



# NERVENSYSTEM

FÜNFTER TEIL

## MIKROSKOPISCHE ANATOMIE DES VEGETATIVEN NERVENSYSTEMS

ERGÄNZUNG ZU BAND IV/1

BEARBEITET VON

PHILIPP STÖHR JR.

PROFESSOR DER ANATOMIE  
UND DIREKTOR DES ANATOMISCHEN INSTITUTES DER UNIVERSITÄT BONN

MIT 501 ZUM TEIL FARBIGEN ABBILDUNGEN



SPRINGER-VERLAG  
BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

1957

ALLE RECHTE,  
INSBESONDERE DAS DER ÜBERSETZUNG IN FREMDE SPRACHEN,  
VORBEHALTEN

OHNE AUSDRÜCKLICHE GENEHMIGUNG DES VERLAGES  
IST ES AUCH NICHT GESTATTET, DIESES BUCH ODER TEILE DARAUS  
AUF PHOTOMECHANISCHEM WEGE (PHOTOKOPIE, MIKROKOPIE) ZU VERVIELFÄLTIGEN

© BY SPRINGER-VERLAG OHG. BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG 1957

PRINTED IN GERMANY

# HANDBUCH DER MIKROSKOPISCHEN ANATOMIE DES MENSCHEN

BEGRÜNDET VON  
WILHELM v. MÖLLENDORFF

FORTGEFÜHRT VON  
WOLFGANG BARGMANN  
KIEL

VIERTER BAND  
NERVENSYSTEM

FUNFTER TEIL  
MIKROSKOPISCHE ANATOMIE  
DES VEGETATIVEN NERVENSYSTEMS  
ERGÄNZUNG ZU BAND IV/1



SPRINGER-VERLAG  
BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG  
1957

DEM ALT-EHRWÜRDIGEN ORIEL COLLEGE IN OXFORD  
GEWIDMET

MIKROSKOPISCHE ANATOMIE  
DES VEGETATIVEN NERVENSYSTEMS

FÜNFTER TEIL

# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
<b>I. Vorbemerkung</b> . . . . .	1
<b>II. Über Entwicklung und Wachstumserscheinungen des vegetativen Nervensystems</b>	2
1. Ontogenese . . . . .	2
2. Wachstumserscheinungen . . . . .	13
<b>III. Aufbauelemente des sympathischen Systems</b> . . . . .	30
1. Ganglienzelle und Hüllplasmodium . . . . .	30
a) Allgemeine Bemerkungen . . . . .	30
b) Neuroplasma . . . . .	31
Neurofibrillen . . . . .	31
Nissl-Substanz . . . . .	31
Mitochondrien . . . . .	35
Pigment . . . . .	35
Golgi-Apparat . . . . .	39
Histochemische Reaktionen . . . . .	39
Vacuolen . . . . .	41
c) Kern . . . . .	45
d) Mehrkernige Ganglienzellen . . . . .	47
e) Hüllplasmodium . . . . .	51
f) Alterserscheinungen . . . . .	55
g) Degenerative Merkmale . . . . .	57
h) Bemerkung über multipolare Ganglienzellen im Ganglion Gasseri und in den Spinalganglien . . . . .	62
2. Nervenfasern . . . . .	64
Degenerative Veränderungen . . . . .	68
3. Rami communicantes . . . . .	70
Intermediäre, vegetative Ganglien . . . . .	73
<b>IV. Das sympathische System</b> . . . . .	74
1. Ganglien des Grenzstranges . . . . .	74
Individueller Bau . . . . .	75
Nebenzellenplasmodium . . . . .	75
Bemerkungen über die Synapse . . . . .	80
Rami internodiales . . . . .	87
N. splanchnicus . . . . .	87
2. Kopfganglien . . . . .	88
Ganglion ciliare . . . . .	89
Ganglion pterygopalatinum . . . . .	89
Ganglion oticum . . . . .	90
Ganglion submandibulare . . . . .	90
Versprengte, kleine sympathische Ganglien . . . . .	90
<b>V. Vagussystem</b> . . . . .	91
1. Ganglien . . . . .	91
2. Nervus vagus . . . . .	103
<b>VI. Bemerkungen über das Verhalten des vegetativen Nervengewebes in der Kultur</b>	106
<b>VII. Die Endigungsweise des vegetativen Nervensystems</b> . . . . .	110
1. Allgemeine Beobachtungen und Bemerkungen . . . . .	110
2. Zur Nomenklaturfrage der nervös-vegetativen Endigung . . . . .	125
3. Physiologische Bemerkungen über die nervös-vegetative Endigung . . . . .	126

