

ラット水晶体の加齢による形態学的変化

奥間 政昭

鳥取大学医学部眼科学教室

要 約

ラット水晶体の加齢による形態学的変化を解明する目的で、90匹の Wistar 系雄ラットを7カ月齢から26カ月齢まで同一環境下で飼育し、種々の形態学的手法を用いて水晶体の形態を経時的に観察した。細隙灯顕微鏡による観察では、19カ月齢頃より白内障がみられはじめ、月齢が進むにつれて、その頻度も増加していった。光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡、および透過型電子顕微鏡による観察では、月齢が進むにつれて、水晶体の上皮細胞および皮質線維に多彩な組織変化がみられた。また、上皮伸展標本を角膜上皮計測システムにて分析したところ、中央部および増殖帯の両部位において、加齢とともに平均細胞密度が減少し、平均細胞面積が増大していた。加齢とともに変性した上皮細胞が高頻度に観察され、水晶体上皮の平均細胞密度が減少していたことにより、本実験で観察された Wistar 系ラットの白内障は、その成因に水晶体上皮細胞の加齢変化が強く関与していることが示唆された。(日眼会誌 95:209-221, 1991)

キーワード：ラット水晶体，加齢，形態学的変化，上皮伸展標本，平均細胞密度

Age-related Changes in the Rat Lens: Morphological and Morphometrical Studies

Masaaki Okuma

Department of Ophthalmology, Tottori University School of Medicine

Abstract

Age-related changes in the lenses of 90 Wistar male rats, whose ages ranged from 7 to 26 months, were studied morphologically and morphometrically. Morphological studies were performed using biomicroscopy, light microscopy, scanning electron microscopy and transmission electron microscopy. Early cataract formation was observed biomicroscopically in rats of 19 months of age and the number of cataractous lenses increased with aging. Age-related morphological changes in the lenses were observed before cataract formation and these histological changes showed various forms with aging. Flat preparations of the lens epithelium were examined with a computer-assisted cell-analyzer. The mean cell density decreased and the mean cell area enlarged in both central and germinative zones of the lens epithelium with aging. These results suggest that age-related changes of lens epithelial cells do occur and may be associated with the formation of Wistar rat cataract. (*Acta Soc Ophthalmol Jpn* 95:209-221, 1991)

Key words: Rat lens, Aging, Morphological changes, Flat preparations of the lens epithelium, Mean cell density

別刷請求先：683 米子市西町86 鳥取大学医学部眼科学教室 奥間 政昭
(平成2年7月27日受付，平成2年8月30日改訂受理)

Reprint requests to: Masaki Okuma, M.D. Department of Ophthalmology, Tottori University School of Medicine.

86 Nishi-machi, Yonago 683, Japan

(Received July 27, 1990 and accepted in revised form August 30, 1990)

I 緒 言

白内障の実験的研究は、遺伝によって起こる動物白内障あるいは化学物質によって惹起される動物白内障を用いたものが多く、加齢によって起こる動物水晶体の形態学的変化および白内障に関する研究は少ない¹⁾⁴⁾。また、動物水晶体において、上皮細胞を中央部と増殖帯に分け、平均細胞密度および平均細胞面積の加齢による経時変化を分析した報告はない。

今回、著者は、Wistar 系雄ラットを同一環境下で長期間飼育し、水晶体の加齢による形態学的変化を細隙灯顕微鏡、光学顕微鏡、走査型顕微鏡および透過型顕微鏡を用いて経時的に観察したところ、興味ある若干の知見を得た。さらに、上皮細胞の中央部あるいは増殖帯における平均細胞密度および平均細胞面積が加齢によってどのように変化するかを、角膜内皮計測システムを応用して定量解析したので、あわせて報告する。

II 実験方法

Wister 系雄ラット90匹を同一環境下で7カ月齢から26カ月齢まで飼育し、2~3カ月毎に7~12匹ずつベントバルビタールを腹腔内へ注射して屠殺した。そして、摘出した水晶体を以下の方法で観察した。

1. 細隙灯顕微鏡による観察

屠殺する前に、0.5%トロピカマイド、0.5%塩酸フェニレフリン(ミドリンP®)で散瞳して、水晶体を細隙灯顕微鏡(カールツァイス社製)で観察し、同時に写真撮影した。

