

Humanembryologie

Lehrbuch und Atlas der vorgeburtlichen Entwicklung
des Menschen

Herausgeber: Klaus V. Hinrichsen

Unter Mitarbeit von:

Henning M. Beier, Haide Breucker, Bodo Christ, Hans-Rainer Duncker,
Milan Dvořák, Brita von Gaudecker, Herwig Hahn von Dorsche,
Adolf Friedrich Holstein, Heinz Jürgen Jacob, Monika Jacob, Gerhard Jorch,
Peter Kaufmann, Ivica Kostović, Gregor Prindull, Wolfgang Seidl, Gerd Steding,
Jan Tesařík, Hubert Wartenberg

Mit 801 Abbildungen in 1497 Teilabbildungen und 41 Tabellen

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo Hong Kong Barcelona

Inhaltsverzeichnis

Autorenverzeichnis	XI	3.4	Imprägnation der Eizelle	78
Abkürzungsverzeichnis	XIII	3.5	Polyspermieblock	79
Vorwort (K. V. Hinrichsen)	1	3.6	Vorkernbildung	80
1. Grundlagen (K. V. Hinrichsen)	3	3.7	Pathologische Befruchtungsverläufe .	81
1.1 Was ist und wozu studiert man		3.8	Literaturverzeichnis	83
Embryologie?	3	4.	Praeimplantationsstadien	
1.2 Genetik	7	4.1	(K. V. Hinrichsen)	86
1.3 Grundvorgänge der Entwicklung	16	4.1.1	Freie Blastocyste	86
1.4 Fehlbildungen	25	4.1.2	Blastomeren-Stadien	86
1.5 Probleme des Schwangerschafts- abbruches	32	4.1.3	Compaction	89
1.6 Literaturverzeichnis	34	4.1.4	Embryoblastbildung	89
2. Methoden (K. V. Hinrichsen, mit einem Beitrag von B. Christ)	38	4.1.5	Blastocystenbildung („Cavitation“) .	90
2.1 Altersbestimmung, Stadien, Maße . .	38	4.2	Primäres Endoderm	92
2.2 Analytische Methoden	44	4.3	Anheftung der Blastocyste	92
2.3 Darstellende Methoden	48	4.4	Fehlentwicklungen bei Praeimplanta- tionsstadien	92
2.4 Experimentelle Embryologie (B. Christ)	55	4.5	Literaturverzeichnis	93
2.5 Pränatale Diagnostik	61	5.	Implantationsstadien und frühe Keimes- entwicklung (K. V. Hinrichsen, mit einem Beitrag von H. M. Beier)	94
2.6 Literaturverzeichnis	65	5.1	Initiale Implantation	95
3. Reproduktionsbiologie		5.2	Entwicklungsbiologie des frühen Keimes und der Implantation (H. M. Beier) . .	98
– Physiologische Grundlagen für Befruchtung und Schwangerschaft –		5.2.1	Leistungen und Reaktionen differen- zielter Blastocystenzellen	98
(H. M. Beier)	69	5.2.2	Der embryo-materiale Dialog	98
3.1 Entstehung und Definition des wissen- schaftlichen Gebietes der Reproduk- tionsbiologie	69	5.2.3	Immuntoleranz der Mutter gegenüber dem „Transplantat“ Embryo	102
3.2 Hormonelle Steuerung der Fort- pflanzung	69	5.2.4	Das Phänomen der „Synchronisierung“ von Embryo und Mutter	102
3.2.1 Ovarialzyklus und Ovulation	71	5.2.5	Ovarielle und intrauterine Anpassung als mütterlicher Beitrag im embryo- maternalen Dialog	104
3.2.2 Hormonelle Kontrolle der Zusam- mensetzung und Befruchtungsfähigkeit des		5.3	Bildung der Keimscheibe	106
Sperma	73	5.4	Amnienogenese	107
3.3 Entstehung und Vorbereitung der		5.5	Chorionhöhle	107
Keimzellen	74	5.6	Primärer und sekundärer Dottersack .	109
3.3.1 Spermien-Reifung	75	5.7	Funktion des Dottersackes beim	
3.3.2 Capacitation	76		Menschen	110
3.3.3 Acrosomenreaktion	76			