	Seite
4. Das Verhalten des nervösen Terminalreticulums zu den Geweben . . . . .	128
a) Epithel- und Drüsengewebe . . . . .	128
$\alpha$ ) Epithel . . . . .	128
$\beta$ ) Endokrines Drüsengewebe . . . . .	131
$\gamma$ ) Exokrines Drüsengewebe . . . . .	136
b) Muskelgewebe . . . . .	142
$\alpha$ ) Glatte Muskulatur . . . . .	142
$\beta$ ) Herzmuskulatur . . . . .	151
$\gamma$ ) Quergestreifte Eingeweidemuskulatur . . . . .	154
$\delta$ ) Skelettmuskulatur . . . . .	156
c) Das Verhalten des nervösen Terminalreticulums im Bindegewebe . . . . .	157
d) Afferente Endigungen . . . . .	166
e) Über regenerative Vorgänge im vegetativen Nervenendgebiet . . . . .	168
f) Kurze Zusammenfassung . . . . .	171
<b>VIII. Die Innervation der Paraganglien . . . . .</b>	<b>172</b>
1. Paraganglion caroticum . . . . .	172
2. Paraganglion supracardiale . . . . .	179
3. Verstreute, nicht chromaffine Paraganglien . . . . .	181
<b>IX. Innervation des Gefäßsystems . . . . .</b>	<b>182</b>
1. Herz . . . . .	182
2. Blutgefäße . . . . .	201
Allgemeine anatomische Bemerkungen zur Gefäßinnervation . . . . .	201
a) Arterien . . . . .	206
b) Venen . . . . .	217
c) Arteriovenöse Anastomosen . . . . .	219
d) Capillaren . . . . .	222
e) Bemerkungen über den Weg der Gefäßnerven . . . . .	226
f) Gehirngefäße . . . . .	228
3. Milz . . . . .	235
4. Knochenmark . . . . .	242
5. Lymphatische Organe . . . . .	243
<b>X. Innervation der innersekretorischen Drüsen . . . . .</b>	<b>244</b>
1. Hypophyse . . . . .	244
a) Neurohypophyse . . . . .	244
b) Pars intermedia . . . . .	258
c) Adenohypophyse . . . . .	260
d) Pars tuberalis (Pars infundibularis) . . . . .	265
2. Glandula thyreoidea . . . . .	266
3. Glandula parathyreoidea . . . . .	269
4. Nebenniere . . . . .	270
5. Thymus. . . . .	283
<b>XI. Verdauungssystem . . . . .</b>	<b>291</b>
1. Mundhöhle und Pharynx . . . . .	291
a) Mund- und Gaumenschleimhaut . . . . .	291
b) Zunge . . . . .	294
c) Speicheldrüsen . . . . .	296
d) Zähne . . . . .	297
e) Schleimhaut des Pharynx. . . . .	303
f) Tonsillen . . . . .	303
2. Darmkanal . . . . .	304
a) Allgemeine Bemerkungen über die Aufbauelemente des intramuralen Darmnervensystems . . . . .	304
b) Die Innervation des Oesophagus . . . . .	323
c) Die Innervation des Magens . . . . .	334
$\alpha$ ) Plexus subserosus . . . . .	334
$\beta$ ) Plexus myentericus (AUERBACH) . . . . .	338
$\gamma$ ) Plexus submucosus (MEISSNER) . . . . .	345
$\delta$ ) Plexus mucosus . . . . .	351
e) Bemerkungen über eigentümlich gewundene, neurofibrillenführende Plasmastränge („Schlingenterritorien“) in der Submucosa . . . . .	353

	Seite
ζ) Bemerkungen über die Gefäßnerven des Magens . . . . .	355
η) Bemerkungen zur Konstruktion und über degenerative Vorgänge des intramuralen Nervensystems . . . . .	357
d) Die Innervation des Dünndarmes . . . . .	360
α) Plexus subserosus . . . . .	360
β) Plexus myentericus (AUERBACH) . . . . .	361
γ) Plexus muscularis profundus . . . . .	373
δ) Plexus submucosus (MEISSNER) . . . . .	373
ε) Plexus mucosus . . . . .	382
e) Die Innervation des Dickdarms . . . . .	385
α) Caecum . . . . .	385
β) Processus vermiformis . . . . .	386
γ) Colon . . . . .	391
f) Die Innervation des Rectums . . . . .	401
g) Zur Entwicklung des Darmnervensystems . . . . .	405
h) Schlußbemerkungen . . . . .	406
3. Innervation der Leber . . . . .	407
4. Innervation der Gallenblase und der Gallengänge . . . . .	409
5. Innervation des Pankreas . . . . .	414
6. Peritoneum . . . . .	421
<b>XII. Innervation der Respirationsorgane . . . . .</b>	<b>423</b>
1. Nasenschleimhaut . . . . .	423
2. Larynx . . . . .	425
3. Trachea . . . . .	428
4. Lunge . . . . .	429
5. Pleura parietalis . . . . .	434
<b>XIII. Innervation der Exkretionsorgane . . . . .</b>	<b>435</b>
1. Niere . . . . .	435
2. Ureter . . . . .	444
3. Harnblase . . . . .	446
<b>XIV. Innervation des Genitalsystems . . . . .</b>	<b>452</b>
1. Männliche Genitalorgane . . . . .	452
a) Hoden . . . . .	452
b) Nebenhoden . . . . .	454
c) Ductus deferens . . . . .	454
d) Vesicula seminalis . . . . .	455
e) Prostata . . . . .	455
f) Penis . . . . .	456
2. Weibliche Genitalorgane . . . . .	457
a) Ovarium . . . . .	457
b) Tube . . . . .	461
c) Uterus . . . . .	462
d) Vagina . . . . .	469
e) Klitoris . . . . .	470
f) Anhang . . . . .	472
<b>XV. Innervation der Hirnhäute . . . . .</b>	<b>472</b>
1. Dura mater . . . . .	472
2. Pia mater und Plexus chorioideus . . . . .	473
<b>XVI. Vegetative Innervation des Auges . . . . .</b>	<b>478</b>
1. Ganglion ciliare . . . . .	479
2. Chorioidea, Corpus ciliare, Iris . . . . .	487
3. Cornea, Sklera . . . . .	498
4. Glandula lacrimalis . . . . .	500
5. Äußere Augenmuskeln . . . . .	502

