

Kurze Mitteilung.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, Berlin-Dahlem [Abt.: O. MANGOLD] und aus dem Anatomischen Institut der Kaiserlichen Universität Tohoku zu Sendai.)

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE REGENERATION DES AUGES UND DER LINSE BEI EIDECHSEN (*LACERTA SERPA* UND *VIVIPARA*).

Von

YOSHINDO IKEDA.

(Eingegangen am 16. September 1932.)

Unter der Leitung von Herrn Professor Dr. O. MANGOLD wurde die Regeneration des Auges und der Linse bei Eidechsen folgendermaßen untersucht. Bei 430 erwachsenen Lacertilien (240 *Lacerta serpa* und 190 *Lacerta vivipara*) wurde 1. die Linse ganz exstirpiert, 2. a) die Linsenfasern fast vollständig entfernt und das Linsenepithel zurückgelassen oder b) die Linse ganz herausgenommen und das Epithel wieder in die Augenkammer zurückgesteckt, 3. die Linse, die ganze Cornea und die ganze Iris entfernt und 4. die Linse samt a) der dorsalen oder b) der ventralen Hälfte des Augapfels exstirpiert. Weiter wurde 5. die dorsale Iris von neugeborenen Eidechsen in das entlinste Auge a) von erwachsenen Eidechsen oder b) von Triton implantiert. Da die Experimentserien der Nummer 5 jedoch noch nicht zahlreich genug sind, beschränke ich die vorliegende Mitteilung nur auf die Beobachtungen an den Experimenten 1—4 bei erwachsenen Eidechsen und hoffe, daß ich später noch dazu komme, über die übrigen Versuche auf breiterer Basis zu berichten.

Die Operation wurde nur am linken Auge angestellt und zum Vergleich das rechte intakt gelassen. Die operierten Tiere wurden unter reichlicher Fütterung mit Mehlwürmern von April bis November gezüchtet und der Zuchtraum mit einem elektrischen Ofen ziemlich konstant auf 30° C erwärmt. 150 Eidechsen gingen im Laufe der Aufzucht zugrunde. Die übrigen 280 (159 *Lacerta serpa* und 121 *Lacerta vivipara*) wurden abgestuft 1 Tag bis 5½ Monate nach der Operation in ZENKER-schem Gemisch fixiert und dann mikroskopisch untersucht.

Die Operation zeitigte bei den verwandten Arten *Lacerta serpa* und *vivipara* dieselben Resultate.

a) *Cornea*. Die Schnittwunde in der Cornea, die bei der Linsenextirpation gesetzt wird, heilte in der bei den Amphibien bekannten Weise, aber etwas langsamer. Die Wundheilung war nach 3 Monaten vollkommen durchgeführt. — Die Cornea wurde bei der totalen Entfernung ebenso wie bei der Teilextirpation ziemlich gut regeneriert; dabei bildete sich ihr Epithel aus dem Epithel der bestehenden Corneareste und der Conjunctiva, ihre Grundsubstanz hingegen vorwiegend aus dem Bindegewebe der Sklera und nur zum kleinen Teil aus den Cornearesten. Das Regenerat war bei der Teilextirpation bereits in etwa 6 Wochen und bei der Totalentfernung in etwa 10 Wochen durch seine mehr oder weniger homogene Struktur von der Sklera zu unterscheiden, jedoch zeigte es die kennzeichnende Durchsichtigkeit in den meisten Fällen erst von der 10.—12. Woche ab. Dann bildete es nämlich kleinere durchsichtige Feldchen an den Stellen, in denen die Schicht des zuerst gewucherten Chorioidealgewebes der Rückbildung verfiel und Lücken aufwies. Diese vergrößerten sich allmählich und vereinigten sich schließlich miteinander.

b) *Sclera*. Die Regeneration der Sklera erfolgte aus den Resten der skleralen Gewebe. Die Wucherung des Bindegewebes begann bereits ganz lebhaft binnen einer Woche nach der Operation, und in 6 Wochen wurde die Sklera äußerlich genügend regeneriert. Ihre Knorpellamelle bildete sich gewöhnlich von der 4. Woche ab am Schnitttrande des Knorpelrestes und erhielt bis zur 10. Woche ihre normale Ausdehnung. Ihre Knochenschuppen wurden ungefähr 6—12 Wochen nach der Operation von dem regenerierten Bindegewebe am Schnitttrande der Schuppen angebaut oder an der Stelle, in der eine ganze Schuppe entfernt war, aufs neue gebildet. Damit war die Regeneration der Sklera im wesentlichen vollendet.