2. 光学顕微鏡による観察

2%グルタルアルデヒド・2%ホルムアルデヒド混合液(2%GA+2%FA)で固定した後、アルコール系列で脱水し、パラフィンで包埋した。さらに、3μm厚の切片を作製し、脱パラフィンを行った後、HE染色を加えて観察試料とした。観察はオリンパスAH-2で行った。

3. 走査型電子顕微鏡による観察

2%GA+2%FA液で固定したあと、水晶体を8分割し、実体顕微鏡下で核部および深層皮質部を除去して1%オスミウム酸-0.1Mリン酸緩衝液で再固定した。さらに、2%タンニン酸による導電染色、1%オスミウム酸-0.1Mリン酸緩衝液による再々固定(O-T-O法)を行った後、アルコール系列で脱水、酢酸イソアルミによる透徹、CO₂臨界点乾燥、イオンコーターによる金蒸着を順次行い、S-430型電子顕微鏡(日立)

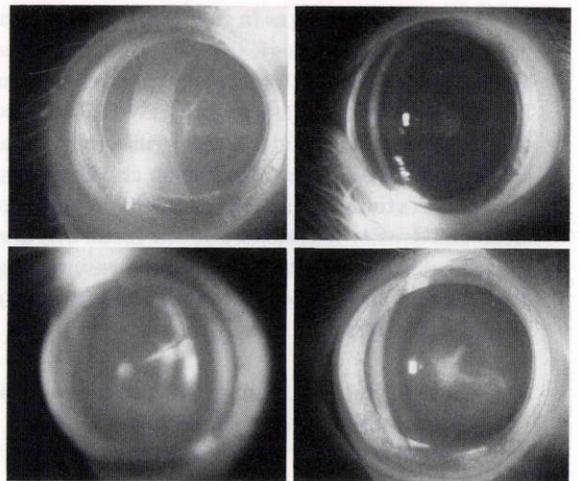
で観察した。

4. 透過型電子顕微鏡による観察

2%GA+2%FAで固定した後、実体顕微鏡下で水晶体を細切し、1%オスミウム酸-0.1Mリン酸緩衝液で再固定した。さらに、アルコール系列で脱水し、エポキシ樹脂で包埋した。包埋した試料より超薄切片を作製し、酢酸ウランとクエン酸鉛で二重染色を行って、H-300型電子顕微鏡(日立)で観察した。

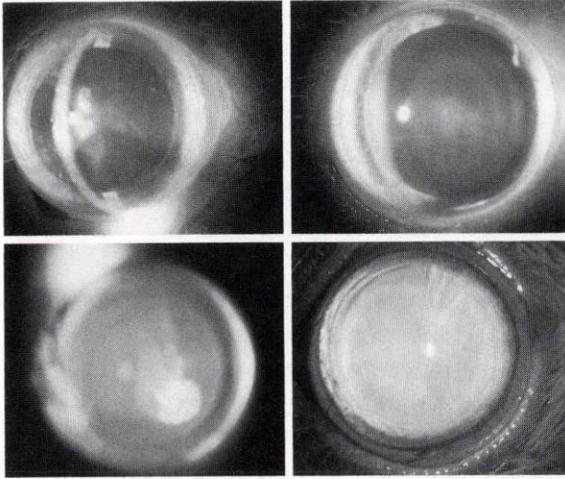
5. 上皮伸展標本による観察

カルノワ液で固定した水晶体を、後極部が下になるように発泡スチロールの上に置き、前後極を通る軸に平行に両端をカミソリ刃で切断した。次に、輪切状になった水晶体を、蒸留水に浮遊させながら実体顕微鏡下で後極部を切開し、嚢および上皮を皮質から剝離して、長方形になった嚢および上皮をスライドガラスの上に伸展させた。さらに、乾燥させた後、ヘマトキシリン液で染色し、光学顕微鏡(オリンパスAH-2)で観察、写真撮影を行った。また、焼き付けたプリントを複写機にかけ、細胞境界をトレースした後、角膜内皮計測システム(サンコンタクトレンズCA-100)を応用して上皮細胞の定量解析を行った。長方形になった上皮伸展標本の中間部で最も細胞分布の疎な部位を中央部とし、上皮細胞が直線状に配列した線維移行部の根部で最も細胞分布の密な部位を増殖帯とした。