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
<b>XVII. Vegetative Innervation des Gehörorgans</b> . . . . .	503
1. Häutiges Labyrinth . . . . .	503
2. Membrana tympani secundaria . . . . .	507
3. Plexus tympanicus . . . . .	509
4. Membrana tympani . . . . .	511
<b>XVIII. Vegetative Innervation der Haut</b> . . . . .	513
Anhang: Vegetative Innervation der Brustdrüse . . . . .	523
<b>XIX. Zur vegetativen Innervation des Bewegungsapparates</b> . . . . .	524
1. Gelenkkapseln und Bänder . . . . .	524
2. Knorpel und Knochen . . . . .	528
3. Skelettmuskulatur . . . . .	528
Literatur . . . . .	529
Namenverzeichnis . . . . .	614
Sachverzeichnis . . . . .	633

## I. Vorbemerkung.

Der nachfolgende Beitrag beruht im wesentlichen auf eigener Untersuchung und auf den Studien meiner Mitarbeiter; er ist in mehreren Jahrzehnten entstanden. Die zur Darstellung des peripheren Nervengewebes benötigten Methoden bieten manche Schwierigkeit, und die histologische Kritik eines Präparates erfordert eine gewisse Erfahrung. Daher bleibt hastiges Arbeiten in der Neurohistologie meist ohne Erfolg. Eine Diskussion über die angeblich für das Nervengewebe geeignetste Methode führt gewöhnlich zu nichts. Wer sich einem Silberpräparat gegenüber unsicher fühlt, sei an die Kunst des Mikroskopierens bei unseren alten Anatomen erinnert, die ihre bedeutsamen Beobachtungen mit primitiven technischen Mitteln gewonnen haben. Nicht diejenige Methode ist die beste, die das Nervengewebe besonders „elektiv“ darstellt, sondern diejenige, die bei starker Vergrößerung den untrennbaren Zusammenhang zwischen dem Nervengewebe und den übrigen Geweben bewahrt. Nur muß man das Nervengewebe von den übrigen Geweben unterscheiden können. Ein Meister wie DOGIEL war hierzu jedenfalls imstande, als das Methylenblau einmal (1895) neben dem Nervengewebe andere Gewebe gefärbt hatte.

Die mikroskopische Arbeit am vegetativen Nervensystem führt zu Grenzen, die unsere Einsicht beschränken, mit unserer Technik nicht überschreitbar sind und manches Streben unbefriedigt lassen. Hierher gehört die Frage nach der strukturellen Übereinstimmung des fixierten, mit Silber imprägnierten Neuroplasmas mit dem lebenden Gewebe.

Die Beobachtungen mit dem Elektronenmikroskop vermögen unsere Kenntnis über den strukturellen Bau der Gewebe bedeutsam zu fördern, bringen aber das bekannte morphologische Bild der Neurofibrillen ins Wanken. Da die Elektronenmikroskopie vorzugsweise an einem mit Osmiumsäure fixierten Material arbeitet, kann ihr allerdings der Vorwurf, den man gegenüber der Fixationshistologie erhebt, nicht erspart bleiben. Das bedeutet: Jede Fixierung führt das Cytoplasma nicht in lebensstreuem Zustand zu Gesicht, sondern erzeugt irgendwie Artefakte. Für letztere gilt der Ausdruck „Äquivalentbild“, der gerne für das histologische Trümmerfeld eines NISSL-Präparates gebraucht wird, nur als eine mild-verkleidende Bezeichnung. Daher bin ich mir wohl bewußt, das Nervengewebe an Strukturen studiert zu haben, die dem lebendigen Zustand nicht entsprechen, die bei der hier geübten Methode jedoch nicht entbehrt werden können. Es mag im folgenden genügen, in den fixierten, mit Silber imprägnierten Neurofibrillen Neuroplasma zu erkennen.

Die zweite, beim Studium des Präparates stets wiederkehrende Frage betrifft das gegenseitige Verhalten von Form und Funktion. Einer rein deskriptiven Morphologie ohne Berücksichtigung der Physiologie fehlt ein klares Ziel. Aber nirgends fällt es so schwer, aus der Form auf die Funktion zu schließen als beim Nervengewebe. Schon mancher Autor ist bei diesem Versuch von einer Hypothese in die andere geraten. Ein gleiches spekulatives Resultat erfährt man gewöhnlich aus der umgekehrten Bestrebung, nach einem am Organismus beobachteten Vorgang eine zugehörige Form zu konstruieren. Es bleibt unmöglich, aus einem fixierten Präparat einen Vorgang des lebendigen Geschehens abzuleiten

oder gar beweisen zu wollen. Dieser oft genug bedrückenden Grenze sei der Histologe eingedenk, wenn er sich nicht in nebelhafte Hypothesen verlieren will.

Der Morphologe darf auf Veränderungen des Bildes, das er sich von seinem Objekt geschaffen hat, jederzeit gefaßt sein; er muß die große Leistung unserer alten Meister kennen und imstande sein, Veraltetes beiseite zu schieben. Eine wissenschaftliche Arbeit wie die vorliegende kann niemals vollendet sein, sondern bleibt nur insoweit fertig, als es Zeit und Umstände erfordern.

