

Vergleichend morphologische Spaltlampenuntersuchung des Glaskörpers bei der Katze

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 Cats

Summary. Examination of the vitreous of the cat reveals a pattern different from that of both the bovine and the human eye. There are two zones of different density whose distribution is the reverse of that of the human vitreous; that is, the cortex is fluid, and the center is dense. Tracts occur in the cortex, whereas the central vitreous contains the "holes" (typical of the cortex in humans: pre-papillary channel and prevascular fissures).

Anteriorly there is no "membranous" vitreous boundary. A large fissure seems to exist, which extends into the vitreous cortex and may contain aqueous humour.

These morphological differences may have functional significance and should be considered in the interpretation of experiments using the cat vitreous.

Zusammenfassung. Die Untersuchungen bei der Katze zeigen ein neues Bauprinzip des Glaskörpers. Im Gegensatz zum Rind findet man 2 verschieden dichte Zonen, die aber gerade umgekehrt angeordnet sind wie beim Menschen: die Rinde ist flüssig, die Zentralsubstanz ist dicht. Die Tractus vitreales gehören der Rinde an, die „Rindenlücken“ des Menschen finden sich hingegen in der Zentralsubstanz.

Nach vorn ist keine eigentliche Glaskörpergrenzmembran vorhanden, und es scheint, daß sich kammerwasserhaltige Spalträume in die Glaskörperrinde hinein erstrecken.

Ergebnisse tierexperimenteller Untersuchungen sind deshalb nur mit größter Zurückhaltung auf den Menschen übertragbar.

Untersuchungen am Rinderglaskörper (Eisner u. Bachmann, 1974) haben gezeigt, daß viele Strukturen ähnlich wie beim Menschen angelegt sind und sich im Rahmen der Altersevolution auch in ähnlicher Weise entwickeln. Das generelle Bauprinzip allerdings ist verschieden, und aus diesem Grunde können Resultate von Experimenten nur mit Vorsicht auf den Menschen übertragen werden.

Zur Beantwortung der Frage, ob noch andere Bauprinzipien des Glaskörpers vorkommen, wird im folgenden über Untersuchungen an der Katze berichtet.

Präparations- und Untersuchungsmethoden sind im Rahmen der Darstellungen des menschlichen Glaskörpers (Eisner, 1971) beschrieben worden.

Insgesamt wurden 11 Augen untersucht in folgenden Altersstufen: 3 Wochen (2 Augen), 4 Monate (1 Auge), 8 Monate (2 Augen), ca. 1 Jahr (2 Augen), 11 Jahre (1 Auge), 15 Jahre (3 Augen).

Befunde

Die Präparation des Glaskörpers erwies sich als wesentlich schwieriger als bei Mensch und Rind. Die Netzhaut konnte — abgesehen von den ganz jungen Augen — nur mühsam von der Glaskörperoberfläche abgelöst werden. Die Glaskörpergrenzmembran wurde deshalb oft lädiert, und ein Prolaps von beinahe flüssiger Glaskörpersubstanz war die Folge. Die Ursache der Schwierigkeiten ist wahrscheinlich in der geringen Konsistenz der Glaskörperrinde zu suchen.

Bauprinzip

Die *Glaskörperrinde* ist bei den älteren Katzen fast flüssig. Die *Zentralsubstanz* hingegen ist fester und von ungefähr gleicher mechanischer und optischer Dichte wie die menschliche Glaskörperrinde. Die Grenze zwischen Rinde und Zentralsubstanz wird durch den *Tractus hyaloideus* gebildet, der als dichte lamelläre Struktur die beiden Zonen voneinander trennt (Abb. 4).

Die *Tractus* verlaufen alle in der Rinde. Sie ziehen parallel zur Oberfläche nach vorne. Die Zuordnung einzelner *Tractus* zu Strukturen der vorderen Augenabschnitte (d.h. *Ora serrata*, Ciliarkörper und Linsenrand) ist allerdings oft schwierig. Mit Sicherheit kann man nur aussagen, daß keine *Tractus* hinter der *Ora serrata*, d.h. im Bereiche der Netzhaut, inserieren. Ebenso wenig inserieren *Tractus* an der Linsenrückfläche (d.h. zentral von der Insertion des *Tractus hyaloideus* am Linsenrand). Die dazwischen liegenden Lamellen können hingegen — zumindest bei unfixierten Augen mit Spaltlampenbeleuchtung — nicht als definierte *Tractus* charakterisiert werden.