a	b
c	d

図1 ラット水晶体の細隙顕微鏡写真(白内障初期)。 a: 前皮質混濁, b: 核混濁, c: 後嚢下皮質混濁, d: 混合型



a	b
c	d

図 2 ラット水晶体の細隙灯顕鏡写真(白内障進行期)。a: 前皮質混濁, b: 核混濁, c: 後囊下皮質混濁, d: 全混濁

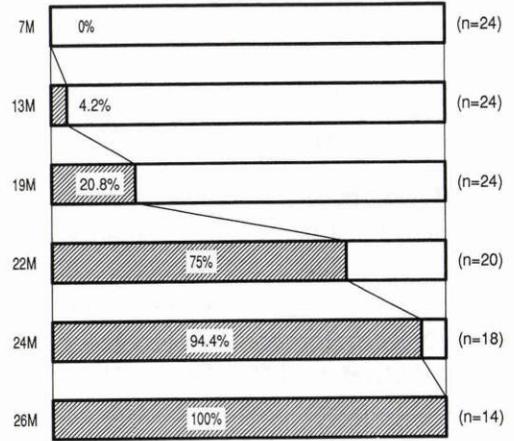
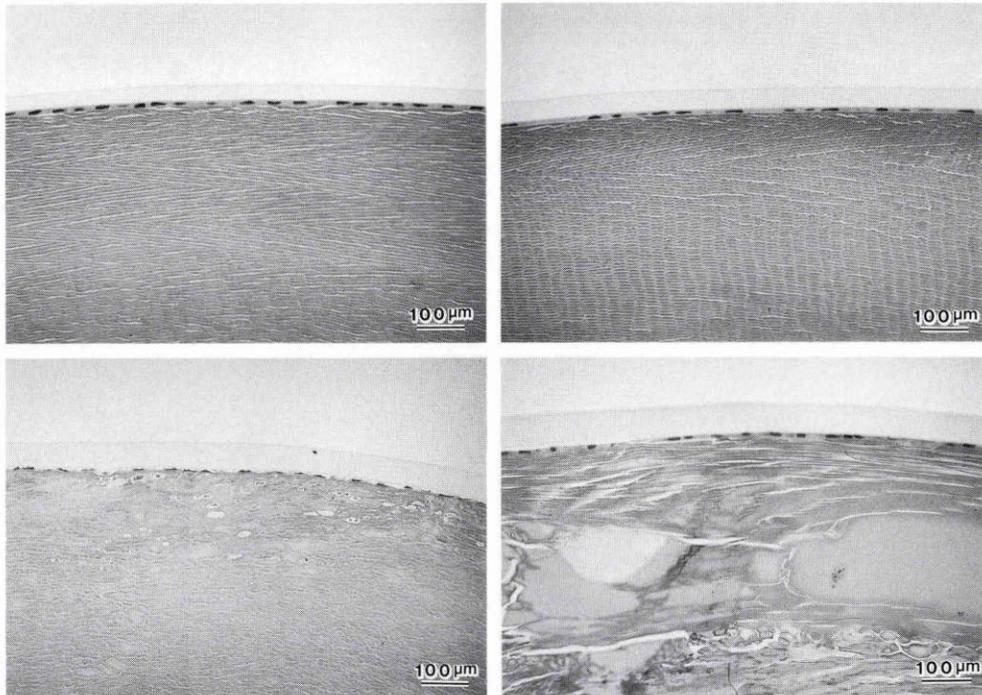