Der Bau des vegetativen Nervensystems ist nicht in vereinfachte Schemata einzuzwängen; er erscheint um so komplizierter, je tiefer der Einblick war, den man in seine Konstruktion getan hat. Der morphologische Befund läßt im Organismus keinen Vorgang denken, an welchem das vegetative Nervensystem nicht beteiligt wäre. Doch wird jenes System in seinem alle Gewebe und Organe verknüpfenden riesigen Syncytium und in seinem rätselvollen Geschehen geheimnisvoll und unerklärbar bleiben. Aber gerade darum erweist es sich in seiner Formschönheit für den Histologen einer denkenden Beobachtung würdig.

## II. Über Entwicklung und Wachstumserscheinungen des vegetativen Nervensystems.

### I. Ontogenese.

Bei der Primitiventwicklung des sympathischen Grenzstranges, um den es sich im folgenden in erster Linie handelt, spielt die Differenzierung der Sympathicoblasten aus einem ursprünglich gleichartig aussehenden, embryonalen Gewebe eine entscheidende Rolle. Eine bedeutsame Lageverschiebung der embryonalen Sympathicoblasten während der ersten Entwicklungszeit kommt hinzu. Die Differenzierung der Sympathicoblasten läßt sich beim Hühnchen nach etwa 50 Std der Bebrütung sicher erkennen. Die Materialverschiebung im embryonalen Organismus stellt einen Vorgang dar; zu dessen Analyse bildet das fixierte Objekt niemals eine eindeutige Grundlage. Das mikroskopische Präparat eignet sich, allein verwendet, nicht zur Beweisführung eines Vorganges im lebenden Geschehen; es gestattet nur die Aufstellung von Hypothesen.

In der erwähnten Schwierigkeit, einen Vorgang aus dem fixierten Präparat nicht sicher ableiten zu können, liegt der Grund für manche vergebliche Polemik über eine ektodermale (BALFOUR 1877) oder über eine mesodermale (REMAK 1847) Abkunft des Sympathicus. Beim *Hühnchen*, das als günstiges Objekt für die folgende, ontogenetische Betrachtung gewählt sei, werden nach den Angaben von FUNAOKA und UCHIDA (1927), JUBA (1937) und TERNI (1931) die ersten Spuren des sympathischen Nervensystems etwa am 3. Bebrütungstage ermittelt. Das fragliche Gewebe findet sich zu beiden Seiten der Aorta, wird als primärer Grenzstrang bezeichnet und liefert das Keimmateriale für den Plexus aorticus und Plexus coeliacus. Er verschwindet später; kurz vorher entwickelt sich beim Erscheinen der Rami communicantes der sekundäre Grenzstrang. Er stellt die erste Anlage für die beiderseits der Wirbelsäule gelagerte, thorako-lumbale Ganglienkette dar, aus welcher der Grenzstrang hervorgeht. In Abb. I ist jenes primitive Anlagestadium, das etwa dem 6.—7. Bebrütungstage angehört, wiedergegeben.

Man kann sich die ersten, der Aortenwand angelagerten Sympathicoblasten des primären Grenzstranges im fixierten Präparat ebenso gut aus dem Mesenchym in loco entstanden als aus dem Neuralrohr nach vorne gewandert vorstellen. So denkt ALCALÁ-SANTAELLA (1934) beim 48 Std. bebrüteten *Hühner*-Embryo

an eine mesodermale Herkunft der seitlich der Aorta gelegenen Sympathicoblasten; TELLO (1925) hat seinerzeit die Frage nach der Abstammung der ersten Sympathicoblasten unentschieden gelassen, tritt aber später (1949) für eine Genese der sympathischen Ganglien aus dem perivaskulären Mesenchym der Aorta ein. Jedoch genügt das Studium des mikroskopischen Schnittes nicht, um eine ektodermale oder mesodermale Abkunft des primären Grenzstranges zu behaupten. Zur Entscheidung dieser Frage muß das kausal-analytische Experiment hinzutreten; es besteht in der Entfernung der Ganglienleiste oder von Teilen des

