

## 毛 様 筋 の 形 態 学 的 研 究

## 其 の 3

## 毛様体血管及び硝子膜と毛様筋の關係に就いて

岡山大学医学部眼科教室 (主任: 赤木教授)

穴 道 辰 男

〔昭和34年9月7日受稿〕

## I. 緒 言

前編に於いては毛様筋とその前方附着部、即ち鞏膜岬及び節状靭帯との關係を形態学的に追及した結果、調節時に於ける該筋の緊張と弛緩が房水流出をポンプ作用的に促進するものであると推論した。毛様筋の調節以外の眼生理学的作用としては上述の作用の他、Duke-Elder氏は該筋の緊張は房水生成に対して抑制的に働くものと考え、小山氏は氏の調節性盲斑大現象が毛様筋の緊張に起因して起るものと考え、又、同氏及び田中氏は該筋の緊張は網膜の機能を昂めるものであると述べている。

これらの学説を形態学的立場より解明せんとして、今回は主として毛様筋とその後方附着部との關係を追及して多少の知見を得たので茲に報告する次第である。

## II. 実 験 方 法

総て前編に述べた所と同様である。

## III. 組 織 学 的 所 見

## 1. 毛様筋の後方端に就いて

放線状筋の後内方端は毛様冠部では輪状筋と錯綜纏絡して終るが、毛様体扁平部に於いては、その終末を総ては明らかに観察し得なかつたけれども、硝子膜直下の毛細管の壁及び毛様体上皮に最も近い毛細管の壁に連絡し、又、硝子膜の弾力板と結合組織維の連絡を以つて終るものがみられた(第6図、第7図)。

縦走筋の後方は筋束として認められるものは概ね鋸歯状縁部の附近までであつて、それより後方には稀に繊弱な筋束が見られる事があるが、之れも眼球赤道部附近までである。その後端は相当な太さを持つ脈経膜線維束に移行し、この線維束は脈絡膜中を

長く後方に走る。

Salzmann氏は細折法により縦走筋の終末が上脈絡層におけるMuskelsternである事を観察し、最近三宅氏も同様の方法により之を確かめているが、私が細折法を行わなかつたのでかかる所見を明らかになし得なかつた。

## 2. 硝子膜及び之と毛様筋の連絡に就いて

## 1) 硝子膜の構造に就いて

硝子膜は脈絡膜の最内層をなし、網膜色素層に接して存在する。硝子膜は2層よりなる。外層は弾力線維に富み、Mallory氏染色で赤色に染まり、van Gieson氏染色で黒染する所の薄い膜であつて、これが弾力膜と呼ばれる所のものである。

弾力膜の直外側に脈絡毛細管が存在するが、この両者の間には時に少量の結合織が介在する場合もあるが、多くの場合両者の間には何物も存在せず、あたかも弾力膜白体が毛細管の内側を構成するかの如く見える。

弾力膜の内側に之と接して基礎膜が存在するが、その内面は網膜色素層に密接する。この膜はMallory氏染色では青色に、van Gieson氏染色では赤色に染まる。基礎膜は従来の文献では無構造の膜であるとされているが、私の標本では、しばしば極めて微細な線維性の構造を認め、又少数ではあるが長楕円形、紡錘形乃至桿状の細胞核を認めた(第1～第3図)。

以上の構造を示す硝子膜は後方は視束周囲より、前方は毛様体に亘つて存在し、その間に全く欠損を認めない。

硝子膜の構造は部位により大なる差異を認める事はないが、基礎膜は眼球後極に近づくと連れてその厚さを減ずる傾向があり、前方に行く程厚くなる傾向があつて、殊に鋸歯状縁部より前は急に厚さが大となる。之に反して弾力膜は後方はやや厚く、前方

はやや薄くなり、殊に鋸歯状縁部より前方では次第に厚さを減じ、毛様冠の部では極めて薄くなり、もはや膜としては認め難くなっている(第4, 5図)。

#### 2) 硝子膜の後方端に就いて

前述の如く硝子膜は脈絡膜の部分ではその全部に亘り構造に大なる差を示さないが、眼球後極部及び毛様体の部では多少異なる所見を見るので、之に就いて述べる(第9~11図)。

