



## Inhaltsverzeichnis

<b>Zur Ontogenese des lymphatischen Systems.</b> Von G. TÖNDURY und St. KUBIK, Zürich. Mit 22 Abbildungen . . . . .	1
Einleitung . . . . .	1
I. Untersuchungsmethodik . . . . .	2
II. Übersicht über das primitive Lymphgefäßsystem beim menschlichen Embryo . . . . .	2
a) Saccus lymphaticus jugularis . . . . .	3
b) Saccus lymphaticus posterior . . . . .	15
c) Saccus inguinalis . . . . .	18
d) Saccus lymphaticus retroperitonealis . . . . .	18
e) Cisterna chyli und Ductus thoracicus . . . . .	20
III. Über die Entwicklung von Klappen in den Lymphgefäßen . . . . .	23
IV. Entwicklung der peripheren Lymphgefäße . . . . .	25
a) Das periphere Gefäßsystem des Jugularsackes . . . . .	25
b) Das periphere Gefäßsystem des Saccus retroperitonealis . . . . .	27
c) Das periphere Gefäßsystem des Saccus posterior . . . . .	27
V. Zur Entwicklung der Lymphknoten . . . . .	27
VI. Phylogenese des Lymphgefäßsystems . . . . .	34
Literatur . . . . .	36
<b>Vergleichende Anatomie des Lymphgefäßsystems.</b> Von H. GRAU, München. Mit 16 Ab- bildungen . . . . .	39
I. Einführung und phylogenetische Bemerkungen . . . . .	39
A. Vorstufen des Lymphgefäßsystems bei niederen Vertebraten . . . . .	41
B. Das Lymphgefäßsystem der Vögel . . . . .	46
II. Die Stellung des Säuger-Lymphgefäßsystems im Rahmen des Gesamt-Lymph- apparates . . . . .	50
A. Die Lymphknoten . . . . .	50
B. Die Lymphgefäße . . . . .	52
C. Lymphgefäßfreie Körperpartien . . . . .	52
D. Extravasculäre Saftbahnen . . . . .	55
III. Prinzipielles über das Lymphgefäßsystem der Säugetiere . . . . .	55
A. Die Lymphknoten . . . . .	56
B. Die Lymphgefäße der Säuger . . . . .	60
1. Die Lymphcapillaren . . . . .	61
2. Die Lymphgefäße . . . . .	62
3. Die großen Lymphsammelstämme des Rumpfes . . . . .	67
C. Die Lymphgefäße wichtiger Gewebsarten und Organe . . . . .	69
IV. Über eine vergleichende Darstellung des Lymphgefäßsystems der Säugetiere . . . . .	76
Literatur . . . . .	79
<b>Normale Anatomie des Lymphgefäßsystems.</b> Von J. WENZEL, Berlin. Mit 18 Abbildungen	89
Einleitung . . . . .	89
I. Die Lymphcapillaren und die Lymphgefäße . . . . .	89
1. Mikroskopische Struktur der Lymphcapillaren . . . . .	90
2. Mikroskopische Struktur der Lymphgefäße . . . . .	94
a) Aufbau der Lymphgefäßwandung einschließlich Klappenstruktur . . . . .	94

b)	Histochemie der Lymphgefäßwandung . . . . .	100
c)	Innervation der Lymphgefäße . . . . .	103
d)	Motorik der Lymphgefäßwandung und Klappenfunktion . . . . .	105
3.	Vorkommen, Verteilung und Organisation von Lymphcapillaren und Lymphgefäßen in den Organen . . . . .	106
a)	Herz . . . . .	106
b)	Blutgefäße . . . . .	106
c)	Lungen . . . . .	106
d)	Thymus . . . . .	107
e)	Milz . . . . .	108
f)	Darmsystem . . . . .	108
g)	Speicheldrüsen . . . . .	110
h)	Leber . . . . .	111
i)	Seröse Häute . . . . .	111
k)	Pankreas . . . . .	111
l)	Hypophyse . . . . .	112
m)	Schilddrüse . . . . .	112
n)	Nebenniere . . . . .	112
o)	Hoden — Nebenhoden . . . . .	114
p)	Ovarium . . . . .	114
q)	Niere . . . . .	114
r)	Muskuläre Hohlorgane . . . . .	116
s)	Muskulatur, Fascien, Sehnen, Sehnenscheiden . . . . .	117
t)	Haut . . . . .	117
u)	Zentralnervensystem . . . . .	117
II.	Die großen Lymphstämme (Trunci lymphatici) . . . . .	118
1.	Bildung und Verlauf der Lymphstämme . . . . .	118
2.	Mikroskopische Struktur der Lymphstämme . . . . .	120
III.	Der Ductus thoracicus . . . . .	121
1.	Verlauf und Topographie des Ductus thoracicus . . . . .	121
2.	Mikroskopische Struktur des Ductus thoracicus . . . . .	122
a)	Wandstruktur des Ductus thoracicus . . . . .	122
b)	Innervation des Ductus thoracicus . . . . .	123
c)	Enzymhistochemie des Ductus thoracicus . . . . .	124
d)	Lymphatico-venöse Anastomosen . . . . .	127
IV.	Die Morphologie der Lymphbahn als funktionelle Struktur . . . . .	127
1.	Einfluß des Lebensalters auf die Struktur der Lymphgefäße . . . . .	127
2.	Einfluß der Funktion auf die Verteilung und Organisation der Lymphgefäße . . . . .	128
	Schlußbetrachtung . . . . .	130
	Literatur . . . . .	131

**The Fine Structure and Function of the Lymphatic Vascular System.** By L. V. LEAK,  
Washington (USA). With 32 Figures . . . . . 149

I.	Introduction . . . . .	149
II.	General Organization of the Lymphatic Vascular System . . . . .	149
A.	Anatomical Arrangement of the Major Lymphatic Vessels . . . . .	150
1.	Structural Components of the Lymphatic Vascular Wall . . . . .	150
a)	Tunica Intima, the Endothelium . . . . .	151
b)	Tunica Media, Smooth Muscle Cells . . . . .	155
c)	Tunica Adventitia . . . . .	157
2.	Lymphatic Valves . . . . .	159
B.	General Organization and Distribution of Lymphatic Collecting Vessels . . . . .	159
1.	Structural Organization . . . . .	161
C.	Lymphatic Sinusoids . . . . .	162
D.	General Organization of Lymphatic Capillaries . . . . .	164
1.	Lymphatic Capillary Wall . . . . .	169
a)	The Lymphatic Capillary Endothelium . . . . .	169
b)	Intercellular Junctions . . . . .	174
c)	Extracellular Components . . . . .	174
2.	Lumen of Lymphatic Capillaries . . . . .	180

