

# Elektronenmikroskopische Untersuchungen an den Herzklappen

Die morphologischen Untersuchungen an den Herzklappen befassen sich entweder mit der Architektur des gesamten Klappenapparates oder mit der Histo- und Cytologie von Schnittpräparaten. Die Kenntnis der Architektur verdanken wir vor allem BENNINGHOFF<sup>1</sup> und DEBRUNNER<sup>2</sup>. Bei der funktionellen Betrachtung legen die Autoren besonderen Wert auf die räumliche Anordnung des Baumaterials und beschreiben ausführlich den Faserverlauf im Klappenskelett. Lichtmikroskopische Befunde an Schnittpräparaten durch Herzklappen wurden von VERAGUTH<sup>3</sup>, MÖNCKEBERG<sup>4</sup> und ausführlich von GROSS und KUGEL<sup>5</sup> mitgeteilt. Von allen Untersuchern werden die Klappen in mehrere unterschiedliche Schichten eingeteilt (BÖHMIG und KRÜCKEBERG<sup>6</sup> beschreiben sogar 11 Schichten). In neueren histologischen Studien an den Herzklappen des Meerschweinchens werden mindestens zwei Schichten unterschieden, die allseitig von Endothel überzogen sind (GROSS<sup>7</sup>). Dabei findet sich ein kollagenes Fasergerüst (Fibrosa) besonders auf der Kammerseite der Segelklappen und auf der arteriellen Seite der Taschenklappen, während lockeres, retikuläres Bindegewebe (Spongiosa) vornehmlich auf der Vorhofseite der Atrioventricularklappen und auf der Kammerseite der Semilunarklappen auftritt. Dieser Befund konnte nun auch an exakten Querschnitten im elektronenmikroskopischen Bereich bestätigt werden. Elastische Fasern wurden dabei entgegen allen lichtmikroskopischen Befunden nie gesehen.

Die endotheliale Grenzschicht der Herzklappen wird überall durch eine einfache Schicht flacher Zellen gebildet, die dünn ausgezogen sein können. Benachbarte Zellabschnitte können sich streckenweise überlagern. Die interzellulären Kontaktflächen sind mehr oder weniger miteinander kompliziert verzahnt. Lücken, Poren oder Fenster wurden nicht beobachtet.

Im Cytoplasma der Endothelzellen von Aortenklappen und Valvula mitralis finden sich einige Mitochondrien sowie Bruchstücke des endoplasmatischen Retikulums

und zahlreiche Vesikel einer Grösse zwischen 300 und 800 Å. Sowohl das apicale als auch das basale Plasmalemma zeigt pinocytotische Einsenkungen. Der augenfälligste Befund sind jedoch fibrilläre Strukturen, die strähnig gebündelt verlaufen oder als Gespinnst feinsten Fäserchen in Erscheinung treten (Figur 1). Diese intraplasmatischen Tonofilamente treten besonders massiert im infranukleären Bereich des Cytoplasmas auf und lassen sich fast ausschliesslich im Endothel der Aortenklappen nachweisen. Sie werden mit der intraplasmatischen Spannung infolge der hohen Schubbeanspruchung auf der Ventrikelseite während der Systole und der grossen Druckbelastung nach Schliessung der Aortenklappen auf der Arterien-seite in Zusammenhang gebracht.

Die Endothelzellen ruhen auf einer typischen, nur im Elektronenmikroskop sichtbaren Basalmembran. Das subendotheliale lockere Bindegewebe der Mitralis ist auf der Vorhofseite stärker ausgebildet als auf der Ventrikelseite. Bei der Aortenklappe liegen die Verhältnisse umgekehrt. Das den subendothelialen Raum ausfüllende Ge-

- <sup>1</sup> A. BENNINGHOFF, *Blutgefässe und Herz. Handb. der mikr. Anat. d. Menschen 6, 1. Teil* (Springer-Verlag, Berlin 1930).
- <sup>2</sup> H. U. DEBRUNNER, *Acta anat.* 7, 132 (1949).
- <sup>3</sup> O. VERAGUTH, *Arch. path. Anat.* 139, 59 (1895).
- <sup>4</sup> J. G. MÖNCKEBERG, *Virch. Arch.* 176, 472 (1904).
- <sup>5</sup> L. GROSS und M. A. KUGEL, *Am. J. Path.* 7, 445 (1931).
- <sup>6</sup> R. BÖHMIG und B. KRÜCKEBERG, *Beitr. path. Anat.* 91, 163 (1934).
- <sup>7</sup> Th. J. GROSS, *Path. Microbiol.* 24, 397 (1961).

