

Zur Entwicklung des Glaskörpers und der Zonula

I. Überblick und chronologischer Ablauf der Glaskörper- und Zonulaentwicklung bei Kaninchen und Maus*

Balder P. Gloor

Universitäts-Augenklinik Bern (Direktor: Prof. P. Niesel)
und Department of Ophthalmology, Washington University
School of Medicine, St. Louis, Missouri
(Direktor: Dr. B. Becker, Professor of Ophthalmology)

Eingegangen am 18. Dezember 1972

Development of Vitreous and Zonule

I. Survey and Chronology of the Development of the Vitreous and the Zonule of the Rabbit and the Mouse

Summary. A chronological survey of the development of the vitreous, the hyaloidal and retinal vessels and the zonule of the rabbit and of the mouse is presented. In the rabbit the primary vitreous develops from the 11th to 26th day of gestation. The onset of the development of the secondary vitreous is around the 21st to 22nd day of pregnancy. Regressive changes in the hyaloidal vessels start approximately at birth, they are followed by similar changes in the posterior part, later in the aequatorial and then in the anterior part of the vascular tunic of the lens. The hyaloid artery obliterates completely around the 13th to 18th day after birth from distal toward proximal. In the rabbit the retinal vessels originate from backward turning branches of the hyaloid artery. Their development starts on the 23rd to 24th day of pregnancy.

In the mouse retinal vessels are already present at birth (21st day of pregnancy). The development of the secondary vitreous starts not earlier than the 4th day of life. Also the zonule appears relatively late and is definitely present on the 11th day. The primary vitreous is completely resolved on the 30th day of life.

Zusammenfassung. Es wird ein chronologischer Überblick über die Entwicklung des Glaskörpers mit der Zonula, den Glaskörpergefäßen und den Retinagefäßen bei Kaninchen und Maus gegeben. Beim Kaninchen entwickelt sich der primäre Glaskörper vom 11. bis ca. 26. Schwangerschaftstag. Neben den Gefäßen enthält er bis zum 18. Tag Fibroblasten, dann immer mehr Makrophagen. Um den 21. bis 22. Schwangerschaftstag setzt die Bildung des sekundären Glaskörpers ein. Rückbildungerscheinungen setzen in den Vasa hyaloidea um die Zeit der Geburt ein, später im Bereich der Tunica vasculosa lentis posterior, dann äquatorial und erst

* Diese Arbeit wurde unter einem "Fight for Sight postdoctoral Research Fellowship" von Fight for Sight, Inc. New York City (USA), und unter Mithilfe von Grant No NB-10789 und B 621 des National Institute of Health, Bethesda, Maryland (USA), ferner mittels Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds durchgeführt.

um den 6. Tag in der Tunica vasculosa lentis anterior. Nach Öffnen der Lidspalte um den 11. Lebenstag obliteriert zwischen 13. und 18. Tag die Arteria hyaloidea vollständig von distal gegen proximal. Zonulafasern sind um den 26. Embryonaltag nachweisbar. Die Retinagesäße entwickeln sich beim Kaninchen ab 23. bis 24. Schwangerschaftstag vorwiegend aus rückläufigen Gefäßen aus der Arteria hyaloidea.

Bei der Geburt der Maus (am 21. Schwangerschaftstag) sind bereits Retinagesäße nachweisbar, die Bildung des sekundären Glaskörpers beginnt erst am 4. Lebenstag. Eindeutige Zonulafasern sind relativ spät, sicher erst am 11. Lebenstag nachweisbar, am 30. Lebenstag ist der primäre Glaskörper völlig zurückgebildet.

Eine vervollkommnete Technik zur Untersuchung der vitreoretinalen Korrelationen mit Hilfe von Spaltlampe und Kontaktgläsern (Goldmann, Eisner), wie eine sich verfeinernde Netzhaut- und Glaskörperchirurgie, rücken den Glaskörper zunehmend mehr in den Mittelpunkt des klinischen Interesses. Doch nach mehr als 120jähriger intensiver Beschäftigung (Virchow, 1852) mit dem Problem der Formation des Glaskörpers ist diese noch immer ungeklärt. Um aber Alterungsprozesse, degenerative und reaktive pathologische Veränderungen verstehen zu können, bleibt es nach wie vor dringlich, über die normale embryologische Entwicklung des Glaskörpers mehr zu wissen. Wenn auch morphologische Vorgänge recht gut abgeklärt sind, bleibt offen, welche Strukturen und Zellen am Aufbau und am Erhaltungsstoffwechsel der Glaskörpersubstanz und -struktur beteiligt sind.

