

Aus dem zoologisch-vergl. anatomischen Institut der Universität Zürich,

Untersuchungen über das Stirnorgan der Anuren.

Von

W. P. WINTERHALTER (Zürich).

(Als Manuskript eingegangen am 21. November 1930.)

Die Parietalorgane sind Ausstülpungen des caudalen Teiles des Zwischenhirndaches und liegen zwischen der Commissura posterior und der Commissura habenularis. Sie wurden fast bei allen Wirbeltieren gefunden, zeigen aber eine sehr mannigfaltige Ausbildung, eine Eigenschaft, in der sie mit anderen Gehirnteilen übereinstimmen. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Gestaltungen ergeben sich vor allem aus der Vervielfältigung der Anlage und der Sonderung distaler Partien von proximalen. Topographisch am auffälligsten von der proximalen Ursprungsstelle gesondert ist das Stirnorgan der Anuren, das ausserhalb des Schädeldaches gelegen und meist in das Corium der Haut eingebettet ist. Ein nervöser Verbindungsstrang vom Stirnorgan zum Gehirn zeigt meist noch den Weg der Verlagerung an.

Die Ansicht über die Beziehungen der distalen zu den proximalen Teilen machte verschiedene Wandlungen durch. Anfangs war der genetische Zusammenhang unbekannt. Nach der ersten Feststellung der Entwicklung des Stirnorganes der Anuren aus der Epiphysenanlage folgten zahlreiche Arbeiten, die die distalen Teile, wie Stirnorgan und Parietalauge, als abgetrennte Teile der proximal gelegenen Epiphyse auffassten. Viele weitere Untersuchungen förderten Verhältnisse zutage, denen diese einfache Beziehung nicht mehr entsprechen konnte.

Das Auftreten zweier Ausstülpungen bei *Petromyzon*, die Feststellung embryologischer Doppelbildungen und die Tatsache von verschiedenen Innervationsbeziehungen der distalen Teile zum Gehirn förderten die Ansicht der Individualität der einzelnen, bis dahin einheitlich betrachteten Parietalorgane. Für deren Erscheinungsformen wurde ein übersichtliches Schema aufgestellt, das sie einordnen lässt in ein vorderes Parietalorgan, das Parapinealorgan, und ein hin-

teres, das Pinealorgan. Bei beiden Sorten von Parietalorganen ist es schematisch möglich, einen distalen und proximalen Teil und ein Verbindungsstück zu unterscheiden. Zum Parapinealorgan wird gerechnet das vordere, untere Parietalorgan bei *Petromyzon*, das Parietalauge von Lacertiliern und Rhynchocephalen, die vorübergehende Blase bei einigen Ganoiden und Teleostern und die Praepinealkörper bei Vögeln und Säugetieren. Das Pinealorgan ist das am konstantesten auftretende Gebilde und wird auch Epiphyse oder Zirbel genannt. Als solches wird angesehen die Parietalorganbildung der Fische, die Epiphyse der Amphibien und Reptilien und die Zirbel der Vögel und Säuger.

Pineal- und Parapinealorgan werden oft als paarige Bildungen betrachtet, die, in die Mediane verschoben, hintereinander zu liegen kamen. Aus dieser Beziehung sollten sich nicht nur die anatomischen Übereinstimmungen zwischen den beiden Parallelorganen erklären, sondern auch viele embryologische Erscheinungen. In der paarigen Natur der Parietalorgane sah man auch eine Stütze zur Homologsetzung derselben mit den Seitenaugen, als serial-homologe Organe.