子午線断切片に就いて硝子膜を眼球後極の方向に追及すると、視束に近い部分で脈絡膜結合線維の之に進入するものが多く、その為膜の厚さは次第に厚くなり、且つ弾力膜と基礎膜の2層を明瞭には区別できなくなる。

硝子膜は視束に達すると網膜視神経線維層の外縁に沿つて反転して終るが、その全長に亘り網膜色素上皮細胞が之に随伴する。この部分では反転した硝子膜と反転する前のそれとの間に少量の網膜視細胞が存在している。

硝子膜はその後端では周囲諸組織と結合線維により次の如く連絡している。

イ) 反転した後の最終端より微弱な結合線維が網膜視神経線維層の外縁に沿つて延びる。これらの多くは視束を離れる事遠からざる所までしか追及できなかつたが、少数ではあるが網膜血管壁に終る所見がみられた。

ロ) 硝子膜が視束に達して反転する部分から数本の結合線維が視束の中に進入する。三宅氏は弾力線維染色法を用いて、これらのものが篩状板に連絡する事を明らかにしたが、私は弾力線維染色法を用いなかつたのでこれらの結合線維が視束中の何処まで延びるかに就いては之を明らかにし得なかつた。

ハ) 硝子膜が視束に近づくに連れて脈絡膜結合線維が之に進入する事は前に述べたが、視束に最も近く將に反転せんとする直前に於いて特に多量の結合線維が硝子膜と合流している。又、この部では鞏膜線維束もまたその集束状態が疎となり、脈絡膜結合線維と共に硝子膜と合流している。この脈絡膜及び鞏膜との連絡はイ)、ロ)に述べた連絡に比してはるかに強大である。而してこの部に於ける硝子膜と脈絡膜及び鞏膜の結合線維束の間には少数の脈絡膜血管が存在する。

#### 3) 毛様体に於ける硝子膜に就いて

##### イ) 弾力膜に就いて

子午線断切片に於いて硝子膜を前方へと追及する

に鋸歯状縁部に至れば弾力膜はその走向がやや外方に外れる。即ち脈絡膜に於いては弾力膜はその内側の基礎膜と共に網膜色素層に並行して走るが、毛様体に入ると色素層と弾力膜との間隔が増大し、前方に進むに従つて益々この間隔を開き、同時に前外方に向つて弾力線維を分岐しつつ前方に進む。従つて弾力膜は次第にその厚さを減じ、毛様冠後端附近の最先端は波状を呈する数条の弾力線維に分れて毛様体結合線維中に混入して終っている。

##### ロ) 基礎膜に就いて

鋸歯状縁部に於いて弾力膜と色素上皮との間隔が増大する事は前に述べたが、この兩者の間に存在する基礎膜はこの部に於いて急激にその線維の集束状態が疎となり波状を呈し、開大した弾力膜と色素上皮との間隙を満たしている。基礎膜は前方へ進むに従い線維の排列は益々疎となり、毛様冠部に至れば毛様体結合線維に混入して終る(第4, 5図)。

#### 4) 硝子膜と毛様筋の連絡に就いて

弾力膜は毛様体に於いては外方に向つて弾力線維の分岐を示す事は前項に述べたが、之を線維の分岐を示す事は前項に述べたが、之をなお追及すれば放射状筋後端に連絡して終るのが認められる。又、少数ではあるが輪状筋に纏絡して終る場合もみられる(第6図)。

#### 5) 毛様筋と毛様体血管の關係に就いて

毛様筋の中、放射状筋の後内方端が毛様体上皮に近い毛細血管及び硝子膜に接する毛細血管の壁に達するものが見られる事は前に述べた。

Duke-Elder氏は毛様体血管と毛様筋の走向に特別な關係があると述べた。即ち動脈は筋の走行に対して直角をなし、静脈は筋の走行に対して斜行する關係にあると云つた。私の観察した所では、動脈、静脈共に筋の走行に対して斜行するものもあれば直角に近く交るものもあつて、その間に何ら特別な關係は認められない(第7, 8図)。