Die in der Folge vorgelegten Arbeiten bilden eine Grundlage, um Teilprobleme gezielt im kritischen Zeitpunkt der Entwicklung mit neuen Methoden wie Autoradiographie, Elektronenmikroskopie und biochemischen Untersuchungen angehen zu können. Dafür ist

1. eine chronologische Übersicht über die Glaskörper- und Zonulaentwicklung bei den häufig verwendeten Labortieren, Kaninchen und Maus, notwendig.

2. werden die Glaskörperzellen während der Entwicklung und Rückbildung des Gefäßsystems des primären Glaskörpers beim Kaninchen beschrieben. Auf diesen Untersuchungen bauen

3. zellkinetische Experimente an Glaskörperzellen mit ^3H -markiertem Thymidin auf.

4. werden die topographischen Relationen zwischen Zonula und primärem Glaskörper beim Kaninchen dargestellt,

5. wird die Entwicklung des retinalen Gefäßsystems des Kaninchens beschrieben,

6. folgen autoradiographische Untersuchungen über Einbau, Akkumulation und Verbleib von ^3H -markierten Aminosäuren und ^3H -markierter Glucose im Glaskörper und in der Zonula der Maus.

Chronologischer Ablauf der Entwicklung des Glaskörpers und der Zonula bei Kaninchen und Maus

Möchte man zeitlich gezielt celluläre, ultramikroskopische und biochemische Vorgänge in der Entwicklung des Glaskörpers und der Zonula untersuchen, stellt man fest, daß für die gebräuchlichsten Labortiere, Kaninchen und Maus, zwar vereinzelte Daten vorliegen (Prince, Baldwin, Gärtner), jedoch detaillierte chronologische Übersichten fehlen oder z. B. beim Kaninchen nur bis zum 14. Schwangerschaftstag reichen (v. Lenhossek, Fuchs).

Unsere Darstellungen schließen für das Kaninchen an die Befunde von v. Lenhossek und Fuchs an. Weil sie die Grundlage für weitere Experimente bilden und deren Verständnis erleichtern, werden sie an den Anfang der ganzen Untersuchungsreihe gestellt.

Methodik

Kaninchen: Im Versuche standen Albino-Kaninchen (New Zealand), in den USA geliefert von der Firma Eldridge Rabbitry, St. Louis, Missouri, ernährt mit Purina rabbit chow (Althoff Brothers) und in der Schweiz von F. Spack, Niederrangen, ernährt mit Kunath Standard-Futter, mit einer durchschnittlichen Tragzeit von 30 Tagen (schwankend von 29—31 Tagen). Zonulapräparate wurden auch von pigmentierten Kaninchen gemacht (Mischrasse, F. Spack).

Histologische Untersuchungen der Embryos erfolgten in täglichen Intervallen vom 11.—18. Schwangerschaftstag, dann in zweitägigen Intervallen bis zur Geburt. Post partum wurden die sich entwickelnden Tiere im Alter von 1, 3, 7, 14, 17, 22 und 29 Tagen untersucht. Diese Serie wird durch Augen aus der Autoradiographie-serie (Gloor, 1973c) ergänzt. Die Augen der Embryos und der Tiere im Alter bis zum 14. Lebenstag wurden in Bouin oder Carnoy fixiert, die Augen der älteren Tiere in gepufferter 4%iger Formalinlösung. Eingebettet wurde in Paraffin (Bio-loid®), gefärbt wurde HE, PAS-He, Masson, Mallory, van Gieson und May-Grünwald-Giemsä.

Ab 23. Schwangerschaftstag wurden zusätzliche stereomikroskopische, phasenkontrast- und fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen am Nativpräparat vorgenommen. Die Augen von folgenden Entwicklungsstadien wurden (oft mehrfach) untersucht: Embryonen des 23., 24., 25., 26., 28., 29. und 30. Schwangerschaftstages; dann Kaninchen am 1. Lebenstag (4 und 6 Std alt), am 2.—7. Tag, am 9., 11.—14., am 18., 20., 31. und 36. Lebenstag. Zur Präparation und Beobachtung dienten Stereomikroskope (Zeiss, Wild) mit Vergrößerungen von 6—150×. Neben Aufsicht- und Durchlichtbeleuchtung fand vor allem für die Beurteilung der Zonula zusätzlich die Spaltbeleuchtung der Haag-Streit-Spaltlampe Nr. 900 Verwendung.