c) *Chorioidea*. Bei der Regeneration der Chorioidea wurden die Bindegewebsfasern zuerst gebildet. Dann folgten die Wucherung der Pigmentzellen und die Sprossung der Blutgefäße.

d) *Corpus ciliare*. Im Corpus ciliare, dessen Grundgewebe von der Chorioidea ziemlich schnell in dieser Weise wiederhergestellt war, bildeten sich die quergestreiften Fasern des Musculus ciliaris nur sehr mangelhaft. Das Deckepithel wurde dagegen ziemlich gut regeneriert, wenn nur ein Teil desselben proximal in der Nähe des Margo ciliaris retinae zurückblieb. War die Pars ciliaris retinae jedoch in einem relativ ausgedehnten Bezirk bis auf die letzten Zellen am Margo ciliaris retinae ausgeräumt, so erfolgte die Epithelauskleidung des regenerierten Grundgewebes des Corpus ciliare nicht vollkommen; denn die Regeneration des Ciliarepithels wurde ganz vorwiegend von den Zellen am Margo ciliaris retinae in meridionaler Richtung ausgeführt, während die von den rostralen und caudalen Resten des bestehenden Ciliarepithels in der äquatorialen Richtung so schwach war, daß sie kaum in Betracht kommen konnte.

e) *Iris*. Im Gegensatz zu den oben aufgezählten Teilen der Hülle des Sehbeckers war die Regenerationsfähigkeit der Iris sehr schwach. Der Irisring wies nämlich nach der Teilexstirpation beständig einen kolobomartigen Defekt auf. Dieser entsprach freilich wegen der allgemeinen Verkleinerung des Bulbusumfangs nicht der Größe der entfernten Irispartie. Nach der Totalexstirpation des Irisringes fehlte dem Augapfel in der Regel die Iris fast vollständig. Gewöhnlich bildete das gewucherte Ciliarepithel mit dem Tapetum am distalen Rande des stehengebliebenen oder aufs neue gebildeten Corpus ciliare nur wallartige Falten, die keine Iris entwickeln konnten. Da die innere Fläche der Iris im pupillaren Abschnitt mit der peripheren Partie der äußeren Linsenfläche fest verbunden ist, wurde bei der Linsenexstirpation auch das Irisepithel sehr häufig teilweise entfernt. Der Defekt an Irisepithel wurde je nach seiner Ausdehnung bald durch die Vermehrung des benachbarten Irisepithels, bald durch die Wucherung des Ciliarepithels ersetzt. Dabei entstand zeitweilig an der lädierten Stelle mehr oder weniger auffallend pigmentarmes bzw. pigmentfreies Epithel. Dies darf aber nicht als ein frühes Linsenregenerat aufgefaßt werden, wie KOBAYASHI (1926) meinte, es erklärt sich vielmehr einfach durch die Verzögerung der Pigmentierung, die, wie auch bei anderen Regenerationsvorgängen häufig beobachtet wird, mit der Gewebsneubildung nicht Schritt hält. Früher oder später wird das Epithel normal schwarz. Die Gestalt der Iris ist stark von der Linse abhängig. Bald nach der Extirpation der ganzen Linse fiel der Irisring trichterförmig in den Glaskörperraum ein. Die beiden Blätter des Irisepithels wucherten dann ziemlich lebhaft, so daß eine erhebliche Verdickung der Iris, insbesondere im Annulus iridis minor, zustande kam. Manchmal bildete sich eine hohe ventilartige Falte des Epithels am pupillaren Rande, ohne vom Irisstroma begleitet zu werden. Beginnend etwa 12 Wochen nach der Operation zog sich dann die Iris mehr oder weniger zurück, und die Pupille wurde entsprechend weit.

