielle, kornuale und anguläre Graviditäten sind selten. Dennoch kommt ihnen wegen der Problematik einer rechtzeitigen Diagnostik und der Schwere der Rupturfolgen eine klinische Bedeutung zu.

Zervikale Schwangerschaft

Die Implantation der fertilisierten Oozyte distal vom Os internum cervicis ist selten. Die Inzidenz der zervikalen Schwangerschaft schwankt in der Literatur von einem Fall auf 978 Lebendgeburten in Japan (Shinagawa u. Nagayama 1969), einer auf 56.730 Geburten in den USA (Paalmann u. McElin 1959, Breen 1970) und einem Fall auf 8628 Geburten in Israel (Ushakov et al. 1997).

Mit der Manipulation an der Zervix und den dadurch bedingten Schleimhautdefekten nimmt die Häufigkeit der Zervixgravidität offensichtlich deutlich zu. Die **klinischen Zeichen** der Zervikalgravidität wurden 1959 von Paalmann und McElin definiert. Sie bestehen in schmerzloser Vaginalblutung und Amenorrhö, ausgeweiteter Zervix, die gewöhnlich größer als der Korpus ist, einem verschlossenem Ostium internum cervicis und eventuell endozervikal tastbarem Plazentagewebe.

Nur durch die **Sonografie** in der Frühschwangerschaft eröffnen sich die Möglichkeiten zu rechtzeitigen konservativen, fertilitätserhaltenden Maßnahmen. Die frühe Sicherung der Diagnose ist durch die Ultraschalluntersuchung möglich und wurde erstmals von Raskin 1978 beschrieben (Raskin 1978). Bei einer Analyse von 117 Fällen in der englischen Literatur seit 1978 konnte deutlich gezeigt werden, dass die Sonografie über 80 % die sichere Diagnose vor der Behandlung ermöglichte (Ushakov et al. 1997). Wir selbst haben über 3 in relativ kurzem Zeitraum sonografisch diagnostizierten Fällen berichtet (Spitzer et al. 1997).

Hauptziel ist dabei die frühe Erkennung des Problems, um lebensbedrohliche Komplikationen und Notfallhysterektomien zu vermeiden (Abb. 3.48).

Sonomorphologisch typischen Zeichen

10. Im Cavum uteri findet sich nur ein hohen Endometrium oder zentral liegende Flüssigkeit.
11. Am Übergang der Zervix zeigt sich häufig eine „sanduhrähnliche" Einziehung.
12. Die Zervix selbst ist aufgetrieben und zeigt je nach Alter und Intaktheit der Schwangerschaft einen Fruchtsack und asymmetrisch gelegen die hyperreflexiven Zonen der implantierten Trophoblaststrukturen.

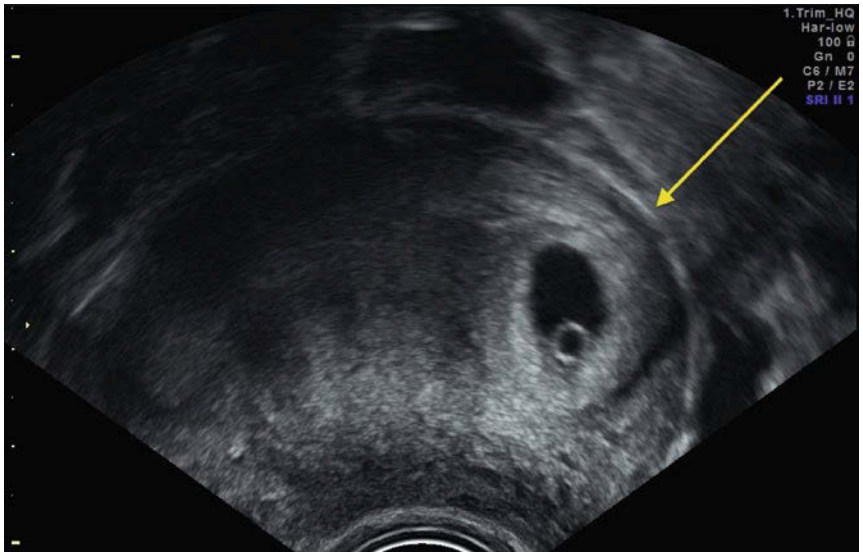


Abb. 3.47 Querschnitt durch den Fundus einer Frühschwangerschaft am Ende der Woche 5. Man sieht die anguläre Gravidität mit deutlichem Dottersack in der linken „Ecke" des Uterus/Fundus am Übergang zum Eileiter. Das gesunde Kind wurde vor dem Termin durch Sectio entbunden.

Ist die Schwangerschaft älter, kann es schwierig sein, das Corpus uteri von der stark aufgetriebenen Zervix zu unterscheiden. Nach Analyse zahlreicher Kasuistiken mit unterschiedlicher Aussage über den besten Weg zur Diagnosesicherung und nach unseren eigenen Erfahrungen scheint es sinnvoll im Zweifelsfall die **abdominale Untersuchungstechnik** mit der **TVS** zu kombinieren und durch die **gleichzeitige Palpation** zu ergänzen. Bei der isolierten Anwendung der TVS scheint die „Nähe am Problem" oft ein Hindernis und kein Vorteil zu sein. Erst durch die zusätzliche, transabdominelle Untersuchung wird aufgrund der besseren Übersicht das Problem oftmals erkennbar.

Bis 1953 lag die berichtete mütterliche Mortalität zwischen 6 und 45 %. In den folgenden 30 Jahren sank sie auf 0 %. Dennoch war häufig die **Hysterektomie** das einzige Instrument zur Lösung des Problems. Zwischen 1968 und 1978 wurde in der Literaturübersicht noch eine Notfallshysterektomierate von 90 % angegeben (Ginsburg et al. 1994). In der neueren Literatur sank die Hysterektomierate auf 15 % (Van de Meersche et al. 1995).

Insgesamt ist auch bei dieser Problemstellung die Prognose von der richtigen „frühen" Ultraschalldiagnose abhängig und erfordert damit fachspezifische Gesamtkompetenz, klinische Erfahrung und fachspezifische Ultraschallkenntnis.

Ovarialgravidität

Ektope Schwangerschaften im Ovar sind sehr selten. In der Literatur wird eine Ovarialschwangerschaft auf 34 EUG's oder 7000 Entbindungen angegeben. Die Diagnostik ist überaus schwierig – bei einem hyperreflektiven Ring (Throphoblast) im Ovar in Verbindung mit einem eventuell auffälligen Befund im Uterus (Pseudogestationssack) sollte der Untersucher an eine Ovarialschwangerschaft denken.

Zur Unterscheidung von einer Tubargravidität kann das Ovar mit der Vaginalsonde zart angehoben werden. Im Fall einer Ovarschwangerschaft bewegt sich dann der Chorionring mit dem Ovar mit.

Abdominalgravidität

Von einer Abdominalschwangerschaft spricht man, wenn sie im Peritonealraum, nicht aber in der Tube, dem Ovar oder den Ligamenten sitzt.

Ein primär abdomineller Sitz, bei dem sich das Ei im Peritoneum implantiert hat, wird von einem sekundären Sitz unterschieden, bei dem die befruchtete Eizelle durch eine Tubenruptur oder einen frühen Tubarabort noch vital in die Bauchhöhle gelangt ist.

Mehrere sonografische Hinweiszeichen sind in der Literatur beschrieben worden, wie ein fehlender Muskelmantel um die Schwangerschaft, ein schweres Oligohydramnion oder eine untypische Plazentalokalisation. Die transvaginale Sonografie kann in den meisten Fällen dann den kleinen leeren Uterus darstellen (Hertz et al. 1977, Stanley et al. 1986).

3.5.5 Schwangerschaft bei Uterusanomalien

Bei einem Uterus bicornis ist es mithilfe der Sonografie in der Regel möglich festzustellen, in welchem Horn die Schwangerschaft lokalisiert ist. Im kontralateralen Horn kann oft eine deziduale Reaktion erkannt werden, gelegentlich finden sich hier sogar Flüssigkeitsansammlungen. Die Komplikationsraten bis hin zu Rupturen sind während der Schwangerschaft bei Uterusdoppelbildungen deutlich erhöht.

Wegen der bekannten häufigen Assoziation von Anomalien des Müller-Gang-Systems mit Nierenanomalien, wie Nierenagenesie, Hufeisenniere und Beckenniere, auf der ipsilateralen Seite sollte sonografisch nach solchen Begleitanomalien gesucht werden.

Auch bei instrumentellen Nachtastungen und Saugcurettagen kann die gleichzeitige Sonografie (rektal) hilfreich sein, Komplikationen bei bekannten Uterusfehlbildungen zu verhindern bzw. Uterusanomalien erstmalig festzustellen, wenn beim Eingriff kein Schwangerschaftsprodukt gewonnen wird und eine Extrauteringravidität als Ursache ausgeschlossen worden ist .

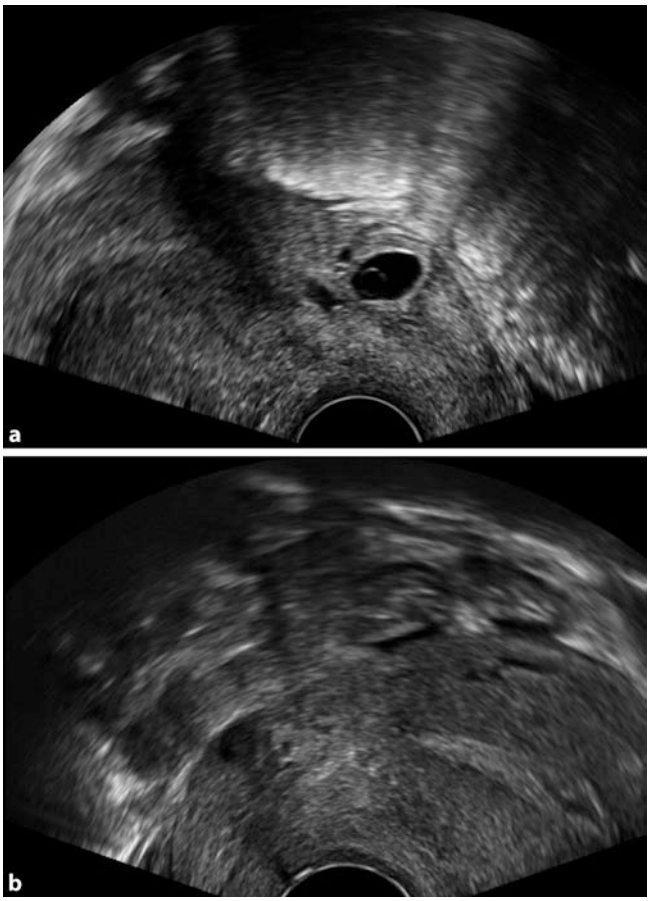


Abb. 3.48 **a** Narbenschwangerschaft als relativ häufige Form der zervikalen Schwangerschaft: Nach Sectio ist die Fruchthöhle in der Narbe implantiert. Das Cavum des retroflektierten Uterus ist leer, die frühe Fruchthöhle mit Dottersack findet sich im isthmozervikalen Übergang, exzentrisch in der Uteruswand gelegen. **b** Daneben das Bild derselben Patientin nach MTX-Therapie und Abgang: nur mehr angedeutete inhomogene Echos lassen den ursprünglichen Sitz des Fruchtsacks erkennen

3.5.6 Schwangerschaft und Uterus myomatosus

Myome gehören zu den häufigsten Pathologien in der Schwangerschaft. Die Häufigkeit großer Myome bei Schwangeren über 35 Jahren beträgt bis zu 30 % und ist bei Berücksichtigung auch kleinerer Myome bei älteren Schwangeren noch höher.