図 3 月齢と白内障発生頻度



a	b
c	d

図 4 前極部の光顕写真(HE 染色, ×65)。a: 7カ月齢, b: 13カ月齢, c: 19カ月齢, d: 26カ月齢

測定値はすべて平均値±標準偏差(S.D.)で表し、平均値間の有意差の検定には Student の t-検定を用い、危険率が5%以下を有意とした。

III 結 果

1. 細隙灯顕微鏡所見

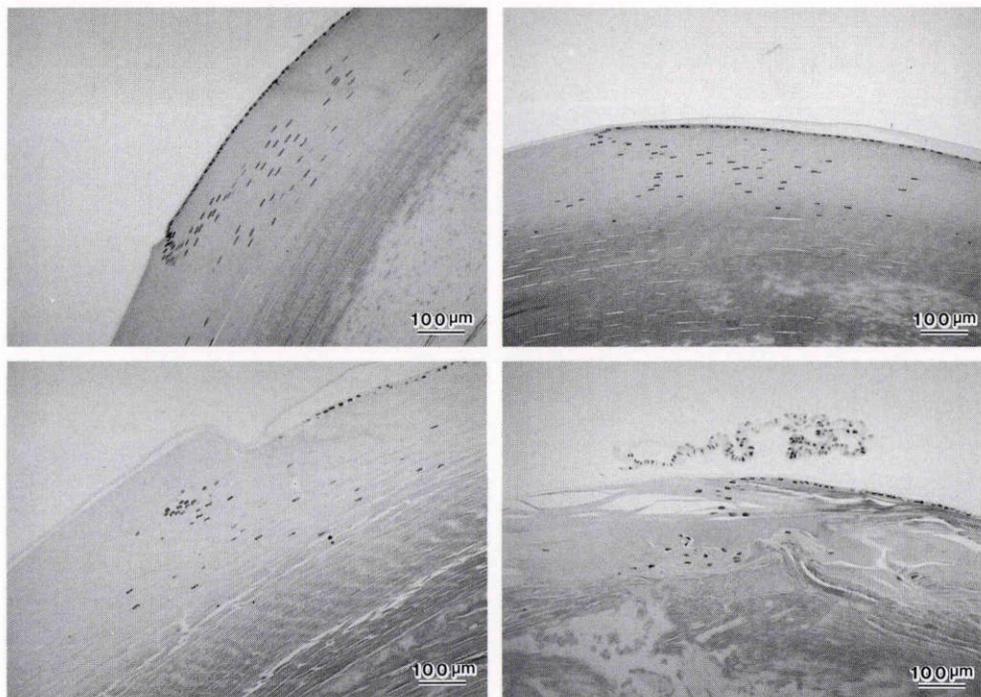
19カ月齢頃より軽度の白内障がみられはじめ、前縫合線に沿った前皮質混濁、核混濁、後囊下皮質混濁および混合型の4つのタイプの混濁が観察された(図1)。前皮質混濁は最も初期に観察され、頻度も多かった。後囊下皮質混濁は前皮質混濁に少し遅れて出現し、後縫合線に沿った混濁、後囊下の皿状混濁あるいは後極部から赤道部に連なる混濁として観察された。核混濁は核部に淡い球状の混濁として観察されたが頻度は少なかった。混合型は前皮質混濁と後囊下皮質混濁または核混濁と前、後皮質混濁の混合で、初期には頻度は少なかった。月齢が進んで白内障が進行すると、前皮質混濁は前縫合線から離れた皮質部まで広がっているのが観察された。後囊下皮質混濁も白濁が濃くなり、

後囊下の広い範囲に混濁がみられた。核混濁は僅かに白濁の程度が強くなったが、核周囲皮質への広がりはいずれもあまりみられなかった。また、月齢が進むにつれて混合型が多くなり、頻度は少ないが全混濁を呈した水晶体も観察されるようになった(図2)。白内障の発生頻度は月齢とともに増加し、26カ月齢では全例に白内障が観察された(図3)。