III. Functional Interpretation of Lymphatic Structure . . . . . 183  
 References . . . . . 192

**Lymphaticovenous Anastomoses.** By P. MÁLEK, Prague. With 8 Figures . . . . . 197

1. Historical Background . . . . . 197
2. Definition of Lymphaticovenous Anastomoses (LVA) . . . . . 198
3. Methods of Demonstrating LVA . . . . . 198
4. Experimental Observations . . . . . 201
  - LVA under Physiological Conditions . . . . . 201
  - LVC after Pressure Rise in the Lymphatic System, Particularly after Ligation of the Thoracic Duct . . . . . 202
  - The Effect of Drugs and Chemicals on LVA . . . . . 202
  - LVC during Regeneration of the Damaged Lymphatic System . . . . . 204
  - LVA in the Area of Lymph Nodes Damaged by Pathological Process . . . . . 205
  - LVA in Organ and Tissue Transplantation . . . . . 207
  - Artificial LVA . . . . . 208
  - Experimental Artificial LVA . . . . . 208
  - Reconstruction of Venolymphatic Junction in Experimental Portal Hypertension . . . . . 209
5. Clinical Observations . . . . . 210
  - LVA in Lymphedema of the Limbs . . . . . 210
  - LVA in other Benign Lesions . . . . . 211
  - LVA in Malignant Tumors in Primary and Secondary Lymph Nodes . . . . . 211
6. Classification of LVA . . . . . 213
  - Classification According to Development and Cause . . . . . 213
  - Classification According to Localization . . . . . 213
  - Classification According to Length of Function of Lymphovenous Communication . . . . . 213
7. Potential Clinical Importance of LVC . . . . . 213

References . . . . . 215

**Die Motorik der LymphgefäÙe und die Regulation der Lymphherzen.** Von H. MISLIN, Mainz. Mit 6 Abbildungen . . . . . 219

I. Motorik der LymphgefäÙe . . . . . 219

- A. Spontankontraktionen der LymphgefäÙe . . . . . 219
- B. Innervation der LymphgefäÙe . . . . . 220
- C. Motorik der Lymphangione . . . . . 222
  1. Strukturelle Vorbemerkungen . . . . . 222
  2. Reaktion der LymphgefäÙe auf natürliche Reize . . . . . 223
  3. Methodik eigener Versuche . . . . . 224
  4. Reaktion der LymphgefäÙe auf thermische Reize . . . . . 224
  5. Reaktion der LymphgefäÙe auf Druckreize . . . . . 225
- D. Die Koordination der Bewegung der Lymphangione . . . . . 227
  1. Reaktion der Lymphangione auf chemische Reize . . . . . 228
  2. Reaktion der LymphgefäÙe und Lymphangione auf Pharmaka . . . . . 229
- E. Elektrische Aktivität der Lymphangione . . . . . 231
- F. LymphgefäÙklappen . . . . . 232
- G. Zusammenfassung . . . . . 233

II. Lymphherzen . . . . . 234

Literatur . . . . . 237

**Physiologie und Pathophysiologie des LymphgefäÙsystems.** Von M. FÖLDI, Salzgitter-Ringelheim. Mit 33 Abbildungen . . . . . 239

I. Einleitung . . . . . 239

Die „extravasculäre Zirkulation“ der Plasmaproteine, der Lipide und der Blutkörperchen . . . . . 239

- a) Die „extravasculäre Zirkulation“ der Eiweißkörper des Blutplasmas . . . . . 240
- b) Die extravasculäre Zirkulation der Lipide . . . . . 243
- c) Die extravasculäre Zirkulation von Blutzellen . . . . . 244

II. Interstitielle Flüssigkeit und Lymphe, die Lymphbildung . . . . . 244

- a) Niere . . . . . 250
- b) Herz . . . . . 251
- c) Lunge . . . . . 251

d) Leber . . . . .	251
e) Zentralnervensystem . . . . .	251
f) Orbita und Auge . . . . .	254
g) Blutgefäße . . . . .	255
III. Die Strömung der Lymphe . . . . .	256
IV. Die Kybernetik der transcapillären Flüssigkeitsströme und der Lymphodynamik . . . . .	269
V. Die Insuffizienz der Lymphströmung und ihre drei Formen . . . . .	271
a) Die mechanische Insuffizienz der Lymphströmung . . . . .	273
A. Ödem der Papille und der Retina . . . . .	296
B. Veränderungen an der Bindehaut . . . . .	296
C. In einigen Fällen besteht ein palpebrales Ödem . . . . .	296
b) Die dynamische Insuffizienz der Lymphströmung . . . . .	301
c) Die Sicherheitsventilinsuffizienz der Lymphströmung . . . . .	303
Literatur . . . . .	305
<b>The Chemistry of Lymph.</b> By F. C. COURTICE, Canberra (Australia). With 25 Figures . . . . .	311
I. Substances of Small Molecular Size . . . . .	311
Electrolytes . . . . .	312
Non-Electrolytes . . . . .	315
Substances Bound to Protein . . . . .	318
Hormones . . . . .	319
II. Macromolecules . . . . .	321
Proteins . . . . .	321
Amount of Protein in the Extracellular Fluid . . . . .	321
Individual Components of Extracellular Fluid Proteins . . . . .	323
Proteins in Lymph from Individual Tissues . . . . .	326
Lymph Protein Derived from the Tissues . . . . .	333
Enzymes . . . . .	336
Coagulation Factors . . . . .	340
Lipoproteins . . . . .	340
Lipids in Plasma and Lymph . . . . .	340
Lipoproteins in Plasma and Lymph . . . . .	343
Lipoproteins in Intestinal Lymph . . . . .	347
Fat Soluble Vitamins in Thoracic Duct Lymph . . . . .	352
References . . . . .	353
<b>The Pharmacology of the Lymph and the Lymphatic System.</b> By G. VOGEL, Köln-Merheim. With 16 Figures . . . . .	363
Introduction . . . . .	363
The Influence on Volume and Composition of Lymph of Drugs which Affect Haemodynamics . . . . .	365
Lymph in Shock and Shocklike States . . . . .	373
Lymphotropic Drugs Acting Mainly on the Permeability of the Blood-Lymph Barrier . . . . .	375
The Effect of Hormones and Vitamins on Lymph Flow and Composition . . . . .	391
Drugs Acting Mainly on the Motor Activity of Lymph Vessels . . . . .	393
The Action of Diuretics and other Drugs on the Flow and Composition of Renal Lymph . . . . .	396
References . . . . .	400
<b>The Cells of Lymph and Their Role in Immunological Reactions.</b> By B. MORRIS, Canberra (Australia). With 17 Figures . . . . .	405
Introduction . . . . .	405
The Cell Content of Lymph . . . . .	406
Central Lymph . . . . .	409
Thoracic Duct . . . . .	409
Right Lymph Duct . . . . .	411
Cervical Duct . . . . .	411
Central Lymph from Various Lymph Nodes . . . . .	412
Peripheral Lymph . . . . .	412
The Cell Content of Lymph from Foetal and New Born Animals . . . . .	415
The Circulation of Lymphocytes from Blood to Lymph . . . . .	416