An jeweils einem Auge eines Tieres wurden das Auftreten und die topographischen Beziehungen der in Entwicklung begriffenen Zonulafasern zur Linsenkapsel, zum Corpus ciliare und zu den Strukturen des primären und sekundären Glaskörpers untersucht. Dazu wurde die Cornea abgetragen, die Sklera aufgeschnitten und darauf die Anordnung der Glaskörper- und Retinagefäße betrachtet, gezeichnet und fotografiert. Ab 23. Embryonaltag wurden die Gefäße mit Berlinerblau dargestellt. Zu diesem Zwecke wurde eine Kanüle durch den linken Ventrikel in die Aorta eingeführt, mit einer Ligatur gesichert, dann das Gefäßsystem mit Natriumcitrat 5%ig durchspült und anschließend mit Berlinerblau-Lösung aufgefüllt. Um

die Füllungsrichtung der Gefäße, vor allem im Bereich der Tunica vasculosa lentis, festzustellen, wurden die Augen während des Auffüllens stereomikroskopisch beobachtet. Bei 6 und 11 Tage alten Tieren wurde die Strömungsrichtung des Blutes im Gefäßsystem der Tunica vasculosa lentis und der Iris in Äthernarkose nach Abtragen der noch geschlossenen Lider untersucht.

Am zweiten Auge wurde zuerst die Cornea, dann die Tunica vasculosa lentis anterior vor dem Linsenäquator kreisförmig weggeschnitten. In Einzelfällen wurde von der Tunica vasculosa lentis ein Häutchenpräparat für die Phasenkontrastuntersuchung hergestellt. Nachdem im folgenden die Linse aus dem hinteren Teil der Kapsel herausluxiert worden war, stellten sich an der vorderen Begrenzung des primären Glaskörpers die Gefäße dar. Diese wurden mit einem Tropfen einer Acridin-Orange-G-Lösung (0,01% in Hankscher Lösung) betropft. Hanksche Lösung wurde auch auf den Objektträger gegeben, auf welchen der gesamte Glaskörper zu liegen kam. Nachdem der Bulbus am Sehnerven gefaßt worden war, wurde der Glaskörper in toto mit einer Pinzette aus dem Bulbus herausmassiert.

Während die Netzhaut unter stereomikroskopischer Beobachtung weggelöst wurde, wurden anhaftende Teile des Ciliarkörpers, um die Verbindungen der Linsen kapsel mit diesem zu studieren, mit Absicht am Präparat belassen. Die Retinagefäße bleiben bis zum 14. Lebenstag mit dem Glaskörper verbunden und können deshalb zusammen mit dem Glaskörper untersucht werden. Um das Präparat wurde ein Ring aus ca. 0,1 mm dickem Karton gelegt, der zur Abstützung eines Deckglases diente. Zur Phasenkontrast- und fluoreszenzmikroskopischen Untersuchung diente ein Wild-Mikroskop M 20.

Mäuse: Im Versuch standen Albinomäuse des Tierzuchtinstitutes Zürich mit einer Tragzeit von 19—20 Tagen, ernährt mit Nafag Mäuse-Standard-Futter. Nachdem sich gezeigt hatte, daß nach beobachteter Paarung die Entwicklung der verwendeten Rasse mit der Einteilung von Grüneberg gut übereinstimmte, wurden die Schwangerschaftsstadien bei stereomikroskopischer Präparation nach dieser Einteilung bestimmt. Untersucht wurden Stadien des 11., 12., 13., 16., 17. und 18. Tages der Schwangerschaft, dann Mäuse im Alter von 2 und 24 Std und von 2, 3, 4, 7, 9, 11, 12, 15, 20, 24 und 30 Tagen.

Von den Embryonen wurden je ein bis zwei noch lebende Tiere stereomikroskopisch mit einer Vergrößerung bis $50\times$ untersucht, wobei vor allem die fetalen Kreislaufverhältnisse des Auges beobachtet wurden. Die Tiere wurden durch Dekapitation getötet, bis zum 4. Lebenstag wurde der ganze Kopf, in späteren Stadien die herauspräparierten Augen in Bouin fixiert. Einbettung in Paraffin, Färbung mit HE, PAS-He und van Gieson.