2. 光学顕微鏡所見

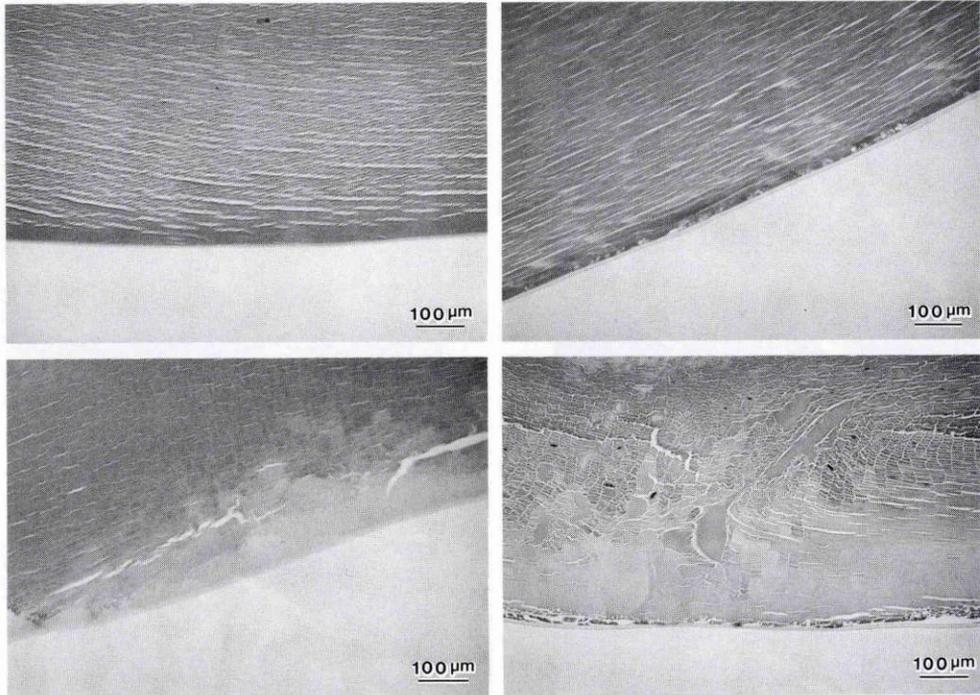
前極部：7カ月齢および13カ月齢では、上皮、皮質線維に特に異常所見はみられなかった。19カ月齢で軽度の前皮質白内障がみられた例では、皮質線維内に小空胞が散見され、線維もところどころ膨化していた。26カ月齢で比較的高度の白内障がみられた例では、上皮細胞核が一部消失している所見が観察され、上皮直下の皮質線維は膨化変性が著明であった(図4)。

赤道部：7カ月齢の bow 領域では細胞核が規則正しくS字状に配列していた。皮質線維には特に異常所見はみられなかった。13カ月齢では7カ月齢に比べ特に著明な変化はみられなかった。19カ月齢で軽度の白



a	b
c	d

図5 赤道部の光顕写真(HE染色, ×65)。a: 7カ月齢, b: 13カ月齢, c: 19カ月齢, d: 26カ月齢



a	b
c	d

図 6 後極部の光顕部の光顕写真(HE 染色, $\times 65$). a: 7カ月齢, b: 13カ月齢, c: 19カ月齢, d: 26カ月齢

内障がみられた例では, bow 領域における細胞核の配列が乱れ, 皮質線維も膨化していた. 26カ月齢で高度の白内障がみられた例では, 皮質線維の融解が著しく, bow 領域での細胞核の S 字状配列は完全に崩壊していた(図 5).

後極部: 7カ月齢では異常所見はみられなかった. 13カ月齢では後囊直下に小空胞が多数観察されたが, 皮質線維には特に異常を認めなかった. 19カ月齢で軽度の後囊下皮質白内障がみられた例では, 後囊直下に HE 染色で淡染した変性部が観察された. 26カ月齢で高度の後囊下皮質白内障がみられた例では, 後囊下皮質線維が膨化変性し, 線維の配列も乱れていた(図 6).

3. 走査型電子顕微鏡所見

前皮質線維浅層部を比較観察した. 7カ月齢では稜突起がよく発達し, 規則正しく並列していた(図 7). 13カ月齢では7カ月齢に比べ著明な構造変化はなかったが, 稜突起の数が減少していた(図 8). 19カ月齢では稜突起の数がさらに減少し, 個々の突起は太くなっていた. また, 7カ月齢に比べ線維の幅も拡大してい

た(図 9). 26カ月齢では個々の突起の頭部が腫大し, 中には, 突起構造が完全に崩壊した突起もみられた(図 10). また, 19カ月齢で軽度の前皮質白内障がみられた例において, 前皮質浅層部の線維の走行が乱れた像も観察された(図 11). さらに, 混濁が増強した26カ月齢の例では, 崩壊した線維の間に大小さまざまな球状構造物が観察された(図 12).