Eine Überprüfung der Befunde, die zu einer solchen Einteilung der Parietalorgane führten, lässt die Bestimmtheit, mit der diese oft durchgeführt wird, als unberechtigt erscheinen. Viele der embryonalen Stadien, die zu solchen Deutungen verwertet wurden, lassen eine andere Erklärung zu, andere wurden bei späteren Untersuchungen nie wieder gefunden. Die Innervationsbeziehungen zeigten sich viel komplizierter, als für die obige Einteilung in Pineal- und Parapinealorgan auf Grund der Beziehungen zur Commissura posterior resp. habenu-laris angenommen wurde. Die so bedeutungsvoll erscheinenden Commissuren erwiesen sich als blosse Durchgangspforten der die distalen Parietalorgane mit dem Gehirn verbindenden Nerventracte, die rein durch die topographische Lage bedingt sein können. Die eigentlichen Gehirnteile, mit welchen diese Verbindungen in letzter Linie in Beziehung treten, sind bis jetzt unbekannt.

Der Vergleich der Parietalorgane mit den Seitenaugen auf Grund einer serialen Homologie paariger Augenanlagen fusst auf zu formalen Gesichtspunkten, um als bewiesen zu gelten.

Übereinstimmungen zwischen Seitenaugen und Parietalorganen ergeben sich aus der Entwicklung beider als Ausstülpungen des Zwischenhirnes, aus dem Vorkommen von Sinnes- und Ganglienzellen in denselben und deren Anordnung zu Schichten, aus der nervenartigen intracerebralen Verbindung der distalen Teile mit den zentralen Partien des Gehirns und aus den Veränderungen der die Organe umge-

benden Gewebe. Eine Homologie ist besonders auf Grund der den Aufbau bedingenden Ependym-Sinneszellen zu suchen, die Organe haben aber möglicherweise, vom Momente der Organbildung an, verschiedene Wege der Entwicklung eingeschlagen. Eine Umänderung der Parietalorgane mit Sinnesorgancharakter in solche mit Strukturen, die auf Drüsentätigkeit hinweisen, was sich besonders aus der vergleichenden Anatomie ergibt, darf nicht ohne weiteres als Degeneration oder Rudimentation des ursprünglichen Sinnesorganes angesehen werden, beiderlei Ausbildungen ergeben sich aus Möglichkeiten der Entwicklung, welche die Ependymzellen bereits besitzen. Aus diesen Erwägungen geht die Unsicherheit hervor, die der schematischen Einteilung in Pineal- und Parapinealorgan anhaftet. Wenn sie auch für die Darstellung der Parietalorgane von grossem Wert ist, so muss man sich bewusst bleiben, dass die Parietalorgane einen einheitlichen Komplex bilden, für dessen Ausbildungen im einzelnen noch keine sichere Deutung gefunden wurde. Aus den gleichen Erwägungen heraus ergibt sich, dass eine bestimmte Zuteilung des Stirnorganes der Anuren zu der Epiphyse, als ein Pinealorgan, oder eine separate Stellung dieses Stirnorgans nicht von grundlegender Bedeutung sind.

Bei Amphibien wurde bis jetzt nur bei Anuren ein distales Parietalorgan gefunden. Dasselbe wird Stirnorgan genannt und liegt ausserhalb des Schädeldaches in enger Beziehung zur Haut. Ein nervöser Trakt verbindet dasselbe mit der Commissura posterior. Das Fehlen eines Stirnorgans bei den hochentwickelten Hyliden wurde bisher als eine Erscheinung der Rückbildung betrachtet. Bei *Hyla arborea*, Laubfrosch, konnte nun aber durch meine Untersuchungen ein bis nach der Metamorphose vorhandenes Stirnorgan konstatiert werden.

Neuere embryologische Untersuchungen des Stirnorgans stellten auf allerjüngsten Stadien eine Doppelausstülpung fest, die später einheitlich wird. Man sah daher im Stirnorgan-Epiphysenapparat eine Vereinigung der Parapineal-Pinealorgananlage. Die vorliegenden Untersuchungen liessen aber solche Deutungen als unsicher erscheinen, weil es sich nur um geringe, rasch vorübergehende Einbuchtungen der Parietalorgane handelt, denen eine so bestimmte, weitgehende Bedeutung zuerkannt wurde.