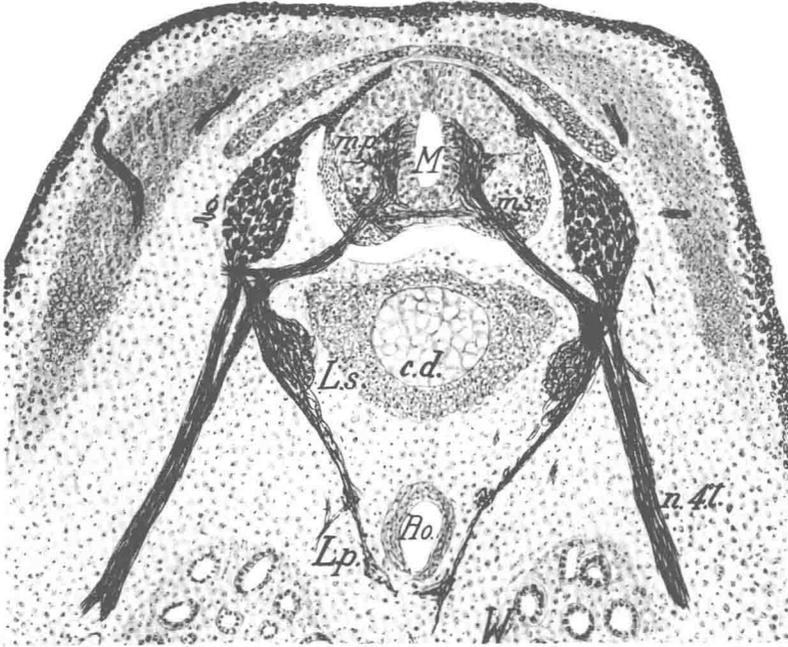


Abb. 1. Anlage des sympathischen Nervensystems in Höhe des 4. Thorakalnerven. *Hühnchen*; *L.s.* sekundärer Grenzstrang; *L.p.* primärer Grenzstrang, wird Plexus aorticus; *M* Rückenmark; *m.p.* motorische, sympathische Zellen; *m.s.* motorische Zellen der Columna ventralis; *g* Spinalganglion; *c.d.* Chorda dorsalis; *A.o.* Aorta; *W* Urnieren. Nach TERNI 1931.

Neuralrohres und wurde zuerst, allerdings ohne eindeutiges Ergebnis, von KUNTZ (1922) und E. MÜLLER (1923) durchgeführt.

Neuere experimentelle Arbeiten lassen an der ektodermalen Abkunft der primitiven Sympathicoblasten beim *Hühnchen* keinen Zweifel mehr bestehen. Nach Entfernung der Neuralleiste am 3. Bebrütungstage kommt es nicht mehr zur Ausbildung eines sympathischen Grenzstranges (BRIZZEE 1949, VAN CAMPENHOUT 1936, HAMMOND und YNTEMA 1947); demnach hat zunächst die Neuralleiste als die Ursprungsstelle der auswandernden Sympathicoblasten für die Thorakal- und Lumbosacralregion des Grenzstranges zu gelten. Nimmt man schon am 2. Bebrütungstag im Stadium von 18—20 Somiten das Neuralrohr vor Auswanderung des für die Ganglienleiste bestimmten Materials hinweg, so fehlt ebenfalls dem wachsenden Embryo ein sympathischer Grenzstrang (HAMMOND 1949, BRIZZEE 1949). Nach vollständiger Entfernung der caudalen Kopfganglienleiste, welche präsumptives Vagusmaterial enthält, haben YNTEMA und HAMMOND (1954) ein Fehlen von Ganglien bei den Thorax- und Baueingeweiden festgestellt. Entfernung der Neuralleiste in der Cervicalregion des Hühnchenembryos

mit 7—19 Somiten klärt nach den gleichen Autoren (1945) die Herkunft des Halssympathicus aus der Neuralleiste auf.

In der Lumbosacralregion ergibt die von YNTEMA und HAMMOND (1955) durchgeführte Entfernung der Neuralleiste beim *Hühnchen* die Abwesenheit von Nervenzellen in den vegetativen Beckengeflechten und ein Fehlen des REMAKSchen Nerven. Die präganglionären Fasern entstammen dem Neuralrohr und vermutungsweise den Zellen, die in der Columna retro-paracentralis (TERNI 1923) gelegen sind; sie vermögen einen Plexus pelvicus und den REMAKSchen Nerven zu entwickeln, in welchem Ganglienzellen fehlen. Das lumbosacrale Nervengeflecht setzt sich aus präganglionären Fasern des erwähnten, zentralen Säulengebietes, aus peripheren, aus dem Rückenmark ausgewanderten Ganglienzellen und deren Fortsätzen, und schließlich aus Fortsätzen sensibler Ganglienzellen zusammen. Die drei genannten Nervelemente können sich unabhängig voneinander differenzieren. Nach Exstirpation der Neuralleiste machen sich an den entstehenden präganglionären Fasern im Verlauf und in der Form anomale Veränderungen bemerkbar; die SCHWANNschen Scheidenelemente fehlen. Der REMAKSche Nerv wird als eine direkt aus dem Rückenmark entstandene, also nicht dem Sympathicus angehörende Bildung betrachtet.

JONES (1937) hat beim *Hühnchen* die Neuralleiste und dorsale Teile des Neuralrohres exstirpiert und in der Folge zwar einen Mangel des Spinalganglions, hingegen einen normal entwickelten Grenzstrang beobachtet. Daher betrachtet der Autor das ventrale Neuralrohr als die Ursprungsstelle der Sympathicoblasten, die demnach entlang der vorderen Wurzel an den Ort des späteren Grenzstranges gelangt sein müssen. Das vorliegende Ergebnis stimmt mit den Resultaten der oben genannten Autoren nicht überein, beruht aber sehr wahrscheinlich auf einer von JONES (1937, 1939) nicht ganz vollständig durchgeführten Exstirpation der Ganglienleiste und des dorsalen Neuralrohres. Die SCHWANNschen Elemente des sympathischen Nervensystems stammen nach VAN CAMPENHOUT (1936), ROJAS und SZEPESENWOL (1940) gleich den Sympathicoblasten aus der Ganglienleiste, sind also ektodermaler Genese. STAUDACHER (1940) hält eine Herkunft der Sympathicoblasten aus der Anlage der Spinalganglien für wahrscheinlich, RAYBUCK (1956) sieht neben der Neuralleiste im Neuralrohr eine Ursprungsstelle des primären Sympathicus.