Im Ultraschallbild erscheinen Myome während der Gravidität echoärmer als außerhalb der Schwangerschaft, was auf die gesteigerte Durchblutung zurückgeführt wird. Asymptomatische Myome lassen sich auch deshalb besonders gut in der Schwangerschaft nachweisen, da die durch den Fruchtsack ausgespannten Wände in ihrer Dicke miteinander verglichen werden können.

Tipp

Die Unterscheidung eines Myoms von einer temporären Muskelkontraktion ist häufig erst nach länger andauernder Beobachtung der Uteruswanddynamik möglich (oftmals mehrere Minuten!).

Subseröse, intramurale und submuköse Myome können gut voneinander differenziert werden, wobei Anzahl, Größe und Sitz bereits eine vorsichtige Einschätzung der möglichen Bedrohung der Schwangerschaft zulassen, jedoch im Einzelfall der Verlauf nie vorhersehbar ist. Daher ist man von der früher doch eher üblichen Myomenukleation in der Schwangerschaft abgekommen, da die Komplikationsrate des Eingriffes über der Komplikationsrate der während der Schwangerschaft weiter bestehenden Myome liegt. Sollte sie jedoch im Einzelfall nötig werden, kann nur die genaue Ultraschalllokalisation des Myoms in seiner Beziehung zur Schwangerschaft Auskunft über die technische Durchführung des Eingriffes geben (>13. SSW), um mögliche Störungen und Schäden des Fetus zu reduzieren.

Durch Verlaufskontrollen bei Patientinnen mit sonografisch diagnostizierten Myomen wurde ermittelt, dass bei räumlich engem Kontakt zwischen Plazenta und Myomen neben der erhöhten Rate von intrauterinen Hämatomen und vaginalen Blutungen später auch die Rate von vorzeitigen Blasensprüngen und Fehlgeburten erhöht ist (Muram et al. 1980).

Der sog. „**rote Nekrose**“ bei größeren Myomen, die häufig mit starken, umschriebenen Schmerzen einhergeht, entspricht sonografisch ein zentraler echoleerer Bezirk innerhalb eines Myoms.

Um Gefahrenzustände rechtzeitig zu erkennen, sollten Schwangere mit Myomen häufiger sonografisch überwacht werden, wobei der Einsatz der Farbdopplersonografie zusätzliche Hinweise über eine abnorme Durchblutung erbringen kann.

3.5.7 Adnextumoren in der Schwangerschaft

Tumoren im Adnexbereich können, außer durch eine Extrauteringravidität, durch funktionelle postentzündliche oder echte tumoröse Prozesse verursacht sein. Die bei etwa 20 % aller Frühschwangerschaften zu beobachtenden Corpus-luteum-Zysten sind in der Regel deutlich kleiner als 8 cm und bilden sich bis etwa zur 16. SSW zurück. Vor allem nach Stimulationsbehandlung kann es gelegentlich auch zur Ausbildung größerer Corpus-luteum-Zysten kommen, die manchmal Zeichen von zentralen Einblutungen im Ultraschallbild aufweisen können.

In der Schwangerschaft können Hydro- und Hämatozelen sowie postentzündliche Adnexbefunde oder echte Ovarialtumoren wie Dermoide, Teratome oder Kystome ebenso sonografisch erkannt werden wie im nicht-schwangeren Zustand, wobei insbesondere der Nachweis von Binnenstrukturen zusammen mit der Farbdopplersonografie bei der Differenzialdiagnose von einfachen Corpus-luteum-Zysten behilflich sein kann.

Bei eindeutigem Verdacht auf ein Ovarialkarzinom muss auch während der Schwangerschaft operiert werden, während selbst bei großen Corpus-luteum-Zysten abwartendes Verhalten sinnvoll ist. Hogston und Lilford (1986) empfehlen die Entfernung aller Zysten von mehr als 8 cm Durchmesser sowie kleinerer Zysten, wenn diese stark septiert, dickwandig oder teilweise solide sind, da in diesen Fällen sonografisch eine Malignität nicht sicher ausgeschlossen werden kann.

3.5.8 Schwangerschaft und IUD

Bei kupferhaltigen Intrauterinspiralen liegt der Pearl-Index unter regelmäßiger Ultraschallkontrolle ca. bei 1–2. Mithilfe des Ultraschalls lassen sich nicht nur im nicht-schwangeren Zustand, sondern auch während der Gravidität kupferhaltige und andere IUDs gut nachweisen.

Spiralen ohne Metallanteil, wie die „Lippes-Loop-Spirale" oder die Mirena, sind sonografisch sehr viel schwerer erkennbar. Dies wird mit zunehmendem Gestationsalter schwieriger, sodass auch in diesem Bereich eine möglichst frühe Ultraschalluntersuchung für die Diagnostik und Therapie entscheidende Vorteile bringt.

Brahmi et al. untersuchten in einem systematischen Review den Schwangerschaftsverlauf und die Prognose bei Schwangerschaften mit einer IUD in situ (Brahmi et al. 2012). Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die IUD das Risiko in Bezug auf einen ungünstigen Verlauf und ein negatives Ergebnis der Schwangerschaft deutlich erhöht. Aus diesem Grunde raten die Autoren auch bei „lost IUD" (d. h. fehlendem Fadennachweis) zu einer frühen Extraktion des IUD in der Frühschwangerschaft.

Voraussetzung für ein invasives Vorgehen zur **IUP-Extraktion in der Frühschwangerschaft** ist, dass es sich um eine vitale Schwangerschaft handelt und die Patientin die Fortführung der Schwangerschaft anstrebt, aber auch ausführlich über die Risiken der Extraktion aufgeklärt ist. Die Extraktion sollte möglichst früh erfolgen, da der Gestationssack hier nicht das gesamte Uterus cavum einnimmt und somit für die Entfernung günstige Bedingungen vorliegen. Je später der Eingriff versucht wird, umso länger wird die Wegstrecke bis zum Erreichen des IUPs und die Komplikationsrate nimmt damit zu. Wenn die Spirale in die Cervix uteri dislozierd ist bzw. die Fäden noch sichtbar sind, ist die Extraktion sehr leicht. Für eine möglichst atraumatische Extraktion ist eine vorherige genaue Lokalisation der Spirale im Längs- und Querschnittsbild erforderlich.

Verbleibende IUDs legen sich im weiteren Schwangerschaftsverlauf gewöhnlich parallel der Plazentaoberfläche an und werden mit dieser geboren. Da sie manchmal aber auch im Uterus verbleiben können, muss die Plazenta ausführlich inspiziert werden und evtl. eine postpartale Ultraschalluntersuchung Aufschluss über den Verbleib des IUDs ergeben.

Literatur

Abdallah Y, Daemen A, Guha S, Syed S, Naji O, Pexsters A, Kirk E, Stalder C, Gould D, Ahmed S, Bottomley C, Timmerman D, Bourne T (2011) Gestational sac and embryonic growth are not useful as criteria to define miscarriage: a multicenter observational study. Ultrasound Gynecol Obstet 38:503–509

Abramov Y, Nadjari M, Shushan A, Prus D, Anteby SO (1997) Doppler findings in chronic ectopic pregnancy: case report. Ultrasound Obstet Gynecol 9(5):344–346

Abramovich DR (1968) The volume of amniotic fluid in early pregnancy. J Obstet Gynaecol Br Cwlth 75:728–731

Abramovich DR (1981) Interrelation of fetus and amniotic fluid. Obstet Gynecol Annu 10:27–43

Alves JA, Alves NG, Alencar Júnior CA, Feitosa FE, da Silva Costa F (2011) Term angular pregnancy: successful expectant management. J Obstet Gynaecol Res 37(6):641–644

Atrash HK, Friede A, Hogue CJ (1987) Abdominal pregnancy in the United States: frequency and maternal mortality. Obstet Gynecol 69(3 Pt 1):333–337

Aviram R, Kamar Shpan D, Markovitch O, Fishman A, Tepper R (2004) Three-dimensional first trimester fetal volumetry: comparison with crown rump length. Early Human Develoment 80:1–5

Beck P, Silverman M, Oehninger S, Muasher SJ, Acosta AA, Rosenwaks Z (1990) Survival of the cornual pregnancy in a heterotopic gestation after in vitro fertilization and embryo transfer. Fertil Steril 53(4):732–734

Benagiano G, Farris M, Grudzinskas G (2010) Fate of fertilized human oocytes. Reprod Biomed Online 21(6):732–741

Berg S, Torp H, Blaas H-GK (2000) Accuracy of in-vitro volume estimation of small structures using three-dimensional ultrasound. Ultrasound Med Biol 26:425–432

Blaas H-GK (1999) Editorial: The examination of the embryo and early fetus: how and by whom? Ultrasound Obstet Gynecol 14(3):153–158

Blaas H-GK (1999b) The embryonic examination. Ultrasound studies on the development of the human embryo [Thesis]. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology

Blaas H-GK, Carrera JM (2009) Chapter 4: Investigation of early pregnancy. European Practice in Gynaecology and Obstetrics. In: Wladimiroff J, Eik-Nes SH (Hrsg) Ultrasound in Obstetrics and Gynecology. Elsevier, Edinburgh, S. 57–77

Blaas H-GK, Eik-Nes SH (1996) Ultrasound assessment of early brain development. In: Jurkovic D, Jauniaux E (Hrsg) Ultrasound and early pregnancy. The Parthenon Publishing Group, New York–London, S. 3–18

Blaas H-GK, Eik-Nes SH (2008) Sonographic development of the normal foetal thorax and abdomen across gestation. Prenat Diagn 28:568–580

Blaas H-GK, Eik-Nes SH (2009) Sonoembryology and early prenatal diagnosis of neural anomalies. Prenat Diagn 29:312–325

Blaas H-GK, Eik-Nes SH, Bremnes JB (1998) Embryonic growth, A longitudinal biometric ultrasound study. Ultrasound Obstet Gynecol 12(5):346–354

Blaas H-GK, Eik-Nes SH, Kiserud T, Berg S, Angelsen B, Olstad B (1995) Three-dimensional imaging of the brain cavities in human embryos. Ultrasound Obstet Gynecol 5:228–232

Blaas H-GK, Eik-Nes SH, Kiserud T, Hellevik LR (1994) Early development of the forebrain and midbrain: a longitudinal ultrasound study from 7 to 12 weeks of gestation. Ultrasound Obstet Gynecol 4:183–192

Blaas H-GK, Eik-Nes SH, Kiserud T, Hellevik LR (1995) Early development of the abdominal wall, stomach and heart from 7 to 12 weeks of gestation: a longitudinal ultrasound study. Ultrasound Obstet Gynecol 6:240–249

Blaas H-GK, Eik-Nes SH, Kiserud T, Hellevik LR (1995) Early development of the hindbrain: a longitudinal ultrasound study from 7 to 12 weeks of gestation. Ultrasound Obstet Gynecol 5:151–160

Blaas H-GK, Eik-Nes SH, Berg S, Torp H (1998) In-vivo three-dimensional ultrasound reconstructions of embryos and early fetuses. Lancet 352(9135):1182–1186

Blaas H-GK, Taipale PJ, Torp H, Eik-Nes SH (2006) Three-dimensional ultrasound volume calculations of human embryos and young fetuses: A study on volumetry of compound structures and its reproducibility. Ultrasound Obstet Gynecol 27:640–646

Blechschmidt E (1954) Rekonstruktionsverfahren mit Verwendung von Kunststoffen. Z Anat Entw Gesch 118:170–174