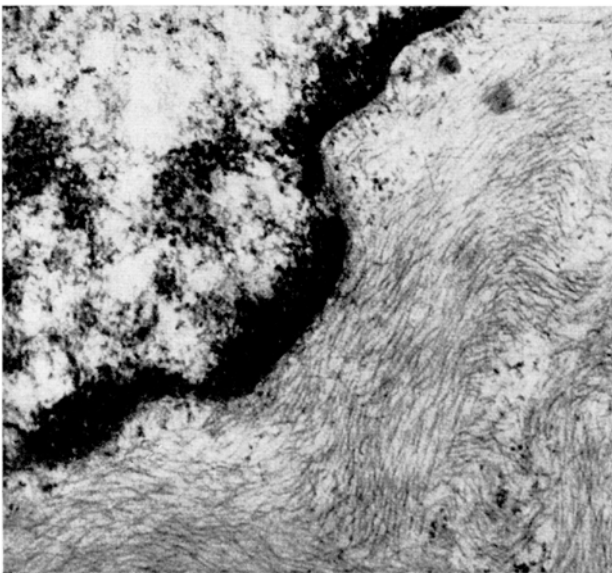


Fig. 1. Semilunarklappe der Aorta. Ausschnitt aus einer Endothelzelle. Tonofilamente im infranukleären Zellbereich. Elektronenmikroskopische Aufnahme 30000fach.

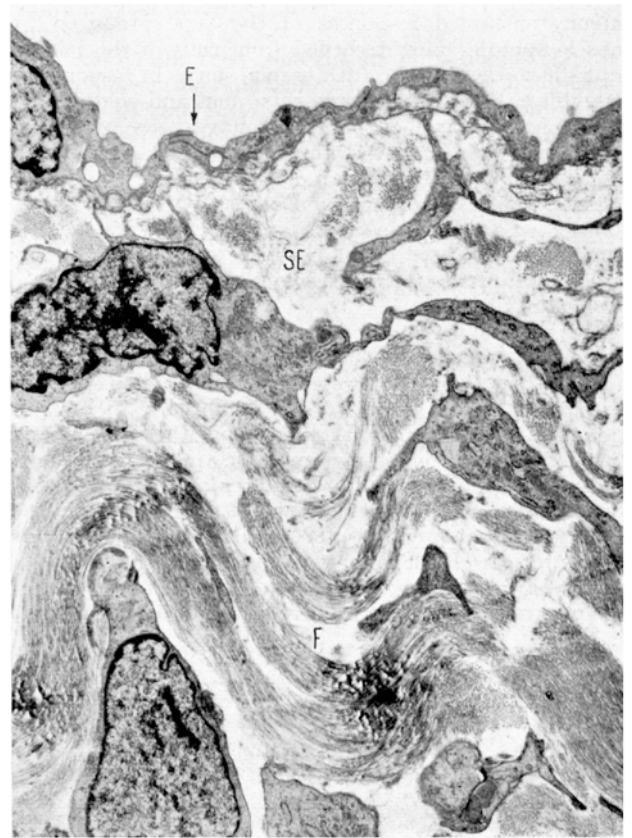


Fig. 2. Valvula mitralis. E = Endothel mit Verzahnung. SE = Subendothelialer Raum mit Fibrozyten und deren Fortsätze. F = Fibrosa der Klappe. Elektronenmikroskopische Aufnahme 5100fach.

webe besteht neben spärlichen, dünnen kollagenen Fibrillen, die meist in kleinen Bündeln auftreten, in der Hauptsache aus einer feinnetzigen, locker angeordneten und oft kontrastarmen Struktur (Figur 2). Die hier liegenden Fibrozyten und Histiozyten sind grosse, flach ausgebreitete Zellen mit langen, oft verzweigten Fortsätzen. Diese Fortsätze reichen manchmal bis an die Basalmembran des Endothels, wo sie sich füschenartig verbreitern, aber doch von der Lamina densa der Basalmembran durch einen osmiophoben Spalt getrennt bleiben. Diesem subendothelialen lockeren Bindegewebsraum wird eine grosse Bedeutung für die Phagocytose giftiger und nicht giftiger Stoffe sowie für die Möglichkeit einer Reparation nach Entzündungen im jugendlichem Alter beigemessen.

Die eigentliche Fibrosa der Klappen, die besonders in der Mitralis kräftig ausgebildet ist, besteht aus dicht gefügten Bündeln kollagener Fibrillen. Auf Dünnschnitten werden diese Bündel sowohl in der Längsrichtung als auch quer und schräg getroffen. Die Fibrillen zeigen die typische Querstreifung mit einer Periodik von 600 Å und sind im Mittel 300 Å dick.