VI Inhaltsverzeichnis

5.8	Extraembryonaler Mesoblast	111	9.4.3	Primärzottenstadium	170																																																																																													
5.9	Bildung des Haftstieles	111	9.4.4	Sekundärzottenstadium	170																																																																																													
5.10	Frühe axiale Differenzierung	112	9.4.5	Tertiärzottenstadium	171																																																																																													
5.11	Implantationsstörungen	115	9.5	Differenzierung der Zottenbäume . .	172																																																																																													
5.12	Literaturverzeichnis	116	9.5.1	Normale Reifung und Differenzierung der Zotten	172																																																																																													
6.	Embryogenese (K. V. Hinrichsen) . .	118	9.5.2	Der Bau der reifen Placenta-Zotten . .	175																																																																																													
6.1	Bildung des mittleren Keimblattes . .	118	9.5.3	Zottenreifung und mütterlicher Blutstrom	177																																																																																													
6.1.1	Mesoblast-Einwanderung und Gastrulation	119	9.5.4	Funktionelle Reifung der Placenta-Zotten	181																																																																																													
6.1.2	Gliederung des Mesoblast	119	9.5.5	Fehldifferenzierungen des Zottenbaumes .	182																																																																																													
6.1.3	Primärer und sekundärer Mesoblast .	119	9.6	Wechselbeziehung zwischen Cytotrophoblast und Syncytiotrophoblast .	183																																																																																													
6.2	Neurulation	120	9.7	Entwicklung nicht-villöser Organabschnitte	186																																																																																													
6.2.1	Bildung der Neuralplatte	120	9.7.1	Chorion laeve und Amnion	186																																																																																													
6.2.2	Interaktion mit Chordalplatte und Praechordalplatte	123	9.7.2	Chorionplatte	188																																																																																													
6.2.3	Schluß des Neuralrohres	123	9.7.3	Trophoblastschale und Basalplatte .	189																																																																																													
6.2.4	Neuroporus anterior (rostralis)	125	9.7.4	Septen und Zellinseln	190																																																																																													
6.2.5	Neuroporus posterior	125	9.7.5	Zellsäulen	191																																																																																													
6.2.6	Primäre und sekundäre Neurulation .	126	9.8	Fibrinoid	191																																																																																													
6.3	Neuralleiste	126	9.9	Placenta und Eihäute bei Mehrlings-schwangerschaften	192																																																																																													
6.4	Individuation	128	9.10	Nachgeburtspause und Nachgeburt .	194																																																																																													
6.5	Abfaltung des Embryo von der Keimscheibe	129	9.11	Die Placenta-Entwicklung in Maß und Zahl	195																																																																																													
6.6	Literaturverzeichnis	137	9.12	Die Funktion der reifen Placenta . .	198																																																																																													
7.	Nabelbildung, Nabelschnur, Fruchtwasser (K. V. Hinrichsen)	139	9.13	Immunologie der Placenta	202																																																																																													
7.1	Nabelbildung	139	9.14	Literaturverzeichnis	204																																																																																													
7.2	Bildung der Nabelschnur	140	10.	Cardio-vaskuläres System																																																																																														
7.3	Störungen der Nabelbildung	145	(G. Steding, W. Seidl, mit einem Beitrag von B. Christ)	205																																																																																														
7.4	Fruchtwasser	146																																																																																																
7.5	Literaturverzeichnis	147	8.	Entwicklung der Körperform (K. V. Hinrichsen)	148	10.1	Grundlagen der embryonalen Gefäßbildung (B. Christ)	205	8.1	Pharyngula	148	8.2	Frühe Körperform	149	10.2	Entstehung des Herzens	211	8.3	Spätere Körpergestalt	158	8.4	Literaturverzeichnis	158	10.2.1	Entstehung und Frühentwicklung der Pericardhöhle	212	9.	Placentation und Placenta (P. Kaufmann)	159	10.2.2	Herkunft der Herzanlage	215	9.1	Placenta-Klassifikation	161	10.2.3	Entstehung des tubulären Herzens . .	215	9.1.1	Placenta-Formen	161	10.2.4	Bildung des schleifenförmigen Herzens	217	9.1.2	Formen der materno-fetalen Verzahnung	161	10.3	Entwicklung der Lage und äußeren Form des Herzens	220	9.1.3	Bau der materno-fetalen Trennschichten	162	10.3.1	Descensus des Herzens	220	9.1.4	Materno-fetale Gefäß-Lagebeziehungen	164	10.3.2	Entwicklung der äußeren Form des Herzens	222	9.1.5	Placenta-Klassifikation und Phylogene	165	10.4	Septierung des Herzens	223	9.2	Datierungsprobleme in der menschlichen Schwangerschaft	166	10.4.1	Prinzipien der Septierung	223	9.3	Lageentwicklung	167	10.4.2	Entwicklung der Herzregionen	229	9.4	Formentwicklung	168	10.5	Entwicklung der Baumaterialien des Herzens	243	9.4.1	Prälakunäre Periode	168	10.5.1	Epicard, Pericard, Herzbeutel . .	243	9.4.2	Trabekelstadium	170	10.5.2	Differenzierung des Myocard	245