Eine *vordere Glaskörpergrenzmembran*, d.h. eine Membran, die vom Ciliarkörper zur Linse zieht, ist nicht mit Sicherheit identifizierbar. Wohl findet man einen, optisch leeren, *prävitrealen Raum* hinter den Zonulafasern. Er weist sogar eine beträchtliche Größe auf. Auch wird er hinten durch membranöse Strukturen begrenzt. Deren Verlauf entspricht jedoch nicht dem einer vorderen Glaskörpergrenzmembran; vielmehr besteht der Eindruck, daß es sich um Teile von *Tractus* handelt, die, vom Netzhautrand (*Tractus präretinalis*) und von der Linse (*Tractus hyaloideus*) herkommend, sich einander nähern (Abb. 5). Zwischen ihnen liegt ein optisch leerer Raum, so daß man glauben könnte, daß sich der *Prävitrealraum* als schmaler Spalt nach hinten ausdehnt. Mit spaltlampen-mikroskopischer Beobachtung allein lassen sich diese Verhältnisse nur schwer klären. Bei Füllungsversuchen des *prävitrealen*

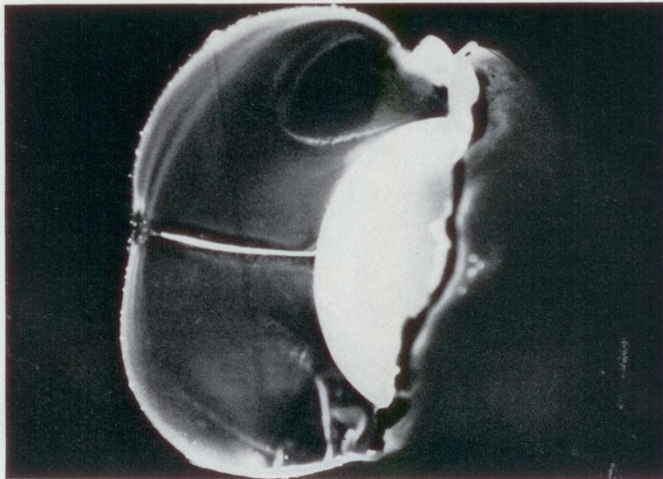


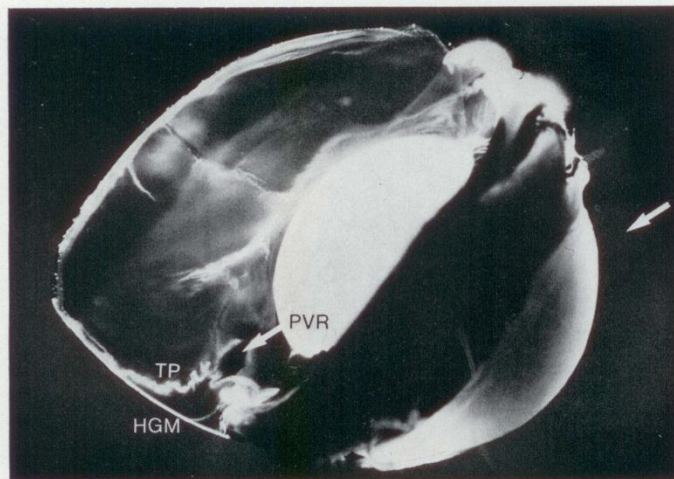
Abb. 1. Glaskörper eines 3 Wochen alten Tieres (optischer Schnitt in der Sagittalebene). Der Glaskörper ist praktisch homogen strukturiert. Von der Papille zieht als dichter Strang die Art. hyaloidea gegen die Linse. Sie ist umgeben von den Resten des (im Bilde dunkel erscheinenden) Cloquetschen Kanals. Im vorderen Glaskörper findet man eine optisch transparentere Zone, die von einer bogenförmigen Verdichtung abgegrenzt ist. Möglicherweise handelt es sich dabei um einen außerordentlich weiten prävitrealen Raum

Raumes mit Farbstoffen stellt sich zwar eine eindeutige spaltartige Ausdehnung in die hintere Glaskörperrinde dar; man kann aber nicht ausschließen, daß es sich dabei um einen Artefakt handelt.