Befunde

Verwendete Begriffe

Abb. 1 gibt einen schematischen Überblick über die Strukturen, welche in Zusammenhang mit der Glaskörperentwicklung interessieren. Aus der Zeichnung gehen die am häufigsten verwendeten anatomischen Bezeichnungen hervor.

Die Verwendung der Begriffe „primärer“ und „sekundärer Glaskörper“ muß kurz erörtert werden. Zwar ist anfänglich während eines kurzen Stadiums vor der Verästelung der Arteria hyaloidea auch der Säugerglaskörper acellulär. In diesem Stadium wird gelegentlich von primordialem Glaskörper gesprochen (Magitot und Mawas; Badtke,

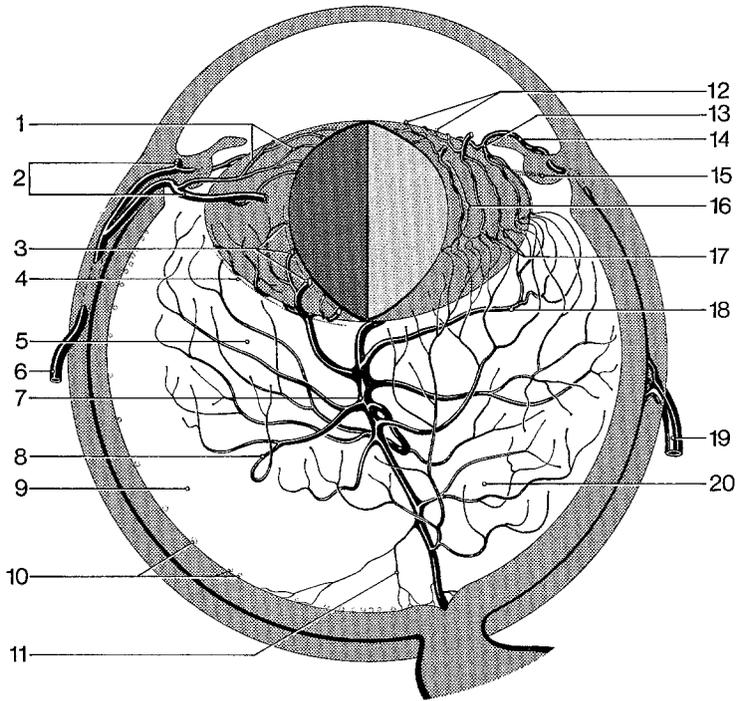


Abb. 1. Übersicht über den sich entwickelnden Glaskörper und Zusammenstellung der verwendeten anatomischen Bezeichnungen. Der Schemazeichnung liegen die Verhältnisse beim Kaninchen zugrunde. Die Bezeichnungen sind aber auf die Maus weitgehend übertragbar. Verschiedene Entwicklungsstadien sind kombiniert. Die linke Hälfte zeigt vor allem den arteriellen Schenkel des Gefäßsystems und die Tunica vasculosa lentis posterior. Die rechte Hälfte veranschaulicht den venösen Abfluß. Die Gefäße des Glaskörpers enden nirgends blind, sondern münden alle auf einer prääquatorialen Linie in die Tunica vasculosa lentis äquatorialis. Um die Übersichtlichkeit zu wahren, sind aber im Schema diese Gefäße nur teilweise ausgezeichnet

- | | |
|--|--|
| 1. Tunica vasculosa lentis anterior, arterielle Seite (Pupillarmembran) | 12. Tunica vasculosa lentis anterior (T.v.l.a.), venöse Seite (Pupillarmembran) |
| 2. Circulus arteriosus iridis major | 13. Mündung der Vv. der T.v.l.a. in Vv. der T.v. aequatorialis, gemeinsamer Abfluß über Iris in Vv. vorticosae |
| 3. Tunica vasculosa lentis posterior | 14. Zonulaplatte |
| 4. Capsula perilenticularis | 15. Tunica vasculosa lentis aequatorialis |
| 5. Primärer Glaskörper | 16. Zusammenschluß der Vasa hyaloidea propria zu |
| 6. Arteria ciliaris longa | 17. Venen der Tunica vasculosa lentis aequatorialis |
| 7. Arteria hyaloidea | 18. Vasa hyaloidea propria |
| 8. Vasa hyaloidea propria | 19. Vena vorticiosa |
| 9. Sekundärer Glaskörper | 20. Primärer Glaskörper |
| 10. Glaskörperzellen („Glaskörperzellen“) | |
| 11. Rückläufiger Ast aus Art. hyaloidea (versorgt die sich entwickelnden definitiven Netzhautgefäße) | |