Bei den *Amphibien* beschreibt GREEVEN (1938) an *Bombinator*-Larven ventrolateral der Chorda dorsalis einen primären Grenzstrang, dessen Zellen er aus der Neuralleiste ableitet. Bei 7 mm langen Larven zerstreuen sich die Zellen des primären Grenzstranges und lagern an benachbarten Gefäßen, während sich ein sekundärer Grenzstrang ventrolateral der Aorta aus Sympathicoblasten aufbaut, die wahrscheinlich aus dem Spinalganglion auf dem Wege über den Spinalnerven ausgewandert sind. Die experimentellen Arbeiten, die VAN CAMPENHOUT (1929, 1930) an *Rana pipiens* und *palustris*, DETWILER (1937) an *Amblystoma* und RAVEN (1936) an *Triton* durchgeführt haben, bezeichnen übereinstimmend die Neuralleiste als die Quelle des sympathischen Grenzstranges. RAVEN (1937) hält bei *Triton* überdies eine Auswanderung der Sympathicoblasten aus dem ventralen Neuralrohr entlang der vorderen Wurzeln für möglich. Aus der *Reptilien*-Klasse haben FUNAOKA und UCHIDA (1927) bei der *Kreuzotter* eine Herkunft des Sympathicus vom Neuralrohr und der Anlage der Spinalganglien beschrieben.

Die Literatur über die Ontogenese des sympathischen Grenzstranges ist aus den Referaten von VAN CAMPENHOUT (1936, 1948), DIAMARE und MENNATO (1931), GLEES (1940) und YNTEMA und HAMMOND (1947) zu ersehen.

Für die Frage nach der Abstammung der Sympathicoblasten bei den *Säugetieren* und beim *Menschen* muß man sich auf das Studium fixierter Serienschritte beschränken. Es fehlt also das kausal-analytische Experiment. Daher lassen sich widersprechende Angaben der Autoren nicht ohne weiteres aufklären; denn für den Vorgang der bei der Ontogenese des sympathischen Grenzstranges stattfindenden Materialverschiebung kann das mikroskopische Präparat als kein hinreichendes Beweismittel gelten. Nach der oben geschilderten experimentellen Erfahrung darf man die ektodermale Herkunft der Sympathicoblasten aus der Neuralleiste als gesichert annehmen. Es scheint somit kein einleuchtender Grund vorzuliegen, für die Primitiventwicklung des Grenzstranges bei den *Säugetern* nach einem anderen Modus zu suchen als bei den übrigen Vertebraten. Daher sei im folgenden die Abstammung der Sympathicoblasten aus der Neuralleiste zum mindesten als sehr wahrscheinlich betrachtet.

Wie aus Abb. 2 hervorgeht, findet man bei *Säuger*-Embryonen die erste Anlage des Grenzstranges in Gestalt wenig differenzierter Sympathicoblasten dorsal

und lateral der Aorta. Die fraglichen Zellen erscheinen hier, bevor die Anlagen der Rami communicantes hervortreten, (Dacosta 1948, FUNAOKA und UCHIDA 1927, MIHALIK 1936, SALA 1928, YNTEMA und HAMMOND 1947). Da in früheren Stadien jede Verbindung mit dem Zentralnervensystem fehlt und sich eine Lageveränderung der Sympathicoblasten im Präparat nicht beweisen läßt, so liegt es im vorliegenden Fall besonders nahe, an eine in loco stattfindende mesodermale Genese der Sympathicoblasten zu denken.

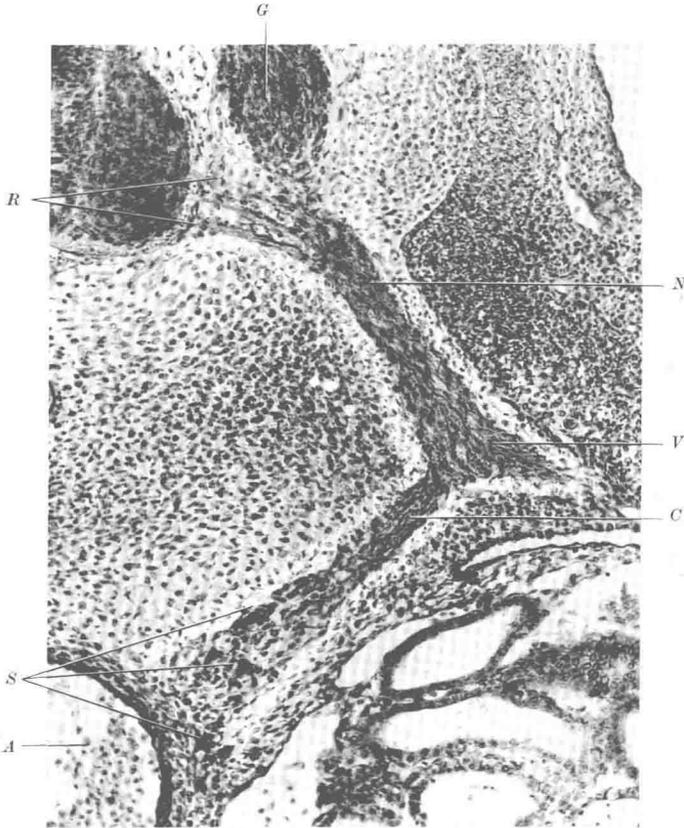


Abb. 2. Anlage des sympathischen Grenzstranges *S.* Embryo, *Schwein*. 11 mm Scheitelsteißlänge. *R* Radix ventralis; *G* Ganglion spinale; *V* Ramus ventralis; *N* Nervus spinalis; *A* Aorta; *C* Ramus communicans. Carminfärbung. (120mal vergrößert.)