4. 透過型電子顕微鏡所見

上皮細胞(中央部): 7カ月齢ではミトコンドリアや粗面小胞体などの細胞内小器官が細胞質内に豊富に分布していた(図 13). 10カ月齢, 13カ月齢および16カ月齢では7カ月齢に比べ著明な変化はなかった. 19カ月齢では7カ月齢に比べ細胞内小器官の数が減少していた(図 14). 26カ月齢では細胞内小器官が著明に減少した上皮細胞が高頻度にみられた(図 15). また, 細胞質内にライソゾームがよくみられた像も観察された(図 16). 高倍率で細胞内小器官の詳細を観察すると, 7カ月齢の核付近の細胞質内にはミトコンドリア, 粗面小胞体, リボゾームが豊富に分布していた. リボゾーム

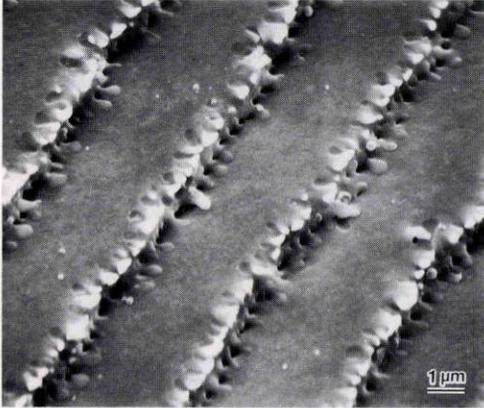


図7 7カ月齢ラット水晶体の前皮質線維浅層部の走査電顕写真(×4,600). 稜突起がよく発達し, 規則正しく並列している.

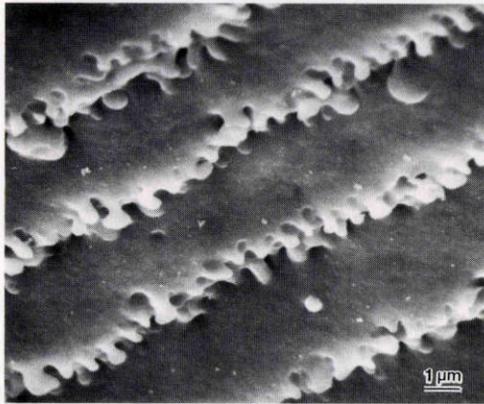


図8 13カ月齢ラット水晶体の前皮質線維浅層部の走査電顕写真(×4,600). 7カ月齢に比べ著明な構造変化はないが, 稜突起の数が減少している.



図9 19カ月齢ラット水晶体の前皮質線維浅層部の走査電顕写真(×4,600). 稜突起の数がさらに減少し, 個々の突起は太くなっている. 7カ月齢に比べ線維の幅も拡大している.

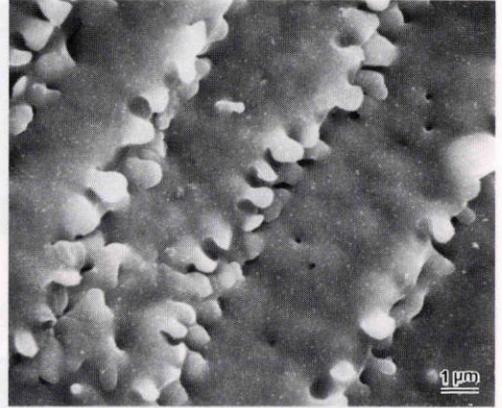


図10 26カ月齢ラット水晶体の前皮質線維浅層部の走査電顕写真(×4,600). 個々の突起の頭部が腫大し, 中には突起構造が完全に崩壊した突起もみられる.

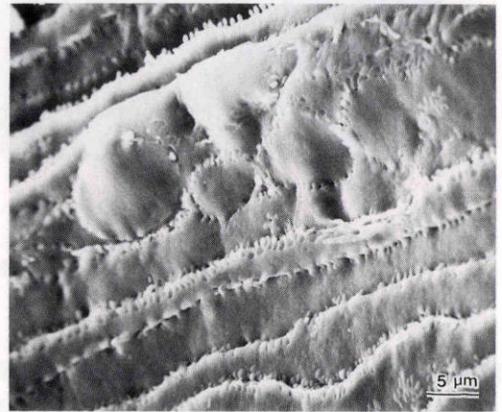


図11 初期白内障水晶体の前皮質線維浅層部の走査電顕写真(×1,400). 線維の走行が乱れている.