8.	Entwicklung der Körperform (K. V. Hinrichsen)	148	10.1	Grundlagen der embryonalen Gefäßbildung (B. Christ)	205																																																																																													
8.1	Pharyngula	148	8.2	Frühe Körperform	149	10.2	Entstehung des Herzens	211	8.3	Spätere Körpergestalt	158	8.4	Literaturverzeichnis	158	10.2.1	Entstehung und Frühentwicklung der Pericardhöhle	212	9.	Placentation und Placenta (P. Kaufmann)	159	10.2.2	Herkunft der Herzanlage	215	9.1	Placenta-Klassifikation	161	10.2.3	Entstehung des tubulären Herzens . .	215	9.1.1	Placenta-Formen	161	10.2.4	Bildung des schleifenförmigen Herzens	217	9.1.2	Formen der materno-fetalen Verzahnung	161	10.3	Entwicklung der Lage und äußeren Form des Herzens	220	9.1.3	Bau der materno-fetalen Trennschichten	162	10.3.1	Descensus des Herzens	220	9.1.4	Materno-fetale Gefäß-Lagebeziehungen	164	10.3.2	Entwicklung der äußeren Form des Herzens	222	9.1.5	Placenta-Klassifikation und Phylogene	165	10.4	Septierung des Herzens	223	9.2	Datierungsprobleme in der menschlichen Schwangerschaft	166	10.4.1	Prinzipien der Septierung	223	9.3	Lageentwicklung	167	10.4.2	Entwicklung der Herzregionen	229	9.4	Formentwicklung	168	10.5	Entwicklung der Baumaterialien des Herzens	243	9.4.1	Prälakunäre Periode	168	10.5.1	Epicard, Pericard, Herzbeutel . .	243	9.4.2	Trabekelstadium	170	10.5.2	Differenzierung des Myocard	245									
8.2	Frühe Körperform	149	10.2	Entstehung des Herzens	211																																																																																													
8.3	Spätere Körpergestalt	158	8.4	Literaturverzeichnis	158	10.2.1	Entstehung und Frühentwicklung der Pericardhöhle	212	9.	Placentation und Placenta (P. Kaufmann)	159	10.2.2	Herkunft der Herzanlage	215	9.1	Placenta-Klassifikation	161	10.2.3	Entstehung des tubulären Herzens . .	215	9.1.1	Placenta-Formen	161	10.2.4	Bildung des schleifenförmigen Herzens	217	9.1.2	Formen der materno-fetalen Verzahnung	161	10.3	Entwicklung der Lage und äußeren Form des Herzens	220	9.1.3	Bau der materno-fetalen Trennschichten	162	10.3.1	Descensus des Herzens	220	9.1.4	Materno-fetale Gefäß-Lagebeziehungen	164	10.3.2	Entwicklung der äußeren Form des Herzens	222	9.1.5	Placenta-Klassifikation und Phylogene	165	10.4	Septierung des Herzens	223	9.2	Datierungsprobleme in der menschlichen Schwangerschaft	166	10.4.1	Prinzipien der Septierung	223	9.3	Lageentwicklung	167	10.4.2	Entwicklung der Herzregionen	229	9.4	Formentwicklung	168	10.5	Entwicklung der Baumaterialien des Herzens	243	9.4.1	Prälakunäre Periode	168	10.5.1	Epicard, Pericard, Herzbeutel . .	243	9.4.2	Trabekelstadium	170	10.5.2	Differenzierung des Myocard	245																		
8.4	Literaturverzeichnis	158	10.2.1	Entstehung und Frühentwicklung der Pericardhöhle	212																																																																																													
9.	Placentation und Placenta (P. Kaufmann)	159	10.2.2	Herkunft der Herzanlage	215	9.1	Placenta-Klassifikation	161	10.2.3	Entstehung des tubulären Herzens . .	215	9.1.1	Placenta-Formen	161	10.2.4	Bildung des schleifenförmigen Herzens	217	9.1.2	Formen der materno-fetalen Verzahnung	161	10.3	Entwicklung der Lage und äußeren Form des Herzens	220	9.1.3	Bau der materno-fetalen Trennschichten	162	10.3.1	Descensus des Herzens	220	9.1.4	Materno-fetale Gefäß-Lagebeziehungen	164	10.3.2	Entwicklung der äußeren Form des Herzens	222	9.1.5	Placenta-Klassifikation und Phylogene	165	10.4	Septierung des Herzens	223	9.2	Datierungsprobleme in der menschlichen Schwangerschaft	166	10.4.1	Prinzipien der Septierung	223	9.3	Lageentwicklung	167	10.4.2	Entwicklung der Herzregionen	229	9.4	Formentwicklung	168	10.5	Entwicklung der Baumaterialien des Herzens	243	9.4.1	Prälakunäre Periode	168	10.5.1	Epicard, Pericard, Herzbeutel . .	243	9.4.2	Trabekelstadium	170	10.5.2	Differenzierung des Myocard	245																											
10.2.2	Herkunft der Herzanlage	215																																																																																																
9.1	Placenta-Klassifikation	161	10.2.3	Entstehung des tubulären Herzens . .	215	9.1.1	Placenta-Formen	161	10.2.4	Bildung des schleifenförmigen Herzens	217	9.1.2	Formen der materno-fetalen Verzahnung	161	10.3	Entwicklung der Lage und äußeren Form des Herzens	220	9.1.3	Bau der materno-fetalen Trennschichten	162	10.3.1	Descensus des Herzens	220	9.1.4	Materno-fetale Gefäß-Lagebeziehungen	164	10.3.2	Entwicklung der äußeren Form des Herzens	222	9.1.5	Placenta-Klassifikation und Phylogene	165	10.4	Septierung des Herzens	223	9.2	Datierungsprobleme in der menschlichen Schwangerschaft	166	10.4.1	Prinzipien der Septierung	223	9.3	Lageentwicklung	167	10.4.2	Entwicklung der Herzregionen	229	9.4	Formentwicklung	168	10.5	Entwicklung der Baumaterialien des Herzens	243	9.4.1	Prälakunäre Periode	168	10.5.1	Epicard, Pericard, Herzbeutel . .	243	9.4.2	Trabekelstadium	170	10.5.2	Differenzierung des Myocard	245																																	
10.2.3	Entstehung des tubulären Herzens . .	215																																																																																																
9.1.1	Placenta-Formen	161	10.2.4	Bildung des schleifenförmigen Herzens	217	9.1.2	Formen der materno-fetalen Verzahnung	161	10.3	Entwicklung der Lage und äußeren Form des Herzens	220	9.1.3	Bau der materno-fetalen Trennschichten	162	10.3.1	Descensus des Herzens	220	9.1.4	Materno-fetale Gefäß-Lagebeziehungen	164	10.3.2	Entwicklung der äußeren Form des Herzens	222	9.1.5	Placenta-Klassifikation und Phylogene	165	10.4	Septierung des Herzens	223	9.2	Datierungsprobleme in der menschlichen Schwangerschaft	166	10.4.1	Prinzipien der Septierung	223	9.3	Lageentwicklung	167	10.4.2	Entwicklung der Herzregionen	229	9.4	Formentwicklung	168	10.5	Entwicklung der Baumaterialien des Herzens	243	9.4.1	Prälakunäre Periode	168	10.5.1	Epicard, Pericard, Herzbeutel . .	243	9.4.2	Trabekelstadium	170	10.5.2	Differenzierung des Myocard	245																																							