## IV. 考 按

### 1. 硝子膜の構造に就いて

1) 従来の文献に従えば硝子膜の外層をなす弾力膜は主として弾力線維より成る所の結合線維性の構造を有し、内層たる基礎膜は無構造の膜であるとされている。私の観察では弾力膜の構造に就いては先進諸家とはほぼ一致する所見を得たが、基礎膜に就いては無構造であるとする従来の文献の記載と一致しない所見を得た。即ち前章にも述べた如く極めて

微細乍ら小波状を呈する線維様構造を基礎膜の位置に当る所の網膜色素層と弾力膜の間に認め、且つ基礎膜中に結合組織の細胞核を認める標本があり、しかもこの核は基礎膜の中でも弾力膜とは明らかに離れており、むしろ網膜色素層の方に近い位置をとつていて弾力膜の結合組織の細胞核と考える事はできず、又この核を含む基礎膜の部分に接して網膜色素上皮細胞の特有の核が認められるから之を色素上皮細胞核の誤認と考える事もできない。

以上の所見より、基礎膜は従来考えられていた如く、無構造の膜ではなくて、結合織性の膜を又は少くとも結合織を含む膜であると結論せざるを得ない(第1~3図)。

2) 「基礎膜と弾力膜は両者相接し、且つ並行して脈絡膜より毛様体に亘り連続的に存在しているが、鋸歯状縁の所で毛様体に入る際、両者が急激に離れその間に間隙ができて、この間隙は結合織により満されている。」と云うのが従来の文献の一致した記載である。然るにこの鋸歯状縁の附近で突然現われる結合織線維が硝子膜と組織学上連続するものであるか、又は全く別のものであるかという点に就いては記載した文献を見なかつた。

この結合織は弾力膜とは明らかに層が異つており、且つ組織学上の性質も異つているのであるから、基礎膜を無構造と考える以上、この結合織の由来に就いて推定が困難である事は当然であるが、私は前項にも述べた如く、基礎膜もまた線維性の構造を持つものである事を認め、且つこの結合織が前方に進むに従い次第に増量し、これと共に一見無構造の如く見える所の基礎膜として一般に認められる層が次第に減少してゆく所から次の如く考える。即ち極めて微細な結合織線維の緊密な構造を持つ基礎膜は鋸歯状縁部に至りその外側の線維が急激に集束状態が疎となり、前方に行くに従い次第に多くの線維が疎なる構造をとる様になつて、線維構造が明らかに認められるのである。換言すればこの結合組織は基礎膜の結合組織の連続である(第4, 5図)。

## 2. 硝子膜の房水流出に於ける意義に就いて

毛様筋と硝子膜の間に連絡のある事は Wolf 氏、今井氏、或いは最近に於いては三宅氏等により述べられた通りであつて、私も前章に述べた如く、硝子膜の中、弾力膜が毛様体扁平部に於いて主として放線状筋の後端と連続している事を認めたが、この事実から調節時に毛様筋の緊張する際に硝子膜が前方に牽引される事が推定される。一方に於いて硝子膜

は眼球後極の視束に近い部分では脈絡膜結合織と共に鞏膜結合織と合流しているが、この事は硝子膜の後端がかなりの程度に固着している事を意味する。従つて調節時には前端を毛様筋の収縮により牽引された硝子膜は、その子午線断面にみられる弧状より変形して直線に近づくものとする。この事は硝子体の圧迫を意味するものであるが、この際圧迫された硝子体は硝子膜及び毛様筋の存在しない唯一の場所である所の水晶体に接する部分の膨隆を来すべき道理であつて、従つて水晶体は前方に押し出され、為に前房は狭小するものと考えられる。かくの如くにして毛様筋の緊張は前房の狭小をもたらす、為に房水の流水は促進されるものと考えられる。この事は前編に述べた所の調節時における毛様筋の緊張と弛緩が Schlemm 氏管の内圧にポンプ作用的影響を及ぼす事と相俟つて、房水流出に対して重大な意味を持つものと考えられる。