Die Kenntnisse vom Bau des Stirnorganes sind besonders durch die modernen histologischen Untersuchungen vertieft worden. Durch dieselben wurde die weitgehende histologische Übereinstimmung im Aufbau der Parietalorgane der niederen Vertebratenklassen deutlich. Von den Reptilien an beginnt der Übergang zur Struktur der Vögel- und Säuger-Epiphyse. Interessant sind die festgestellten Degenerations-

und Regenerationserscheinungen an den Sinneszellen der Epiphyse von *Squalius* und *Rana* (HOLMGREN). Sie sind zugleich eine Überleitung zu den ausgesprochenen Drüsenorganen, wie sie die Parietalorgane höherer Vertebraten darstellen. Die sekretorische Tätigkeit der Parietalorgane ist auf der gleichen Grundlage einer allgemein dem Ependym zukommenden Fähigkeit entstanden, gerade so wie ihr Sinnesorgancharakter. Die vorliegenden Untersuchungen ergaben eine weitgehende Übereinstimmung im histologischen Bau des Stirnorganes mit dem, was frühere Beobachtungen darüber angeben. Im Stirnorgan konnte eine bestimmte Anordnung der aufbauenden Zellen festgestellt werden, die zu einer Schichtbildung führt. Die Übereinstimmung der Epiphysenhistologie mit der des Stirnorganes kann sich auch auf diese Schichtanordnung erstrecken.

In jungen Entwicklungsstadien der Anuren bis zum Ende der Metamorphose zeigt das Stirnorgan eine auffallende Grösse und einen bestimmt ausgeprägten histologischen Aufbau, später wird es zu einem unauffälligen Gebilde mit indifferenten Zellen. Für das Parietalorgan liegen durch die aufbauenden Zellen zwei Möglichkeiten der Differenzierung vor: Sinnesorgan und Drüsenorgan. Wo die Parietalorgane oder Teile derselben keiner dieser Funktionen mehr dienen, können sie rudimentär werden. Ob die Drüsenfunktion der Parietalorgane, die besonders höheren Vertebraten zukommt, ihren Weg über ein augenähnliches Sinnesorgan genommen hat, oder ob das Drüsenorgan direkt aus einer Ependymausstülpung entstand, ist vorläufig nicht zu bestimmen.

Von besonderem Interesse sind die Veränderungen der Gewebe in der Umgebung der distalen Parietalorgane, die meist in einer Verdünnung oder Durchbrechung des Schädeldaches über den Parietalorganen und in einer Veränderung der darüberliegenden Haut bestehen. Durch die Umgestaltung fossil erhaltungsfähiger Gewebe in bestimmtem Zusammenhang mit den Parietalorganbildungen wurde die Möglichkeit gegeben, die Betrachtungen auch auf ausgestorbene und ursprünglichere Tiere auszudehnen.

Die bei vielen Gruppen ausgestorbener fischartiger Wirbeltiere, bei Stegocephalen und Reptilien gefundenen Veränderungen in jener Gegend des Schädeldaches, unterhalb welcher Parietalorganbildungen gelegen sein mussten, weisen auf eine bestimmte Sinnestätigkeit der besprochenen Organe hin. Die Verdünnungen, besonders aber die Öffnungen im Schädeldach (Foramen parietale, Foramen pineale, Epiphyse) geben den Parietalorganen die Möglichkeit, in nächste Nähe der Körperoberfläche zu gelangen und ermöglichen dadurch den Zutritt von Licht- und Wärmestrahlen zu denselben (Parietalaugen-Bildung).