Ein ausführlicher Bericht, auch über die Klappen des rechten Herzens, folgt in der Zeitschrift für Zellforschung<sup>8</sup>.

*Summary.* The heart valves of the rabbit were examined by electronmicroscope. The endothelium consists of a single layer of flat cells. Adjacent cells may overlap over extensive areas. The endothelial cells contain numerous tonofilaments. This structure is functionally and dynamically interpreted. The subendothelial connective tissue is called spongiosa. The fibrosa consists of bundles of collagenous fibres.

W. KÜHNEL

*Anatomisches Institut der Universität Marburg/L.  
(Deutschland), 7. Mai 1965.*

<sup>8</sup> Mit dankenswerter Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft.

## Relationship of the Mesencephalic Trigeminal Cells to Jaw Muscle Proprioception in Birds

Afferent discharges in response to stretch of jaw muscles were found in the mesencephalon of mammals. Short latency sustained responses of the type produced by muscle spindles were recorded from cells of the mesencephalic nucleus of the fifth cranial nerve in response to stretching the jaw muscles in cats, dogs and goats<sup>1-4</sup>.

No physiological investigations have been performed up to now in order to find the sites of activation by jaw movements in the brain stem of birds. The only available information is the observation by BORTOLAMI and VEGGETTI<sup>5</sup>, who found degeneration of mesencephalic trigeminal cells located in the posterior commissure following section of the trigeminal mandibular branches to the masticatory muscles.

The present investigation is devoted to localizing the brain stem responses to jaw muscle movements in ducks.

More than 20 animals were employed. They were paralysed with 2–3 mg of Intocostrin Squibb and then maintained on artificial respiration. Under ether anaesthesia the animals were put in a stereotaxic apparatus. Following an appropriate craniotomy and removal of both occipital poles and of the anterior lobe of the cerebellum, the posterior commissure was exposed. The operatory wounds were infiltrated with some procaine and the ether anaesthesia was discontinued. Tungsten microelectrodes (dc resistance from 5 to 100 MΩ) were introduced into the pos-

terior commissure by means of a microcontrol. The microelectrodes were connected through a Grass Mod HIP 5A high impedance probe with conventional preamplifiers (Grass Mod P 5). The upper beam of a Cossor Mod 1049 Mk II oscilloscope and a loud-speaker monitored the inputs. The lower beam recorded the movements of the jaw and the stretches of the masticatory muscles by means of a Basile MDI 4 Microdynamometer. Films were taken by means of a Cossor type 1431 kymograph camera. The exact position of the recording microelectrode tip was ascertained in all the experiments by histological control.

The studied units were spontaneously active in many cases. The amplitude of spike potentials was of 150–200 microvolts. The following types of units were seen: (1) The great majority of the units (about 85%) were activated by opening the jaw (Figure). The response was characterized by a sustained increase in discharge rate accompanied sometimes by a recruitment of new units which were previously silent. The increase in discharge rate attained usually 250 pulses/sec. This type of unit was also

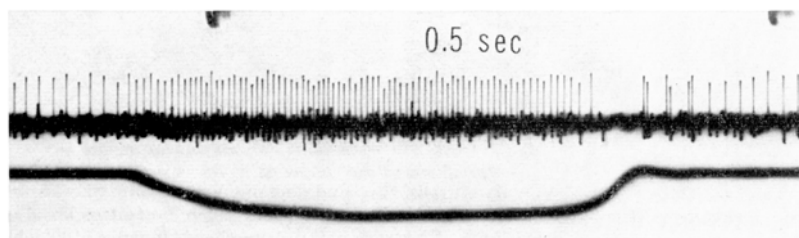
<sup>1</sup> K. B. CORBIN and F. HARRISON, *J. Neurophysiol.* 3, 423 (1940).

<sup>2</sup> S. COOPER, P. M. DANIEL, and D. WITTERIDGE, *J. Physiol.* 120, 471 (1953).

<sup>3</sup> Y. KAWAMURA, M. FUNAKOSHI, and S. TSUKAMOTO, *Jap. J. Physiol.* 8, 292 (1958).

<sup>4</sup> C. R. JERGE, *J. Neurophysiol.* 26, 379 (1963).

<sup>5</sup> R. BORTOLAMI and A. VEGGETTI, *C. r. Soc. Anat.* 124, 307 (1965).



Upper beam: unitary discharge recorded from a trigeminal cell of posterior commissure. Lower beam: mechanogram of the jaw movement. The unitary discharge is activated by opening the jaw. Time: 0.5 sec.