1958). Das folgende Stadium mit Vascularisation und cellulärer Infiltration müßte dann als sekundärer Glaskörper (*vitré transitoire* nach Magitot und Mawas), der definitive Glaskörper als tertiärer Glaskörper bezeichnet werden, wie das Badtke auch neuerdings noch vorschlägt. Üblicherweise werden aber das primordiale Stadium und das Stadium des vascularisierten, zellhaltigen Glaskörpers als primärer dem definitiven oder sekundären Glaskörper gegenübergestellt. Die Zonula aber wird tertiärer Glaskörper genannt, in der Annahme, letztere sei eine Ausdifferenzierung des *Corpus vitreum*. Diese Nomenklatur hat sich sowohl in embryologischen Textbüchern (Mann, Duke-Elder, Barber) durchgesetzt, wie auch in der Klinik, z. B. in der Benennung des Krankheitsbildes des persistierenden hyperplastischen primären Glaskörpers. Sie wird auch im folgenden angewandt, wobei allerdings auf den Begriff des tertiären Glaskörpers als Bezeichnung der Zonula verzichtet wird, weil die Embryogenese der Zonula zu wenig gesichert ist, um diese Namengebung zu rechtfertigen.

Chronologische Übersicht der Entwicklung des Glaskörpers des Kaninchens

Schwangerschaft

Tag

11. Linsenblase noch weit offen (*v. Lenhossek*), Ringarterie bereits gebildet (*Fuchs*).
12. Linsenblase fast geschlossen. Sproß der Ringarterie wächst in Glaskörper ein: primäre *Arteria hyaloidea*. Diese weitert sich zum *Bulbus arteriosus hyaloideus* aus (*Fuchs*) und findet am Ende des 12. Tages Anschluß an den Ast der *Arteria ophthalmica interna* (*Fuchs*).
13. Hinter der Linse liegt mesenchymales Gewebe (Gefäße und freie Zellen vom Typ der Fibroblasten). Voll ausgebildete, aus der *Arteria ophthalmica interna* abzweigende *Arteria hyaloidea*.
- 13.—14. Ausbildung des intraoculären Gefäßsystems: *Vasa hyaloidea propria* bilden eine epiretinale Gefäßschicht; *Tunica vasculosa lentis posterior* und *aequatorialis* ausgebildet. Abfluß des Blutes am Augenbecherrand in die primitiven *Venae vorticosae*. Gefäßwände bestehen aus Endothelzellen und Pericyten. Im Maschenwerk des primären Glaskörpers freie Fibroblasten.
14. *Tunica vasculosa lentis anterior* (Pupillarmembran) vorhanden. Linsenblase größtenteils geschlossen.
- 15.—16. Weiterentwicklung des hyaloiden Gefäßsystems.

Tag

17. Abflachung der vorderen Partien des Augenbechers. Ausbildung einer Ora mit Abgrenzung der Ciliarkörper- und Irisanlage. Vorderkammer zwischen Irismesenchym und Cornea vorhanden.
18. Neben Fibroblasten auch runde Zellen im primären Glaskörper nachweisbar.
20. Freie Zellen des primären Glaskörpers beginnen sich auf die Retina abzusetzen.
- 21.—22. Beginn der Bildung des sekundären Glaskörpers. Absetzprozeß der freien Glaskörperzellen sehr deutlich. Wand der Arteria hyaloidea zweischichtig.
- 23.—24. Vorderkammer mit Spaltlampe nachweisbar. Primärer Glaskörper wächst neben sekundärem Glaskörper weiter. Fortsetzung der Wanderung der freien Glaskörperzellen des primären Glaskörpers durch den sekundären Glaskörper auf die Retina. Histologisch erkennbare Membrana limitans retinae. Beginn der Ausbildung von Retinagefäßen: rückläufige Gefäße aus Arteria hyaloidea ernähren Capillarsprossen am Papillenrand.
26. Zonulaplatte phasenoptisch im Nativpräparat wie auch histologisch erkennbar. Grobe Fasern teilweise in Zusammenhang mit Zellen im cilio-vitreo-lenticulären Gebiet. Andeutung einer späteren vorderen Glaskörpermembran. Definitive Retinagefäße.
28. Definitive Retinagefäße auch histologisch nachweisbar.
29. Vorderkammer bereits ziemlich tief.
30. Deutliche Pars plana, Grenze zwischen primärem und sekundärem Glaskörper von Ora weg nach vorne gewandert.