10.2.4	Bildung des schleifenförmigen Herzens	217																																																																																																
9.1.2	Formen der materno-fetalen Verzahnung	161	10.3	Entwicklung der Lage und äußeren Form des Herzens	220	9.1.3	Bau der materno-fetalen Trennschichten	162	10.3.1	Descensus des Herzens	220	9.1.4	Materno-fetale Gefäß-Lagebeziehungen	164	10.3.2	Entwicklung der äußeren Form des Herzens	222	9.1.5	Placenta-Klassifikation und Phylogene	165	10.4	Septierung des Herzens	223	9.2	Datierungsprobleme in der menschlichen Schwangerschaft	166	10.4.1	Prinzipien der Septierung	223	9.3	Lageentwicklung	167	10.4.2	Entwicklung der Herzregionen	229	9.4	Formentwicklung	168	10.5	Entwicklung der Baumaterialien des Herzens	243	9.4.1	Prälakunäre Periode	168	10.5.1	Epicard, Pericard, Herzbeutel . .	243	9.4.2	Trabekelstadium	170	10.5.2	Differenzierung des Myocard	245																																													
10.3	Entwicklung der Lage und äußeren Form des Herzens	220																																																																																																
9.1.3	Bau der materno-fetalen Trennschichten	162	10.3.1	Descensus des Herzens	220	9.1.4	Materno-fetale Gefäß-Lagebeziehungen	164	10.3.2	Entwicklung der äußeren Form des Herzens	222	9.1.5	Placenta-Klassifikation und Phylogene	165	10.4	Septierung des Herzens	223	9.2	Datierungsprobleme in der menschlichen Schwangerschaft	166	10.4.1	Prinzipien der Septierung	223	9.3	Lageentwicklung	167	10.4.2	Entwicklung der Herzregionen	229	9.4	Formentwicklung	168	10.5	Entwicklung der Baumaterialien des Herzens	243	9.4.1	Prälakunäre Periode	168	10.5.1	Epicard, Pericard, Herzbeutel . .	243	9.4.2	Trabekelstadium	170	10.5.2	Differenzierung des Myocard	245																																																			
10.3.1	Descensus des Herzens	220																																																																																																
9.1.4	Materno-fetale Gefäß-Lagebeziehungen	164	10.3.2	Entwicklung der äußeren Form des Herzens	222	9.1.5	Placenta-Klassifikation und Phylogene	165	10.4	Septierung des Herzens	223	9.2	Datierungsprobleme in der menschlichen Schwangerschaft	166	10.4.1	Prinzipien der Septierung	223	9.3	Lageentwicklung	167	10.4.2	Entwicklung der Herzregionen	229	9.4	Formentwicklung	168	10.5	Entwicklung der Baumaterialien des Herzens	243	9.4.1	Prälakunäre Periode	168	10.5.1	Epicard, Pericard, Herzbeutel . .	243	9.4.2	Trabekelstadium	170	10.5.2	Differenzierung des Myocard	245																																																									
10.3.2	Entwicklung der äußeren Form des Herzens	222																																																																																																
9.1.5	Placenta-Klassifikation und Phylogene	165	10.4	Septierung des Herzens	223	9.2	Datierungsprobleme in der menschlichen Schwangerschaft	166	10.4.1	Prinzipien der Septierung	223	9.3	Lageentwicklung	167	10.4.2	Entwicklung der Herzregionen	229	9.4	Formentwicklung	168	10.5	Entwicklung der Baumaterialien des Herzens	243	9.4.1	Prälakunäre Periode	168	10.5.1	Epicard, Pericard, Herzbeutel . .	243	9.4.2	Trabekelstadium	170	10.5.2	Differenzierung des Myocard	245																																																															
10.4	Septierung des Herzens	223																																																																																																
9.2	Datierungsprobleme in der menschlichen Schwangerschaft	166	10.4.1	Prinzipien der Septierung	223	9.3	Lageentwicklung	167	10.4.2	Entwicklung der Herzregionen	229	9.4	Formentwicklung	168	10.5	Entwicklung der Baumaterialien des Herzens	243	9.4.1	Prälakunäre Periode	168	10.5.1	Epicard, Pericard, Herzbeutel . .	243	9.4.2	Trabekelstadium	170	10.5.2	Differenzierung des Myocard	245																																																																					
10.4.1	Prinzipien der Septierung	223																																																																																																
9.3	Lageentwicklung	167	10.4.2	Entwicklung der Herzregionen	229	9.4	Formentwicklung	168	10.5	Entwicklung der Baumaterialien des Herzens	243	9.4.1	Prälakunäre Periode	168	10.5.1	Epicard, Pericard, Herzbeutel . .	243	9.4.2	Trabekelstadium	170	10.5.2	Differenzierung des Myocard	245																																																																											
10.4.2	Entwicklung der Herzregionen	229																																																																																																
9.4	Formentwicklung	168	10.5	Entwicklung der Baumaterialien des Herzens	243	9.4.1	Prälakunäre Periode	168	10.5.1	Epicard, Pericard, Herzbeutel . .	243	9.4.2	Trabekelstadium	170	10.5.2	Differenzierung des Myocard	245																																																																																	
10.5	Entwicklung der Baumaterialien des Herzens	243																																																																																																
9.4.1	Prälakunäre Periode	168	10.5.1	Epicard, Pericard, Herzbeutel . .	243	9.4.2	Trabekelstadium	170	10.5.2	Differenzierung des Myocard	245																																																																																							
10.5.1	Epicard, Pericard, Herzbeutel . .	243																																																																																																
9.4.2	Trabekelstadium	170	10.5.2	Differenzierung des Myocard	245																																																																																													
10.5.2	Differenzierung des Myocard	245																																																																																																