Diese Bildungen eines Foramen parietale sind unter den niederen Vertebraten bis zu den Reptilien hinauf weit verbreitet. Bei Stegocephalen ist ein Foramen parietale zwischen den Parietalia gelegen, bei den lebenden Amphibien soll ein solches fehlen. Wird die Entstehung des Foramen parietale im Zusammenhang mit den Parietalorganen in Erwägung gezogen, so lässt sich das Fehlen eines Foramen parietale bei Urodelen begreifen. Deren Parietalorgan, die Epiphyse, kommt mit dem Schädeldach nicht in Berührung, es entwickelt sich kein distaler Teil. Bei den Anuren ist das Fehlen eines Foramen parietale zunächst unverständlich. Nicht nur wird ein distaler Teil, das Stirnorgan, gebildet, sondern derselbe kommt auch über das Schädeldach zu liegen und steht zumeist mit dem Gehirn durch einen nervösen Trakt in Verbindung. Diesem Trakt folgend sollte auch ein Foramen parietale gefunden werden, und zwar an der Stelle, wo Parietalorganteile durch die gehirnumhüllenden Gewebe treten. Während der Bildung der Gehirnkapsel wird der distale Parietalorganteil immer mehr vom proximalen gesondert, und die kontinuierlich ineinander übergehenden Wandungen von Stirnorgan und Epiphyse lösen sich an der Stelle auf, wo die bindegewebige Gehirnhülle sie immer enger umschliesst. Ein plasmatischer Verbindungsstrang verhindert das vollständige Zusammenwachsen der Gehirnkapsel und lässt so eine dorsale mediane Öffnung entstehen. Diese ist mit einer Bildung des Foramen parietale identisch. In deren Gegend werden aber bei den bekannteren einheimischen und fremden Anuren keine Knochen gebildet, daher kann bei der Untersuchung der Schädel skelette derselben kein Foramen parietale festgestellt werden. Es liegt in der Fontanelle zwischen den Nasalia und Frontoparietalia.

Bei der Untersuchung von Embryonalstadien von *Xenopus laevis*, dem südafrikanischen Krallenfrosch, konnte ich konstatieren, dass sich in der Umgebung des Verbindungsstranges zum Stirnorgan Knochen entwickelt, der den Strang ringsherum knöchern umgibt und so eine kanalartige Öffnung im Schädeldach entstehen lässt. Diese Beobachtung liess vermuten, dass bei erwachsenen Tieren von *Xenopus laevis* ein Foramen parietale im Schädeldach zu finden sei, was sich bestätigte. Die Frontoparietalia von *Xenopus* sind zu einem unpaaren Knochen verwachsen und tragen eine mediane, cristaartige Erhebung. Im vorderen Teil derselben konnte eine Öffnung sondiert werden, die in einen Kanal führt, der nach posterior gerichtetem Verlaufe umbiegt und auf der Ventralseite das Frontoparietale verlässt. Durch ihn tritt ein pigmentierter Strang, der vom Stirnorgan kommt und zum Gehirn zieht. Dieser Kanal entspricht der Bildung eines Foramen parietale.

Das Foramen parietale der Anuren liegt bei *Xenopus* im vorderen Teil des Frontoparietale. Bei vielen andern bis jetzt daraufhin untersuchten Anuren ist es noch weiter vorn gelegen, in der Fontanelle zwischen Nasalia und Frontoparietalia. In der Lage des Foramen parietale, das bei Stegocephalen und Reptilien zwischen den Parietalia, bei Fischen aber in der Region der Frontalia sich befindet, kann also kein Gegensatz der Schädelbildung der Tetrapoden zu der der Fische gesehen werden.

Die Haut über dem Stirnorgan ist vielfach frei von Melanophoren, wodurch ein sogenannter Stirnfleck entsteht, der die Lage des Stirnorgans erkennen lässt. Bei Larven von *Alytes obstetricans*, Geburtshelferkröte, ist der Stirnfleck durch eine reiche Ansammlung von Guanophoren um das Stirnorgan bedingt.

Die ausführliche Arbeit erscheint in „Acta zoologica“, Bd. 12, 1931.