Geburt

1. Lebenstag: Rückbildung der primären Glaskörpergefäße (Kernzerfall), gleichzeitig aber noch ziemlich viele ³H-Thymidin-Markierungen. Weitere Ausbildung der Tunica vasculosa lentis anterior bzw. der Pupillarmembran: Ausdifferenzierung eines kräftigen arteriellen Zuflusses aus den Arteriae ciliares longae und Ausbildung eines venösen Abflusses nach oben und unten in die Venae vorticosae.
4. Zonula jetzt stereomikroskopisch erkennbar. Deutliche Ausdifferenzierung von Arterie und Vene in den Retinagefäßen. Hauptarterien kommen immer noch rückläufig aus der Arteria hyaloidea. Deutliche Rarifizierung der Tunica vasculosa lentis aequatorialis.

Tag

5. Phasenoptisch: 1. oberflächliche, anteriore Zonulaplatte mit feinen, lückenlosen, parallelen Fasern, 2. tiefer liegende, posteriore Einzelfasern.
6. Erste Rarifizierungen in der Tunica vasculosa lentis anterior (Pupillarmembran).
9. Ausgesprochene Fasernetze zwischen zerfallenden Gefäßen der Tunica vasculosa lentis aequatorialis (Zonulalamelle?).
- 10.—12. Lidspalte öffnet sich, Tunica vasculosa lentis aequatorialis und Glaskörpergefäßsystem fast völlig zurückgebildet. Deutliche Rückbildungserscheinungen an der Pupillarmembran. Immer noch einzelne frische Markierungen der Gefäßwandzellen mit ³H-Thymidin.
12. Arteria hyaloidea dünner als Retinagefäße. Definitive Retinagefäße zweigen in der Tiefe der Sehnervenexkavation von der Arteria centralis ab, rückläufige Äste aus der Arteria hyaloidea sind obliteriert.
- 13.—18. Arteria hyaloidea obliteriert allmählich vollständig von distal gegen proximal.
- 11.—30. Höchste Mitoserate in den freien Glaskörperzellen und weitere Zunahme derselben.
- 2.—3. Monat. Zonula ausgereift.

Chronologische Übersicht der Entwicklung des Glaskörpers der Maus (bis zur Geburt Altersbestimmung nach Grüneberg)

Schwangerschaft

11. Arteria hyaloidea und reichlich freie Fibroblasten bilden den primären Glaskörper. Ringgefäße erkennbar.
- 12.—13. Zirkulation durch Arteria ophthalmica und Arteria hyaloidea stereomikroskopisch gut beobachtbar. Umschlag der Gefäße um Augenbecherrand und Abfluß von innen nach außen über Venae vorticosae. Tunica vasculosa lentis anterior (Pupillarmembran) durch eine von temporal kommende Arteria ciliaris longa gespiesen.
16. Deutliche Ausbildung der Vasa hyaloidea propria mit Formung einer epiretinalen Gefäßschicht, ferner der Tunica vasculosa lentis posterior. Neben freien Fibroblasten auch Rundzellen im primären Glaskörper. Abflachen der vordersten Augenbecherbezirke und Abgrenzung einer Ora gegenüber Ciliarkörper- und Irisanlage. Retina reicht aber anterior immer noch über den Linsenäquator hinaus. Gliapolster auf der Papille (Bergmeistersche Papille).

Tag

Glomusartige Zellpolster um Hauptäste der Arteria hyaloidea im Glaskörperbereich. Bergmeistersche Papille und Papille werden capillarisiert.