	Inhaltsverzeichnis	VII
10.5.3 Cardiac jelly	246	
10.5.4 Endocard	246	
10.5.5 Gefäße des Herzens	247	
10.5.6 Reizleitungssystem	248	
10.5.7 Innervation des Herzens	249	
10.6 Funktionsentwicklung des Herzens . .	250	
10.6.1 Erregungsbildung und Erregungsleitung im embryonalen Herzen	250	
10.6.2 Die mechanische Herzaktion	255	
10.6.3 Die Strombahn im embryonalen Herzen .	258	
10.6.4 Herzleistungen	259	
10.7 Entwicklung der herznahen Gefäße . .	262	
10.7.1 Erste embryonale Gefäße	262	
10.7.2 Entstehung der Pharyngealbogenarterien	264	
10.7.3 Die Umgestaltung des pharyngealen Gefäßkorbes	267	
10.7.4 Entwicklung der großen herznahen Arterien	270	
10.8 Angeborene Fehlbildungen des Herzens und der großen Gefäße	273	
10.8.1 Prinzipien der Pathogenese	273	
10.8.2 Einfache Herzfehlbildungen	275	
10.8.3 Komplexe Herzfehlbildungen	276	
10.8.4 Fehlbildungen der herznahen großen Arterien	280	
10.8.5 Fehlbildungen der herznahen großen Venen	285	
10.9 Literaturverzeichnis	287	
11. Arterien des Rumpfes und der Gliedmaßen (K. V. Hinrichsen)	295	
11.1 Die Aorta und ihre Äste	296	
11.2 Arterien der Gliedmaßen	300	
11.2.1 Armarterien	301	
11.2.2 Beinarterien	301	
11.3 Literaturverzeichnis	304	
12. Venen (K. V. Hinrichsen)	305	
12.1 Hirnvenen und Durasinus	305	
12.2 Vena cava superior	312	
12.3 Vena cava inferior	312	
12.4 Lungenvenen	316	
12.5 Literaturverzeichnis	318	
13. Fetaler Kreislauf (K. V. Hinrichsen)	319	
13.1 Placentarkreislauf	319	
13.2 Fetale Kreislauf-Kurzschlüsse	323	
13.3 Perinatale Kreislauf-Umstellung	324	
13.4 Literaturverzeichnis	326	
14. Blut (G. Prindull)	327	
14.1 Hämatopoetische Stammzellen	329	
14.2 Erythropoese	331	
14.3 Die physiologische Neugeborenenanämie	335	
14.4 Myelopoese	335	
14.5 Blutgerinnung	336	
14.6 Literaturverzeichnis	339	
15. Lymphatische Organe (B. von Gaudecker)	340	
15.1 Thymus	340	
15.1.1 Anlagematerial	340	
15.1.2 Lage- und Formentwicklung	342	
15.1.3 Struktorentwicklung	344	
15.1.4 Funktionsentwicklung	347	
15.1.5 Postnatale Entwicklung und Involution	352	
15.2 Das Bursa-Problem	353	
15.3 Die peripheren lymphatischen Organe .	354	
15.3.1 Anlagematerial	354	
15.3.2 Lymphknoten	355	
15.3.3 Darm- und Bronchus-assoziiertes lymphatisches Gewebe (GALT und BALT)	361	
15.3.4 Milz	365	
15.3.5 Funktionsentwicklung der peripheren lymphatischen Organe	373	
15.4 Fehlbildungen des Immunsystems	377	
15.5 Literaturverzeichnis	378	
16. Zentralnervensystem (I. Kostović)	381	
16.1 Anlagematerial und Lageentwicklung .	382	
16.1.1 Die Gehirnanlage während der frühesten Embryonalperiode (3. Woche)	382	
16.1.2 Zelluläre Vorgänge im Neuralrohr	383	
16.2 Formentwicklung des Gehirns	384	
16.2.1 Embryonalperiode	384	
16.2.2 Fetalperiode	390	
16.3 Formentwicklung des Rückenmarks	396	
16.3.1 Embryonalperiode	396	
16.3.2 Fetalperiode	396	
16.3.3 Späte Fetalperiode und Frühreife	396	
16.4 Struktorentwicklung und Histogenese des Zentralnervensystems	396	
16.4.1 Allgemeine Übersicht über die Histogenese	396	
16.4.2 Histogenese der Hirnrinde – Grundmuster der Rindenentwicklung	402	
16.4.3 Histogenese des Neocortex	407	
16.4.4 Histogenese des Allocortex während des fetalen Lebens	415	
16.4.5 Entwicklung des Mesocortex (Gyrus cinguli, Gyrus parahippocampalis, Riechfeld)	418	
16.4.6 Entwicklung des Palaeocortex während des fetalen Lebens	418	
16.4.7 Entwicklung der Basalganglien und der subcorticalen telencephalen Kerne	418	
16.4.8 Struktorentwicklung der Basalganglienabschnitte des Allocortex (Corpus amygdaloideum)	422	

