

Vergleichend morphologische Spaltlampenuntersuchung des Glaskörpers von Schaf, Schwein, Hund, Affen und Kaninchen

Georg Eisner und Eva Bachmann

Augenklinik der Universität Bern (Direktor: Prof. Dr. P. Niesel)

Eingegangen am 8. April 1974

Slit-Lamp Examination of Unfixed Vitreous in Sheep, Pigs, Dogs, Apes and Rabbits

Summary. Examinations of other animals show a variety of different structural patterns. The vitreous of the pig and of the sheep have a structure similar to cattle. The vitreous of the dog is similar to the cat. The vitreous of the rabbit is of very low density and could scarcely be examined. The vitreous of *Macaca speciosa* is similar to the human.

Thus the various animal groups have distinctive characteristics which permit their identification by their vitreous patterns.

Zusammenfassung. Weitere Untersuchungen des Glaskörpers zeigen, bei welchen Tierarten die verschiedenen Bauprinzipien vorkommen.

Der Glaskörper des Schweins und des Schafes hat das gleiche Bauprinzip wie derjenige des Rindes. Der Glaskörper vom Hund ist ähnlich strukturiert wie bei der Katze. Der Glaskörper des Kaninchens konnte wegen seiner geringen Konsistenz kaum dargestellt werden. Der Glaskörper von *Macaca speciosa* ist ähnlich gebaut wie beim Menschen.

Die sichtbaren Glaskörperstrukturen sind offensichtlich keine Zufallsprodukte; vielmehr hat jede Tierart eine spezifische Struktur, so daß man allein aufgrund des Glaskörperaspektes eine Spezies identifizieren kann.

Untersuchungen am Glaskörper von Mensch, Rind, Katze und Pferd (Eisner, 1971, Eisner u. Bachmann 1974a—c) haben gezeigt, daß verschiedene Bauprinzipien des Glaskörpers existieren. Im folgenden wird eine Übersicht über einige andere Tierarten gegeben, die nach gleichen Methoden untersucht worden sind.

Untersuchungen an Schafsaugen

Untersucht wurden insgesamt 6 Augen in folgenden Altersklassen: 1 Jahr (4 Augen), 4 Jahre (2 Augen).

Befunde

Beim Präparieren läßt sich die Netzhaut mühelos vom Glaskörper lösen. Die Konsistenz des Glaskörpers beim Schaf entspricht etwa der



Abb. 1 a u. b. Glaskörper eines 1jährigen Schafes. (a) Optischer Schnitt in der Sagittalebene. Im vorderen Glaskörper beginnen sich bereits Tractus auszubilden. Der Cloquetsche Kanal ist noch vorhanden. (b) Frontalschnitt. Vom Cloquetschen Kanal aus ziehen die prävasculären Lücken gegen die Glaskörperoberfläche. Sie durchqueren den Tractus in der oberen Bulbushälfte ohne Unterbrechung

des Rindes, ebenso die optische Dichte bei Spaltlampenbeleuchtung. Die Struktur des Glaskörpers ist gleichmäßig von der Oberfläche bis zum Zentrum. Eine lockere Zentralsubstanz fehlt (Abb. 1).

Der *Cloquetsche Kanal* verläuft als dünner Schlauch von der Papille zur Linsenrückfläche, wo er in einem schmalen Areal knapp neben dem hinteren Pol inseriert.



Abb. 2. Glaskörper eines 4jährigen Schafes (Sagittalschnitt). Die Entwicklung der Tractus vitreales ist nach hinten fortgeschritten; sie erreichen den Cloquetschen Kanal

Prävasculäre Spalträume durchziehen den ganzen Glaskörperraum von der Oberfläche bis zum Cloquetschen Kanal. Ihre Verzweigungen entsprechen denen der Netzhautgefäße.

Lücken am hinteren Pol (präfoveale Lücken) sowie Lücken am Netzhautrand fehlen.

Tractus vitreales inserieren in der Ciliarkörpergegend, d.h. im Bereich zwischen Netzhaut und Linsenrand. Hinter der Ora serrata inserieren auch beim Schaf keine *Tractus vitreales*. Eine *vordere Glaskörpergrenzmembran* ist deutlich abgrenzbar.