Geburt

1. Lebenstag. Ciliarwurzel und Iris ausgebildet. In dem zwischen Ciliarwurzel und Linse gelegenen Ring, dessen Querschnitt dreieckförmig ist, liegt PAS-positives Material. Lumina in Retinargefäßen nahe Papille nachweisbar.
2. Retinargefäße stoßen weiter in die Peripherie vor.
4. Tunica vasculosa epiretinalis wird durch beginnende Bildung des sekundären Glaskörpers von der Retina abgehoben.
- 5.—6. Retina bis zur Ora vascularisiert.
9. Sekundärer Glaskörper nimmt $\frac{2}{3}$ der Augenblase ein, Glaskörperzellen haben sich auf Retina abgesetzt. Fragliche Zonulafasern.
11. Erstmals eindeutige Zonulafasern nachweisbar.
12. Limitans intravitrealis ist mit der angedeuteten Ausbildung einer Pars plana etwas von Ora nach vorne gewandert.
- 12.—14. Lidspalte öffnet sich.
- 20.—24. Primärer Glaskörper noch nicht völlig zurückgebildet.
30. Primärer Glaskörper völlig zurückgebildet.

Besprechung der Befunde

Die wichtigsten Daten im zeitlichen Ablauf der Entwicklung von Glaskörper, Zonula und den umgebenden Geweben von Kaninchen und Maus sind nochmals in Abb. 2 zusammengefaßt. In einem anderen zeitlichen und etwas willkürlichen, nicht linearen Maßstab wird orientierungshalber versucht, die menschliche Entwicklung diesen Daten gegenüberzustellen. In der Entwicklung von Maus und Kaninchen differiert vor allem die Tragzeit erheblich (Maus und Ratte: 20 Tage; Kaninchen: 30 Tage), viel weniger jedoch die Augenentwicklung.

In den ersten Tagen der Glaskörperentstehung beträgt die Differenz in der Augenentwicklung nur 1—2 Tage, mit zunehmendem Alter werden diese Unterschiede teilweise etwas größer. Bei der Maus verstreicht relativ lange Zeit bis zur Öffnung der Lidspalte, und die letzten Gefäße der Tunica vasculosa lentis verschwinden bei ihr [und bei der Ratte (Cairns)] kaum früher als beim Kaninchen. In diesem Alter von 30 Tagen ist zwar die Maus nicht erwachsen, aber knapp geschlechtsreif, das Kaninchen noch lange nicht. Die Entwicklung der Netzhautgefäße beim Kaninchen setzt wesentlich später als bei der Maus ein, für andere Strukturen sind die Verhältnisse umgekehrt. So erscheint der sekundäre

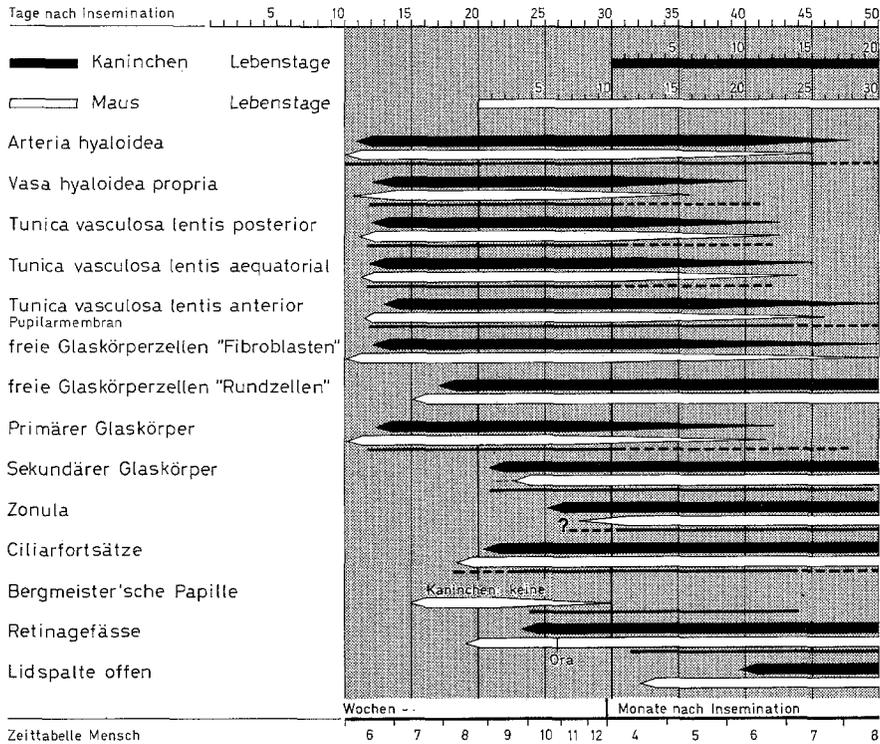


Abb. 2. Vergleichende chronologische Übersicht der Entwicklung des Glaskörpers und der benachbarten Strukturen von Kaninchen, Maus und Mensch. Wichtig ist, daß man für den Vergleich zwischen Maus und Kaninchen vor allem den Tag der Insemination und weniger die Geburt als Bezugspunkt nimmt (im übrigen vgl. Text)