Blechschmidt E (1972) Die ersten drei Wochen nach der Befruchtung. Image Roche, Basel 47:17–24

Böhmer S, Bruhns T, Degenhardt F, Drews U, Schneider J (1993) Comparison of vaginal and abdominal ultrasound measurements with embryologic growth curves in early pregnancy. Geburtshilfe Frauenheilkd 53:792–799

Brahmi D, Steenland MW, Renner RM, Gaffield ME, Curtis KM (2012) Pregnancy outcomes with an IUD in situ: a systematic review. Contraception 85(2):131–139

Bree RL, Marn CS (1990) Transvaginal sonography in the first trimester: embryology, anatomy, and hCG correlation. Semin Ultrasound CT MRI 11:12–21

Breen JL (1970) A 21 year survey of 654 ectopic pregnancies. Am J Obstet Gynecol 106(7):1004–1019

Brinkley JF, McCallum WD, Muramatsu SK, Liu DY (1982) Fetal weight estimation from ultrasonic three-dimensional head and trunk reconstructions: Evaluation in vitro. Am J Obstet Gynecol 144(6):715–721
Brocklehurst G (1969) The development of the human cerebrospinal fluid pathway with particular reference to the roof of the fourth ventricle. J Anat 105:467–475
Brown DL, Emerson DS, Shulman LP, Carson SA (1989) Sonographic diagnosis of omphalocele during 10th week of gestation. Am J Roentgenol 153:825–826
Cacciatore B, Stenman UH, Ylöstalo P (1989) Comparison of abdominal and vaginal sonography in suspected ectopic pregnancy. Obstet Gynecol 73(5 Pt 1):770–774
Casikar I, Reid S, Condous G (2012) Ectopic pregnancy: Ultrasound diagnosis in modern management. Clin Obstet Gynecol 55(2):402–409
Daya S (1993) Accuracy of gestational age estimation by means of fetal crown–rump length measurements. Am J Obstet Gynecol 168:903–908
deVries PA, Saunders J (1962) of the ventricles and spiral outflow tract in the human heart. Contrib Embryol Carneg Inst Development 37:87–114
Dubinsky TJ, Parvey HR, Maklad N (1997) Endometrial color flow/image-directed Doppler imaging: negative predictive value for excluding ectopic pregnancy. J Clin Ultrasound 25(3):103–109
DuBose TJ, Cunyus JA, Johnson LF (1990) Embryonic heart rate and age. J Diagn Med Sonogr 6:151–157
Efrat Z, Perri T, Ramati E, Tugendreich D, Meizner I (2006) Fetal gender assignment by first-trimester ultrasound. Ultrasound Gynecol Obstet 27:619–621
el-Gammal S (1987) ANAT3D: a computer program for stereo pictures of three dimensional reconstructions from histological serial slices. In: Elsner N, Creutzfeld O (Hrsg) New frontiers in brain research. Thieme, Stuttgart
Falcon O, Peralta C, Cavoretta P, Faiola S, Nicolaides K (2005) Fetal trunk and head volume measured by three-dimensional ultrasound at 11+0 to 13+6 weeks of gestation in chromosomally normal pregnancies Ultrasound. Obstet Gynecol 26:263–266
Filly RA (1987) Ectopic pregnancy: the role of sonography. Radiology Review 162(3):661–668
Ginsburg ES, Frates MC, Rein MS, Fox JH, Hornstein MD, Friedman AJ (1994) Early diagnosis and treatment of cervical pregnancy in an in vitro fertilization program. Fertil Steril 61(5):966–969
Goldstein I, Zimmer EA, Tamir A, Peretz BA, Paldi E (1991) Evaluation of normal gestational sac growth: Appearance of embryonic heartbeat and embryo body movements using the transvaginal technique. Obstet Gynecol 77:885–888
Grisolia G, Milano K, Pilu G, Banzi C, David C, Gabrielli S, Rizzo N, Morandi R, Bovicelli L (1993) Biometry of early pregnancy with transvaginal sonography. Ultrasound Obstet Gynecol 3:403–411
Hafner T, Aslam N, Ross JA, Zosmer N, Jurkovic D (1999) The effectiveness of non-surgical management of early interstitial pregnancy: a report of ten cases and review of the literature. Ultrasound Obstet Gynecol 13(2):131–136
Hata T, Dai SY, Kanenishi K, Tanaka H (2009) Three-dimensional volume-rendered imaging of embryonic brain vesicles using inversion mode. J Obstet Gynaecol Res 35:258–261
Hellman LM, Kobayashi M, Fillisti L, Lavenhar M, Cromb E (1969) The growth and development of the human fetus prior to the twentieth week of gestation. Am J Obstet Gynecol 103:789–800
Hertz RH, Timor-Tritsch I, Sokol RJ, Zador I (1977) Diagnostic studies and fetal assessment in advanced extrauterine pregnancy. Obstet Gynecol 50(1 Suppl):62–65
His W (1880–85) Anatomie menschlicher Embryonen, Vol 1–3, Leipzig, Vogel
His W (1887) Über Methoden plastischer Rekonstruktion und über deren Bedeutung für Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Anat Anz 2:382–394
Hogston P, Lilford RJ (1986) Ultrasound study of ovarian cysts in pregnancy: prevalence and significance. Br J Obstet Gynaecol 93(6):625–628
Jaffe R (2001) Development of early uteroplacental circulation. Early Pregnancy 5(1):34–35
Jauniaux E, Johns J, Burton GJ (2005) The role of ultrasound imaging in diagnosing and investigating early pregnancy failure. Ultrasound in Obstetrics and Gynecology 25(6):613–624
Jirásek JE, Uher J, Uhrová M (1966) Water and nitrogen content of the body of young human embryos. Am J Obstet Gynecol 96:868–871
Jouppila P (1971) Ultrasound in the diagnosis of early pregnancy and its complications, A comparative study of the A-, B- and Doppler methods, Thesis. Acta Obstet Gynecol Scand 50(Suppl 15):3–56
Kiesselbach A (1952) Der physiologische Nabelbruch. Adv Anat Embryol Cell Biol 34:83–143
Kim MS, Jeanty P, Turner C, Benoit B (2008) Three-dimensional sonographic evaluation of embryonic brain development. J Ultrasound Med 27:119–124
Krantz SG, Gray RH, Damewood MD, Wallach EE (1990) Time trends in risk factors and clinical outcome of ectopic pregnancy. Fertil Steril Review 54(1):42–46
Kratochwil A (1969) Ein neues vaginales Ultraschall-Schnittbildverfahren. Geburtshilfe Frauenheilkd 29:379–385
Lau S, Tulandi T (1999) Conservative medical and surgical management of interstitial ectopic pregnancy. Fertil Steril Review 72(2):207–215
Lavie O, Boldes R, Neuman M, Rabinovitz R, Algur N, Beller U (1996) Ultrasonographic „endometrial three-layer" pattern: a unique finding in ectopic pregnancy. J Clin Ultrasound 24(4):179–183
Lim JE, Kim T, Lee NW, Oh MJ, Seol HJ, Jung NH, Park SH, Jung SE, Park IH, Kim HJ (2007) Ultrasonographic endometrial features in tubal pregnancy: are they predictive factors of successful medical treatment? Ultrasound Med Biol 33(5):714–719
Malinowski A, Bates SK (2006) Semantics and pitfalls in the diagnosis of cornual/interstitial pregnancy. Fertil Steril 86:1764.e11–1764.e14
Mall FP (1907) On measuring human embryos. Anat Rec 1:129–140
Mazza V, Contu G, Falcinelli C, Battafarano S, Cagnacci A, Vito G, Forabosco A, Volpe A (1999) Biometrical threshold of biparietal diameter for certain fetal sex assignment by ultrasound. Ultrasound Obstet Gynecol 13:308–311
Mazza V, Di Monte I, Pati M, Contu G, Ottolenghi C, Forabosco A, Volpe A (2004) Sonographic biometrical range of external genitalia differentiation in the first trimester of pregnancy: analysis of 2593 cases. Prenat Diagn 24(9):677–684
McDonnell GV, Patterson VH, McKinstry S (1997) Cerebral venous thrombosis occurring during an ectopic pregnancy and complicated by intracranial hypertension. Br J Clin Pract 51(3):194–197
Muram D, Gillieson M, Walters JH (1980) Myomas of the uterus in pregnancy: ultrasonographic follow-up. Am J Obstet Gynecol 138(1):16–19
Nardozza LM, Rolo LC, Araujo Júnior E, Nowak PM, Filho JB, Moron AF (2010) Comparison of gestational sac volume by 3D-sonography using planimetric, virtual organ computer-aided analysis and extended imaging virtual organ computer-aided analysis methods between 7 and 11 weeks of pregnancy. Acta Obstet Gynecol Scand 89:328–334
Oh JS, Wright G, Coulam CB (2002) Gestational sac diameter in very early pregnancy as a predictor of fetal outcome. Ultrasound Gynecol Obstet 20:267–269
O'Rahilly R, Müller F (1984) Embryonic length and cerebral landmarks in staged human embryos. Anat Rec 209:265–271
O'Rahilly R, Müller F (1987) Developmental stages in human embryos. Carneg Instn Publ, Washington DC.
O'Rahilly R, Müller F (1990) Ventricular system and choroid plexuses of the human brain during the embryonic period proper. Am J Anat 189:285–302
O'Rahilly R, Müller F (1994) Human Embryology. New York, Wiley–Liss
O'Rahilly R, Müller F (2000) Prenatal ages and stages. Teratology 61:382–384
O'Rahilly R, Müller F (2006) The embryonic human brain, An atlas of developmental stages. John Wiley,
O'Rahilly R, Müller F (2010) Developmental Stages in Human Embryos: Revised and New Measurements. Cells Tissues Organs 192(2):73–84
Paalman RJ, McElin TW (1959) Cervical pregnancy, review of the literature and presentation of cases. Am J Obstet Gynecol 77(6):1261–1270
Papaioannou GI, Syngelaki A, Poon LC, Ross JA, Nicolaides KH (2010) Normal ranges of embryonic length, embryonic heart rate, gestational sac diameter and yolk sac diameter at 6–10 weeks. Fetal Diagn Ther 28:207–219
Pexsters A, Luts J, Van Schoubroeck D, Bottomley C, Van Calster B, Van Huffel S, Abdallah Y, D'Hooghe T, Lees C, Timmerman D, Bourne T (2011) Clinical implications of intra- and interobserver reproducibility of transvaginal sonographic measurement of gestational sac and crown–rump length at 6–9 weeks' gestation. Ultrasound Gynecol Obstet 38:510–515

