

## Autoptische Spaltlampenuntersuchung des Glaskörpers II. Die spaltlampenmikroskopisch sichtbaren Glaskörperstrukturen

GEORG EISNER

Universitäts-Augenklinik Bern (Direktor: Prof. P. Niesel)

Eingegangen am 14. Oktober 1970

### Slitlamp Examination of the Vitreous in Autopsy Eyes

#### II. The Pattern of the Visible Vitreous Structures

*Summary.* The vitreous is covered by cortical layers of high density wherever it touches the retina. Consequently the vitreous cortex ends at the ora serrata. Within the cortex there are densifications and holes at typical spots. The vitreous core consists mainly of optically empty spaces crossed by tracts of higher density. These so-called tractus intermedii are arranged in funnel-shaped membranes, originating at the papilla, diverging through the vitreous cavity, and inserting at the anterior hyaloid membrane between the ora serrata and the lens. The regular pattern is interrupted by the prefoveal hole in the vitreous cortex. It is further complicated by curves and foldings of the vitreous tracts.

*Zusammenfassung.* Spaltlampenmikroskopisch zeigt der Glaskörper eine charakteristische Strukturordnung, die von bisherigen, auf Grund von biomikroskopischen Untersuchungen gewonnenen Vorstellungen abweicht. Eine besonders dicht strukturierte Rinde überzieht die Netzhaut in ihrer ganzen Ausdehnung und endet an der Ora serrata. Darin sind Verdichtungen und Lücken verschiedener Art an typischen Stellen ausgebildet. Der Kern des Glaskörpers ist lockerer strukturiert: Optisch leere Räume werden von Fasern und feinen Membranellen durchzogen, die ein System von ineinandergeschachtelten Trichtern bilden, welche von der Papille divergent zum Ciliarkörper und zur vorderen Glaskörpergrenzmembran ziehen. Das regelmäßige Trichtermuster wird einerseits durch die präfoveale Rindenlücke gestört, andererseits durch S-förmige Windungen oder Z-förmige Faltungen kompliziert.

Nach einer früher beschriebenen Methode (Eisner, 1971) kann der unfixierte Glaskörper von Leichenaugen spaltlampen-mikroskopisch untersucht werden. Im folgenden berichten wir über die Untersuchungsergebnisse von 60 Augen, d.h. 30 Personen im Alter von 36—88 Jahren, wovon 5 unter 60 Jahren. In 14 Augen konnte der Glaskörper intakt präpariert werden, bei 5 Augen bestand bereits vorher eine hintere Glaskörperabhebung. Bei allen übrigen riß die hintere Glaskörpergrenzmembran beim Präparieren im Bereich der Fovea centralis, und es entstand ein Prolaps.

Die Augen stammten aus dem Pathologischen Institut der Universität Bern<sup>1</sup> von Verstorbenen, bei denen keine Augenleiden bekannt waren. Bei Patienten, die nach Schädeltrauma oder Hirnblutung verstarben, waren aber nicht selten Blutungen in verschiedenen Gewebsschichten zu sehen.

Das Glaskörpergerüst besteht nach licht- und elektronenoptischen Untersuchungen (Brini et al., 1968) aus einem dreidimensionalen Fasergerüst, das aber mit der geringen Vergrößerung des Spaltlampenmikroskopes nicht sichtbar ist. Was mit diesem Instrument als „Struktur“ gesehen wird, entsteht wohl durch eine unterschiedlich dichte Anordnung der feineren Fasern und beruht teils auf Lichtstreuung (bei großem Winkel zwischen Beobachtungs- und Beleuchtungsstrahlengang), teils auf Reflexion (bei kleinem Winkel zwischen beiden Strahlengängen). Diese optischen Phänomene geben aber keine Auskunft über die Natur der verursachenden Strukturen. Deshalb haben es die bisherigen Untersucher vorgezogen, zur Beschreibung ihrer Befunde im Glaskörper neutrale Ausdrücke zu verwenden, wie etwa „substance obscure, lumineuse et brillante“ (Busacca, 1967). Es handelt sich entweder um optisch leere, vor dunklem Hintergrund schwarz erscheinende Räume oder um helle, milchig opake Bezirke, in denen sich dichtere Strukturen mit Faserzeichnung zu gröberen Strängen oder netzartigen Gebilden zusammenlegen. Breitere Bänder erscheinen manchmal gewellt mit seidenartigem Glanz. Bei geeignetem Lichteinfall sieht man zudem hell reflektierende, fein gefaltete Flächen.

All diese biomikroskopischen „Strukturelemente“ zeigen eine große individuelle Variabilität in ihrer Anordnung, ein allgemeines Bauprinzip bleibt aber immer gewahrt.

#### *Das allgemeine Bauprinzip der Glaskörperstrukturen*

Das in der angegebenen Weise freipräparierte Glaskörpergel präsentiert sich makroskopisch als Kugel (s. Abb. 2 der Mitteilung I). Die äußerste Zone ist überall, wo sie an die Netzhaut grenzt, milchig opak und bildet die dichtere Struktur der *hinteren Glaskörperrinde*.