Altersevolution

Bei den jüngeren Tieren waren die *Tractus* nur in den vorderen Abschnitten ausgebildet (Abb. 1), bei älteren Tieren erreichten sie den hinteren Pol und inserierten am Cloquetschen Kanal (Abb. 2).

Destruktionshöhlen waren in den untersuchten Altersgruppen nicht vorhanden.

Zusammenfassend erscheint das Bauprinzip des Glaskörpers beim Schaf ähnlich wie beim Rind.

Untersuchungen am Auge des Schweins

Insgesamt wurden 4 Schweineaugen untersucht (im Alter von 1 Jahr).

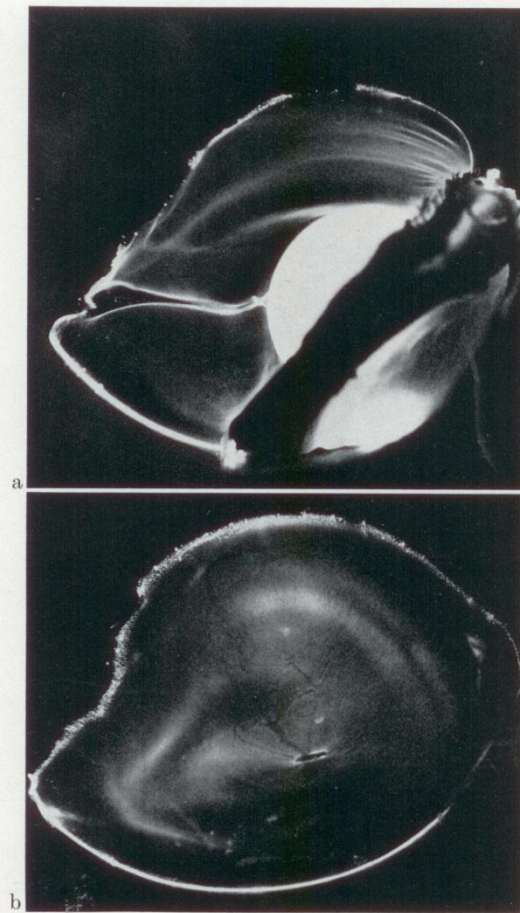


Abb. 3a u. b. Glaskörper eines 1jährigen Schweines. (a) Sagittalschnitt. Der Glaskörper ist leicht kollabiert. Der Cloquetsche Kanal ist erhalten und bildet einen scharf abgegrenzten, relativ großen Hohlraum. Tractus vitreales beginnen sich im vorderen Glaskörper zu formieren. (b) Frontalschnitt. Von Cloquetschen Kanal aus ziehen prävasculäre Lücken nach außen

Befunde

Die Netzhaut ließ sich vom Glaskörper leicht ablösen. Einzig im Papillengebiet war Vorsicht nötig: Der Cloquetsche Kanal ist, nach Entfernung des Sehnervenkopfes, nur von einer äußerst feinen Gewebsschicht bedeckt, und es besteht die Gefahr, daß der Kanal eröffnet wird und sich entleert.

Die Konsistenz des Glaskörpers ist etwas niedriger als die von Rind und Schaf. Der Glaskörper behält deshalb seine Form nicht, wenn man ihn, statt in Kochsalz, in Luft beläßt. Sogar wenn man ihn in Flüssigkeit aufbewahrt, ändert sich seine Form etwas, und er sinkt — allerdings in geringem Ausmaß — zusammen. Stärkere Verformungen treten auf, wenn der Cloquetsche Kanal lädiert wird und sich entleert.

Auch optisch ist der Glaskörper etwas weniger dicht als bei Rind und Schaf. Er ist homogen und ebenmäßig strukturiert von der Oberfläche bis zum Zentrum; es existiert also keine lockere Zentralsubstanz (Abb. 3).

Die intravitrealen Strukturen gleichen wiederum denen von Rind und Schaf. Der *Cloquetsche Kanal* ist etwas weiter und bildet ein gut begrenztes Rohr, das mit Flüssigkeit gefüllt ist.