Quintana L, Sharpe J (2011) Optical projection tomography of vertebrate embryo development. Cold Spring Harb Protoc 116:586–594 (Imaging in developmental biology, Sharpe and S, Wong, NY)
Raine-Fenning N, Jayaprakasan K, Clewes J (2007) Automatic follicle tracking facilitates standardization and may improve work flow, Picture of the month. Ultrasound Gynecol Obstet 30:1015–1018
Raine-Fenning N, Jayaprakasan K, Clewes J, Joergner I, Bonaki SD, Chamberlain S, Devlin L, Priddle H, Johnson I (2008) SonoAVC: a novel method of automatic volume calculation. Ultrasound Gynecol Obstet 31:691–696
Raskin MM (1978) Diagnosis of cervical pregnancy by ultrasound: a case report. Am J Obstet Gynecol 130(2):234–235
Reece EA, Scioscia AL, Pinter E, Hobbins JC, Green J, Mahoney MJ, Naftolin F (1988) Prognostic significance of the human yolk sac assessed by ultrasonography. Am J Obstet Gynecol 159(5):1191–1194
Regan L, Rai R (2000) Epidemiology and the medical causes of miscarriage. Baillière's Clin Obstet Gynecol 14(5):839–854
Rempen A (1988) The embryonal yolk sac in disordered early pregnancy. Geburtshilfe Frauenheilkd 48:804–808
Rempen A (1991) Biometrie in der Frühgravidität (I, Trimenon). Frauenarzt 32(4):425–430
Robinson HP (1973) Sonar measurement of fetal crown–rump length as means of assessing maturity in first trimester of pregnancy. Br Med J 4:28–31
Robinson HP (1975) Gestation sac volumes as determined by sonar in the first trimester of pregnancy. Br J Obstet Gynaecol 82:100–107
Robinson HP, Fleming JEE (1975) A critical evaluation of sonar crown-rump length measurements. Br J Obstet Gynaecol 82:702–710
Robinson HP, Shaw-Dunn J (1973) Fetal heart rates as determined by sonar in early pregnancy. J Obstet Gynaecol Br Cwlth 80:805–809
Rock J, Hertig A (1948) The human conceptus during the first two weeks of gestation. Am J Obstet Gynecol 55:6–17
Rousian M, Koning AH, Hop WC, van der Spek PJ, Exalto N, Steegers EA (2011) Gestational sac fluid volume measurements in virtual reality. Ultrasound Gynecol Obstet 38:524–529
Shinagawa S, Nagayama M (1969) Cervical pregnancy as a possible sequela of induced abortion. Report of 19 cases. Am J Obstet Gynecol 105(2):282–284
Smith BR, Huff DS, Johnson GA (1999) Magnetic resonance imaging of embryos: an Internet resource for the study of embryonic development. Comput Med Imaging Graph 23:33–40
Spitzer D, Steiner H, Graf A, Zajc M, Staudach A (1997) Conservative treatment of cervical pregnancy by curettage and local prostaglandin injection. Hum Reprod 12(4):860–866
Stabile I, Grudzinskas JG (1990) Ectopic pregnancy: a review of incidence, etiology and diagnostic aspects. Obstet Gynecol Surv 45(6):335–347 (Review)
Stampone C, Nicotra M, Muttinelli C, Cosmi EV (1996) Transvaginal sonography of the yolk sac in normal and abnormal pregnancy. J Clin Ultrasound 24:3–9
Stanley JH, Horger 3rd EO, Fagan CJ, Andriole JG, Fleischer AC (1986) Sonographic findings in abdominal pregnancy. AJR Am J Roentgenol 147(5):1043–1046
Steiner H, Gregg AR, Bogner G, Graf AH, Weiner CP, Staudach A (1994) First trimester three-dimensional ultrasound volumetry of the gestational sac. Arch Gynecol Obstet 255:165–170
Steptoe PC, Edwards RG (1976) Reimplantation of a human embryo with subsequent tubal pregnancy. Lancet 1(7965):880–882
Stiller RJ, Haynes de Regt R, Blair E (1989) Transvaginal ultrasonography in patients at risk for ectopic pregnancy. Am J Obstet Gynecol 161(4):930–913
Stock RJ (1985) Histopathologic changes in tubal pregnancy. J Reprod Med 30(12):923–928
Streeter GL (1920) Weight, sitting height, head size, foot length, and menstrual age of the human embryo. Contr Embryol Carneg Instn 11:143–170
Streeter GL (1949) Developmental horizons in human embryos (fourth issue) A review of the histogenesis of cartilage and bone. Contr Embryol Carneg Inst 220(33):150–173
Sur S, Marsh A, Campbell B, Raine-Fenning N (2010) Re: Gestational sac volume: comparison between SonoAVC and VOCAL measurements at 11 + 0 to 13 + 6 weeks of gestation. Ultrasound in Obstetrics and Gynecology 36(5):648–649
Sur SD, Clewes JS, Campbell BK, Raine-Fenning NJ (2011) Embryo volume measurement: an intraobserver, intermethod comparative study of semiautomated and manual three-dimensional ultrasound techniques. Ultrasound in Obstetrics 38(5):516–523
Takeuchi H (1992) Transvaginal ultrasound in the first trimester of pregnancy. Early Hum Dev 29:381–384
Takeuchi H, Arima M, Mizuno S (1964) Applications of ultrasound in obstetrical and gynecological diagnosis (3rd report) – an improvement of endovaginal ultrasound, 5th meeting of the Japan Society of Ultrasonics in Medicine, Tokyo: 35
Tanner JM (1981) Iatromathematics and the introduction of measurement: the seventeenth and eighteenth centuries. In: Tanner JM (Hrsg) A history of the study of human growth. Cambridge University Press, Cambridge, S. 66–97
Timor-Tritsch IE, Farine D, Rosen MG (1988) A close look at the embryonic development with the high frequency transvaginal transducer. Am J Obstet Gynecol 159:678–681
Timor-Tritsch IE, Monteagudo A, Santos R (2008) Three-dimensional inversion rendering in the first- and early second-trimester fetal brain: its use in holoprosencephaly. Ultrasound Gynecol Obstet 32:744–750
Timor-Tritsch IE, Peisner DB, Raju S (1990) Sonoembryology: an organ-oriented approach using a high-frequency vaginal probe. J Clin Ultrasound 18:286–298
Turan C, Ugur M, Dogan M, Ekici E, Vicdan K, Gökmen O (1996) Transvaginal sonographic findings of chronic ectopic pregnancy. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol 67(2):115–119
Ushakov FB, Elchalal U, Aceman PJ, Schenker JG (1997) Cervical pregnancy: past and future. Obstet Gynecol Surv 52(1):45–59 (Review)
Van de Meerssche M, Verdonk P, Jacquemyn Y, Serreyn R, Gerris J (1995) Cervical pregnancy: three case reports and a review of the literature. Hum Reprod 10(7):1850–1855
Weckstein LN (1987) Clinical diagnosis of ectopic pregnancy. Clin Obstet Gynecol 30(1):236–244 (Review)
WHO (2005) Maternal and perinatal death, Progress in Reproductive health research. 71. http://www.who.int/reproductivehealth/topics/maternal_perinatal/epidemiology/en/
Zhang J, Thomas AG, Leybovich E (1997) Vaginal douching and adverse health effects: a meta-analysis. Am J Public Health 87(7):1207–1211
Ziel HK, Paulson RJ (2002) Contralateral corpus luteum in ectopic pregnancy: what does it tell us about ovum pickup? Fertil Steril 77(4):850–851

Ersttrimesterultraschall

M. Hoopmann, K. O. Kagan

4.1 Einleitung – 62

4.2 Normalbefund – 62
4.2.1 Scheitel-Steiß-Länge – 62
4.2.2 Kopf – 62
4.2.3 Abdomen – 64
4.2.4 Extremitäten – 65
4.2.5 Herz – 66
4.2.6 Plazenta und Nabelschnur – 67

4.3 Normvarianten und Borderlinebefunde – 67

4.4 Pathologie – 68
4.4.1 Anenzephalie und Enzephalozele – 68
4.4.2 Holoprosenzephalie – 68
4.4.3 Dandy-Walker-Malformation – 69
4.4.4 Fehlbildungen des Gesichts – 69
4.4.5 Omphalozele – 69
4.4.6 Gastroschisis – 70
4.4.7 Body-Stalk-Anomalie – 70
4.4.8 Megazystis – 70
4.4.9 Weitere urogenitale Fehlbildungen – 71
4.4.10 Zwerchfellhernie – 72
4.4.11 Extremitätendefekte – 72
4.4.12 Skelettdysplasien – 72
4.4.13 Spina bifida aperta – 73
4.4.14 Herzfehler – 73

4.5 Ergänzende Abklärung/Differenzialdiagnosen/ Verbindung zu Syndromen – 74

4.6 Klinische Konsequenzen und Management, interdisziplinäre Konsile – 75

4.7 Zusammenfassung – 75

Literatur – 75

U. Gembruch, K. Hecher, H. Steiner (Hrsg.), *Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie,*
DOI 10.1007/978-3-642-29633-8_4, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

4.1 Einleitung

In den letzten beiden Jahrzehnten haben insbesondere 2 Entwicklungen zu einer Verbesserung der Frühentdeckungsraten und Diagnosen fetaler Fehlbildungen beigetragen. Zum einen erlauben die **Fortschritte in der Ultraschalltechnologie** mit hoch auflösenden Abdominal- wie Vaginalsonden eine detaillierte Beurteilung der fetalen Anatomie deutlich früher als zum klassischen Zweittrimesterscreening. Zum anderen hat die **Einführung der Nackentransparenz(NT)-Messung** in den 90er-Jahren und die anschließende rasche Verbreitung des Ersttrimesterscreenings einen wesentlichen Einfluss auf die pränatalen Untersuchungsabläufe genommen.

Auch wenn die primäre Intention des Ersttrimesterscreenings eine Risikoanalyse auf Aneuploidien war, so führte es doch dazu, dass zunehmend mehr Schwangere in der 11+0 bis 13+6 SSW eine erweiterte Untersuchung bei einem erfahrenen und technisch gut ausgebildeten Diagnostiker durchführen lassen.

Das konventionelle erste Screening nach Mutterschaftsrichtlinien setzt seinen Schwerpunkt auf die Bestimmung des Gestationsalters, den korrekten Sitz, die Integrität der Frühschwangerschaft, die Diagnose von Mehrlingsschwangerschaften und die Diagnose grober Auffälligkeiten der fetalen Entwicklung. Es ist für einen früheren Zeitraum vorgesehen (9.–12. SSW), der für eine Beurteilung der fetalen Anatomie nur begrenzte Aussagen zulässt. Im Folgenden soll daher die sonografische Beurteilung im Zeitrahmen des Ersttrimesterscreenings dargestellt werden.

2 % aller Kinder weisen nicht-chromosomale Fehlbildungen auf (Dolk et al. 2010).

Unter Verwendung eines gezielten Untersuchungsprotokolles, ausreichender Ausbildung und adäquater Gerätetechnik sind Entdeckungsraten zwischen 40–45 % der schweren Fehlbildungen im I. Trimenon möglich.

Die in der Literatur beschriebenen Detektionsraten größerer Screeningstudien reichen von 13 bis 84 %. Eine Übersicht ist in Tab. 4.1 zusammengestellt. Diese deutlichen Unterschiede finden ihre Ursache in Abweichungen in der Expertise der Untersucher, in der Definition der schweren Fehlbildung, in der Zusammensetzung der Kollektive und der verwendeten Ultraschalltechnik.

4.2 Normalbefund

Im Folgenden soll eine systematische anatomische Untersuchung des Feten in der 11+0 bis 13+6 SSW und deren Normalbefunde dargelegt werden.

Die vorgestellte Reihenfolge lässt selbstverständlich Abweichungen zu.

4.2.1 Scheitel-Steiß-Länge

Definitionsgemäß beträgt die notwendige Scheitel-Steiß-Länge (SSL) für das Ersttrimesterscreening 45–84 mm. Die Erfassung der SSL soll in einer mediosagittalen Schnittebene bei fetaler Neutralstellung erfolgen (Abb. 4.1).

4.2.2 Kopf

Die **Darstellung des fetalen Kopfes** erfolgt zunächst in der transversalen Ebene (Abb. 4.2). Hierbei sollte sich eine ovoide Kopfform zeigen. Das Kranium ist bereits deutlich darstellbar. Die Schädelsuturen sind noch weit offen. In dieser frühen Darstellung des zentralen Nervensystems sollten 2 symmetrische Hemisphären mit einer zentralen, durchgehenden Falx cerebri darstellbar sein.