Die vordere Begrenzung des Glaskörpers besteht in einer feinen Membran, der *vorderen Glaskörpergrenzmembran*. Im Zentrum der Kugel liegt, etwa in sagittaler Richtung, ein mehr oder weniger deutlich ausgebildeter *Zentralkanal*. Zwischen ihm und der Rinde liegt die *Intermediärsubstanz*, die die Hauptmasse des Glaskörpers bildet (Abb. 1). Sie ist locker gebaut, besteht zum größten Teil aus einem optisch relativ leeren Raum, der von gröberen Faserzügen und flächenartigen Membranellen durchzogen wird (*Tractus intermedii*) (Abb. 2). Durch ihre Anordnung

<sup>1</sup> Dem Vorsteher Herrn Prof. H. Cottier und seinen Mitarbeitern sei hier für die freundliche Zusammenarbeit bestens gedankt.

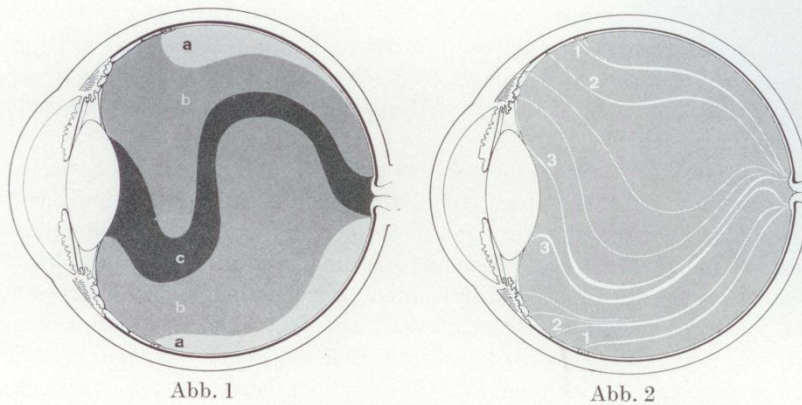


Abb. 1. Schematische Darstellung der Glaskörperzonen. *a* Glaskörperrinde: Endet an der Ora serrata. *b* Intermediärsubstanz (Zone der Tractus vitreales): öffnet sich zum Ciliarkörper und zum freien Abschnitt der vorderen Grenzmembran. *c* Zentralkanal: öffnet sich nach vorn gegen den retrolentalen Abschnitt der vorderen Glaskörpergrenzmembran

Abb. 2. Schematische Darstellung der Tractus intermedii. 1 Tractus praeretinalis; 2 Tractus medianus; 3 Tractus hyaloideus

im Raum ergibt sich ein System von ineinandergeschachtelten Trichtern, die von der Papillengegend divergierend den Glaskörper durchqueren und mit der vorderen Glaskörpergrenzmembran verschmelzen. Dabei verlaufen die Trichter manchmal annähernd geradlinig, meist aber S-förmig gekrümmt, wobei sich die einzelnen Fasern zusätzlich um die Trichterachse drehen (Abb. 3).

In allen beobachteten Fällen war die ausgesprochene Spiegelbildsymmetrie beider Augen auffällig.

#### *Die innere Netzhautbegrenzung*

Bei sorgfältigem Abpräparieren des nekrotischen Netzhautgewebes bleibt auf dem Glaskörper eine widerstandsfähige Membran erhalten (*Membrana limitans interna*), die sich intakt abziehen läßt. Beim Einschneiden verziehen sich die Schnittländer kaum; abgelöste Teile rollen sich auf. Breitet man sie aber nochmals auf dem Glaskörper aus, erhalten sie wieder ihre ursprüngliche Form. Die Membran verhält sich also ähnlich wie die Descemetische Membran. Solange sie dem Glaskörper noch anliegt, ist sie erkennbar an den zahlreichen auf der Außenfläche leicht prominenten Fleckchen, die in beinahe regelmäßigen Abständen verstreut sind und einzig über der Papille und Fovea centralis fehlen (Abb. 5).

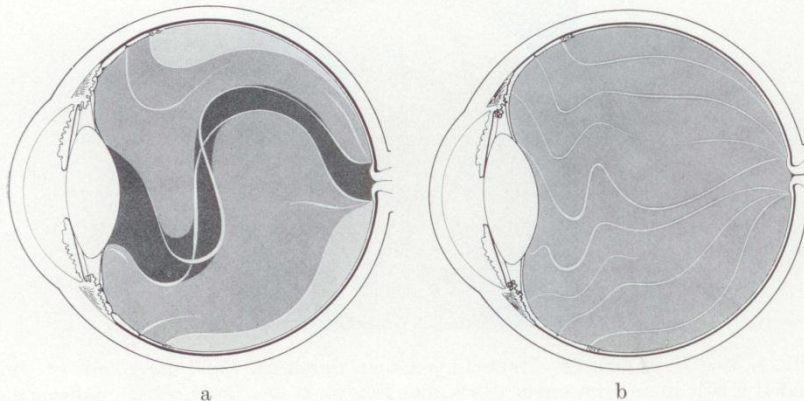


Abb. 3. a Anordnung der Tractus intermedii bei S-förmig gewundenem Verlauf. Die Tractus erscheinen spiralig verdreht. b Anordnung der Tractus intermedii bei gestrecktem Verlauf. Die hinteren Abschnitte des Tractus hyaloideus verlaufen fast geradlinig. Einzig die vordersten Abschnitte sind Z-förmig gefaltet. Die gleiche Fältelung findet man — wenn auch diskreter — bei den übrigen Tractus intermedii

Die Innenseite der Membran ist glatt. Auffallend sind dünnere Stellen — im Präparat als Zonen erhöhter Transparenz erscheinend — die man über den Gefäßen, an der Fovea und an der Papille findet.