## 3. 毛様筋と毛様体血管の關係に就いて

Duke-Elder 氏は毛様体血管の中、動脈は筋の走行に対して直角をなし、静脈は筋の走行に対して斜交する關係にあるので、調節時に於いて毛様筋が緊張すると動脈は静脈よりも強く圧迫を受けるから、結果として毛様体に於ける血液量が減少し、これは房水生成を抑制するものであると述べ、一方に於ては毛様筋の Schlemm 氏へのポンプ作用を支持し、両者相扶つて限圧低下を来すべきものであると述べた。もし氏の考え方が正しいとするならば、調節が繰り返される事が多ければ多い利益々眼圧は低下を来す事になる。正常な眼球に於いて、極めて正常にして日常的な調節という生理作用が行われる事により、恒常値を保つ事が生理的に好ましいと考えられる眼圧が低丁の一途をたどるといふ事は甚だ納得のゆかない事である。斯る批判は Wolf 氏もまたポンプ作用説に対して提出し、上述の矛盾の故にポンプ作用説を否定している。又1932年日本眼科学会に於いて金相龍氏がポンプ作用説を述べた際、井街氏等により同様の批判を受けている。

従来この種の批判に対してポンプ作用説を支持する側からはこれに答える事ができなかった。私は毛様筋と毛様体血管の關係に就いての知見に基いて、上述の批判に答えるべき結論に到達したので以下に論述する。

毛様筋の走行中を走る毛様体血管に就いては Duke-Elder 氏の述べた如く、動脈と静脈とで筋の走向に対して特殊の相異つた走向をとる事実は認め

られない。即ち動脈、静脈共に毛様筋の走向に対して直角をなすものもあり、斜に走るものもあつて、その間に特殊な走行関係はない。又、毛様筋の間の動脈は身体他部の動脈と同様に壁が厚く且つ三重の構造を示し、又、周囲に厚い結合織を置いて毛様筋と接している。これに反して静脈は壁も薄く、且つ僅かの結合織を介して筋に接している。以上の事実から考えられる事は毛様筋の緊張時に圧迫を受けて管腔の狭小を来す事は動脈に於いて比較的少く、静脈に於いて比較的大である事である。従つて毛様筋の緊張には Duke-Elder 氏の説とは全く反対に動脈血の供給は静脈血の流量よりも大となり、結果として毛様体中には充血を来すべき道理である。一方、放線状筋が毛様体上皮に近い毛細血管の壁と連絡する所見があるから、毛様筋の緊張によりこれらの毛細血管もまた拡張されるものと考えられる。従つて結論として毛様筋緊張時には房水の生成は促進されるものと考えざるを得ない。

然るに他方に於いては、前編に詳述した通り調節時の毛様筋の緊張と弛緩は Schlemm 氏管を通じての房水流出を促進するのであるから、総合的にこれを論ずれば調節の繰り返しは房水の流出を促進すると同時にその生成をも盛んにしめるものである。換言すれば調節時には房水の循環が盛んになるという事であつて、眼圧の上昇又は下降という事と本来は関係のない事である。私の血管と毛様筋の關係に就いての上述の考え方は、Duke-Elder 氏の説の如く調節を繰り返せば繰り返す程眼圧は下降の一途をたどるといふ不可解な疑問を生ずる事なく、むしろ調節という視機能の活動が要求される時に當つて透光体の栄養を司る房水の循環が盛んになるという事は極めて合目的々である。ただし Adler 氏が述べた如く正常眼に於ける房水の循環は主として水晶体その他透光体の栄養という面から眺めるべきであつて、眼圧の上昇又は下降に主眼を置くべきではない。

以上述べた所により私は唯に Duke-Elder 氏の説を否定するのみならず、従来提起されていたポンプ作用説に対する致命的な批判に答え得たと信ずる。

#### 4. 小山・田中氏の説に対する考察

小山氏は1940年調節性盲斑拡大現象を発見し、調節時にブリッケ氏筋の緊張牽引が視束乳頭附近の視細胞にまで及びそれに圧迫が加わる為に起るものであるとの説を述べた。これはその後田中氏により承認されたが、両氏は更に、毛様筋の緊張は網膜機能を亢進せしめる作用を有するものと考えた。然し乍