Charakterisiert wird diese Einstellung durch die prominenten echogenen **Plexus choroidei**, die die Lateralventrikel fast vollständig ausfüllen. Die relativ großflächigen Plexus choroidei nähern sich zentral aneinander an, was zum charakteristischen „**butterfly sign**“ führt. Das echoarme Hirnparenchym ist noch vergleichsweise flach und glatt.

Das Cavum septi pellucidi als Leitstruktur des II. Trimenons ist in diesem Gestationsalter noch nicht darstellbar. Der dritte Ventrikel hingegen kann als kleine ovale, zentral gelegene Struktur dargestellt werden und sollte damit nicht verwechselt werden. Er befindet sich allerdings etwas kaudal der Biometrieebene, in der nur die Lateralventrikel visualisiert werden.

Die Vermessung des **biparietalen Durchmessers** an der weitesten transversalen Distanz – von außen nach außen vermessen – gehört obligat zur Routineuntersuchung. Das Abgreifen des **frontokzipitalen Durchmessers und/oder des Kopfumfanges** kann damit kombiniert werden. Der biparietale Durchmesser ist ein gut standardisiertes Maß mit einer sehr geringen Inter- und Intraobservervariabilität und engen Korrelation zum Gestationsalter. Daher kann es neben der Scheitel-Steiß-Länge ebenfalls gut zur Kontrolle des Gestationsalters herangezogen werden.

Durch Verschiebung des Schallkopfes nach kaudal können die **Augen** beurteilt werden (Abb. 4.3). Hierbei sind zwei symmetrische, rundliche Orbitae einsehbar. Innerhalb der echofreien Struktur der Bulbi zeigen sich im frontalen Bereich die Linsen echoreich und punktförmig.

Weiter kaudal stellen sich die **Maxilla** und **Mandibula** als U-förmige durchgängige Bögen dar. An dieser Stelle kann durch Verkippen des Schallkopfes eine tangentiale Beurteilung des Gesichtsschädels erreicht werden (Abb. 4.4). Hierbei gilt es, das retronasale Dreieck darzustellen (Sepulveda et al. 2010).

Tipp

Das retronasale Dreieck wird gebildet aus den 2 frontalen Fortsätzen der Maxilla und der harten Gaumenplatte.

Anschließend erfolgt eine mediosagittale Einstellung des Kopfes. Diese Ebene dient unter anderem der **Vermessung der NT** und der **Darstellung des Nasenbeins**, auf die in ▶ Kap. 5 noch ausführlich eingegangen wird. Leitstrukturen sind hierbei die Nasenspitze als echogener Punkt, die Haut des Nasenrückens als

Tab. 4.1 Screeningstudien zur Fehlbildungsdiagnostik im I.Trimenon

Arbeitsgruppe	N_{gesamt}	Schwere Fehlbildungen		Detektionsrate
		N	Pro 1000	
Hernadi u. Torocsik 1997	3991	49	12,3	36 %
Economides u. Braithwaite 1998	1632	13	8,0	54 %
D'Ottavio et al. 1998	4080	88	21,6	61 %
Hafner et al. 1998	1690	56	33,1	13 %
Whitlow et al. 1999	6634	63	9,5	59 %
Carvalho et al. 2002	2853	66	23,1	38 %
Drysdale et al. 2002	984	28	28,5	18 %
Taipale et al. 2004	4513	33	7,3	18 %
Souka et al. 2005	1148	14	12,1	50 %
Cedergren u. Selbing 2006	18.053	176	9,7	18 %
Saltvedt et al. 2006	2708	32	11,8	41 %
Becker u. Wegner 2006	3094	86	27,8	84 %
Dane et al. 2007	1290	24	18,6	71 %
Weiner et al. 2007	1723	22	17,1	41 %
Chen et al. 2008	4282	63	14,7	48 %
Öztekin et al. 2009	1805	21	11,6	67 %
Ebrashy et al. 2010	2876	31	10,8	68 %
Syngelaki et al. 2011	44.859	213	4,7	44 %
Gesamt	**108.215**	**1078**	**10,0**	**43 %**

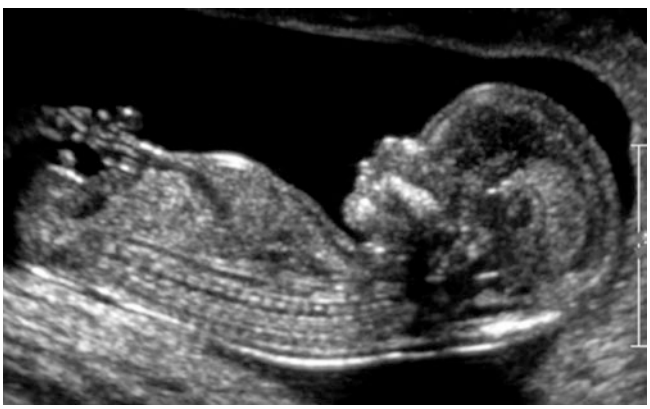


Abb. 4.1 Darstellung eines Feten in der 12+6 SSW. In dieser Einstellung kann eine Scheitel-Steiß-Länge vermessen werden. Zu achten ist auf eine neutrale Haltung und eine korrekte mediosagittale Einstellung

Abb. 4.2 Transversale Ansicht des fetalen Kopfes mit Ansicht der Plexus choroidei („butterfly sign")

Abb. 4.3 Darstellung der Augen mit Linsen

Abb. 4.4 Tangentiale Schnittebene durch das Mittelgesicht unter Darstellung des retronasalen Dreiecks

schmaler echogener Saum, das Nasenbein, welches regelhaft parallel zum Nasenrücken verläuft und noch etwas echogener als dieser zur Darstellung kommt, die Maxilla mit dem harten Gaumen als rechtwinklinge echogene Struktur und das zentral im Kopf gelegene, echoarme Dienzephalon.

Hinweiszeichen für eine Abweichung von dieser mediosagittalen Ebene sind das Fehlen einer oder mehrerer der o.a. Leitstrukturen und/oder die Darstellung des Os zygomaticus oder des Plexus choroideus (Abele et al. 2010). Die NT stellt sich als echofreier, subkutaner Flüssigkeitsbereich im Nacken aller Feten dar. Die Beurteilung der NT spielt auch unabhängig von der Risikoanalyse auf Aneuploidien für die Fehlbildungsdiagnostik eine bedeutsame Rolle.

Nach Ausschluss von Chromosomenstörungen finden sich bei jedem 5. Feten mit Erweiterung der NT oberhalb der 95er-Perzentile im weiteren Verlauf anderweitige Probleme wie strukturelle Fehlbildungen oder ein intrauteriner Fruchttod (Bilardo et al. 2007).

In der mediosagittalen Einstellung lassen sich im hinteren Anteil des Gehirns dorsal des Os sphenoideus bis zum Os occipitale 3 parallele echoarme Zonen demonstrieren, welche durch echogene Linien voneinander getrennt werden (Abb. 4.5). Diese werden als **Hirnstamm** und eine **Kombination aus 4. Ventrikel** und **Cisterna magna** angesehen.

Aktuell wird dieser Frühform des Fossa posterior ein Potenzial im Screening auf **Spina bifida aperta** – vergleichbar mit dem „banana sign" des II. Trimenons – zugesprochen. Die standardisierte Beurteilung wird hierbei zum einen durch Vermessung der Distanz zwischen den beiden zentralen, echogenen Linien („inner translucency") beschrieben (Chaoui et al. 2009).

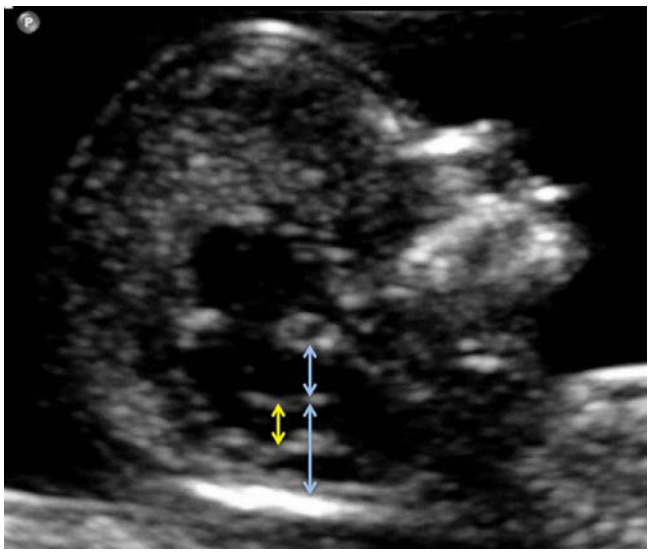


Abb. 4.5 Beurteilung der hinteren Hirnanteile zum Screening auf Spina bifida aperta. *Gelbe Distanz* „inner translucency", *blaue Distanzen* Hirnstamm (ventraler Abschnitt) und Distanz zwischen Hirnstamm und Innenseite des Okzipitalknochens (dorsaler Abschnitt)

Die Vermessung des Größenverhältnisses zwischen dem Hirnstamm als frontalste echoarme Zone und dem dahinter gelegenen Bereich bis zur Innenseite des Okzipitalknochens wird ebenfalls zur Beurteilung vorgeschlagen (Lachmann 2011).

4.2.3 Abdomen

Die nächste biometrische Ebene repräsentiert der Transversalschnitt des Abdomens. Wie im II. Trimenon dient insbesondere der **Magen** als Leitstruktur. Er stellt sich als echofreies, rundlich ovales Organ im linken Oberbauch dar. Ansonsten wird der Oberbauch überwiegend durch die fetale **Leber** ausgefüllt, in die zentral die prominente V. umbilikalis hineinzieht.

Dorsal lassen sich von der **Wirbelsäule** in erster Linie die Ossifikationszentren der Wirbelkörper visualisieren. Ein paralleles **Rippenpaar** ist ebenfalls regelhaft darstellbar. Hier erfolgt die Vermessung des Bauchumfanges. Durch weitere Verschiebung des Schallkopfes nach kaudal wird an der ventralen Bauchwand die Insertion der Nabelschnur sichtbar (Abb. 4.6).

Da die Nabelschnurinsertion die Prädilektionsstelle für Bauchwanddefekte darstellt, sollte dieser Bereich stets bilddokumentiert werden.

Meist zeigen sich auf gleicher Höhe beidseits der Wirbelsäule die **Nieren** als rundliche Strukturen. Nierenbecken sind hierbei nicht obligat abgrenzbar, sollten aber kleiner als 1,5 mm im anterior-posterioren Durchmesser liegen.

Noch weiter kaudal wird das **fetale Becken** dargestellt.

Neben den V-förmig verlaufenden **Os iliacae** sollte zentral stets eine zumindest teilgefüllte **Blase** nachgewiesen werden. Durch Einsatz des Farbdopplers kann hierbei überprüft werden, dass 2 Nabelschnurarterien die Blase beidseits flankieren. Mit einem

Abb. 4.6 Fetale Nabelschnurinsertion

Abb. 4.7 Darstellung der fetalen Blase in mediosagittaler Einstellung. In dieser Ansicht kann ebenfalls das männliche Geschlecht identifiziert werden

Bild können so die korrekte Anzahl der Nabelschnurarterien, die korrekte Lage der Blase und eine fetale Produktion von Urin dokumentiert werden. Neben den transversalen Schnittebenen sollte der fetale Rumpf auch sagittal eingestellt werden. Die Blase sollte im longitudinalen Maß kleiner 7 mm sein. Die **Nabelschnurinsertion** kann auch in dieser Ansicht nochmals überprüft werden.