The Route of Recirculation of Lymphocytes from Blood to Lymph . . . . .	417
Lymph Nodes . . . . .	417
Connective Tissues . . . . .	418
Bone Marrow and Spleen . . . . .	418
Thymus . . . . .	418
The Origin of Cells in Lymph . . . . .	418
The Cell Content of Lymph in Pathological States . . . . .	419
The Acute Inflammatory Response . . . . .	419
The Chronic Inflammatory Response . . . . .	420
Immunological Reactions . . . . .	421
The Transport of Antigens by the Lymphatic System . . . . .	422
The Immune Response in Lymph . . . . .	422
Cell Changes in Peripheral Lymph . . . . .	422
Cell Changes in Central Lymph . . . . .	423
The Cell Types in Lymph Responsible for Antibody Synthesis . . . . .	427
Ultrastructural Aspects of Antibody Synthesis . . . . .	431
The Synthesis of Different Types of Antibody by Cells in Lymph . . . . .	431
Secretion of Antibody by the Cells in Lymph . . . . .	431
The Antibody Content of Lymph . . . . .	433
Antigenic Memory . . . . .	434
The Role of the Lymphatic System in Immunopathological States . . . . .	435
Immediate-Type Hypersensitivity (Arthus) Reactions . . . . .	436
Delayed-Type Hypersensitivity (DTH) Reactions . . . . .	436
The Role of the Lymphatic System in Transplantation Reactions . . . . .	438
The Mechanism of Sensitization to Graft Antigens . . . . .	440
The Cell Content of Lymph from Organ Homografts . . . . .	442
Cell Transformation in Homograft Reactions . . . . .	443
Antibody Levels in Lymph Draining from Homografts . . . . .	445
Graft Versus Host Reactions . . . . .	445
The Lymphatic System in Cancer and Immune Deficiency Diseases . . . . .	446
Cancer . . . . .	446
Adoptive Immunity to Experimental Tumours . . . . .	448
Immune Deficiency Diseases . . . . .	448
References . . . . .	450

<b>Allgemeine Pathologie des Lymphgefäßsystems.</b> Von F. HUTH, Düsseldorf. Mit 48 Abbildungen . . . . .	457
I. Varianten, Fehlbildungen und Tumoren des Lymphgefäßsystems . . . . .	457
a) Varianten ohne unmittelbare pathologische Wirkung . . . . .	457
b) Aplasien und Hypoplasien . . . . .	462
c) Hyperplasien, Lymphangiektasien, Lymphcysten . . . . .	462
d) Syndromhafte Erkrankungen mit Einschluß der Lymphgefäße . . . . .	465
e) Lymphcysten . . . . .	468
f) Lymphangiome und Hygrome . . . . .	470
g) Seltenerer blastomatöse Erkrankungen des Lymphgefäßsystems . . . . .	473
II. Atrophie und Degeneration des Lymphgefäßsystems . . . . .	474
a) Primär altersbedingte Involution und Degeneration . . . . .	474
b) Sekundäre Degeneration von Lymphgefäßen unter Noxen, die nicht ausschließlich das Lymphgefäßsystem betreffen . . . . .	476
III. Traumafolgen am Lymphgefäßsystem . . . . .	480
IV. Permeabilitätsstörungen der Lymphgefäßwand und ihre Folgen . . . . .	482
V. Lymphangiopathien . . . . .	492
a) Lymphangiopathien bei Erkrankungen der Organe . . . . .	492
b) Lymphangiopathien bei Erkrankungen des Blutgefäßsystems . . . . .	514
c) Lymphangiopathien bei Erkrankungen der Lymphknoten . . . . .	519
VI. Lymphangitis . . . . .	522
VII. Lymphangiosis . . . . .	527
a) Parasitäre Lymphangiosis . . . . .	527
b) Lymphangiosis durch unbelebte Reize . . . . .	529
c) Lymphangiosis carcinomatosa . . . . .	530
VIII. Lymphostase — Lymphödem . . . . .	534
a) Ursachen — Verlauf — Folgen . . . . .	534

b) Bedeutung der Lymphostase als Co-Faktor in der Pathogenese anderer Erkrankungen . . . . .	540
Literatur . . . . .	544
<b>Lymphatic Regeneration in Transplantation.</b> By P. MÁLEK, Prague. With 8 Figures . . . . .	579
I. Introduction . . . . .	579
II. Effect of the Severance of Lymphatic Circulation in Transplanted Organs . . . . .	579
1. Lymphedema, and its Potential Functional and Morphological Effects . . . . .	579
2. Significance of Lymphatic Severance in the Immunological Process . . . . .	581
3. Restoration of Lymphatic Circulation . . . . .	582
4. Restoration of Lymph Circulation in the Graft and Post-Transplantation Complications . . . . .	592
References . . . . .	593
<b>Darstellungsmethoden des Lymphgefäßsystems und praktische Lymphographie.</b>	
Von W. GERTEIS, Düsseldorf. Mit 23 Abbildungen . . . . .	595
A. Historischer Überblick . . . . .	595
B. Anatomische Darstellungsmethoden . . . . .	596
1. Farbstoffmethode nach GEROTA . . . . .	596
2. Röntgenologische Darstellungsmethode . . . . .	596
3. Gas-Darstellung der Lymphgefäße . . . . .	597
C. Indirekte Injektionsverfahren in vivo . . . . .	597
1. Lymphangioskopie mit Farbstoffen . . . . .	597
2. Indirekte Lymphographie . . . . .	598
3. Indirekte Isotopen-Lymphographie . . . . .	599
D. Direkte Lymphographie . . . . .	599
1. Technik der Lymphographie . . . . .	600
2. Komplikationen der Lymphographie . . . . .	602
a) Ölembolien der Lungen . . . . .	603
b) Cerebral-Embolie . . . . .	605
c) Leberembolie . . . . .	606
3. Histologische Veränderungen nach Lymphographie . . . . .	606
a) Akute Phase . . . . .	606
b) Chronische Phase . . . . .	607
c) Restaurationsphase . . . . .	608
4. Grundsätzliches zur Beurteilung von Lymphogrammen . . . . .	611
5. Lymphographische Differentialdiagnostik . . . . .	621
a) Die normale Speicherstruktur . . . . .	621
b) Homogene Speicherstruktur . . . . .	622
c) Feinkörnig aufgelockerte Speicherstruktur . . . . .	623
d) Grobschollige Speicherstruktur . . . . .	623
e) Grobschollig aufgelockerte Speicherstruktur . . . . .	623
f) Lacunär aufgelockerte Speicherstruktur . . . . .	623
g) Blasige bis cystische Speicherstruktur . . . . .	625
h) Das Defektbild . . . . .	625
i) Die retroperitoneale Fibrose . . . . .	626
6. Indikationen, Möglichkeiten und Grenzen der Lymphographie . . . . .	628
a) Prätherapeutische Diagnostik . . . . .	628
b) Kontrolle des Krankheitsverlaufes und des Therapieerfolges . . . . .	629
c) Die Chromolymphographie . . . . .	629
Schlußbetrachtung . . . . .	630
Literatur . . . . .	630
Namenverzeichnis . . . . .	637
Sachverzeichnis . . . . .	683