f) *Linse*. Die WOLFFSche Linsenregeneration verlief bei den vorliegenden Experimenten vollkommen negativ. Es wurde in keinem Fall unter 226 Eidechsen (137 *Lacerta serpa* und 89 *Lacerta vivipara*) auch nur ein Zeichen des Beginnes derselben beobachtet, was gegen die kurze Mitteilung PARDOS (1906), spricht. Wenn aber das Linsenepithel einschließlich des Ringwulstes im Auge zurückblieb oder dem entlinsten Auge wieder implantiert wurde, traten, entgegen der Angabe von KOBAYASHI (1926) Teilregenerate von Linsen nach etwa 3 Wochen in etwa 50% der Fälle auf. Das im Auge gebliebene Linsenepithel befand sich hinter der Iris in der normalen Lage der Linse und stellte gewöhnlich eine rundliche Scheibe mit zentraler Delle dar. Bei der Regeneration bildeten sich die Linsenfasern ohne Ausnahme aus der proximalen Wand des Epithelrestes und ordneten sich der Netzhaut zugekehrt, so daß

man den Eindruck hatte, als wäre die Netzhaut auch dabei sowohl für die Bestimmung des Ortes der Faserbildung als auch für die polare Differenzierung der Linse von Bedeutung, wie es im allgemeinen bei der WOLFFSchen Linsenregeneration der Fall ist. Nun die genauere Beobachtung der Art und Weise, wie die Faserbildung am *reimplantierten* Linsenepithel vonstatten geht, ließ uns jedoch von dieser Annahme absehen. Die Fasern bildeten sich nämlich nicht selten in dem der Cornea zugewandten Bereich des Implantats und waren gegen die Cornea gerichtet. Die Achsen der regenerierten Linsen schnitten dabei in verschiedenen Winkeln die der Augen. Die Richtung der Linsenfaser, also die polare Differenzierung der regenerierten Linse, scheint deshalb nicht von der Achse des Augapfels, sondern ausschließlich von der Stelle abhängig zu sein, an der die Faserbildung zuerst vonstatten geht; und zwar beginnt diese ohne Rücksicht auf die topographischen Verhältnisse des implantierten Epithels zum Augapfel immer an den Zellen der Proliferationszone, die bei der Implantation verschiedene Lage erhalten.

g) *Retina*. Die Netzhaut regenerierte so gut wie gar nicht. Am Schnittrande in der Nähe des Margo ciliaris retinae sowie an der Kuppe der Retinafalte, die oft nach dem Abfluß oder bei der Schrumpfung des Glaskörpers entstand, trat eine Degeneration der Netzhaut ein. Dabei gingen entgegen den Beobachtungen z. B. von GRIFFINI e MARCCHIO (1889) und von FUJITA (1913 an Triton) die äußeren Schichten (besonders die Neuroepithelschicht) zuerst und die Ganglienzellen und die Nervenfaserschicht erst später zugrunde. Die übrigen Partien der Retina fielen früher oder später der Atrophie anheim und wiesen auch später keine Regeneration auf. Da in der Regel die äußeren Hüllen des Sehbeckers, abgesehen von dem schmalen kolobomartigen Defekt der Iris an der exstirpierten Stelle, nach etwa 4 Monaten ziemlich gut wiedergebildet waren, machte der Augapfel auf den ersten Blick den Eindruck, als wäre er fast vollständig regeneriert. Jedoch barg er [entgegen der Mitteilung von BLUMENBACH (1787)] im Innern stets Defekte in seinen wesentlichen Bestandteilen. Man wird daher die Regenerationsfähigkeit des Auges der erwachsenen Eidechsen überhaupt nicht hoch einschätzen können.

Literaturverzeichnis.

Blumenbach, J. F.: Specimen physiologiae comparatae inter animantia calici et frigidi sanguinis. Comment. Soc. reg. sci. Göttingen, 8 (1787). — Fujita, H.: Regenerationsprozeß der Netzhaut des Tritons und des Frosches. Arch. vgl. Ophthalm. 3 (1913). — Griffini, L. e Marechio, G.: Sulla rigenerazione totale della retina nei tritoni. Riforma med. 1889. — Kobayashi, H.: Studien der Linsenregeneration. Diss. Kais. Univ. Kyoto, 1926. — Pardo, R.: Osservazioni sulla rigenerazione del cristallino. Atti Accad. naz. Lincei Ser. 5, Rend. 15 (1906).