Die gleichsam aus dem Mesenchym aufgetauchten Sympathicoblasten, denen hier eine Abwanderung aus Neuralleiste und Spinalganglienanlage zugestanden sei, differenzieren sich; es folgt eine segmentale Gliederung des zunächst einheitlichen Zellstranges.

FISCHEL (1929) nimmt beim menschlichen Embryo von 6 mm bereits eine Lageverschiebung der Sympathicoblasten aus der Neuralleiste längs der hinteren Wurzel an; die Sympathicoblasten gelangen vor die Anlage der Wirbelkörper und bleiben einige Zeit hinter den noch paarigen Aorten liegen. Im 9 mm-Stadium des Embryos ist ein geschlossener, sympathischer Längsstrang entwickelt; die Sympathicoblasten werden multipolar, es bilden sich an ihrer Oberfläche in kranialer und caudaler Richtung längere Fortsätze, deren gesteigertes Längenwachstum allmählich zu einer Gliederung des nunmehrigen Grenzstranges in

Ganglien und Rami internodiales führt. Nach KOLMER (1928) ist beim menschlichen Embryo von 10,5 mm die Grenzstranganlage mit dem Zentralnervensystem über den N. spinalis und die vordere und hintere Wurzel durch die Rami communicantes noch nicht hergestellt. Letztere zeigen sich ursprünglich nur aus Sympathicoblasten zusammengesetzt und erreichen ihren faserigen Aufbau erst bei der Differenzierung der Fortsätze, die teils den Zellen des Grenzstranges, teils den Zellen der sympathischen Kerngebiete im Rückenmark angehören.

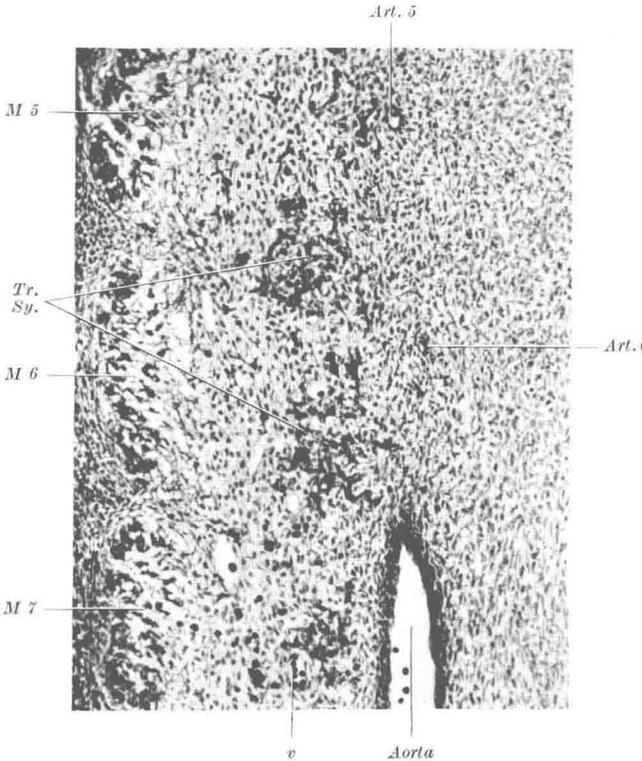


Abb. 3. Längsschnitt durch die metamere gegliederte Frühanlage des Truncus sympathicus Mensch. Tr. Sj. Embryo von 7,6 mm. Die schwarz imprägnierten Sympathicoblasten im Mesenchym sind teilweise durch Fortsätze miteinander verbunden. (Silberimprägnation nach AGDUHR. 132mal vergrößert.) Nach ANDRES und KAUTZKY 1955.

Bei jener Umgestaltung der Rami communicantes entwickeln sich, wahrscheinlich durch verlagerte Sympathicoblasten aus dem Grenzstrang, die intermediären Ganglien. WRETE (1935, 1941) hat ihre unmittelbare, topographische Nähe zu den Spinalnerven und den Rami communicantes beim Menschen und bei kleineren Säugetieren eingehend beschrieben. Hiernach werden die intermediären Ganglien des Menschen vor allem in der Cervical- und obersten Thorakalregion, ferner in der untersten Thorakal- und in der Lumbalregion beobachtet; im größeren Gebiet der Thorakalregion und im obersten Sacralsegment treten sie nur vereinzelt in Erscheinung. Die intermediären Ganglien sind mit den Rami communicantes verbunden; die Zellfortsätze der Ganglien lassen sich als präganglionäre, vom Grenzstrang zu den Spinalnerven verlaufende Fasern auffassen und den Rami communicantes grisei zurechnen. Ausnahmeweise findet man die intermediären Ganglien mit den Rami communicantes vereinigt. Es ist WRETE (1944) mit einer besonderen Methodik gelungen, die Rami communicantes grisei und den N. caroticus int. schwächer zu imprägnieren als cerebrospinale Nervenfasern und die Rami communicantes albi. Hiernach erhalten die präganglionären Rami communicantes albi menschlicher Embryonen in ihrer Hauptmasse bei starker

Imprägnation eine dunkelbraune Färbung, während überwiegende Teile der postganglionären Rami communicantes grisei nur schwach imprägniert in gelber oder braungelber Tönung vor das Auge gelangen.