# Zur Ontogenese des lymphatischen Systems

Von

G. TÖNDURY und ST. KUBIK, Zürich

Mit 22 Abbildungen

## Einleitung

Dank zahlreicher, genauer und zuverlässiger Untersuchungen kennen wir heute die wichtigsten Phasen der Entwicklung des kardiovasculären Systems bis in ihre Einzelheiten. Weniger klar sind die Vorstellungen über die Vorgänge, die sich bei der Entwicklung der Lymphgefäße abspielen. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, daß die ersten Stadien mit den zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden schwer zu fassen sind und die Interpretation der Befunde widersprüchlich ist. Eine Durchsicht der Literatur zeigt, daß die Hauptarbeit im Verlaufe der beiden ersten Jahrzehnte unseres Jahrhunderts geleistet wurde. Seither sind nur noch vereinzelt Publikationen erschienen. Ursache zu heftigen Diskussionen gab die Frage nach der Abstammung des Lymphgefäßsystems. Sie lautete: „Entsteht das Lymphgefäßsystem direkt aus dem Mesenchym oder durch zentrifugales Auswachsen aus Venen?“ Die Auseinandersetzungen darüber erreichten ihren Höhepunkt in den Jahren 1908—1914. Sie wurden im wesentlichen von den Amerikanern F. R. SABIN (1902—1913), F. T. LEWIS (1905), E. L. CLARK (1912), G. S. HUNTINGTON (1907—1914), C. F. McCLURE (1908, 1910), O. F. KAMPMEIER (1911, 1912) und deren Schülern ausgetragen. Eine zusammenfassende Darstellung dieser und später hinzukommender Theorien findet man bei SABIN (1913) und KAMPMEIER (1931 und 1960).

Der Gründer der sog. *zentrifugalen Theorie* war L. RANVIER (1895), der die Ansicht vertrat, daß das ganze Lymphgefäßsystem sich aus von Venen herauswachsenden Endothelsprossen entwickelt. Nach F. R. SABIN (1911), der konsequentesten Vertreterin dieser Theorie, bilden diese Sprossen Geflechte, die sich zu Lymphsäcken erweitern, von welchen Lymphgefäße in die Peripherie vorwachsen und kontinuierlich in alle Organe eindringen. Die Vorstellungen von SABIN standen unter dem Einfluß der heute widerlegten, damals aber die embryologische Forschung stark beeinflussenden Angioblastentheorie von W. HIS (1900), die besagte, daß alle Blutgefäße von Blutinseln in den extraembryonalen Membranen abstammen. Die Blutinseln liefern die Angioblasten, d. h. die gefäßwandbildenden Zellen; diese dringen in die Keimscheibe ein, bilden die Herzanlage, die Aorten, die großen Venenstämme und ihre Äste und breiten sich allmählich über den ganzen Körper aus. Danach beruht die fundamentale Morphologie des Gefäßsystems, zu welchem auch das Lymphgefäßsystem zu rechnen ist, auf der Spezifität der Angioblasten und der aus ihnen hervorgehenden Endothelzellen.

Ganz im Gegensatz zur zentrifugalen Theorie besagt die *zentripetale Theorie*, die erstmals von G. L. GULLAND (1894) formuliert wurde, daß sich das Lymphgefäßsystem unabhängig vom Venensystem entwickelt, und zwar durch Verschmelzung perivenöser Mesenchymspalten, die mit dem Venensystem nirgends kommunizieren. Die Verbindung zwischen Lymphgefäßsystem und Venensystem kommt erst sekundär zustande und findet sich bei Embryonen aller drei Amnioten-

klassen im Bereiche der vorderen Körperhälfte. Sie wird jederseits durch den Saccus lymphaticus jugularis vermittelt, der 1896 von SAXER am Hals eines Rinderembryos von 25 mm entdeckt und als ein von Endothel ausgekleideter Hohlraum beschrieben wurde, der durch Vermittlung eines schräg gestellten Verbindungsstückes in den anliegenden Venenstamm einmündet.

Nach einer dritten, von HUNTINGTON (1910) vertretenen Theorie entstehen die jugularen Lymphsäcke je aus einem verzweigten blutgefüllten Venengeflecht, das in gewissen Stadien mit dem Venensystem frei kommuniziert und dorsolateral von der V. praecardinalis, der späteren V. jugularis interna, liegt. Unter Verlust der Verbindung mit dem anliegenden Venenstamm erweitert es sich zum Jugularsack. Die peripheren Lymphgefäße entstehen nach HUNTINGTON durch Verschmelzung und sukzessive Verbindung zahlreicher, von Endothel ausgekleideter Mesenchymspalten, die sich entlang dem Verlauf der Hauptvenen, aber unabhängig von ihnen, entwickeln.

Auf die sehr lebhaft geführte Diskussion zwischen den Vertretern der kurz skizzierten Theorien, die über Jahre die Anatomenkongresse in den USA beherrschte und nur noch geschichtliches Interesse hat, können wir aus räumlichen Gründen nicht eingehen. Eine Einigung wurde nicht erzielt. Sie war aus Gründen der Untersuchungsmethodik nicht möglich.

## I. Untersuchungsmethodik

Bei der Erforschung des Blut- und Lymphgefäßsystems des Erwachsenen leistet die *Injektionsmethode* ausgezeichnete Dienste. Sie spielt deshalb in der anatomischen Forschung und neuerdings auch in der Röntgenologie eine hervorragende Rolle. F. R. SABIN (1901—1906) verwendete sie mit großem Geschick bei ihren Untersuchungen über die Entstehung des Lymphgefäßsystems bei Schweineembryonen. Sie überwertete aber die Aussagekraft ihrer Befunde, wenn sie bereit war, nur jene Gefäße als Lymphgefäße zu akzeptieren, die sich injizieren ließen. Dagegen haben KAMPMEIER (1912) und andere mit Recht eingewendet, es könne nur dort injiziert werden, wo ein zusammenhängendes Röhrensystem bestehe. Lassen sich die Lymphgefäße in einem bestimmten Bereich nicht injizieren, dann bedeute das nicht, daß sie fehlen. Die Injektionsmethode vermittelt tatsächlich ein schönes Bild der Topographie des Lymphgefäßsystems in einem gegebenen Entwicklungsstadium, sie gibt aber keine Auskunft über seine Genese.

Der gleiche Einwand gilt auch für die *Untersuchung von Schnittserien* und darauf beruhende Rekonstruktionen. Aufgefundene, von Endothel ausgekleidete Spalten im Mesenchym können, auch wenn sie an typischer Stelle liegen, nicht einfach als Lymphgefäßanlagen bezeichnet werden. Lassen sich aber solche Spalten in Schnittserien von Embryonen, die sich im Alter nur wenig unterscheiden, bis zum Stadium der Fertigstellung des Lymphgefäßsystems verfolgen, dann kommt den Ergebnissen größere Aussagekraft zu. Für eine solche aufwendige Untersuchung benötigt der Embryologe ein umfangreiches Material, wie es in den seltensten Fällen zur Verfügung steht.