Prävasculäre Spalträume durchziehen den ganzen Glaskörperraum. Das Verzweigungsmuster der Spalten ist — der unterschiedlichen Verzweigung der Netzhautgefäße entsprechend — anders als beim Rind.

Tractus vitreales sind in gleicher Weise angeordnet wie beim Rind.

Zusammenfassend entspricht das Bauprinzip des Schweineglaskörpers dem von Rind und Schaf. Lediglich die Konsistenz ist etwas geringer.

Untersuchungen beim Affen

Untersucht wurden insgesamt 4 Augen von *Macaca speciosa* im Alter von ca. 3 Jahren.

Befunde

Die Präparation der Netzhaut war etwa gleich schwierig wie beim Menschen. Am hinteren Pol entstand in allen Augen ein Prolaps, sobald man versuchte, die Foveagegend vom Glaskörper zu lösen. Die Untersuchung erfolgte deshalb, bevor die letzten Netzhautresten vom hinteren Pol entfernt wurden.

Die Glaskörperstruktur stimmt in allen Teilen mit der des Menschen überein: Es besteht eine dichte Rinde und eine flüssige Zentralsubstanz; die Rinde ist von der Zentralsubstanz abgegrenzt durch den Tractus präretinalis. In der *Rinde* selbst finden sich die typischen *Lücken* vor Papille, Fovea und Gefäßen. Die präfoveale Lücke ist die Ursache des Prolapses der Zentralsubstanz bei der Präparation.

In der *Zentralsubstanz* sind die typischen *Tractus vitreales* vorhanden, d.h. ein Tractus präretinalis, ein Tractus medianus, ein Tractus coronarius und ein Tractus hyaloideus.

Bei *Macaca speciosa*, einer Affenart, die eine Fovea centralis aufweist, finden wir also einen Glaskörper, der in seiner Struktur mit dem Menschen weitgehend übereinstimmt. Für experimentelle Untersuchungen ist er deshalb gut geeignet, und Rückschlüsse aus Experimenten — soweit diese die sichtbaren Glaskörperstrukturen betreffen — sind zulässig. Es ist aber zu bedenken, daß bei verschiedenen Primaten die Struktur des

Glaskörpers stark variiert (Balasz, 1967). Deshalb ist es unumgänglich, im Einzelfall für jede Species zu prüfen, ob sich die Verhältnisse auf den Menschen übertragen lassen.

Untersuchungen beim Hund

Insgesamt wurden 4 Augen von Tieren im Alter von über 7 Jahren untersucht.

Befunde

Das Lösen der Netzhaut war außerordentlich schwierig, und die hintere Glaskörpergrenzmembran wurde leicht verletzt.

Die Struktur des Hundeglaskörpers ist ähnlich wie bei der Katze. Die *Rinde* ist beinahe flüssig und optisch leer. Die *Zentralsubstanz* ist hingegen homogen dicht und erscheint milchig trübe. Sie enthält die Reste des Cloquetschen Kanals und prävasculäre Spalträume (Abb. 4).

Die *Tractus vitreales* verlaufen in der transparenten Rinde. Sie bilden deutlich abgrenzbare Schichten, die stark reflektieren. Sie sind nur an der Durchtrittsstelle des Cloquetschen Kanals durchlöchert, weisen aber an den Stellen, wo man prävasculäre Lücken erwarten würde, keine Kontinuitätsunterbrüche auf. Die Tractus sind stellenweise stark gefältelt, mit sackartigen Ausstülpungen. Unübersichtlich werden die Verhältnisse an der vorderen Glaskörpergrenze, wo die Tractus in einen dichten Faserfilz übergehen. Ihre vordere „Insertionsstelle“ ist demnach nicht auszumachen.

Eine *vordere Grenzmembran* ist nicht abgrenzbar, und es scheint, daß der *prävitrealen Raum* vom Faserfilz begrenzt wird.

Der Glaskörper des Hundes ist insofern ähnlich strukturiert wie bei der Katze, als die Rinde flüssig ist und Tractus enthält, die Zentralsubstanz hingegen dicht ist und von prävasculären Lücken durchzogen wird. Die Grenze zwischen beiden wird vom Tractus hyaloideus gebildet. Im Gegensatz zur Katze scheint sich der prävitrealen Raum *nicht* in die Glaskörperinnenseite hinein auszudehnen.