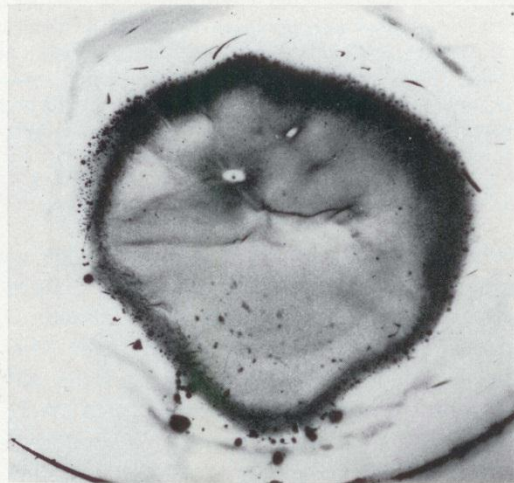
Am ehesten sprechen Beobachtungen an Augen, die längere Zeit unfixiert in physiologischer Kochsalzlösung aufbewahrt wurden, für eine Extension des Prävitrealraums. Bei ihnen löst sich als Leichenerscheinung allmählich Pigment im Ciliarkörperbereich und verteilt sich im prävitrealen Raum. Gleiches Pigment findet man dann auch in dem erwähnten schmalen, optisch leeren Spaltraum, der durch die Glaskörperrinde, entlang dem Tractus präretinalis, nach hinten zieht. Daß die groben Pigmentklumpen dort hineindiffundieren konnten, deutet darauf hin, daß keine membranöse Abgrenzung zwischen dem prävitrealen Raum und dem schalenförmigen Spaltraum besteht.

„Rindenlücken“ sind in der lockeren Rinde des Katzenauges nicht auszumachen: sie finden sich jedoch in ihrer typischen Anordnung in der dichten Zentralsubstanz:

der Cloquetsche Kanal enthält Residuen der Arteria hyaloidea,
die prävasculären Lücken verzweigen sich dem Verlauf der Netzhautgefäße entsprechend,



a



b

Abb. 2a u. b. Glaskörper eines 4 Monate alten Tieres. (a) Optischer Sagittalschnitt: Eine Rinde beginnt sich auszubilden, die bereits recht flüssig ist. Am deutlichsten wird dies in der unteren Peripherie, wo zwischen hinterer Glaskörpergrenzmembran (*HGM*) und Tractus präretinalis (*TP*) ein optisch leerer Raum sichtbar wird. Über dem Tractus präretinalis erkennt man einen weiten, optisch leeren Raum, den prävitrealen Raum (*PVR*). Eine vordere Glaskörpergrenzmembran ist nicht vorhanden. Von der Papille zur Linse zieht der Cloquetsche Kanal. Hinter der Linse beginnt sich bereits ein Tractus hyaloideus auszubilden. (b) Frontalschnitt durch die hintersten Glaskörperabschnitte (inverse Kopie). Parazentral im Bild erscheint der Cloquetsche Kanal (weiße Fläche), der noch einen Rest der Art. hyaloidea enthält. Davon ausgehend prävasculäre Spalträume. Oben im Bild ist ein weiterer „Kanal“ quer getroffen, der wahrscheinlich eine präareale Lücke darstellt

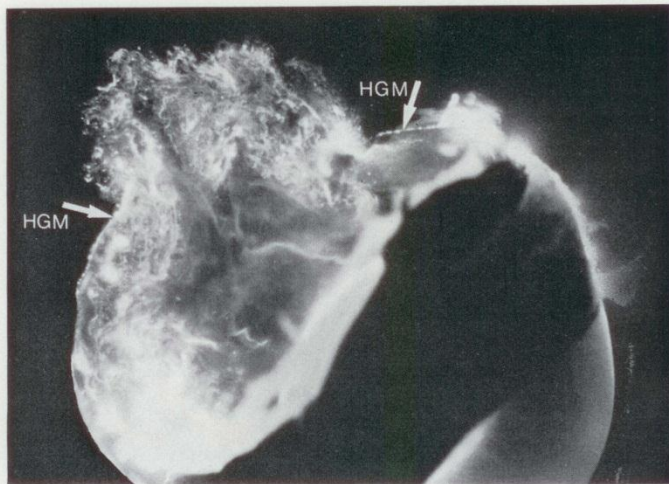


Abb. 3. Optischer Sagittalschnitt durch den Glaskörper eines 1-jährigen Tieres. Das Zentrum des Glaskörpers ist homogen, leicht getrübt; die Glaskörperinnensubstanz ist stark destruiert und enthält unregelmäßig verknäulte Faserverdichtungen. Durch ein Loch in der hinteren Glaskörpergrenzmembran (HGM) ergießt sich ein Prolaps von Glaskörperinnensubstanz nach außen

Lücken in der Gegend des Netzhautrandes fehlen, da bei Katzen weder Orazacken noch korrelierte Anomalien vorkommen,