## II. Übersicht über das primitive Lymphgefäßsystem beim menschlichen Embryo

In Abb. 1 ist eine Profilrekonstruktion des primitiven Lymphgefäßsystems eines menschlichen Embryos von 30 mm\* dargestellt. In diesem Stadium ist bereits eine zusammenhängende Anlage zu finden, die sich aus folgenden Anteilen zusammensetzt:

\* Bei allen Größenangaben handelt es sich um die Scheitel-Steiß-Länge.

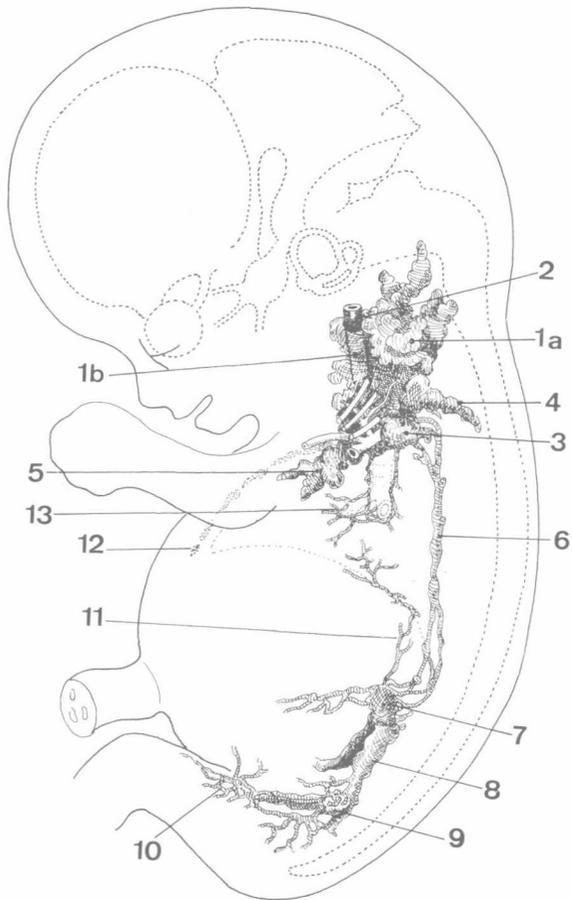


Abb. 1. Profilrekonstruktion eines menschlichen Embryos von 30 mm mit Eintragung der Lymphsäcke und des Ductus thoracicus. 1 Saccus jugularis, a oberflächlicher, b tiefer Teil; 2 V. jugularis interna; 3 suprascapulärer, 4 supraclaviculärer, 5 axillärer Fortsatz des Saccus jugularis; 6 Ductus thoracicus; 7 Saccus retroperitonealis; 8 Pars lumbalis, 9 Pars iliaca des Saccus posterior; 10 Plexus inguinalis; 11 Lymphgefäße des Unterlappens der Lunge und des Zwerchfells in Verbindung mit dem Saccus retroperitonealis; 12 Anlagen der parasternalen Knoten und Lymphwege; 13 Lungenlymphgefäße und Truncus bronchomediastinalis

Im Halsbereich ist der dorsolateral von der V. jugularis interna gelegene *Saccus lymphaticus jugularis* zu sehen, der sich an der Basis der oberen Gliedmaßenknospe mit dem *Saccus subclavius* verbindet und im Venenwinkel in die Blutbahn einmündet. Caudal findet man in Begleitung der V. iliaca externa den *Saccus lymphaticus posterior* und in dessen Fortsetzung den *Saccus inguinalis*. Der *Saccus lymphaticus retroperitonealis* ist unpaar und hängt mit der Anlage der ebenfalls unpaarigen *Cisterna chyli* zusammen. Durch Vermittlung des *Ductus thoracicus* wird die Verbindung mit dem Jugularsack hergestellt. Bei menschlichen Embryonen von 30 mm ist ein erstes Stadium der Lymphgefäßentwicklung abgeschlossen.

#### a) *Saccus lymphaticus jugularis*

Wie Abb. 2a, die von einem Parasagittalschnitt durch die Halsregion eines menschlichen Embryos von 23 mm stammt, zeigt, erstreckt sich der *Saccus lymphaticus jugularis* von der Basis der Armknospe bis an die Schädelbasis. Er besitzt eine unregelmäßige weite Lichtung, die von Bindegewebstrahlen und Ästen des Plexus brachialis durchbrochen wird und bei einem etwas älteren Embryo (29 mm) mit einem Zipfel weit dorsal bis hinter den M. trapezius reicht (Abb. 2b). In Abb. 3a und b sind Querschnitte durch den Jugularsack eines Embryos von 25 mm in verschiedener Höhe zu sehen. Topographisch ist seine, bezogen auf die V. jugularis interna, dorsolaterale Lage charakteristisch, baulich