In der mediosagittalen Einstellung des Beckenbereiches kann das **fetale Geschlecht** beurteilt werden. Hierbei gilt es, den genitalen Tuberkel darzustellen. Bei weiblichem Geschlecht ist dieser in der mediosagittalen Ansicht horizontal, beim männlichen Geschlecht nach oben orientiert (Abb. 4.7). Die diagnostische Sicherheit hängt hierbei sehr vom Zeitpunkt der Untersuchung ab. Während in der 10+ bis 11+ SSW 30–40 % der Einschätzungen fehlerhaft sind, steigt die diagnostische Sicherheit auf fast 100 % nach der 12+ SSW (Odeh et al. 2009). Dies setzt allerdings die Abwesenheit genitaler Fehlbildungen voraus, welche zu diesem Zeitpunkt noch nicht adäquat zu evaluieren sind.

Abb. 4.8 Darstellung des rechten Zwerchfellanteils (*weiße Pfeile*)

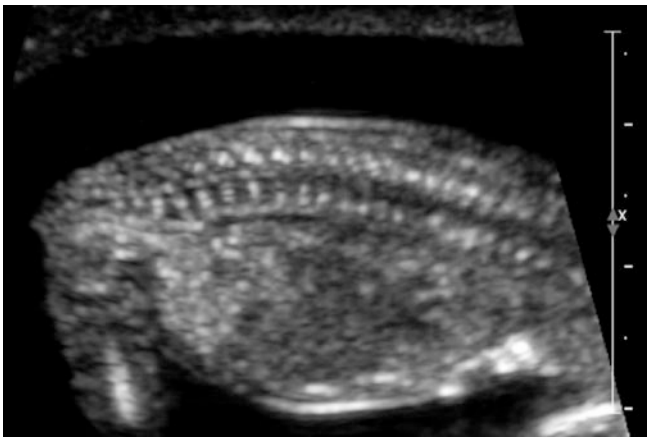


Abb. 4.9 Darstellung der fetalen Wirbelsäule in der 12+5 SSW

Bei der sonografischen Geschlechtsbestimmung im I. Trimenon ist zu beachten, dass eine Mitteilung zu diesem Zeitpunkt gemäß dem Gendiagnostikgesetz noch nicht erlaubt ist.

In der weiter kranialen, sagittalen Ansicht erfolgt eine **Beurteilung des Diaphragmas** (Abb. 4.8). Die kuppelförmige, feine Trennlinie findet sich rechtsseitig zwischen Leber und Lunge, sowie linksseitig zwischen Magen, Lunge und Herz.

Von der Rückenseite des Fetus aus wird die **Wirbelsäule** beurteilt. Hierbei gilt es, die Kontur der bedeckenden Haut über der ganzen Länge bis zum Os sacrum zu verfolgen (Abb. 4.9).

4.2.4 Extremitäten

Tipp

Eine besondere Stärke des Fehlbildungsultraschalls im I. Trimenon ist die Beurteilung der Extremitäten.

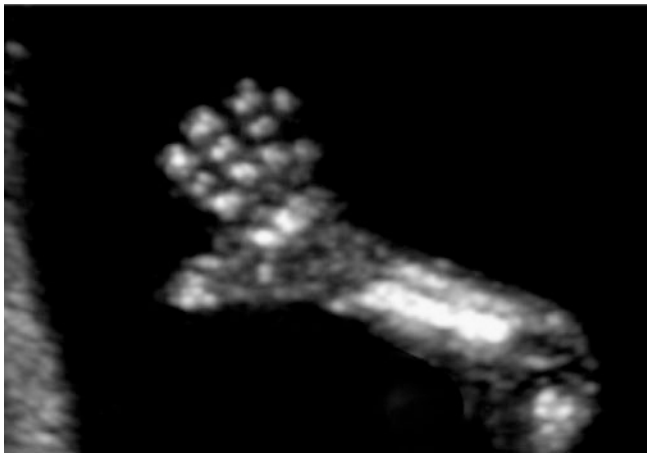


Abb. 4.10 Darstellung der kompletten linken oberen Extremität: Humerus, Radius, Ulna und Finger sind abgrenzbar

Abb. 4.11 Darstellung der unteren Extremität. Häufig zu beobachten ist das hier zu sehende Überschlagen der Beine. Während das linke Bein in seiner Länge vollständig zu sehen ist, betrachtet man den Fuß des anderen Beines von unten. Dies ermöglicht in diesem Fall die Erkennung der 5 Zehen

Aufgrund der überschaubaren Proportionen des Fetus, einer regelhaften leichten Beugung in den proximalen Gelenken und Streckung in den distalen Gelenken sind **Arme**, **Beine**, **Hände** und **Füße** meist gut einzusehen. Selbst die Finger sind in ihrer Anzahl regelmäßig überprüfbar (Abb. 4.10). Auch bei den Zehen ist dies häufig möglich, allerdings aufgrund der geringeren Größe deutlich abhängiger von den Schallbedingungen und den zur Verfügung stehenden technischen Voraussetzungen (Abb. 4.11).

Üblicherweise wird die Femurlänge als biometrisches Maß erfasst. Die **Fußstellung** wird in der longitudinalen Einstellung überprüft. Im Vergleich zum II. Trimenon stehen die Füße hierbei zumeist in einer leichten Innenrotation. Neben der Überprüfung der Vollständigkeit und Stellung sollte an den Extremitäten auch auf **Spontanmotorik** geachtet werden.

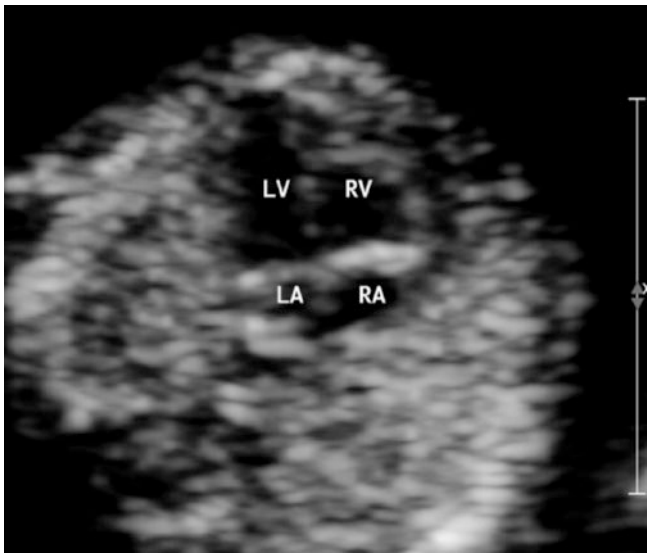


Abb. 4.12 Apikaler Vierkammerblick in 12+6 SSW. *LA* linkes Atrium, *LV* linker Ventrikel, *RA* rechtes Atrium, *RV* rechter Ventrikel

4.2.5 Herz

Eine Sonderstellung hat die frühe **fetale Echokardiografie** erlangt. Für die Fehlbildungsdiagnostik im II. Trimenon kommt ihr bereits eine zentrale Rolle zu. Dies ist unter anderem darin begründet, dass mit 3–8 Fällen auf 1000 Lebendgeburten angeborene Herzfehler die höchste Prävalenz unter den Fehlbildungen aufweisen. Mit Abschluss der 9+ SSW hat das fetale Herz nach einer Reihe komplexer Prozesse der Drehung, des Remodelings und der Septierung seine endgültige Anatomie angenommen.

Die **systematische Ersttrimesteruntersuchung** des fetalen Herzens reicht bis zum Anfang der 90er-Jahre zurück (Gembruch et al. 1993). Es wurde hierbei stets versucht, die Ebenen der fetalen Echokardiografie des II. Trimenons auf das I. Trimenon zu übertragen. Die Erfolgsraten der Visualisierung hingen hierbei insbesondere davon ab, ob die Untersuchung in der Früh- oder Spätphase des I. Trimenons stattfand und ob ein transvaginaler oder transabdominaler Zugang gewählt wurde.

Unter aktuellem Stand der Technik ist in spezialisierten Zentren von einer 95%igen Beurteilbarkeit der fetalen Anatomie im I. Trimenon auszugehen (Yagel et al. 2007).

Zentrale Einstellung der frühen fetalen Echokardiografie ist der Vierkammerblick, sowohl im B-Bild wie auch mittels Farbdopplersonografie (Abb. 4.12, Abb. 4.13).

Die **Kriterien** entsprechen denen des II. Trimenons. Das Herz nimmt ungefähr ein Drittel der Thoraxfläche ein. Die Herzspitze zeigt nach links. Die Herzachse liegt bei 30–45° zur mediosagittalen Ebene. Im physiologischen Vierkammerblick zeigen sich 2 gleich dimensionierte, durch ein offenes Foramen ovale verbundene Vorhöfe sowie 2 Ventrikel. Der rechte Ventrikel imponiert durch ein prominentes Moderatorband. Der linke Ventrikel ist herzspitzenbildend. Beide Ventrikel zeigen ungefähr die gleiche Breite. Trikuspidal- und Mitralklappe können in ihrer

Abb. 4.13 Farbdopplersonografische Darstellung der ventrikulären Füllung im Vierkammerblick

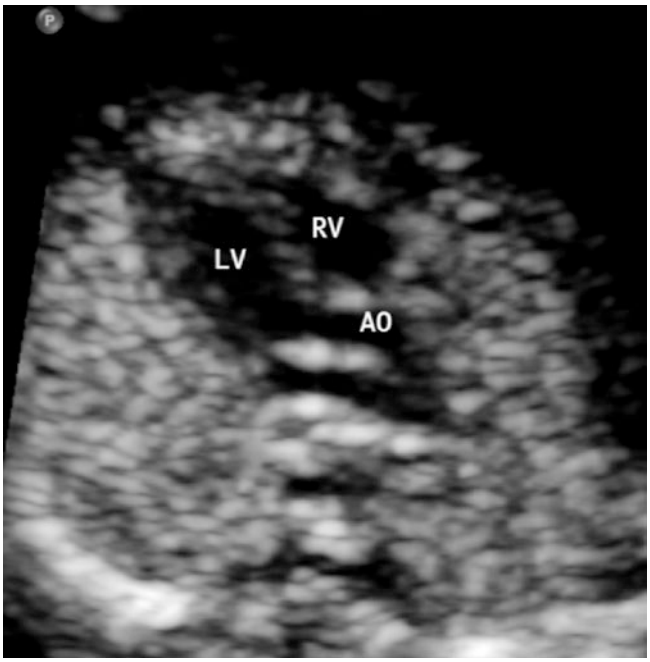


Abb. 4.14 Fünfkammerblick mit zentralem Abgang der Aorta (*AO*). *LV* linker Ventrikel, *RV* rechter Ventrikel

Bewegung dargestellt werden. Die Trikuspidalklappe ist hierbei im Vergleich zur Mitralklappe ein wenig in Richtung Herzspitze versetzt.

In der Farbdopplersonografie kann die gleichmäßige Füllung in beide Ventrikel ohne Kommunikation der Einströme über das Septum hinweg dargestellt werden. Insbesondere mittels des Spektraldopplers kann der regelhafte Strom über die Trikuspidalklappe geprüft werden. Im apikalen Vierkammerblick wird ein 2–3 mm großes Doppler-Gate über die Trikuspidalklappe gelegt. Der Abgreifwinkel sollte hierbei weniger als 30° von der Herzachse abweichen. Mithilfe des Spektraldopplers über der Trikuspidalklappe wird das physiologische Füllungsmuster des rechten Ventrikels mit E-Welle („early diastole": passive Füllungsphase) und A-Welle (atriale Kontraktion: aktive Füllungsphase) überprüft. Die E-Welle sollte hierbei stets niedrigere Geschwindigkeiten als die A-Welle aufweisen. Regurgitationen sollten nicht zur Darstellung kommen. Diese sind vor allem mit Chromosomenstörungen assoziiert.