Untersuchungen beim Kaninchen

Untersucht wurden insgesamt 12 Augen von ca. 1—1½-jährigen Tieren.

Beim Kaninchen ist es weder mit der von uns angegebenen Methode noch mit einer Modifikation in Anlehnung an Gloor gelungen, den Glaskörper intakt von der Netzhaut zu lösen. Bei der letztgenannten Methode versuchte man, den Glaskörper mit dem ganzen vorderen Segment aus der intakten hinteren Kalotte zu luxieren. Dabei ließ sich der Glaskörper von der Netzhaut zwar lösen, am hinteren Pol entstand jedoch ein Loch, durch das sich der Cloquetsche Kanal entleerte. Versuche, die Netzhaut

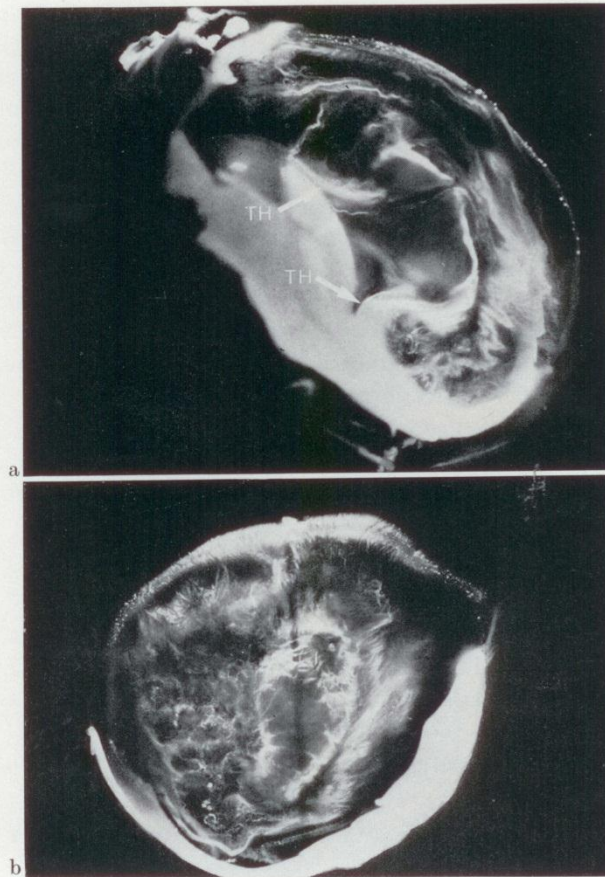


Abb. 4 a u. b. Glaskörper eines 7jährigen Hundes. (a) Sagittalschnitt. Das Glaskörperzentrum ist homogen, leicht getrübt. Es wird vom Cloquetschen Kanal durchzogen, der noch einen Rest der Art. hyaloidea enthält. Die Zentralsubstanz wird vom Tractus hyaloideus (TH) umschlossen, der im Bereich des Cloquetschen Kanals durchlöchert ist. Die „Glaskörperrinde“ ist fast transparent und enthält die stark gefalteten Tractus vitreales. (b) Frontalschnitt

des hinteren Pols zu umschneiden und mit dem Glaskörper zusammen zu luxieren, scheiterten an der geringen Konsistenz des Glaskörpers.

Die Glaskörperpräparate, die auf diese Weise gewonnen wurden, waren in den vorderen und mittleren Glaskörperabschnitten intakt. Die Verhältnisse am hinteren Pol hingegen ließen sich nicht beurteilen, ebensowenig die Zentralsubstanz, die durch den Prolaps verändert und verlagert wurde.

Der Glaskörper war homogen strukturiert, optisch beinahe transparent und von geringer Konsistenz. Zonen verschiedener Dichte ließen sich nicht unterscheiden. Die einzig sichtbare Struktur war der optisch leere Cloquetsche Kanal. Prävasculäre Lücken waren nicht vorhanden. Vorne war der Glaskörper durch eine vordere Glaskörpergrenzmembran abgeschlossen.