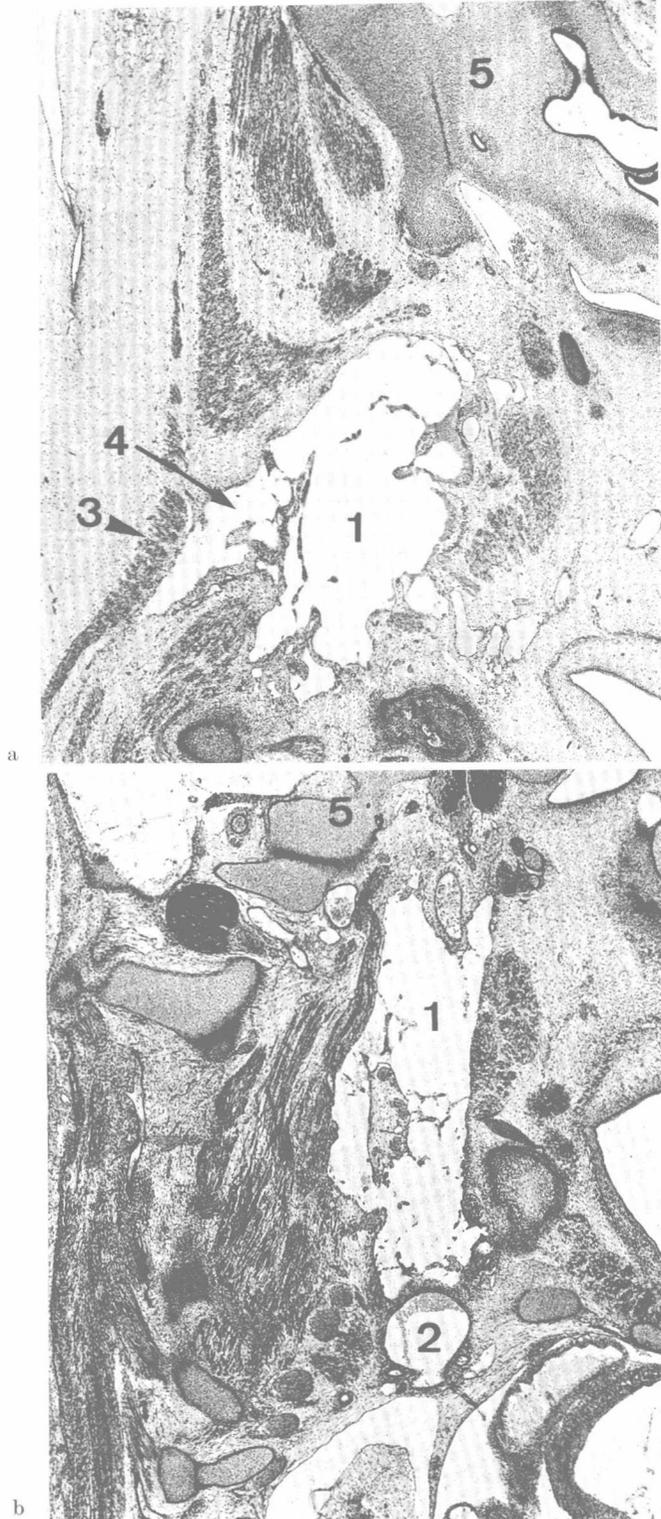
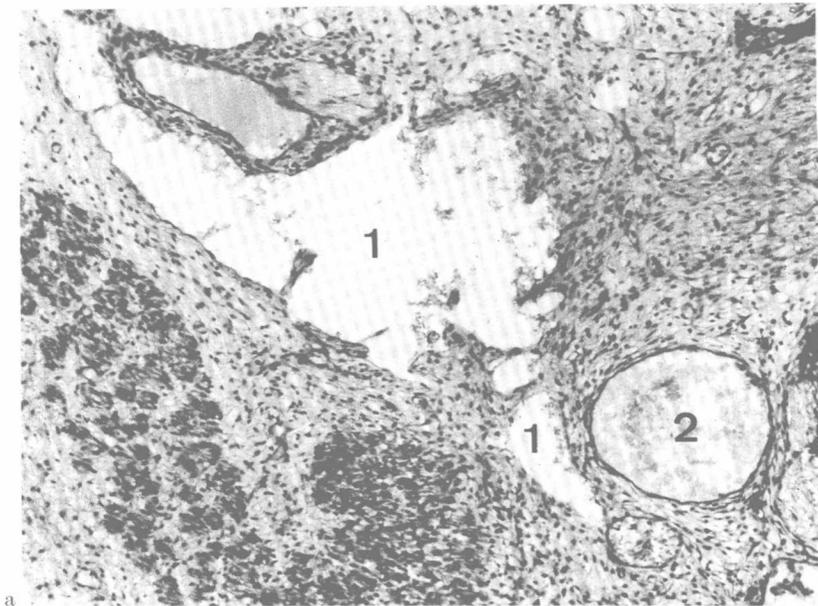


Abb. 2a u. b



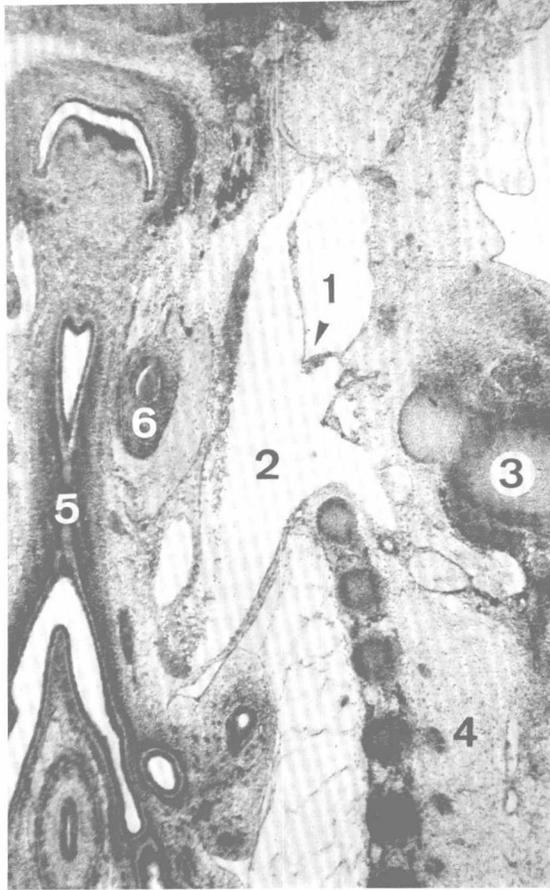
a



b

Abb. 3a u. b. Saccus lymphaticus jugularis bei einem Embryo von 25 mm. a Querschnitt in Nähe der Einmündungsstelle in den Venenwinkel; b Querschnitt in Höhe der Larynxanlage. 1 Saccus jugularis; 2 in a) V. jugularis interna, in b) Äste des Plexus brachialis; 3 V. jugularis interna; 4 A. carotis communis; 5 Larynx

Abb. 2a u. b. Saccus lymphaticus jugularis. a Parasagittalschnitt durch die Halsregion eines Embryos von 23 mm; b dasselbe durch die Halsregion eines Embryos von 29 mm. 1 Saccus jugularis; 2 V. jugularis interna; 3 M. trapezius; 4 Fortsatz des Saccus jugularis; 5 Schädelbasis



a

Abb. 4. Einmündung des Saccus jugularis in die V. jugularis interna bei einem Embryo von 16 mm. Frontalschnitt. Beachte die trichterförmige Klappe (Pfeil). 1 Saccus jugularis; 2 V. jugularis interna; 3 Armbasis; 4 Brustwand; 5 Trachea mit Bifurkation; 6 A. carotis communis

sind deutliche Unterschiede zwischen der Wand des Lymphsackes und der Wand der dicht benachbarten Vene zu erkennen: Der Lymphsack besitzt nur eine einfache Endothelauskleidung, während die Tunica interna der Vene von zwei konzentrischen Bindegewebslagen umhüllt ist (Abb. 3a). Die Äste des Plexus brachialis, die mitten durch seine Lichtung verlaufen, haben einen Endothelüberzug (Abb. 3b). Der Saccus lymphaticus jugularis mündet in Höhe der Vereinigung der V. jugularis interna mit den Vv. jugularis externa et subclavia in das Venensystem ein. In Abb. 4 ist das Mündungsstück zu sehen, das von der V. jugularis interna nur durch eine äußerst zarte Bindegewebschicht getrennt und mit einer einfachen, trichterförmigen Klappe versehen ist. Es handelt sich um einen Frontalschnitt in Höhe der Armbasis eines Embryos von 16 mm. In diesem Stadium ist der Lymphsack noch nicht fertiggestellt. Zahlreiche von Endothel ausgekleidete Mesenchymkammern an typischer Stelle geben einen Hinweis auf seinen Entstehungsmodus und gestatten die Annahme, daß sich der Saccus jugularis durch Verschmelzung zahlreicher Mesenchymspalten erweitert.