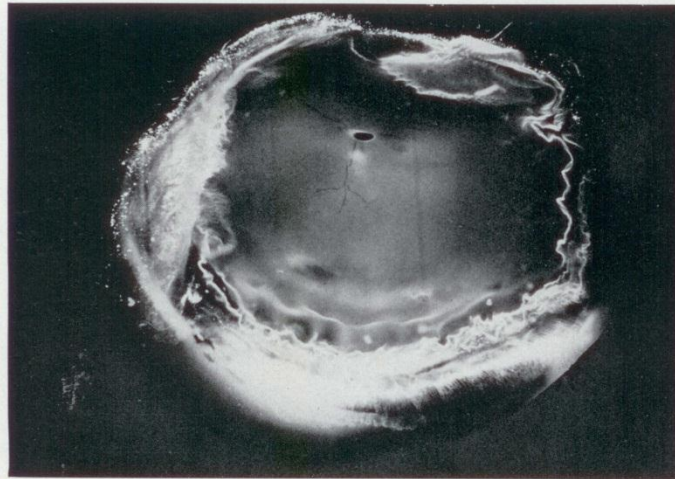
eine Lücke am hinteren Pol existiert, obwohl die Katze keine Fovea zentralis hat (Abb. 2b). Ihre genaue Zuordnung zu retinalen Strukturen ist schwierig. Aufgrund ihrer topografischen Lage könnte man sie als Analogon der präfovealen Lücke beim Menschen auffassen und in Zusammenhang bringen mit der Area zentralis. Die Tatsache, daß die Lücke in den ersten Lebenswochen noch nicht beobachtet wird, spricht für eine spätere Anlage im Laufe der postnatalen Entwicklung. Dafür spricht auch, daß sie in der Zentralsubstanz nicht vorhanden ist, sondern nur in der — offenbar später angelegten — Glaskörperinnensubstanz. Sie ist nur in einer kurzen Zeitperiode sichtbar; sobald sich die Glaskörperinnensubstanz verflüssigt, ist die „präareale“ Lücke — wie alle andern Lücken in der Rinde — nicht mehr nachweisbar.

Altersevolution

Die Altersentwicklung entspricht, mutatis mutandis, derjenigen des Menschen. Beim jungen Tier ist der Glaskörper praktisch homogen und weist als einzige Strukturen den Cloquetschen Kanal und die prävascu-



a



b

Abb. 4a u. b. Glaskörper eines 15jährigen Tieres. (a) Sagittalschnitt. Das Glaskörperzentrum ist homogen, leicht getrübt. Darin finden sich noch Reste des Cloquetschen Kanals. Vom Linsenrand zieht ein stark reflektierender Tractus nach hinten (Tractus hyaloideus), der die Zentralsubstanz von der beinahe transparenten Glaskörperrinde abgrenzt. Die hintere Glaskörpergrenzmembran (*HGM*) ist stellenweise zerstört. Über dem Ciliarkörper findet sich der transparente prävitreale Raum (*PVR*). Er scheint von einer vorderen Glaskörpergrenzmembran abgegrenzt. Dabei handelt es sich aber um einen Trugschluß (s. Abb. 5). (b) Optischer Schnitt in frontaler Ebene. Das homogen strukturierte Glaskörperzentrum enthält den quer getroffenen Cloquetschen Kanal und davon ausgehend prävasculäre Spalträume. Es ist durch einen stark reflektierenden Tractus „hyaloideus“ abgegrenzt. Die Glaskörperrinde enthält mehrfach gefaltete Tractus vitreales und optisch leere Räume