Der Grundbauplan des Glaskörpers ist demnach in mancher Hinsicht ähnlich wie beim Pferd, das ebenfalls eine avasculäre Retina hat. Weitergehende Schlüsse sind aber aufgrund unserer Untersuchungen nicht zulässig, da die technischen Schwierigkeiten zu unsicheren Ergebnissen führten. So waren die Verhältnisse am hinteren Pol, wo allein Netzhautgefäße vorkommen, nicht darstellbar. Zudem sind nur relativ junge Tiere untersucht worden; alte Kaninchen sind schwer erhältlich.

Bereits bei den bisherigen Ergebnissen zeigt sich jedoch, daß der Glaskörper des Kaninchens von dem des Menschen so verschieden ist, daß sich Versuchsergebnisse nur mit äußerster Zurückhaltung übertragen lassen.

Diskussion

Die Untersuchungen einiger weiterer Tierarten sollte zeigen, ob weitere Grundbaupläne des Glaskörpers existieren. Eine Übersicht ergibt, daß sich nach der Verteilung von Zonen höherer und niedrigerer Struktur-dichte mindestens 4 Grundtypen unterscheiden lassen.

1. Homogener Glaskörper von hoher Dichte: bei Rind, Schaf und Schwein.

2. Homogener Glaskörper mit niedriger Struktur-dichte: bei Pferd und Kaninchen.

3. Glaskörper mit 2 verschiedenen Dichtezonen, wobei die Rinde eine hohe, die Zentralsubstanz eine niedrige Dichte aufweist: beim Menschen und beim *Macacca speciosa*.

4. Glaskörper, bei dem die Rinde eine niedrige und die Zentralsubstanz eine hohe Dichte aufweist: bei Katze und Hund.

Von diesen Dichteunterschieden abgesehen, sind die Strukturen und ihre Altersevolutionen einander weitgehend ähnlich, z.B. der Aufbau der Tractus vitreales oder der prävasculären Lücken. Gewisse Unterschiede in der Anordnung jedoch bewirken, daß die Glaskörperstruktur art-spezifisch ist, so daß allein aufgrund des Glaskörperaspektes eine Spezies identifiziert werden kann.

Dies ist ein klarer Beweis dafür, daß die Glaskörperstruktur keineswegs durch eine zufällige Anordnung von Fibrillen entsteht. Vielmehr folgen die Strukturen genetisch angelegten Bauplänen.

Für experimentelle Zwecke eignet sich der Glaskörper vom Rind, Schwein und Schaf dann, wenn es darum geht, kleine Differenzen in der Glaskörperstruktur nachzuweisen, denn solche sind im homogenen Gerüst leicht erkennbar.

Für Untersuchungen, die die Beziehungen von Glaskörper und Netzhautoberfläche betreffen, ist *Macaca speciosa* geeignet, dessen Rinde etwa gleich dicht ist wie beim Menschen und die gleichen Lücken aufweist.

Bei der Interpretation von Versuchen bei Hund, Katze, Kaninchen und Pferd ist größte Vorsicht geboten.

Literatur

- Balasz, E. A.: Die Mikrostruktur und Chemie des Glaskörpers. Ber. dtsh. ophthal. Ges. **68**, 536—572 (1967)
- Eisner, G.: Autoptische Spaltlampenuntersuchung des Glaskörpers I—III. Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthal. **182**, 1—40 (1971)
- Eisner, G.: Autoptische Spaltlampenuntersuchung des Glaskörpers IV—V. Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthal. **187**, 1—20 (1973)
- Eisner, G., Bachmann, E.: Vergleichend morphologische Spaltlampenuntersuchung des Glaskörpers beim Rind. Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthal. **191**, 329—342 (1974 a)
- Eisner, G., Bachmann, E.: Vergleichend morphologische Spaltlampenuntersuchung des Glaskörpers bei der Katze. Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthal. **191**, 343—350 (1974 b)
- Eisner, G., Bachmann, E.: Vergleichend morphologische Spaltlampenuntersuchung des Glaskörpers beim Pferd. Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthal. **192**, 1—8 (1974 c)
- Gloor, B.: Cellular Proliferation on the Vitreous Surface after Photocoagulation. Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthal. **178**, 99—113 (1969)

Priv. Doz. Dr. Georg Eisner
Augenlinik der Universität
Inselspital
CH-3010 Bern
Schweiz