An der Papille ist die Membran entsprechend der Exkavation vorgewölbt. An ihrem Rand sind, individuell verschieden, Verdichtungen und Prominenzen ausgebildet. Obwohl die Existenz einer Membrana limitans interna an dieser Stelle umstritten ist, findet man nicht selten eine Membran, die sich kontinuierlich mit der übrigen Membrana limitans interna abziehen läßt.

Auch an der Fovea wölbt sich die Membrana limitans interna, der Grubenbildung entsprechend, vor. Sie ist leicht verletzlich, was möglicherweise nicht nur auf die hochgradige Verdünnung, sondern vielleicht auf präformierte Lücken zurückzuführen ist. Diese könnten allenfalls erklären, wieso es in vielen Fällen trotz aller Sorgfalt nicht gelingen wollte, die Netzhaut von der Membrana limitans interna zu entfernen, ohne daß ein Glaskörperprolaps im Foveabereich (und dies meist bei beiden Augen) entstand.

Die Haftung der Netzhaut an der Membrana limitans interna kann bei unseren Präparaten nicht mit Sicherheit beurteilt werden, da post-mortale Veränderungen hier offensichtlich eine große Rolle spielen. Immerhin fällt auf, daß die Stellen mit verstärkter Haftung mit denjenigen zusammenfallen, die auch verstärkte vitreoretinale Adhäsionen aufweisen, nämlich mit der Papille, der Fovea und den Gefäßen; ferner

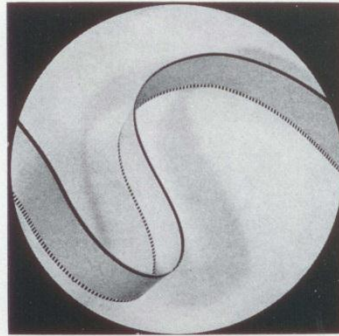


Abb. 4. Modell, in dem der Tractus hyaloideus durch ein Band dargestellt ist. Im Modell erhält man beim ersten Blick den Eindruck, das Band sei schraubenartig verdreht. Verfolgt man aber den oberen Rand (durchgezogene Linie), erkennt man, daß die „Insertion“ am rechten wie am linken Bildrand oben liegt. Das gleiche gilt auch für den unteren Rand. Wird das Band gestreckt, verschwindet die Verdrehung und beide Ränder verlaufen geradlinig und parallel von links nach rechts. Eine schraubenartige Verdrehung des Bandes besteht also nicht und wird nur durch die Perspektive vorgetäuscht

mit größeren Adhäsionszonen, die sich konzentrisch um die Fovea in verschiedenen Abständen und Ausdehnungen erstrecken.

#### *Die hintere Glaskörpermembran*

Nach Abziehen der Membrana limitans interna erscheint eine Glaskörpergrenzschicht von glatter Oberfläche. Ob man auf Grund klinischer und histologischer Befunde von einer echten Membran sprechen darf, ist umstritten. Da sie sich bei der Präparation durchlöchern läßt, verhält sie sich anders als eine Grenzfläche zwischen zwei physikalischen Medien. Es handelt sich um eine hauchdünne Schicht von größerer Dichte als die beidseits angrenzenden Medien; in diesem Sinne darf sie als Membran aufgefaßt werden. Im Gegensatz zur Membrana limitans interna läßt sie sich nicht als freie Schicht abziehen und ist außerdem stark dehnbar. Wird sie durchtrennt, retrahieren sich sofort die Schnittländer, und es entsteht eine runde oder ovale Öffnung.

Im Foveagebiet ist die Membran entweder außerordentlich dünn oder fehlt sogar gänzlich. Nur ausnahmsweise gelingt es dort, die Membrana limitans interna davon abzulösen, ohne daß ein Prolaps entsteht. In diesem Falle liegt die Öffnung in der hinteren Glaskörpergrenzmembran bei allen Augen stets an der gleichen Stelle und hat etwa die gleiche Größe. Es handelt sich also um eine Stelle mit anlagebedingter verminderter Resistenz.

*Die Glaskörperrinde*

Die Glaskörperrinde überzieht alle hinteren Abschnitte und endet an der Ora serrata. Sie ist meistens oben und temporal breiter und etwas weniger dicht als nasal und unten. Makroskopisch erscheint sie bei seitlicher Beleuchtung homogen gräulich opak. Mit der Vergrößerung des Spaltlampenmikroskopes erkennt man als Feinstruktur ein Raumgitter, bestehend aus meridionalen Lamellen und radiären Fasern (Abb. 10). Die Lamellen verlaufen oberflächenparallel von vorne nach hinten, sind dicht gelagert und nur durch schmale, optisch leere Lücken voneinander getrennt. Sie werden durchquert von geradlinigen, radiär verlaufenden Verdichtungssträngen, die in fast regelmäßigen Abständen liegen. Außen inserieren sie an der Membrana limitans interna an den Stellen, wo man die hellen Verdichtungspünktchen sieht; innen treten sie in die Intermediärsubstanz ein, knicken an der Rindengrenze in scharfem Bogen ab und nehmen locker gewellt an der Wirbelbewegung der Tractus intermedii teil.