Auch die **Ausstrombahnen** können regelhaft dargestellt werden. Hierbei ist häufig die Farbdopplersonografie der reinen B-Bild-Darstellung überlegen. Der linksventrikuläre Ausstrom wird durch Einstellung des Fünfkammerblickes visualisiert. Die Aortenwurzel inseriert hierbei in kontinuierlicher Fortsetzung des interventrikulären Septums und entspringt zentral des Herzens (Abb. 4.14). Weiter kranial findet sich der rechtsventrikuläre Ausstrom als Abgang des Truncus pulmonalis aus dem rechten Ventrikel hinter dem Sternum lokalisiert und zur Aorta aszendens überkreuzend. Nur wenig weiter kranial zeigt sich der Dreigefäßblick. In diesem fließen Aorta und Ductus arteriosus Botalli als geradlinige Verlängerung des Truncus pulmonalis V-förmig zusammen (Abb. 4.15). In der Farbdopplersonografie kann der gleichgerichtete antegrade Strom in beiden Gefäßen überprüft werden. Rechts neben Aorta und Ductus arteriosus Botalli kommt noch die quergeschnittene Vena cava superior zur Darstellung. Über diese Schnittebenen hinaus sind noch detailliertere Beurteilungen des frühen fetalen Herzens in spezialisierter Hand möglich und bei Verdacht auf einen fetalen Herzfehler auch indiziert (Axt-Fliedner et al. 2009). Die Screeningstudien zur Beurteilung der fetalen Anatomie im I. Trimenon beschränkten sich auf die o.a. Kriterien zur fetalen Echokardiografie (Souka et al. 2005, Syngelaki et al. 2011).

4.2.6 Plazenta und Nabelschnur

Die Beurteilung von Plazenta und Nabelschnur gehören ebenfalls zur Diagnostik des I. Trimenons. Die Plazenta stellt sich im Normalbefund als gleichmäßig echogene flächige Struktur dar. Eine Überlappung des inneren Muttermundes findet sich im I. Trimenon in 5 % der Schwangerschaften und lässt noch keine abschließende Stellungnahme zu, sollte jedoch Anlass zur Sensibilisierung und gezielten Verlaufskontrolle im II. und III. Trimenon geben (Rosati et al. 2000). Die plazentare Insertion der Nabelschnur kann im I. Trimenon aufgrund der noch übersichtlichen Verhältnisse einfach überprüft werden.

4.3 Normvarianten und Borderlinebefunde

Im Regelfall stellen sich die beiden **Plexus choroidei** symmetrisch dar. Gelegentliche Seitenunterschiede in der Ausprägung der Plexus choroidei sind als physiologisch zu werten.

Im Bereich der **fetalen Nabelschnurinsertion** ist zu beachten, dass vor der 11+ SSW noch ein physiologischer Nabelbruch beobachtet werden kann. Dieser ist max. 6 mm groß und enthält nur Darm.

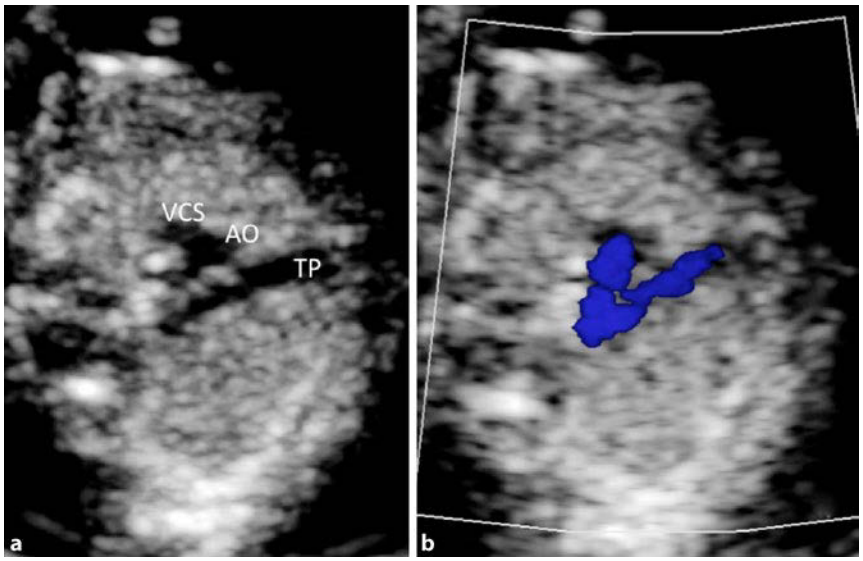


Abb. 4.15 **a** B-Bild-Darstellung des Dreigefäßblickes (*VCS* Vena cava superior, *AO* Aorta, *TP* Truncus pulmonalis) **b** Farbdopplersonografische Darstellung des Dreigefäßblickes mit Nachweis eines gleichgerichteten Stroms in beiden Ausflusstrakten

4.4 Pathologie

4.4.1 Anenzephalie und Enzephalozele

Die Diagnose der Anenzephalie kann im Zeitfenster der Ersttrimesteruntersuchung zuverlässig gestellt werden (Johnson et al. 1997).

In der frühen Diagnostik der Anenzephalie ist zu beachten, dass sich das sonomorphologische Bild von dem des II. Trimenons grundlegend unterscheidet.

Die Ersttrimesterdiagnose der Anenzephalie beruht auf der Darstellung der ursächlichen Akranie. Der **fehlende Verschluss des anterioren Neuroporus** um Tag 26 der Embryonalentwicklung führt primär zur Nichtanlage des Kraniums. Daraus folgt eine Exenzephalie, welche das sonografische Bild im I. Trimenon prägt. Das Hirngewebe wird der Amnionflüssigkeit frei ausgesetzt und löst sich hierbei auf. Im II. Trimenon ist es zumeist nicht mehr darstellbar. Die Abbauprozesse führen zu abstrusen Deformierungen der Kopfkontur mit mützenartigen Verziehungen und Auswölbungen (Abb. 4.16). Einige Autoren verweisen auf die erhöhte Echogenität des Fruchtwassers als Hinweiszeichen.

Neben dem kompletten Fehlen kann es zu lokalen Defekten des Kraniums mit Protrusion des Gehirns außerhalb des Schädels kommen. Diese Enzephalozelen sind zumeist frontal oder okzipital lokalisiert. Sonografisch hinweisgebend sind hierbei Unterbrechungen in der Kontinuität des Kraniums mit zystischen Aussackungen. Bei ausgeprägten Befunden kann bereits früh eine Mikrozephalie beobachtet werden.

Abb. 4.16 Exenzephalie als Vorstufe der Anenzephalie. Weiterhin ist bereits eine Protusio bulbi zu erkennen.

4.4.2 Holoprosenzephalie

Die Holoprosenzephalie stellt eine Fusionsstörung der embryonalen Entwicklung des Prosenzephalons dar. Hierbei kommt es zu einer nur unvollständigen Trennung im vorderen Anteil der beiden Großhirnhemisphären. Je nach Ausprägung unterscheidet man die alobäre, semilobäre und lobäre Form. Erstere ist in der Regel nicht mit dem Überleben der Neugeborenen über die ersten Monate hinaus vereinbar. In diesen Fällen lässt sich das oben erläuterte „butterfly sign" nicht darstellen.

Fehlen des „butterfly sign" → Verdacht auf Holoprosenzephalie!

Sonografisch hinweisgebend ist die Fusion der beiden Lateralventrikel zu einem meist hufeisenförmigen Holoventrikel und das Fehlen einer trennenden Mittellinienstruktur im vorderen

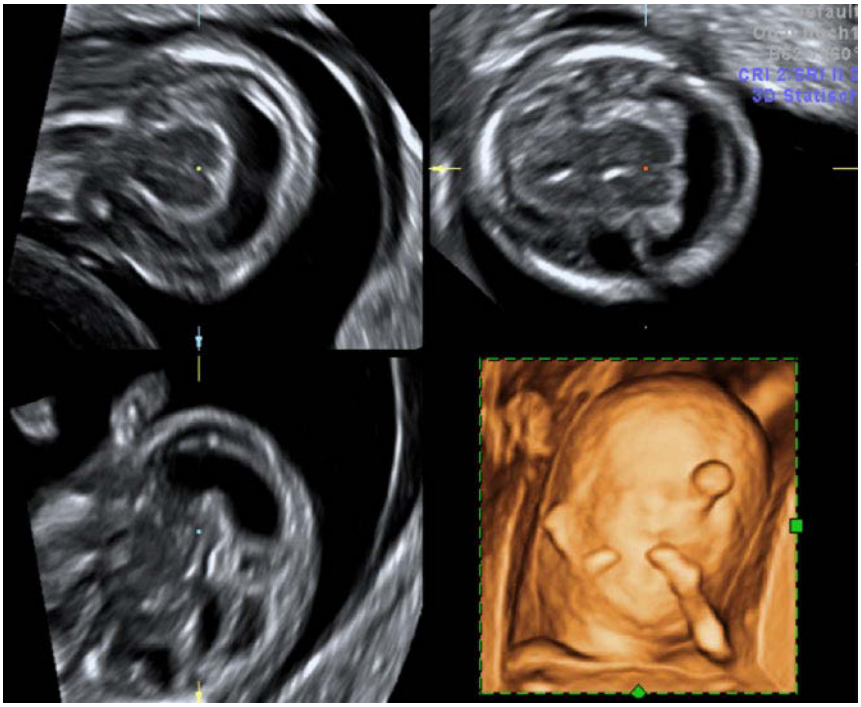


Abb. 4.17 Holoprosenzephalie in multiplanarer 3D- und Oberflächendarstellung. Pathognomonisch sind der hufeisenförmige Holoventrikel, die fusionierten Mittelhirnanteile und Hypotelorismus mit Proboscis

Anteil. Die Mittelhirnstrukturen sind fusioniert. Weiterhin treten häufig Mittelgesichtsfehlbildungen mit Hypotelorismus bis zur Zyklopie auf (Abb. 4.17). Hier sollte in Hinblick auf das Wiederholungsrisiko immer eine Karyotypisierung erfolgen. Die sehr häufig vergesellschaftete Trisomie 13 hat nur ein sehr geringes Wiederholungsrisiko. Bei einem normalen Karyotyp muss an ein genetisches Syndrom mit entsprechend erhöhtem Wiederholungsrisiko gedacht werden.

4.4.3 Dandy-Walker-Malformation

Die Dandy-Walker-Malformation resultiert aus einer abnormen Entwicklung des Rhombenzephalons. Als morphologisches Korrelat zeigt sich eine große zystische Erweiterung der Fossa posterior, welche weitreichend mit dem 4. Ventrikel kommuniziert. Die Vermis cerebelli ist deutlich hypoplastisch bis fehlend und nach kranial rotiert und zum Tentorium hin angehoben. Das Tentorium und die lateralen Sinus sind aufwärts verlagert (Pilu et al. 2000).

In ausgeprägten Fällen kann diese Fehlbildung bereits bei einer ausgeprägten zystischen Raumforderung der Fossa posterior mit früher Hydrozephalie vermutet werden. Aufgrund der komplexen Differenzialdiagnostik zu anderen Pathologien mit zystischer Erweiterung der Fossa posterior kann diese Diagnose erst im II. Trimenon abschließend gestellt werden.