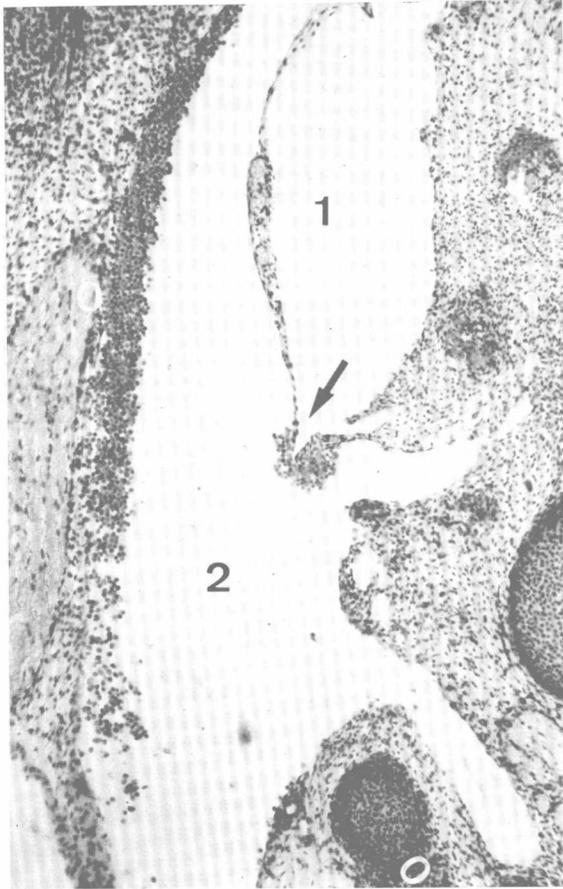
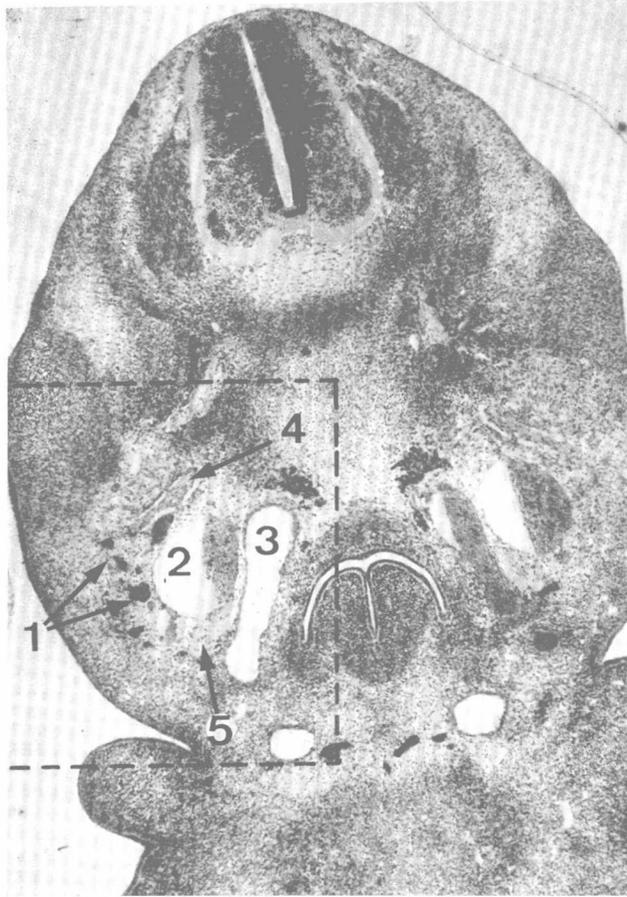


Abb. 4b

Um die Entstehung des *Saccus lymphaticus jugularis* zu verfolgen, wurden Schnittserien jüngerer Keimlinge untersucht. Die ersten Spuren des Lymphsackes fanden wir bei Embryonen von 9—10 mm. In Abb. 5 ist ein Querschnitt durch die Halsregion eines Embryos von 10,5 mm wiedergegeben. Dorsolateral von der *V. jugularis interna* sind mehrere Anschnitte durch z.T. prall mit Erythroblasten gefüllte Gefäße zu sehen, die, wie die Durchsicht der Schnittserie zeigte, geflechtartig miteinander verbunden sind und mit der Begleitvene an verschiedenen Stellen anastomosieren. Das Geflecht breitet sich lateral bis in die Basis der Armknospe aus und wurde von LEWIS (1905) als unmittelbarer Vorläufer der Jugularsäcke angesehen. SABIN (1906) gelang seine Injektion bei 10—13 mm langen Schweineembryonen von der *V. jugularis interna* aus. Da es sich bei Embryonen von 13—14 mm weniger und bei solchen von 15,5 und 16 mm gar nicht mehr füllen ließ, nahm sie an, daß es sich vorübergehend von der Stammvene völlig trenne. Für SABIN besteht kein Zweifel darüber, daß die Jugularlymphsäcke aus diesem Geflecht und damit aus Venen entstehen. HUNTINGTON und McCLURE (1907) schreiben von einem venolymphatischen Geflecht und leiten von diesem den Saccus jugularis her, der sich nach ihrer Vorstellung durch Ausdehnung und Verschmelzung seiner Kanäle entwickelt. Für KAMPMEIER (1931) hingegen bildet



a

Abb. 5. Embryo von 10,5 mm. Querschnitte durch die Halsregion. 1 Venengeflecht; 2 V. jugularis interna; 3 A. carotis communis; 4 Äste des Plexus cervicalis; 5 Ast des Plexus brachialis

das Venengeflecht nur ein zeitweiliges Modell, in dessen Umkreis sich Lymphräume auskristallisieren und es allmählich ersetzen. Er unterscheidet verschiedene Phasen in der Entwicklung des Jugularlymphsackes, die mit dem Auftreten des hämalen Geflechtes lateral der V. praecardinalis und ihres Zusammenflusses mit der V. postcardinalis eingeleitet wird. Nach erfolgter Heraussonderung gewisser dauernder Venen, wie der Vv. subclavia, cephalica et jugularis externa, trennt sich nach KAMPMEIER (1931) das Geflecht von der Muttervene. Das umliegende Mesenchym wird schwammiger und durch Anhäufung von Flüssigkeit in den Intercellularspalten vacuolisiert. Damit wird eine neue Phase in der Entwicklung des Jugularsackes eingeleitet. Die Reste des hämalen Plexus verfallen der Degeneration und werden durch ein unabhängiges lymphatisches Geflecht ersetzt, das zuerst längs des proximalen Teiles des Plexus, in Nähe der Venenstämme entsteht. Durch den Druck der sich ansammelnden Flüssigkeit werden die Spalt Räume erweitert, die endotheliale Auskleidung des Venenplexus fällt in sich zusammen, weicht zurück und schrumpft hinweg. In einer letzten Phase verschmelzen die getrennten lymphatischen Räume zum Saccus jugularis, der sich