Diese regelmäßige Anordnung der Rindenstrukturen findet man vor allem im Äquatorialgebiet (s. Abb. 2 und 3 der Mitteilung I). Nach vorne zu verdichtet sich die Rinde, indem sich die parallelen Lamellen nähern und konvergierend an der Ora serrata inserieren. Weiter hinten wird die Struktur lockerer, die Schichtanordnung undeutlich: Teile der Rinde spalten sich ab und füllen die große Lücke, die in der Intermediärzone hinten oben infolge der Durchbiegung der Tractus intermedii entsteht, aus. Solche „abtropfenden“ Rindenpartien werden in ihrem Verlauf nach vorne entweder breiter und optisch weniger dicht, bis sie unsichtbar werden, oder sie werden schmaler und bilden dichtere Stränge, die sich dem System der Tractus intermedii eingliedern.

In diesem regelmäßigen Strukturmuster findet man Lücken und *umschriebene Verdichtungen*, die sowohl die meridionalen als auch die radiären Strukturelemente betreffen. Am auffälligsten ist eine membranartige Grenze zur Intermediärsubstanz, die biomikroskopisch als Tractus praeretinalis erscheint und in allen Augen gefunden wird. Manchmal findet man parallel dazu auch innerhalb der Rinde lamelläre Verdichtungen, die kurz hinter der Ora serrata konvergieren und am Netzhautrand zusammen inserieren. Alle diese meridionalen Lamellen sind nasal und unten, dem allgemeinen Dichteunterschied entsprechend, besonders deutlich ausgebildet. In den Radiärstrukturen findet man gelegentlich *Verdichtungen* in der Form von weißen feinen Punkten, die dicht aneinander gelagert, in radiär stehenden Säulen angeordnet sind (Columnae corticales). Biomikroskopisch findet man sie nie. Häufiger sind sie in Bulbi, die längere Zeit nach dem Tode untersucht wurden, und stellen wahrscheinlich einen Leichenartefakt dar. Sie stehen in regelmäßigen Abständen und enden an der Membrana limitans interna an den Stellen,

wo oben die beschriebenen Verdichtungspunkte liegen. Die regelmäßige Anordnung der Columnae weist darauf hin, daß der Leichenartefakt im Zusammenhang mit präformierten Strukturen entsteht.

Seltener sieht man faserige Verdichtungen in der Radiärstruktur. Von zapfenartigen Prominzen der Netzhaut, an deren Basis meist Gefäßanomalien liegen, ziehen sie durch die Rinde in gleicher Richtung wie die feinen normalen Radiärfasern: an der Grenze zur Intermediärsubstanz verzweigen sie sich in mehrere Äste, die rechtwinklig zum Stamm, an der Oberfläche des Tractus praeretinalis, verlaufen. In anderen Fällen biegen sie dort scharf ab und folgen den feinen Fasern in ihrem weiteren wirbelförmigen Verlauf in die Intermediärsubstanz. Sie sind etwa gleich dick, gleichartig strukturiert und ähnlich geschlängelt und verzweigt wie die Rudimente der Arteria hyaloidea an der Papille oder an der Linsenrückfläche. Auf Grund ihres gefäßähnlichen Aspektes bezeichnen wir sie als *Angioide*. Man findet sie in individuell sehr verschiedener Zahl, ohne Bevorzugung eines bestimmten Quadranten, vor dem Äquator, und zwar vor allem in Augen, bei denen sich die Netzhaut nur schwer von der Membrana limitans interna ablösen ließ. Ob tatsächlich ein Zusammenhang mit Gefäßen besteht, etwa im Sinne Paus, kann vorerst nicht beurteilt werden.

*Lücken in der Rinde* findet man in allen Augen an der Papille, über der Fovea centralis, sowie entlang der Netzhautgefäße. Sie erscheinen als optisch leere Räume und bilden dort, wo der Tractus praeretinalis deutlich ausgebildet ist, Defekte in der hellen, gefältelten Reflexfläche.

Am hinteren Pol (Abb. 5) ergeben sich derartige Lücken an Papille und Fovea, indem die Dicke der Rindenschicht allmählich abnimmt und schließlich fehlt, so daß die Intermediärsubstanz bis an die Grenzmembran gelangt (Abb. 6). Andere Lücken hingegen erscheinen wie ausgestanzt in einer sonst völlig normalen Rinde und durchsetzen sie in ihrer ganzen Schichtdicke. Derartige Defekte findet man: über den Gefäßen (Abb. 7), um die Angioide herum, über Vogt-Goninschen-Gittern sowie über Entwicklungsanomalien des Netzhautrandes an der Ora serrata (Meridionaleisten, abgeschnürte oder übertiefte Ora-serrata-Buchten) (Abb. 8). Von diesen anlagebedingten unterscheiden sich später entstandene Rindendefekte, z. B. solche über choriatrophischen Narben, dadurch, daß sich bei ihnen die Rinde an den Narbenrändern verdichtet (Abb. 9). Dies geschieht, indem die Meridionallamellen und der Tractus praeretinalis zu den Narbenrändern hingezogen werden und dort gemeinsam als dichtere Membran inserieren.