VIII Inhaltsverzeichnis

16.5	Entwicklung des Diencephalon	423	18.10	Fehlbildungen am Auge	498
16.5.1	Thalamus	423	18.11	Literaturverzeichnis	499
16.5.2	Hypothalamus	427	19.	Ohrentwicklung (K. V. Hinrichsen) . .	501
16.5.3	Subthalamus	428	19.1	Ohrbläschen und frühe Gliederung des	
16.6	Histogenese im Hirnstamm	429	19.2	Labyrinthes	501
16.6.1	Mesencephalon	431	19.3	Bogengänge und statisches Organ . .	504
16.6.2	Rhombencephalon		19.4	Cochlea und Cortisches Organ . .	505
	(Medulla oblongata und Brücke) . . .	433	19.5	Mittelohr	509
16.6.3	Kleinhirn	434	19.6	Entwicklung des äußeren Ohres . .	512
16.7	Strukturentwicklung und Histogenese		19.7	Fehlentwicklungen im Ohrbereich .	513
	im Rückenmark	436		Literaturverzeichnis	514
16.8	Hirnhäute und Gefäßversorgung –		20.	Intestinaltrakt (K. V. Hinrichsen) . .	516
	Entwicklung der cerebro-mesenchy-		20.1	Gliederung des Darmes	516
16.9	malen Grenzfläche	440	20.2	Kopfdarm	518
	Entwicklungsstand des Zentralnerven-		20.3	Entwicklung der Zunge	521
	systems zur Zeit der Geburt	442	20.4	Kopfspeicheldrüsen	525
16.9.1	Hirnrinde und unterlagernde weiße		20.5	Kopfdarmderivate	526
	Substanz	442	20.6	Halsfisteln	534
16.9.2	Basalganglien	442	20.7	Vorderdarm: Oesophagus, Magen,	
16.9.3	Diencephalon	443		Duodenum	535
16.9.4	Rhombencephalon und Medulla . . .	443	20.8	Entwicklung des Mitteldarmes und	
16.10	Funktionelle Differenzierung des			Darmdrehung	541
	Zentralnervensystems	443	20.9	Hinterdarm	548
16.10.1	Funktionelle Entwicklung der Hirnrinde		20.10	Strukturelle und funktionelle Differen-	
	und komplexe Verhaltensmuster . . .	443		zierung des Intestinaltraktes	551
16.10.2	Entwicklung der Reflexe und der		20.11	Fehlbildungen im Intestinaltrakt . .	561
	Funktionen des Rückenmarks	444	20.12	Entwicklung der Leber	564
16.11	Fehlbildungen und kritische Entwick-		20.13	Entwicklung des Pankreas	566
	lungssperioden des Zentralnervensystems	444	20.14	Literaturverzeichnis	568
16.11.1	Störungen der Neurulation und der		21.	Respirationstrakt (H.-R. Duncker) .	571
	frühen regionalen Differenzierung .	445	21.1	Einleitung	571
16.11.2	Störungen der Proliferation	445	21.2	Kehlkopf und Trachea	571
16.11.3	Störungen der Zellwanderung	446	21.3	Lungen: Pleura	572
16.11.4	Störungen der Differenzierung	446	21.4	Lungen: Gefäße	574
16.12	Literaturverzeichnis	446	21.5	Lungen: Innervation	575
17.	Peripheres Nervensystem		21.6	Lungen: Bronchialbaum	577
	(K. V. Hinrichsen)	449	21.6.1	Vergleichend-anatomische Vorbe-	
17.1	Spinalnerven	454		merkungen	577
17.2	Hirnnerven	463	21.6.2	Praenatale Entwicklung der mensch-	
17.3	Truncus sympathicus	469		lichen Lunge	581
17.4	Literaturverzeichnis	473	21.7	Perinatale Periode	592
18.	Sinnesorgane (18. Augenentwicklung		21.8	Postnatale Periode	593
	und 19. Ohrentwicklung)	476	21.9	Unterteilung des Coelom	596
18.1	Augenentwicklung (K. V. Hinrichsen)	477	21.9.1	Pericard und pericardio-peritoneale	
18.2	Augenbläschen, Augenbecher	477		Kanäle	596
18.3	Frühe Differenzierung der Retina . .	484	21.9.2	Pleurahöhlen	597
18.4	Linse	488	21.9.3	Zwerchfell	597
18.5	Cornea, Iris und vordere Augenkammer	489	21.10	Fehlbildungen der Lunge und des	
18.6	Sclera und Choroidea	491		Zwerchfells	603
18.7	Ciliarapparat und Glaskörper	493	21.11	Literaturverzeichnis	604
18.8	Sehnerv	494			
18.9	Lider und Tränenapparat	495			
	Äußere Augenmuskeln	497			