Glaskörper bei der Maus nicht nur relativ, sondern auch absolut später als beim Kaninchen, dasselbe gilt für die Zonulafasern. Zu beachten ist, daß sich bei beiden Gattungen die Ciliarfortsätze deutlich vor der Ausbildung der Zonulafasern erkennen lassen (vgl. auch Weingeist). Schon hier soll darauf hingewiesen werden, daß beim Kaninchen keine, bei der Maus und beim Menschen aber eine Bergmeistersche Papille vorkommt.

Literatur

- Badtke, G.: Die normale Entwicklung des menschlichen Auges. II. Erste Entwicklungsvorgänge am Auge. In: *Der Augenarzt* (Velhagen, K., Hrsg.), Bd. I, S. 257—266. Stuttgart: Thieme 1958.
- Baldwin, W. M.: Die Entwicklung der Fasern der Zonula Zinni im Auge der weißen Maus nach der Geburt. *Arch. mikr. Anat.* **80**, 274—305 (1912).
- Barber, A. N.: *Embryology of the human eye*. London: Henry Kimpton 1955.

- Cairns, J. E.: Normal development of the hyaloid and retinal vessels in the rat. *Brit. J. Ophthalm.* **43**, 385—393 (1959).
- Duke-Elder, St., Cook, Ch.: Normal and abnormal development. *Embryology*. In: *System of ophthalmology* (Duke-Elder, St., Hrsg.), vol. III, part I. *Embryology*. London: Henry Kimpton 1963.
- Eisner, G.: *Biomicroscopy of the peripheral fundus*. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1973.
- Fuchs, H.: Zur Entwicklungsgeschichte des Wirbeltierauges. III. Kurzer Nachtrag über die Retinagefäße. *Anat. Hefte* (Wiesbaden), 1. Abt., H. 28, 233—251 (1905).
- Gärtner, J.: The fine structure of the zonular fibre of the rat. Development and aging changes. *Z. Anat. Entwickl.-Gesch.* **130**, 129—152 (1970).
- Gloor, B. P.: Zur Entwicklung des Glaskörpers und der Zonula. III. Herkunft, Lebenszeit und Ersatz der Glaskörperzellen beim Kaninchen (Autoradiographische Untersuchungen mit ^3H -Thymidin). *Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthalm.* **187**, 21—44 (1973).
- Goldmann, H.: Fokale Beleuchtung. In: *Die ophthalmologischen Untersuchungsmethoden* (Straub, W., Hrsg.). Stuttgart: Enke 1970.
- Grüneberg, H.: The development of some external features in mouse embryos. *J. Hered.* **34**, 89—92 (1943).
- Lenhossék, M. v.: Die Entwicklung des Glaskörpers. Leipzig: Vogel 1903.
- Magitot, A., Mawas, J.: Les cellules du corps vitré de l'oeil humain. *Ann. Oculist* (Paris) **150**, 323—337 (1913).
- Mann, I. C.: *The development of the human eye*. Cambridge: The University Press 1928.
- Prince, J. H.: *The rabbit in eye research*. Springfield: Ch. C. Thomas 1964.
- Virchow, R.: Notiz über den Glaskörper. *Virchows Arch. path. Anat.* **4**, 468 (1852).
- Virchow, R.: Über den menschlichen Glaskörper. *Virchows Arch. path. Anat.* **5**, 278 (1853).
- Weingeist, Th. A.: The structure of the developing and adult ciliary complex of the rabbit eye: A gross, light, and electronmicroscopic study. *Docum. Ophthalm.* **28**, 205—375 (1970).

Priv.-Doz. Dr. B. P. Gloor
Univ.-Augenlinik
Inselsspital
CH-3008 Bern, Schweiz