Von großer praktischer Bedeutung ist die Tatsache, daß die Rinde nicht nur optisch, sondern auch mechanisch eine besondere Dichte aufweist. Sie läßt sich in Stücke schneiden, wobei die Schnittflächen ihre Form beibehalten (Abb. 10). Die gesamte Glaskörperkonfiguration bleibt

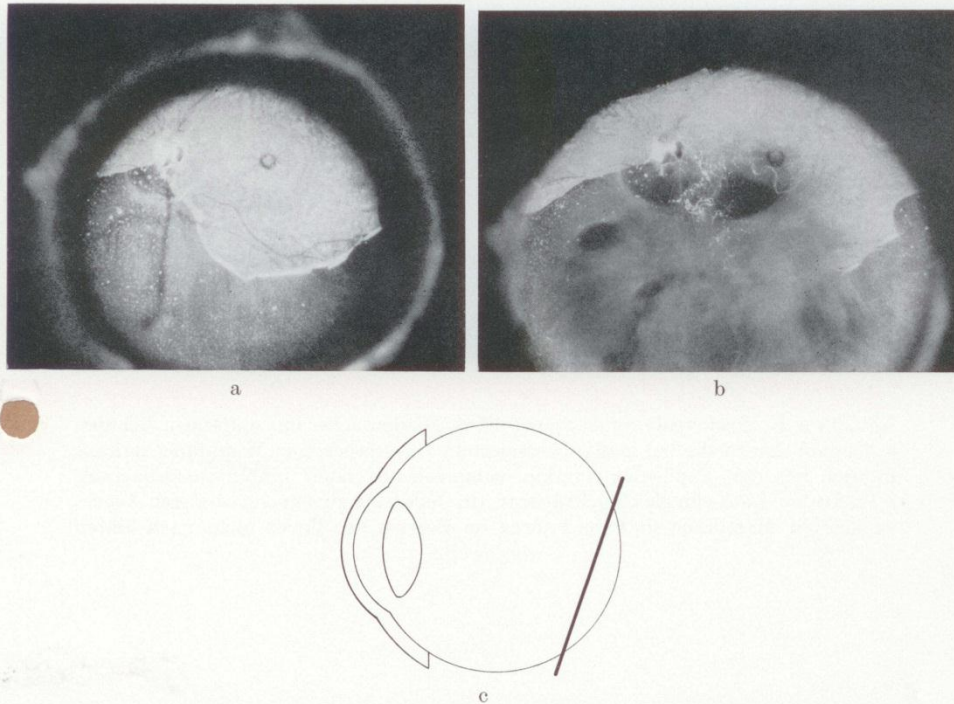


Abb. 5a—c. Membrana interna und Glaskörperrinde am hinteren Pol. a Diffuse Beleuchtung: In der oberen Hälfte stellt sich die Membrana limitans interna dar. In der unteren Hälfte fehlt sie, und man blickt auf die Oberfläche der Glaskörperrinde. Verdünnungszonen der Membrana limitans interna erscheinen im Bild dunkel. Links die präpapilläre Verdünnungszone, welche von einigen Gewebsverdichtungen überzogen wird: Von ihr gehen die Verdünnungszonen der Gefäße aus; rechts im Bild präfoveale Verdünnungszone. b Wird mit einem schräg von oben kommenden breiten Lichtspalt (s. Schema c) die Rinde geschnitten, so werden präfoveale und präpapilläre Lücken als optisch leere Räume (im Bild schwarz) sichtbar. Die Lücken sind wesentlich größer als die entsprechenden Verdünnungszonen in der Membrana limitans interna

solange erhalten als noch Rindenschichten die Intermediärsubstanz bedecken. Erst wenn die Rinde völlig durchtrennt ist, kommt es zum Prolaps. Somit ist die Glaskörperprolapsgefahr abhängig von der Rindendicke und besonders groß im Bereiche der präformierten Lücken (Abb. 11).

#### *Die Tractus intermedii*

Als Tractus intermedii werden im folgenden die Tractus vitreales der Intermediärzone bezeichnet. Sie sind als einzige beim Menschen regelmäßig angelegt und haben im Gegensatz zu pathologischen Tractus



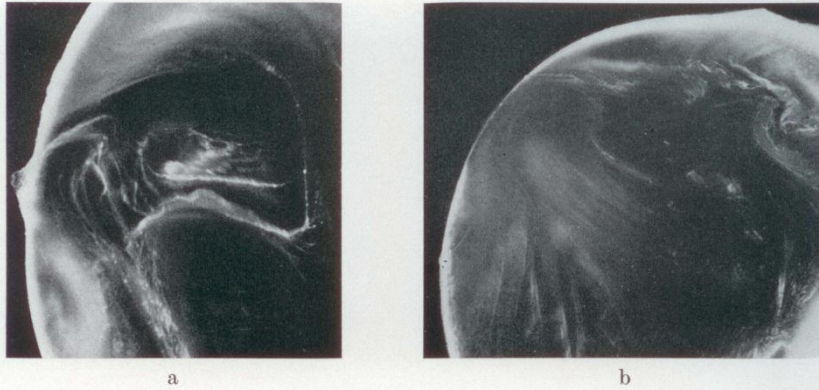


Abb. 6a u. b. Präfoveale und präpapilläre Rindenlücke im optischen Schnitt.  
 a Präpapilläre Lücke bei mäßig destruiertem Glaskörper. Die Membrana limitans interna ist, der Papillenexkavation entsprechend, nach hinten ausgebuchtet.  
 b Präfoveale Lücke im gleichen Präparat. Im Gegensatz zu manchen anderen Augen, ist hier die Membrana limitans interna im Bereich der Fovea nicht nach hinten vorgewölbt