22. Endokrine Organe				
(K. V. Hinrichsen, mit einem Beitrag von H. Hahn von Dorsche)	607	26.2	Pronephros (Vorniere)	724
22.1 Hypothalamus-Hypophysen-System	607	26.3	Wolffscher Gang	729
22.2 Glandula thyroidea	616	26.4	Mesonephros (Urniere)	732
22.3 Glandulae parathyroideae	621	26.5	Metanephros (Nachniere)	734
22.4 Inselorgan (H. Hahn von Dorsche)	626	26.5.1	Interaktionen zwischen den verschiedenen Geweben	735
22.5 Glandulae suprarenales und chromaffines System	632	26.5.2	Entwicklung der harnableitenden Nierenabschnitte	735
22.6 Diffuses neuroendokrines System (DNES)	644	26.5.3	Bildung der harnproduzierenden Nierenabschnitte	737
22.7 Literaturverzeichnis	646	26.5.4	Renculi	740
23. Gesichtsentwicklung (K. V. Hinrichsen)	650	26.5.5	Ascensus der Niere	740
23.1 Relief der Gesichtsregion bis zur Bildung der Nasengrube	650	26.6	Ureter	741
23.2 Erste Bildung der Nase: Nasengang und primäre Choanen	658	26.7	Harnblase und Urethra	741
23.3 Entstehung des frühen Gesichtsreliefs	664	26.8	Fehlbildungen der Harnorgane	742
23.4 Gaumenbildung	668	26.8.1	Agenesien	742
23.5 Ausbildung der Wangen und der Mundspalte	674	26.8.2	Doppelbildungen der Harnorgane	742
23.6 Tränen-Nasen-Rinne	675	26.8.3	Verschmelzungsnieren	742
23.7 Entwicklung des äußeren Ohres	677	26.8.4	Dystopie der Niere und des Ureters	742
23.8 Ausbildung des definitiven Gesichtes	678	26.8.5	Zystenniere	742
23.9 Grundvorgänge der Gesichtsentwicklung und Fehlbildungen	682	26.8.6	Extravesikale Mündung des Ureters	742
23.10 Literaturverzeichnis	691	26.8.7	Variationen der Gefäßversorgung	742
24. Schädelentwicklung (K. V. Hinrichsen)	693	26.8.8	Fistelbildungen	743
24.1 Schädelbasis	695	26.8.9	Harnblasenektopie und -ekstrophie	743
24.2 Pharyngealskelet	699	26.9	Literaturverzeichnis	743
24.3 Schädeldach	700	27. Entwicklung der Genitalorgane und Bildung der Gameten (H. Wartenberg, mit Beiträgen von H. Breucker und A. F. Holstein sowie M. Dvořák und J. Tesařík)	745	
24.4 Definitive Schädelform	703	27.1	Entwicklung der Gonaden und deren sexuelle Differenzierung zu Hoden oder Ovar	747
24.5 Formvarianten und Fehlbildungen am Schädel	704	27.1.1	Herkunft der Geschlechtszellen (Keimbahn)	747
24.6 Literaturverzeichnis	704	27.1.2	Bildung der indifferennten Gonade	752
25. Zahnenentwicklung (K. V. Hinrichsen)	706	27.1.3	Sexuelle Differenzierung in Hoden und Ovar	753
25.1 Frühe Stadien der Zahnanlagen bis zur Hartsubstanzbildung	706	27.2	Hodenentwicklung	756
25.2 Dentinbildung	711	27.2.1	Praenatale Entwicklung des Hodens	756
25.3 Schmelzbildung	711	27.2.2	Praespermatogenese	760
25.4 Wurzelbildung	715	27.2.3	Hodendescensus und Entwicklung des Hodens im Kindesalter bis zur Pubertät	761
25.5 Ersatzzahnbildung	717	27.3	Der männliche Gamet und seine Entwicklung (Spermatogenese) (H. Breucker und A. F. Holstein)	764
25.6 Zahndurchbruch	720	27.3.1	Das Spermatozoon im Ejakulat	765
25.7 Zahnformeln	721	27.3.2	Spermatogenese beim Erwachsenen	767
25.8 Störungen der Zahnenentwicklung	721	27.3.3	Sertoli-Zellen	776
25.9 Literaturverzeichnis	722	27.3.4	Leydig-Zellen	777
26. Entwicklung der Harnorgane (H. J. Jacob und M. Jacob)	723	27.3.5	Hormonelle Steuerung der Spermatogenese	778
26.1 Einleitung	723	27.4	Entwicklung des Ovar	779