Die Lageverschiebung der Sympathicoblasten aus den Spinalganglien erstreckt sich zunächst auf das Rumpfgelbiet vom VI. Thorakal- bis zum III. Lumbalnerven und greift allmählich auf die anderen Segmente über. Nur in der Halsregion wird die Auswanderung der Sympathicoblasten nicht gleichmäßig auf jedes Segment verteilt, sondern auf wenige Abschnitte beschränkt. Daher gibt es im Halsgrenzstrang nur 3 Ganglien, von denen das mittlere fehlen kann; das untere Halsganglion verschmilzt nach TERNI (1930, 1931) bei Amnioten häufig mit dem I. und II. Thorakalganglion.

ANDRES und KAUTZKY (1955) haben den Halsgrenzstrang bei menschlichen Embryonen von 7,6 mm in der Frühanlage als einen mit kleinen Verdickungen

zwischen den Segmentalarterien ausgestatteten Strang beobachtet, der noch eine deutliche metamere Gliederung besitzt (Abb. 3). Der Strang tritt zunächst im Mesoderm als ein locker gefügtes Gebilde hervor, das sich aus syncytial verbundenen Sympathicoblasten aufbaut; letztere lassen sich trotz ihrer Imprägnierbarkeit mit Silber nur sehr schwer von den mesenchymalen Elementen ihrer Umgebung unterscheiden. Nervenfasern sind in diesem Stadium noch nicht zu sehen; sie gelangen erst vom I. Thorakalnerven an als Rami communicantes albi in den primitiven Grenzstrang. Im Hinblick auf die Beschränkung, welche uns das

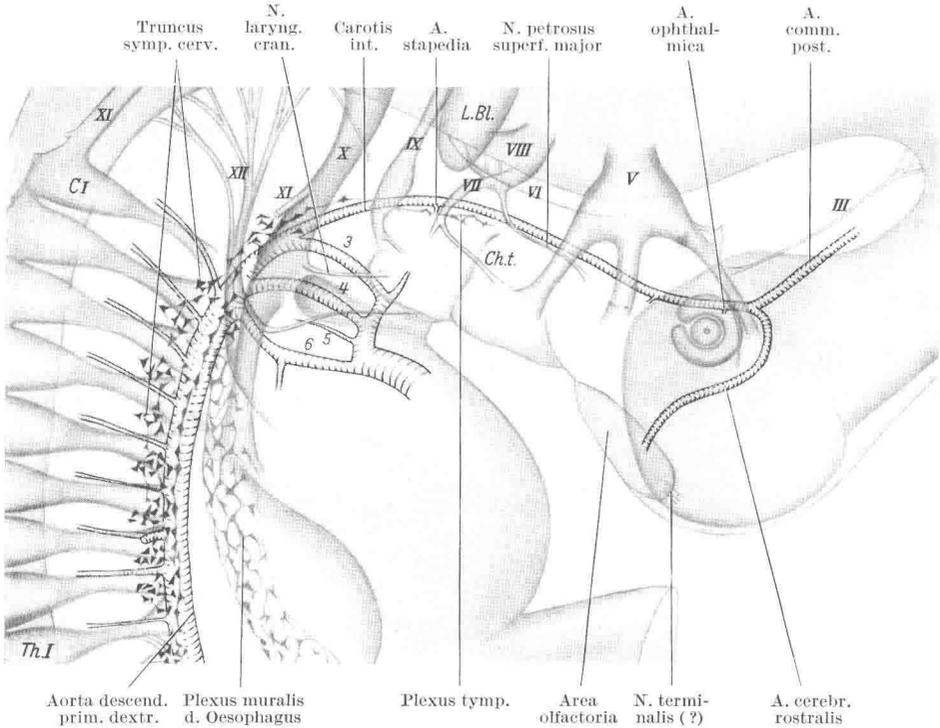


Abb. 4. Profilrekonstruktion des Hals-Kopfbereiches eines 7,6 mm langen, menschlichen Embryos mit Anlage des vegetativen Nervensystems. *Ch.t.* Chorda tympani; *L.Bl.* Labyrinthbläschen. Hirnnerven mit römischen, Kiembogenarterien mit arabischen Ziffern bezeichnet. (Etwa 30mal vergrößert.) Nach ANDRES und KAUTZKY 1955.

mikroskopische Präparat bei der Annahme embryologischer Materialverschiebungen auferlegt, vermeiden die beiden Autoren mit Recht jede bestimmte Aussage über die Herkunft oder über eine Auswanderung der Sympathicoblasten aus Ganglienleiste oder Neuralrohr, entscheiden sich aber immerhin für deren Abstammung aus der Ganglienleiste.

Beim menschlichen Embryo von 7,6 mm erstreckt sich die Anlage des Halsgrenzstranges dorsalateral der primitiven Aorta etwa von der Höhe des Ganglion nodosum und der extrakranialen Ganglien des N. glossopharyngeus nach abwärts (Abb. 4); das kraniale Ende der Anlage entzieht sich im umgebenden Mesenchym einer exakten Bestimmung. Ob der von TELLO (1924) und JUBA (1937) beiderseits der Aorta beschriebene Nervenstrang als die Ursprungsquelle des Truncus sympathicus zu gelten hat oder nur eine Teilanlage desselben darstellt, kann nicht eindeutig beantwortet werden.