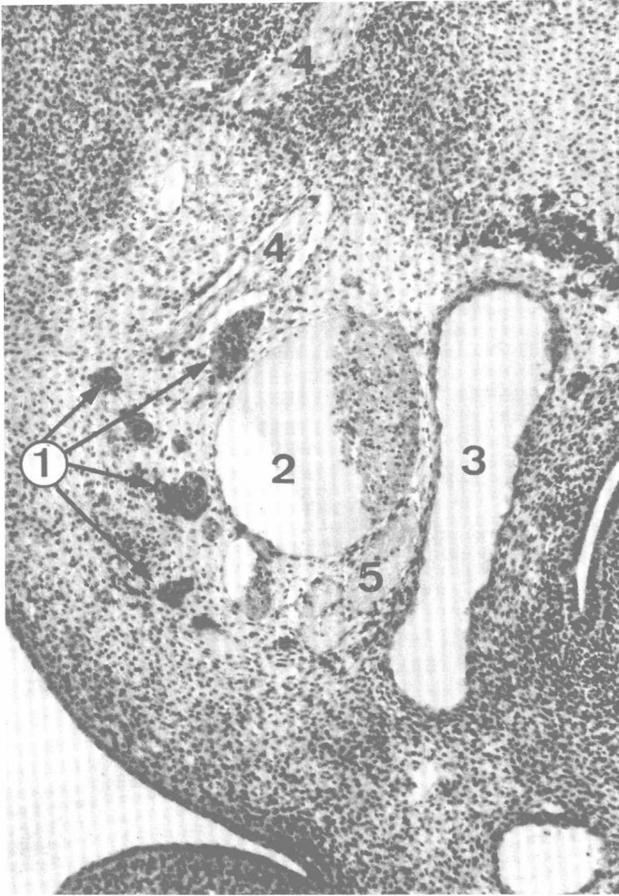


Abb. 5b

unter Einverleibung immer neuer intercellulärer Spalten ausdehnt. Der von Endothel ausgekleidete Sack bildet in keinem Zeitpunkt seiner Entwicklung eine einfache ununterbrochene Kammer. Blutgefäße und Äste des Plexus brachialis durchsetzen ihn, Mesenchymstränge ziehen von Wand zu Wand (Abb. 2—4). Nach KAMPMEIER (1960) besitzen die Lymphsäcke während ihres expansiven Wachstums keinen Ausgang, was vielleicht ihre enorme Ausweitung erklärt.

Unter den uns zur Verfügung gestandenen Schnittserien fanden wir ein einziges Mal das in Abb. 5 reproduzierte Geflecht, das hinsichtlich seiner Form und Lage den Beschreibungen von KAMPMEIER entspricht. Bei einem Embryo von 9 mm waren an seiner Stelle nur leere Mesenchymspalten verschiedener Form und Größe zu finden (Abb. 6). Auffällig waren auch von abgeflachten Zellen ausgekleidete Spalträume um Äste des Plexus brachialis. Der Embryo war sehr gut erhalten und zeigte keinerlei Anzeichen von Schrumpfung. Bei Embryonen von 12, 13 und 14 mm konnte der Entstehungsmodus des Lymphsackes aus der Verschmelzung von mit Endothel ausgekleideten Bindegewebsspalten Schritt für Schritt verfolgt werden. Auch gelang der Nachweis, daß eine mit Klappen versehene Einmündung in die V. jugularis interna bereits bei einer Größe von 14 mm existiert. Wir haben 4 Embryonen derselben Größe (14 mm) durchuntersucht und

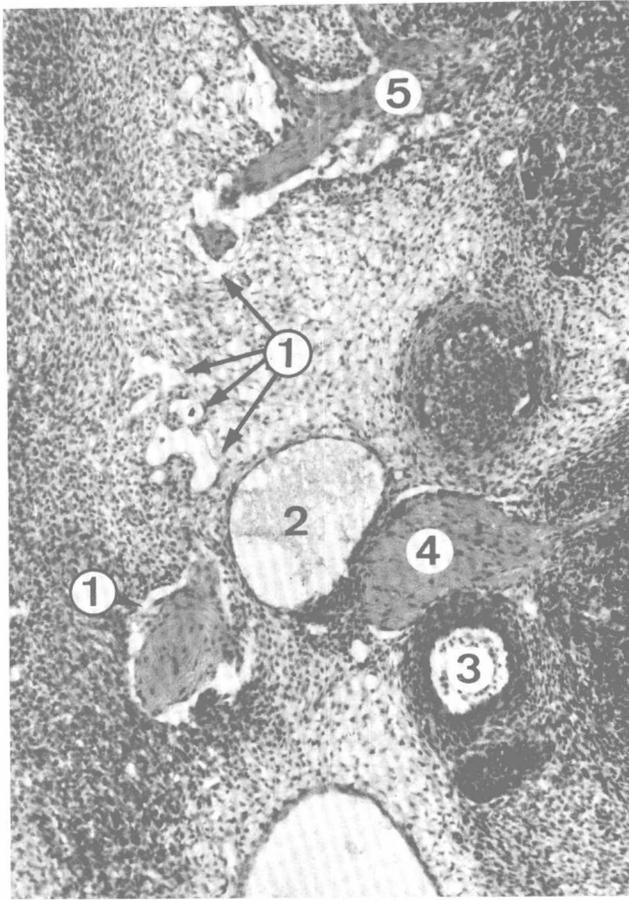


Abb. 6. Embryo von 9 mm. Querschnitt durch die Halsregion. 1 Mesenchymspalten; 2 V. jugularis interna; 3 A. carotis communis; 4 N. vagus; 5 Äste des Plexus brachialis

jeden zweiten Schnitt der sehr gut erhaltenen und tadellos geschnittenen Serien gezeichnet. Aus der graphischen Rekonstruktion ergab sich, daß der Jugularsack nicht durch Sprossung wächst, sondern durch Anfügung immer weiterer, ursprünglich voll getrennt gewesener Bindegewebsspalten. Abb. 7 gibt eine Vorstellung dieser Prozesse und zeigt, wie durch Konfluenz isolierter Vacuolen ein zunächst schmaler, langgestreckter, der V. jugularis internä dicht anliegender Sack entsteht (a), der sich durch Einverleibung weiterer lateral und dorsal anschließender Bläschen mächtig erweitert (b—d). Diese Entwicklungsart erklärt auch die Feststellung, daß der Jugularlymphsack keine einheitliche Lichtung besitzt (Abb. 8). In das Lumen vorspringende Bindegewebsbalken sind Überreste der ursprünglich die erweiterten Mesenchymspalten trennenden Septen. Auch der Verlauf von Nervenfasern und Blutgefäßen durch den Jugularsack (Abb. 2a und 3b) wird so verständlich.

Die zur Bildung des Saccus jugularis verschmolzenen Mesenchymspalten sind von einem einfachen Endothel ausgekleidet, das überall der Unterlage dicht anliegt. Dort, wo der Verschmelzungsprozeß noch in vollem Gange ist, kann das