ら両氏は共に生理学的実験にのみ基いて上述の説を述べているのであつて形態学上の裏付けに乏しい憾みがある。

前章に述べた通り硝子膜は凹球後極に於いて視束乳頭に達すると内方に反転し、この反転した硝子膜とその外側にある反転する前の硝子膜の間に少数の網膜視細胞が認められるが、硝子膜は毛様筋と連絡をもつ事は明らかであるから、毛様筋の緊張により硝子膜は前方に牽引され、この硝子膜の反転した部分に介在する視細胞は当然圧迫を受ける道理である。即ち調節時の毛様筋の緊張はこの部の視細胞の機能を一時的に低下せしめるものと推定され、この事は調節性盲斑拡大現象の少くとも一原因をなすものと考えられる。

又、硝子膜の後端は乳頭附近で脈絡膜及び鞏膜の線維束と合流し、この部の錯綜する線維束の間に少数の脈絡膜血管が介在する事は前章に述べた。毛様筋緊張による硝子膜の前方牽引はこの部の血管に圧迫を加える事が考えられ、かくして起る血行障害がこれに接する網膜部分の機能障害を一時的に惹起するものと推定され、これもまた調節性盲斑拡大現象の一原因となるものと考えられる。

次に、第2節にも述べた如く毛様筋の緊張時には硝子膜は前端が前方に牽引される為に硝子体を圧迫しつつ眼球内方に向つて移動するものと考えられるが、この際、鞏膜が変形する事は考えられないから、硝子膜と鞏膜の間は空隙を作らんとする勢となりここに陰圧が生ずる事が考えられる。即ち両者の間に存在する脈絡膜に陰圧が生ずるのであるから当然そこには多量の血液が流入する事が考えられる。脈絡膜の血行が盛んな事はとりもなおさず網膜の機能が亢進する結果となる道理である。

以上の三点に於いて私は形態学的立場より小山・田中両氏の説の正しい事を認めるものである。

## V. 結 論

人眼を材料として毛様筋と硝子膜及び毛様体血管の關係を組織学的に観察して、次の結果を得た。

1. 硝子膜の中、基礎膜の部分に微細な線維構造と結合織細胞核を見た。従つて基礎膜は従来考えられていた様な無構造の膜ではなくて線維性の、又は少くとも結合織線維を含む構造を有する膜である。

2. 硝子膜は毛様筋の中、主として放線状筋と連絡し、且つその後端は視束の周囲で主として鞏膜線維と錯綜して固定されている。従つて毛様筋の緊張

時には硝子膜は硝子体を圧迫し、この為硝子体は前方へ膨隆して前房を狭小せしめ、房水の流出を促進する。又、同じ理由により毛様筋の緊張時には鞏膜と硝子膜の間に陰圧を生ずる勢となるが、この事は脈絡膜の充血をもたらす、その結果、網膜の機能を昂めるものと推定される。

3. 毛様筋の走行中を走る血管では、動脈の壁は静脈の壁に比して厚く且つ動脈は多くの結合織を介して筋に接するに對し静脈は壁も薄く、少量の結合織を介して筋に接している。又放線状筋は毛様体上皮に最も近い毛細血管の壁に連絡している。従つて毛様筋の緊張に依り毛様体に充血を來し、毛細管を拡張して、房水の生成が促進されるものと考えられる。

4. 硝子膜の後端は視束の周囲に達すると反転するが、この部の二重になつた硝子膜の間には少量の網膜視細胞がある。従つて、毛様筋緊張時に硝子体

が前方へ牽引されると、これらの視細胞は圧迫を受けるものと推定される。

硝子膜の後端附近では脈絡膜及び鞏膜の線維と交錯し結合しているが、この交錯した線維束の間に少量の脈絡膜血管がある。従つて毛様筋緊張時には硝子膜が前方へ牽引される為これらの血管は圧迫を受けて一時的に貧血状態となるものと推定される。