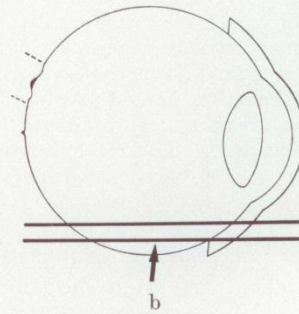
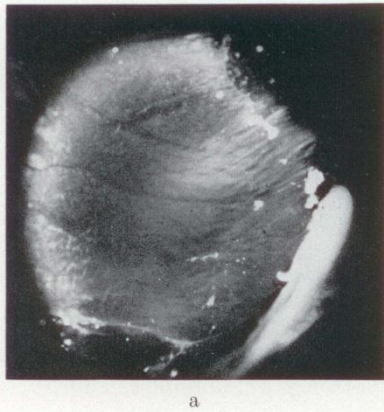


Abb. 7. a Prävasculäre Lücken der Glaskörperrinde. Schnittrichtung tangential (s. Schema b). Als optisch leere Räume erscheinen die Lücken gegen den dunklen Hintergrund schwarz. Links im Bild schneidet der Lichtspalt die Glaskörperoberfläche, wo im Bereich der ehemaligen Gefäße die Membrana limitans verdünnt ist. Von dort aus scheinen sich die „Gefäße“ gegen rechts fortzusetzen. Hier aber sind bereits die tiefen Rindenschichten getroffen. Die prävasculären Lücken sind (bei wenig destruiertem Glaskörper) durch die ganze Rindenschicht hindurch gleich breit und erscheinen deshalb wie ausgestanzt

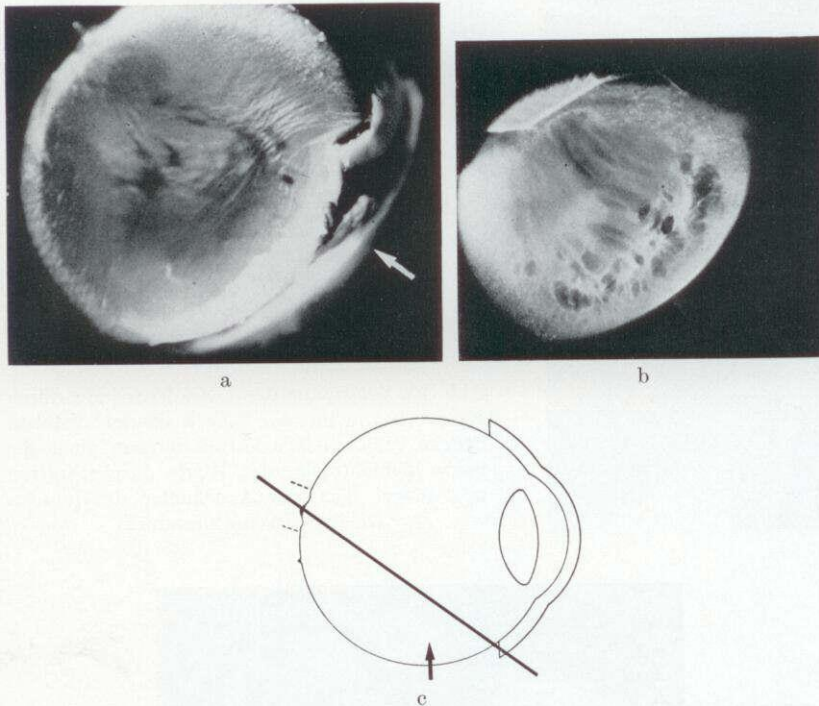


Abb. 8a—c. Rindenlücken über Normvarianten der Ora serrata. Schnitttrichtung tangential durch die Rinde (s. Schema c). a Lücke über einer übertiefen Ora serrata-Bucht. Die Bucht ist am rechten Bildrand sichtbar, wo die Netzhaut der Ora serrata-Gegend noch auf dem Präparat belassen worden ist (Pfeil). b Lücken der Glaskörperrinde in der nasalen Peripherie, wo zahlreiche (im Bilde nicht sichtbare) Meridionaleisten liegen

einen arttypischen Verlauf. Unter ihnen sind einige besonders deutlich ausgebildet und können, als Merkmale für die Orientierung im Glaskörperraum, mit Namen bezeichnet werden. Die äußerste der trichterförmigen Membranellen, der *Tractus praeretinalis*, grenzt die Glaskörperrinde von der Intermediärsubstanz ab und inseriert an der Ora serrata. Die innerste, der *Tractus hyaloideus*, umhüllt mit Fasern und gefalteten Membranen den Zentralkanal und inseriert am Linsenrand. Zwischen diesen beiden liegen mehrere feinere Tractus, von denen zwei besonders auffällig sind. Der eine, etwas stärkere, inseriert an der weißen Mittellinie der Pars plana (*Tractus medianus*), der andere, etwas schwächere, inseriert im hinteren Drittel der Corona ciliaris (*Tractus coronarius*) (Abb. 2).