4.4.4 Fehlbildungen des Gesichts

Spaltbildungen sind nur dann früh darstellbar, wenn ein relevanter Defekt der Maxilla und des harten Gaumens vorliegt. Eine reine Lippenspalte wird sich in der Regel der Diagnostik entziehen. Bei ausgeprägten Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten kann eine Unterbrechung des alveolären Bogens und gegebenenfalls der Gaumenplatte im transversalen Schnitt demonstriert werden. Im tangentialen Schnitt kann die Spalte zwischen Maxilla und Gaumenplatte gefunden werden (Abb. 4.18).

Tipp

Hilfreich ist die standardisierte Einstellung des retronasalen Dreiecks. Der Einsatz von 3D-Technologie kann helfen, die entsprechenden Ebenen sauber einzustellen.

Im Profil kann eine Retrognathie bzw. Mikrogenie auffallen. Wenn diese bereits im I. Trimenon ins Auge fällt, wird eine konstitutionelle Normvariante unwahrscheinlich und relevante Pathologien wie z. B. eine Pierre-Robin-Sequenz treten in den Vordergrund (Abb. 4.19). Dadurch stellt sich auch der Verdacht auf einen Defekt des Gaumens.

Augenfehlbildungen im Sinne einer Anopthalmie oder Zyklopie sind ebenfalls bereits im I. Trimenon zu detektieren.

4.4.5 Omphalozele

Die pränatale Diagnose der Omphalozele als Bauchwanddefekt in der anterioren Mittellinie beruht auf der Darstellung einer Hernierung eines peritonealen Sackes mit viszeralem Inhalt. Die Nabelschnur inseriert auf der Spitze dieses Bruchsackes (Abb. 4.20). Der Bruch liegt meist zentral. Bei epigastrischem Sitz findet sich überwiegend Leber im Bruchsack, bei tiefem Sitz kann das Urogenitalsystem von dem Defekt mitbetroffen sein

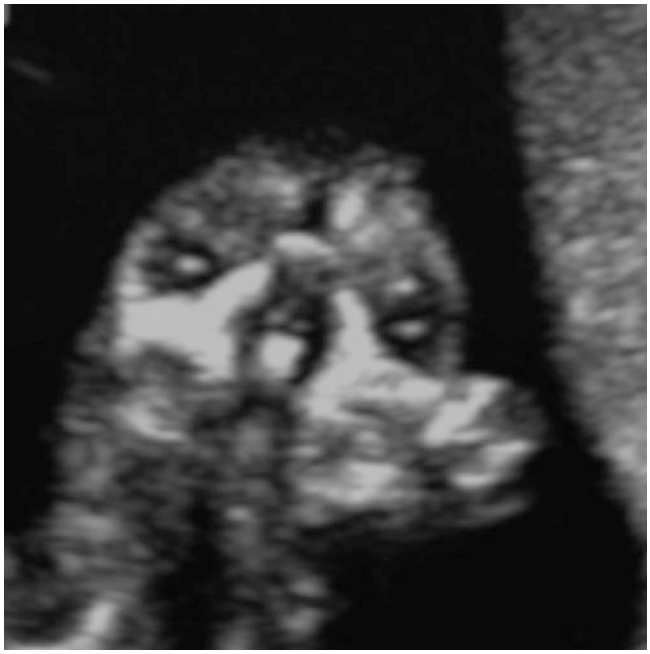


Abb. 4.18 Darstellung einer beidseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte

(Kloaken-/Blasenekstrophie). Daher sollte bei tiefem Sitz Wert auf die Darstellung der Blase gelegt werden.

Bis zum Abschluss der 11+ SSW ist eine Omphalozele vorsichtig zu interpretieren und sollte nur dann bereits als pathologisch eingestuft werden, wenn der Bruchsack Leber enthält. Auch nach vollendeten 11. SSW ist die Regression kleinerer Omphalozelen beschrieben.

4.4.6 Gastroschisis

Bei der Gastroschisis handelt sich um einen paraumbilikalen, in der Regel rechts gelegenen Bauchwanddefekt mit Heraustreten von Bauchorganen. Die Darstellung der prolabierten Organe, zumeist Darm mit Mesenterium, ist hierbei diagnostisch zielführend (Abb. 4.21). Die Inzidenz dieser sporadisch auftretenden Fehlbildung ist mit der der Omphalozele vergleichbar. Eine Diagnosestellung im I. Trimenon wird trotzdem vergleichsweise selten beschrieben (Whitlow et al. 1999).

Ein Grund für die geringere Erkennungsrate könnte die Verwechslung von prolabierten Darmschlingen mit Nabelschnuranteilen sein. Eine weitere mögliche Erklärung ist das zumeist isolierte Auftreten ohne weitere im I. Trimenon detektierbare Fehlbildungen. Oft sind rauchende minderjährige Frauen betroffen, die zurzeit seltener das Ersttrimesterscreening für sich in Anspruch nehmen.

4.4.7 Body-Stalk-Anomalie

Die Body-Stalk-Anomalie ist gekennzeichnet durch einen ausgedehnten Bauchwanddefekt, eine schwere Kyphoskoliose und

Abb. 4.19 Mandibuläre Mirkognathie bei Pierre-Robin-Sequenz. Auffällig ist weiterhin die Kontinuitätsunterbrechung des harten Gaumens als Hinweis auf die häufig assoziierte Gaumenspalte

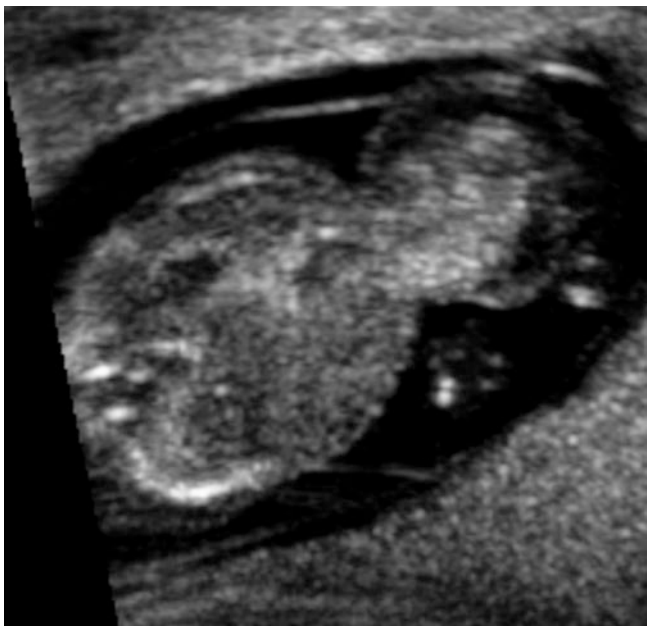


Abb. 4.20 Darstellung einer zentralen Omphalozele 12+3 SSW

eine kurze Nabelschnur. Als ursächlich wird eine frühe Ruptur der Amnionmembran angesehen, sodass der fetale Körper zum Teil in der Amnionhöhle und mit großen Anteilen in der Zölomhöhle liegt (Daskalakis et al. 1997). Da bereits die Vermessung einer frühen Biometrie durch die ausgeprägten Deformierungen unmöglich wird, ist die frühe Detektionsrate dieser Fehlbildung als hoch einzuschätzen. Die Prognose ist infaust.

4.4.8 Megazystis

Eine Megazystis ist definiert als eine Harnblasengröße ≥7 mm im longitudinalen Durchmesser im I. Trimenon (Sebire et al. 1996). Im Bereich zwischen 7–15 mm ist die Assoziation zu Aneuploidien hoch. Bei euploiden Feten mit einem Blasendurchmesser

Abb. 4.21 Darstellung einer Gastroschisis mit Prolaps von Dünndarmanteilen vor die Bauchwand (12+6 SSW)

zwischen 7–15 mm ist in 90 % der Fälle mit einer spontanen Remission zu rechnen. In den Fällen mit Blasendurchmessern >15 mm ist von einer progredienten obstruktiven Uropathie auszugehen, die zumeist auf dem Boden posteriorer Urethralklappen entstanden ist (Abb. 4.22).

Bei einer **Megazystis** finden sich in

- 20 % Chromosomenstörungen,
- 26 % obstruktive Uropathien und
- 30 % extrarenale Fehlbildungen (Jouannic et al. 2003, Kagan et al. 2010).

Die Prognose einer Megazystis bei progredienten obstruktiven Uropathien in diesem frühen Gestationsalter ist als ungünstig zu werten. Zur Klärung der renalen Funktionsschädigung kann eine Urinanalyse (z. B. von ß2-Mikroglobulin) nach Abpunktion der Megazystis erfolgen.

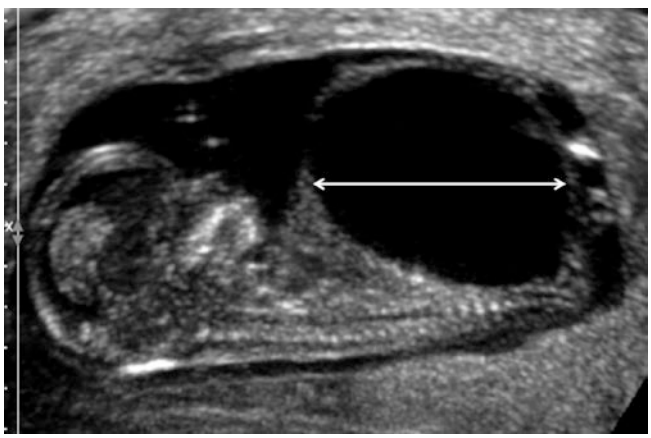


Abb. 4.22 Obstruktive Uropathie bei Urethralklappen mit massiver Megazystis mit 32 mm Longitudinaldurchmesser (13+0 SSW)

Im I. Trimenon ist zu berücksichtigen, dass die Urinanalyse von Elektrolyten noch wenig aussagekräftig ist, da der Urin in dieser Phase physiologischer Weise noch isoton ist.

Bei noch erhaltener Nierenfunktion könnte diese nur über die Anlage eines vesikoamnialen Shuntes bewahrt werden. Die Erfolgschancen bei so frühen Manifestationen sind allerdings kritisch zu werten.

4.4.9 Weitere urogenitale Fehlbildungen

Auch wenn die Darstellung der fetalen Nieren im I. Trimenon meist gut möglich ist, so stellen Nierenfehlbildungen ein diagnostisches Problem in der Frühphase dar.

Bilaterale Nierenagenesien wurden bisher nur selten im I. Trimenon diagnostiziert. Es fehlt das zielführende Symptom der Anhydramnie aufgrund der im I. Trimenon überwiegend plazentaren Fruchtwasserproduktion. Weiterhin können die elongierten Nebennieren wegen ihrer ebenfalls echoarmen Darstellung mit Nieren leicht verwechselt werden.

Die fehlende Darstellung einer Blasenfüllung ist bis zum Beweis des Gegenteils als Verdacht auf eine bilaterale Nierenagenesie anzusehen.

Die **autosomal rezessive polyzystische Nierendysplasie** (infantiler Typ) ist ebenfalls im I. Trimenon kaum zu diagnostizieren. In retrospektiven Untersuchungen entstand der Eindruck, dass die typische Echogenitätsanhebung und Vergrößerung der Nieren nicht vor der 14+ SSW zu beobachten war (Bronshtein et al. 1994).

Eine Sonderform stellt die polyzystische Nierendysplasie im Rahmen des **Meckel-Gruber Syndromes** dar. Bei diesem autosomal rezessiv vererbten Syndrom treten Enzephalozelen und