これらの機能は小山氏の調節性盲斑拡大現象の成因を説明し得るものと考えられる。

稿を終るに臨み、御指導と御校閲を賜つた恩師赤木教授に深く感謝致します。尚、種々御教示を戴いた奥田助教授に厚くお礼を申し上げます。

#### 文 献

- 1) 金：日眼，36；1622，1932.
- 2) 今井：大日本眼科全書，15；第1編，1933.
- 3) 小山：逋信医学，5；618，1953.
- 4) 田中：逋信医学，6；366，1954.
- 5) 田中：逋信医学，5；422，1954.
- 6) 小山・田中 広島医学，7；72，1954.
- 7) 小山：臨眼，9；145，1965.
- 8) 宍道：日眼，59；1200，1955.
- 9) 加藤：日本眼科全書，7；第5冊，1955.
- 10) 三宅：日眼，62；810，1958.
- 11) 宍道：岡山医学会雑誌，
- 12) Salzmänn: Anat. u. Histolog. menschlichen Augapfels im normal. Zustand, 1912.
- 13) Duke-Elder: Brit. J. Ophth. 10; 561, 1926.
- 14) Duke-Elder: Textbook of Ophth. V. 1, 1932.
- 15) Barany: Brit. J. Ophth. 31; 160, 1947.
- 16) Adler: Physiology of the Eye, 1950.
- 17) Wolff; The Anat. of the Eye and Orbit, 1954.

Morphological Studies on the Ciliary Muscles  
III Report Relation Between the Lamina Vitrea, Ciliary Vessels  
and the Ciliary Muscles.

By

Tatsuo Shinji

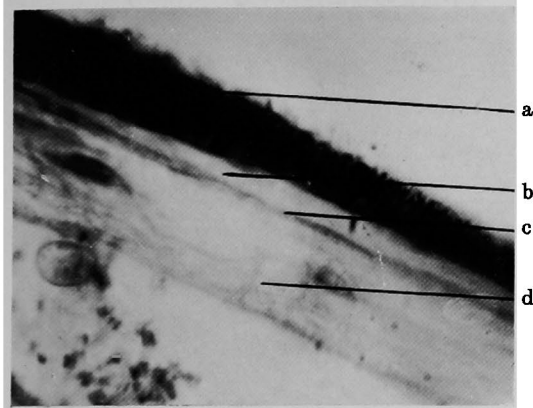
Department of Ophthalmology, Okayama University Medical School  
(Director: Professor Akagi)

Morphological studies on the ciliary muscles, lamina vitrea and ciliary vessels were made, and the results are as follows:

1. Fine fibrils and nuclei were seen in the inner sheet of the lamina vitrea. Therefore the inner sheet is not structureless, as it is generally considered, but a fibrous membrane.
  2. When the ciliary muscles contract the lamina vitrea puts pressure on the vitreous, so that the anterior chamber becomes narrow, and aqueous outflow is improved.
  3. When the ciliary muscles contract, the ciliary body becomes congested and the aqueous humor is more produced.
  4. When the lamina vitrea is pulled forward by the contraction of the ciliary muscles, the compression of the visual cells takes place, and anemia of the choroidal vessels occurs near the optic nerve head, so the blind spot expands.
-

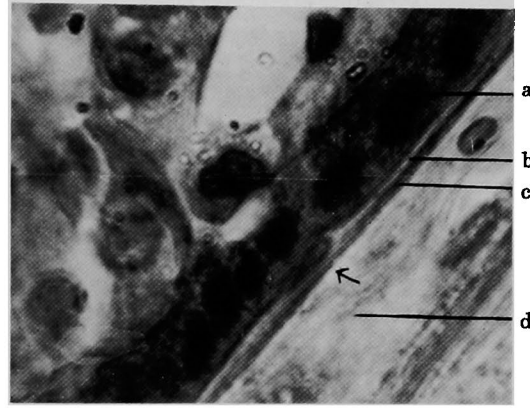
穴道論文附图

第1図 脈絡膜に於ける硝子膜  
(基礎膜は波状を呈する微細な線維構造を示す)