Abb. 9. Lücke vor einer chorioretinalen Narbe, die zufällig in einem völlig gesunden Auge entdeckt wurde. Die meridionalen Rindenstrukturen konvergieren gegen die Narbenränder und erscheinen deshalb verdichtet

Abb. 10. Verletzung der Glaskörperrinde durch Excision. Die mit der Schere ausgeschnittenen Stücke behalten ihre Form. Solange nicht die ganze Schichtdicke der Rinde durchschnitten ist, ändert sich die Anordnung der inneren Glaskörperstrukturen nicht

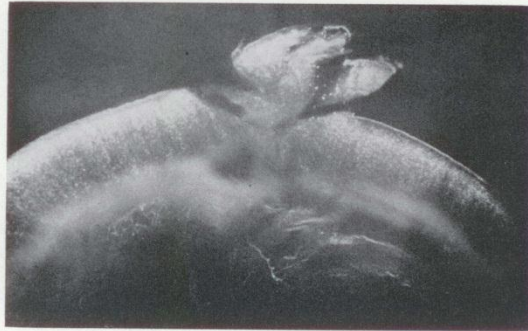


Abb. 10

Der Tractus medianus zieht zur vorderen Grenze der Glaskörperbasis und trennt deshalb die hinter ihm die Bulbuswand erreichenden (im Glaskörperraum weiter außen gelegenen) Tractus, die am Ciliarkörperepithel inserieren, von den weiter vorn inserierenden (im Glaskörperraum weiter innen gelegenen) Tractus, die zur vorderen Glaskörpergrenzmembran ziehen (in deren freien, den retrozonulären Raum begrenzenden Teil). All diese Tractus stammen aus der Gegend des hinteren Poles und lassen sich in manchen Fällen bis zur Papille hin verfolgen.

Die Tractus intermedii sind außerordentlich beweglich und verändern ihre Lage bei der leisesten Bewegung des Präparates. Ihre Ruhelage

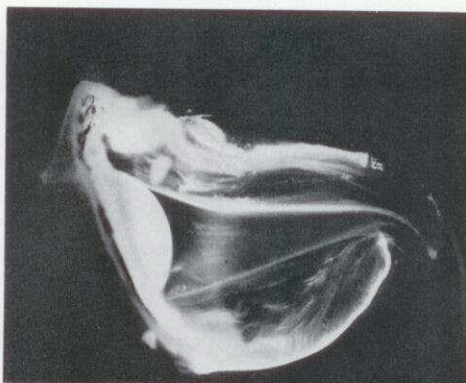


Abb. 11. Verletzung des Glaskörpers im Bereich der präfovealen Lücke (optischer Schnitt in sagittaler Richtung). Dort ist die Glaskörperoberfläche im Bereiche der Fovea mit einem scharfen Instrument etwas verletzt worden, und es hat sich sofort ein Prolaps gebildet. Die Tractus intermedii ziehen gestreckt zur Rupturstelle. Das Bild wurde 24 Std später aufgenommen: Der Prolaps hat sich in der Zwischenzeit noch etwas vergrößert, und entsprechend ist der Glaskörper kollabiert

wird offensichtlich von der Schwerkraft bestimmt, denn wenn man das Präparat um die sagittale Achse dreht, entsteht immer wieder, unabhängig von der jeweiligen Position, die gleiche Konfiguration der Tractus intermedii.

In ihren vordersten Abschnitten sind die Tractus intermedii am besten sichtbar, weil sie dort am dichtesten strukturiert sind; im optischen Schnitt imponieren sie als Fasern, im breiten Lichtspalt als gefaltete Reflexzonen:

Der *Tractus praeretinalis* ist in der ganzen Circumferenz gleichmäßig strukturiert und zeigt einzig die bereits erwähnte stärkere Dichte im nasal unteren Quadranten. Durch diese regelmäßige Ausbildung, sowie durch das Fehlen der Beweglichkeit, unterscheidet er sich von den übrigen Tractus intermedii und ist deshalb eher der Glaskörperinnenschicht als der Intermediärsubstanz zuzuordnen. Wenn wir ihn gleichwohl als einen der Tractus intermedii bezeichnen, so tun wir dies aus praktischen Gründen, da es zur Beschreibung biomikroskopischer Befunde zweckmäßig ist, die im Glaskörper sichtbaren Tractus gesamthaft zu betrachten.

Der *Tractus medianus* ist viel lockerer und feiner gebaut. Seine Struktur ist ungleichmäßig und zeigt zahlreiche sektorförmige Verdichtungen, die in fast regelmäßigen Abständen liegen. Diese Gliederung ist besonders deutlich nasal, wo gröbere Züge jeweils in der Mittelachse

von Orabuchten zur weißen Mittellinie ziehen. An der Insertionsstelle konvergieren feinste Fasern zu Bündeln, welche die Membranellen zipfelartig ausziehen und in regelmäßigen kurzen Abständen am Ciliarepithel inserieren. Die Fasern der weißen Mittellinie spannen sich brückenartig zwischen diesen feinen Bündeln aus.

Der *Tractus hyaloideus* ist zirkulär wieder regelmäßiger strukturiert. Er inseriert in der Gegend des Linsenrandes, sei es an der Linsenrückfläche, sei es an dem unmittelbar angrenzenden freien Teil der vorderen Glaskörpergrenzmembran. Von dort zieht er mehr oder weniger geradlinig oder S-förmig gebogen zur Papille. In Fällen mit „gestrecktem“ Verlauf (Abb. 3b) ist der *Tractus hyaloideus* unmittelbar hinter der Linse Z-förmig oder handharmonikaartig gefältelt und wird erst dann zu einem glatten Strang. Bei S-förmigem Verlauf (Abb. 3a) bildet er hinter der Linse einen Trichter mit nach unten gewandter Öffnung und zieht zunächst nach nasal unten, steigt etwa in der Mitte des Glaskörper-raumes temporal oben auf und zieht von dort aus zur Papille wieder nach nasal unten. Unmittelbar hinter der Linse erscheint er meistens als gefältelte Membran, welche ringsum den Zentralkanal umschließt. Im Bulbuszentrum bildet er einen lockeren fasrigen Strang, der sich gegen die Papille zu auflöst und in ein unregelmäßig strukturiertes Faserwerk übergeht.