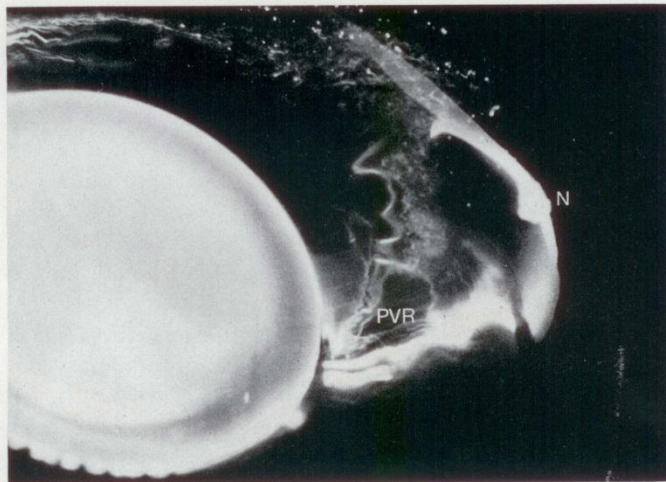


Abb. 5. Vorderer epiciliarer Glaskörper bei 15jährigem Tier (Sagittalschnitt). Rechts im Bild sind noch Reste der Netzhaut (*N*), die auf dem Präparat belassen wurden, sichtbar. Über dem Ciliarkörper liegt ein optisch leerer Raum, der Prävitrealraum (*PVR*), der bei oberflächlicher Betrachtung durch eine vordere Grenzmembran abgegrenzt erscheint. Wenn man die begrenzenden Membranellen jedoch genau verfolgt, sieht man, daß sie nicht zwischen Linse und Ciliarkörper gespannt sind, sondern daß es sich um konvergierende Membranellen handelt, die sich an der Spitze des prävitrealen Raumes zusammenlegen und von dort nach hinten ziehen

lären Lücken auf (Abb. 1). Die Verhältnisse an der vorderen Glaskörpergrenze sind schon zu diesem Zeitpunkt schwer zu beurteilen. Aufgrund der wenigen Beobachtungen kann nicht entschieden werden, ob eine große, optisch leere Höhle, die man über dem Ciliarkörper beobachtet, den prävitrealen Raum darstellt, oder ob es sich um eine intravitreale Struktur handelt.

Mit zunehmendem Alter entwickelt sich eine lockere Glaskörperhülle, deren Dicke allmählich zunimmt (Abb. 2). In einem unserer Fälle bestand sie (in beiden Augen symmetrisch) aus unregelmäßig verquirlten Faserknäueln (Abb. 3). In allen andern Augen wurde die optisch leere Rinde von oberflächenparallelen, geschichteten Lamellen durchzogen, die sich vorne aufspalteten und teils am Netzhautrand (Tractus präretinalis), teils am Linsenrand (Tractus hyaloideus) inserierten (Abb. 4 u. 5).

Diskussion

Das *Bauprinzip* des Katzensglaskörpers zeigt, im Gegensatz zum Rind, wiederum 2 verschiedene Dichtigkeitszonen. Diese sind aber genau

umgekehrt angeordnet als beim Menschen: bei der Katze ist die Rinde locker oder gar verflüssigt, die Zentralsubstanz dicht und fest. Die Tractus vitreales gehören hier der Rinde an. Die Zentralsubstanz ist homogen strukturiert und enthält die „Lücken“, die beim Menschen in der Rinde lokalisiert sind. Diese Lücken imponieren — wie bei allen bisher untersuchten Tieren — als Abklatsch derjenigen Strukturen, die die normale retinale Innenfläche unterbrechen. Sie sind vom Zentrum bis in den peripheren Glaskörper nachweisbar, solange die Rinde noch nicht verflüssigt ist. Danach findet man sie nur noch in der homogenen Zentralsubstanz.

Die *Altersevolution* entspricht den bisher untersuchten Glaskörpern von Mensch und Rind. In frühen postnatalen Stadien ist der Glaskörper homogen und enthält lediglich die charakteristischen „Rindenslücken“. Später erst entwickeln sich die unterschiedlichen Dichtezonen von Rinde und Zentralsubstanz. Auch die Tractus vitreales entstehen bei der Katze erst in späteren Stadien.

Weiterer Klärung bedürfen die Verhältnisse an der retrozonulären Glaskörperbegrenzung. Aufgrund der bisherigen Beobachtungen möchte man annehmen, daß sich der prävitreale Raum spaltförmig gegen hinten zu in die Glaskörperrinde ausdehnt.

Bei der Interpretation experimenteller Untersuchungen am Katzen-glaskörper ist größte Zurückhaltung angezeigt. So können Experimente, die die Glaskörper-Netzhaut-Beziehung betreffen, kaum von der Katze auf den Menschen übertragen werden. Der Unterschied in der Konsistenz der Glaskörperrinde — und damit in der Fähigkeit, Traktionen zu übertragen — dürfte sich auch für die Pathologie der Netzhaut auswirken.

Auch sind Versuche über Substanztransport zwischen Kammerwasser- und Glaskörperraum mit Vorsicht zu interpretieren. Die Frage, ob ein kammerwasserhaltiger Spaltraum in der Glaskörperrinde existiert, muß vorgängig geklärt werden.

Literatur

- Eisner, G., Bachmann, E.: Vergleichend morphologische Spaltlampenuntersuchung des Glaskörpers beim Rind. Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthalm. **191**, 329—342 (1974)

Priv.Doiz. Dr. Georg Eisner
Augenklinik der Universität
Inselspital
CH-3010 Bern
Schweiz