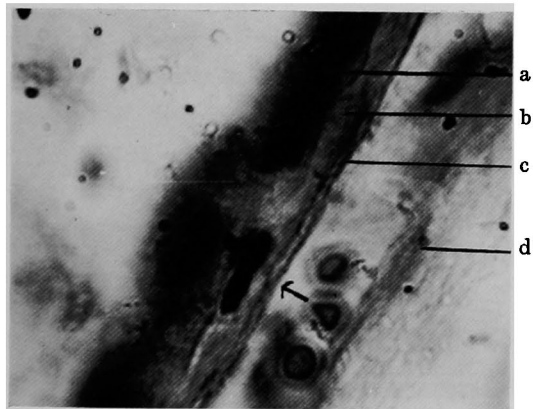
a…網膜色素層 b…基礎膜  
c…弾力膜 d…脈絡膜

第2図 脈絡膜に於ける硝子膜  
(基礎膜に結合織細胞核を見る)



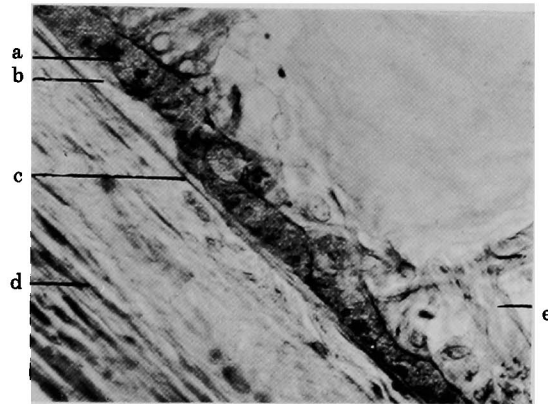
a…網膜色素層 b…基礎膜  
c…弾力膜 d…脈絡膜  
↑…基礎膜中の結合織細胞核

第3図 脈絡膜に於ける硝子膜  
(基礎膜に結合織細胞核を見る)



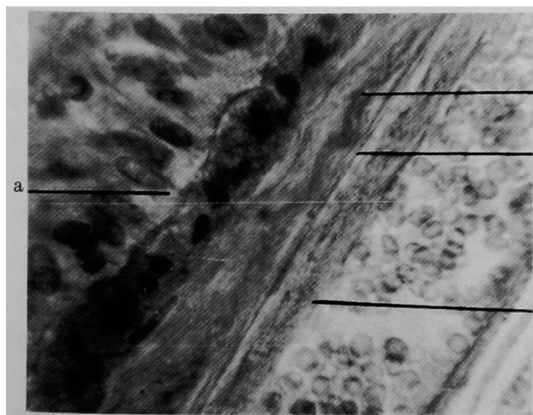
a…網膜色素層 b…基礎膜  
c…弾力膜 d…脈絡膜  
↑…基礎膜中の結合織細胞核