Während in den vorderen Abschnitten die *Tractus intermedii* leicht abzugrenzen sind, kann man sie im hinteren Bulbusbereich nur schwer verfolgen. Sie werden breiter, optisch weniger dicht und vereinigen sich mit der Rinde im Bereiche des hinteren Pols. Der *Tractus praeretinalis* ist hinter dem Äquator kaum mehr nachweisbar. Die *Tractus intermedii* gelangen oft schon dort an die Rinde, manchmal erreichen sie sie erst in der Gegend des Papillenrandes.

Unter den Fasern der *Tractus intermedii* fallen gelegentlich einige besonders breite und stark reflektierende auf. Sie sind fein gefältelt und leuchten hell auf. Man findet sie ohne Bevorzugung eines bestimmten Quadranten in unterschiedlicher Häufigkeit sowohl im *Tractus medianus* als auch im *Tractus hyaloideus*.

Das ganze System der inneren *Tractus intermedii* ist wirbelartig torquiert, indem eine Rotation um die S-förmig gekrümmte Achse (an beiden Augen spiegelbildsymmetrisch) stattfindet (Abb. 3a). Ob es sich um eine echte Rotation, also um eine Spiralförmige Bildung handelt, bei der für die Einzelfaser der Ursprung an der Papille in einem anderen Meridian als die Insertion in der Peripherie liegt, konnten wir nicht abklären; denn in keinem Falle ist es uns gelungen, den Verlauf der Einzelfasern von der Peripherie bis zur Papille mit Sicherheit festzustellen. Der gleiche torquierte Aspekt könnte auch durch eine Pseudorotation

(Abb. 4) zustandekommen, wie sie sich allein durch die S-förmige Krümmung des Tractus intermedius ergeben könnte.

Der typische Verlauf der Tractus intermedius ändert sich, wenn die Intermediärschicht durch eine Öffnung in der Rinde prolabiert (Abb. 11). Gestreckt ziehen nun die Fasern zur Perforationsöffnung, wobei ihre optische Dichte zunimmt. Zudem werden vorher nicht sichtbare Strukturen sichtbar, die zur Perforation, oft seitlich von den größeren Tractus intermedius abzweigend, hinziehen. Sie kommen offenbar dadurch zustande, daß sich bei der Substanzverlagerung die Maschenabstände des feinen Faserwerkes verändern, wobei Verdichtungen als neue Strukturen imponieren.

Mit zunehmender Glaskörperdestruktion werden die Tractus intermedius lückenhaft, zerfallen faserig und sind in den befallenen Gebieten nicht mehr nachweisbar.

#### *Der Zentralkanal*

Als Zentralkanal werden die Glaskörperteile bezeichnet, die innerhalb des Tractus hyaloideus verlaufen. Innerhalb des Kanals findet man keine geordneten Tractus mehr. Er ist optisch leer und enthält bloß einige unsystematisch angeordnete Fasern — u. a. auch Rudimente des Cloquetschen Kanals. Der Kanal soll nach histologischen Befunden im Kindesalter noch vorhanden sein, sich im späteren Alter aber, vor allem in den mittleren Partien, zurückbilden (*Szent-Györgyi*). Wir haben nur Augen von älteren Personen untersuchen können. Hier war der Kanal nur unmittelbar hinter der Linse als deutlich abgrenzbarer Hohlraum ausgebildet. In den mittleren Abschnitten war er selten nachweisbar. Vor der Papille imponierte er als optisch leerer Raum mit faserigen Einlagerungen, welche z. T. an der präpapillären Grenzmembran adhärirten.

Zusammenfassend findet man bei der Untersuchung des unfixierten Glaskörpers eine typische Strukturordnung in allen Augen, durch die eine Einteilung des Glaskörperaumes in Kompartimente von verschiedener Struktur dichte möglich ist. Daraus ergeben sich Konsequenzen für die Klinik, welche in einer späteren Mitteilung dargestellt werden sollen. Die Einteilung in verschieden dichte Kompartimente muß aber auch bei allen experimentellen Arbeiten am Glaskörper berücksichtigt werden.

#### **Literatur**

- Brini, A., Porte, A., Stoeckel, M. E.: Morphologie et structure du vitré adulte. In: A. Brini, A. Bronner, J. P. Gerhard, J. Nordmann, Biologie et chirurgie du corps vitré. Paris: Masson & Cie. 1968.
- Busacca, A.: Biomicroscopie et histopathologie de l'œil, Bd. III. Zürich: Schweiz. Druck- und Verlagshaus 1967.

- Eisner, G.: Autoptische Spaltlampenuntersuchung des Glaskörpers. I. Präparations- und Untersuchungstechnik. *Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthal.* **182**, 1—7 (1971).
- Pau, H.: Die Beziehungen der embryonalen Blutgefäße zur Pathologie und Anatomie des Glaskörpers. *Ber. dtsch. ophthal. Ges.* **68**, 380 (1966).
- Szent-Györgyi, A.: Untersuchungen über den Bau des Glaskörpers des Menschen. *Arch. mikr. Anat.* **89**, 324—386 (1917).

Dr. G. Eisner  
Universität Bern  
Augenklinik  
CH-3000 Bern, Schweiz