27.4.1	Fetale Entwicklung des Ovar	779	29.	Entwicklung der Extremitäten	
27.4.2	Ovogenese und Entwicklung des juvenilen Ovar bis zur Pubertät	781	29.1	(B. Christ)	838
27.5	Follikulogenese und Eizellreifung (M. Dvořák und J. Tesařík)	786	29.1	Entstehung der Extremitäten	838
27.5.1	Praefollikuläre Stadien und Herkunft der Follikelzellen	787	29.2	Verschiedene Aspekte der Extremi- tätenentwicklung	840
27.5.2	Primordialfollikel	788	29.3	Wachstum der Extremitätenanlagen .	841
27.5.3	Primärfollikel	791	29.4	Formentwicklung des Armes	844
27.5.4	Sekundärfollikel	793	29.5	Formentwicklung des Beines	847
27.5.5	Tertiärfollikel	797	29.6	Zelltod und Extremitätenentwicklung .	849
27.5.6	Ovulation	799	29.7	Entwicklung des Extremitätenskelets .	850
27.5.7	Corpus luteum	800	29.8	Entwicklung der Extremitäten- muskulatur	853
27.5.8	Atresie	800	29.9	Entwicklung der Blutgefäße in den Extremitäten	858
27.5.9	Altersabhängige Charakteristika der Follikelentwicklung	801	29.10	Entwicklung der Extremitätennerven .	858
27.6	Entwicklung der inneren Genitalorgane	803	29.11	Fehlbildungen der Extremitäten . .	860
27.6.1	Entwicklung der inneren Genitalorgane während der bisexuellen Phase	803	29.12	Literaturverzeichnis	860
27.6.2	Entwicklung und Differenzierung des Nebenhodens, des Ductus deferens und der Vesicula seminalis	808	30.	Entwicklung der Haut (B. Christ) . .	863
27.6.3	Entwicklung der Müllerschen Gänge zu den Eileitern und der Gebärmutter .	808	30.1	Entwicklung der Epidermis	863
27.7	Entwicklung der äußeren Genitalorgane	814	30.2	Entwicklung der Dermis	867
27.7.1	Bildung und frühe Differenzierung des Sinus urogenitalis und der äußeren Genitalorgane	814	30.3	Entwicklung der Hautanhangsgebilde .	867
27.7.2	Männliche Differenzierung des Sinus urogenitalis und der äußeren Geschlechtsorgane	816	30.4	Literaturverzeichnis	870
27.7.3	Weibliche Differenzierung des Sinus urogenitalis und der äußeren Geschlechtsorgane	819	31.	Frühgeborene – der vorzeitige Start ins extrauterine Leben (G. Jorch) . . .	871
27.8	Literaturverzeichnis	820	31.1	Heutiger Stand der Neonatologie . .	871
28.	Entwicklung der Rumpfwand (B. Christ)	823	31.2	Körperliche Funktionen	873
28.1	Somitenbildung und frühe Somiten- differenzierung	823	31.2.1	Atmungsorgane	873
28.2	Entwicklung der Wirbelsäule	827	31.2.2	Kreislauf	873
28.3	Fehlbildungen der Wirbelsäule	831	31.2.3	Infektabwehr	875
28.4	Entwicklung der cervicooccipitalen Übergangsregion	831	31.2.4	Wasser- und Energiehaushalt . .	876
28.5	Entwicklung der Rückenmuskulatur .	834	31.2.5	Ernährung	876
28.6	Entwicklung von Brust- und Bauchwand	834	31.3	Zentralnervöse Funktionen	877
28.7	Literaturverzeichnis	837	31.3.1	Schlaf-Wach-Rhythmus	877
			31.3.2	Tonus und Haltung	877
			31.3.3	Spontanbewegungen	877
			31.3.4	Reaktionsverhalten	877
			31.4	Das reife Neugeborene	879
			31.5	Störungen der normalen Entwicklung .	880
			31.6	Literaturverzeichnis	881
			Sachverzeichnis	883	
			Verzeichnis der Abbildungen von Embryonen nach dem Carnegie-Stadien-System nach Seitenzahlen	909	