第4図 鋸歯状縁部の硝子膜



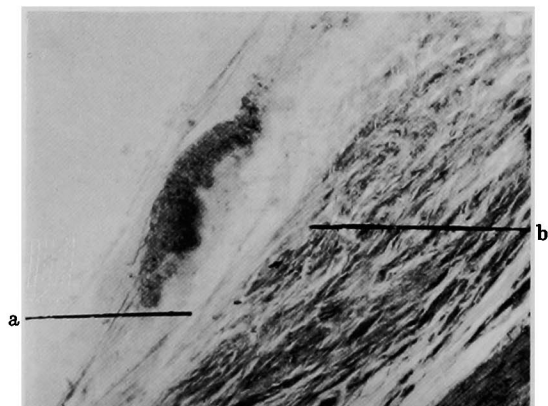
a…毛様体上皮 b…基礎膜  
c…弾力膜 d…毛様体  
e…網膜

第5図 毛様体に於ける硝子膜



a…毛様体上皮 b…基礎膜  
c…弾力膜 d…毛様体

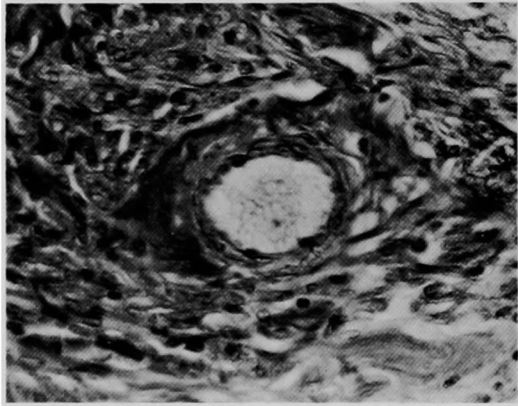
第6図 弾力膜と放線状筋の連絡



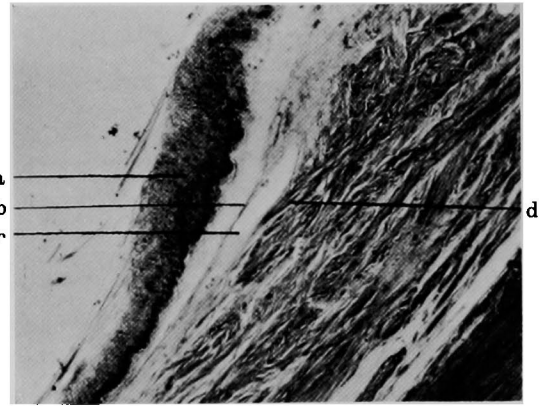
a…弾力膜より分岐した線維  
b…放線状筋

穴道論文附図

第7図 毛様筋と血管  
(放線状筋の走行中の動脈)

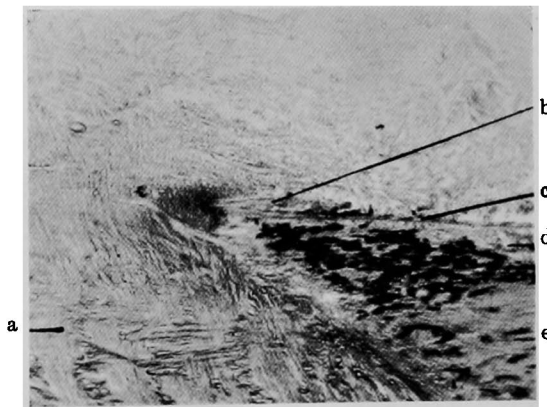


第8図 毛様筋と血管  
(放線状筋後端が硝子膜に接する)  
(小血管の壁に連絡する)



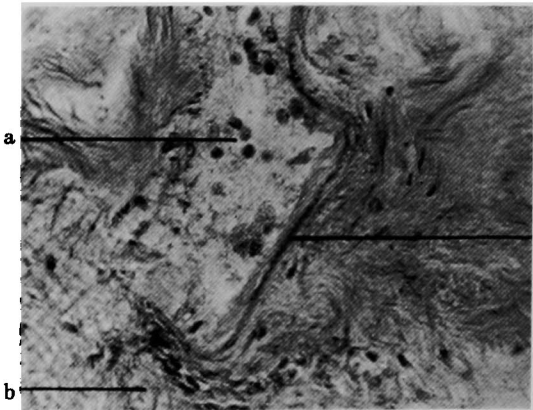
a...毛様体皮 b...弾力膜  
c...血管 d...放線状筋後端

第9図 硝子膜の後端  
(硝子膜は視束周囲に達して網膜側に反転する)



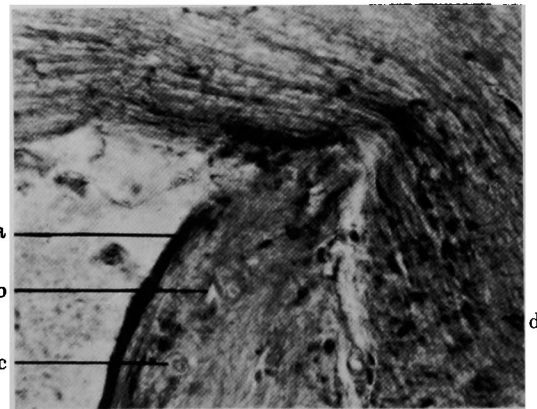
a...視束 b...反転した硝子膜  
c...反転する前の硝子膜 d...脈終膜  
e: 鞏膜

第10図 硝子膜の後端  
(硝子膜の反転する処に少数の網膜視細胞が在る)



a...網膜視細胞 b...視束  
c...硝子膜

第11図 硝子膜の後端  
(脈絡膜及び鞏膜の線維が硝子膜と合流)  
(する処に少数の脈絡毛細管が在る)



a...硝子膜 b, c...毛細血管  
d...視束