図12 高度の混濁がみられた白内障水晶体の前皮質線維浅層部の走査電顕写真(×1,000). 崩壊した線維の間に大小さまざまな球状構造物がみられる.

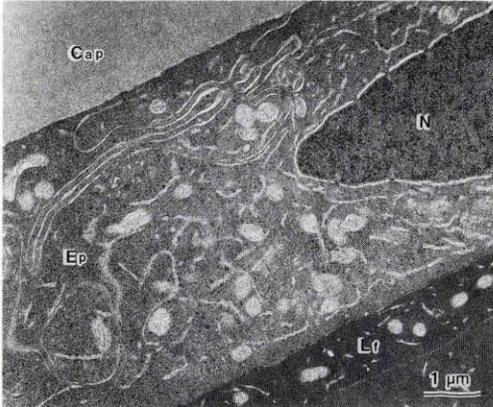


図13 7カ月齢の中央部上皮細胞の透過電顕写真(×7,300)。細胞質内にミトコンドリアや粗面小胞体などの細胞内小器官が豊富に分布している。Cap:水晶体嚢, Ep:上皮, N:核, Lf:皮質線維

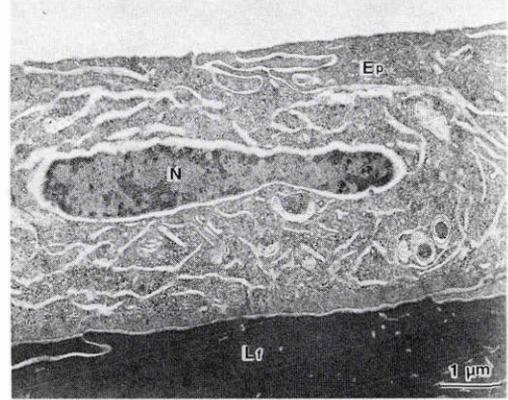


図15 26カ月齢の中央部上皮細胞の透過電顕写真(×7,300)。細胞内小器官が著明に減少している。

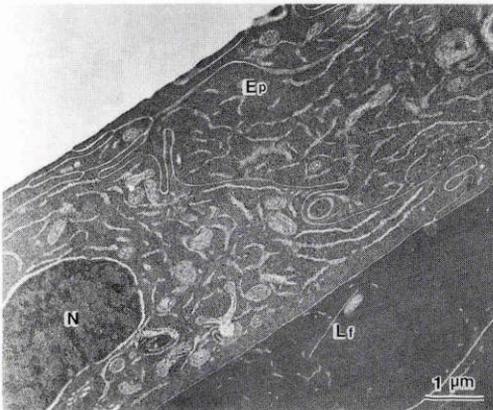


図14 19カ月齢の中央部上皮細胞の透過電顕写真(×7,300)。7カ月齢に比べ細胞内小器官の数が減少している。

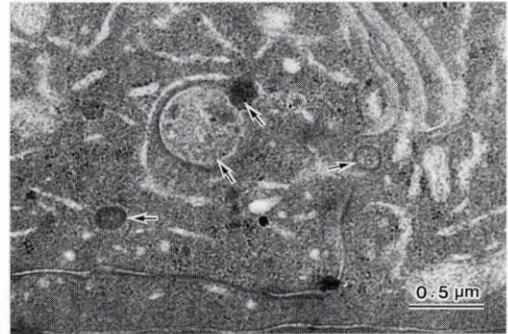


図16 26カ月齢の中央部上皮細胞の透過電顕写真(×18,200)。細胞質内にライソゾーム(矢印)がみられる。

は小胞体膜に付着して存在するもの、あるいは細胞質内に遊離して散在するものがあった(図17)。26カ月齢ではミトコンドリア、粗面小胞体の数が減少し、小型化したミトコンドリアもしばしば観察された。また、リボゾームの数も減少し、膜面のリボゾームが著しく減少した粗面小胞体も散在していた(図18)。

前皮質線維: 7カ月齢では特に異常所見はみられなかった(図19)。10カ月齢および13カ月齢でも特に異常所見は観察されなかった。19カ月齢で軽度の前皮質白内障がみられた例では、皮質線維の配列不整、裂隙、渦巻様構造など多彩な変化が観察された(図20)。26カ

月齢では19カ月齢でみられた変化が一層著明になっていた(図21)。

後皮質線維: 7カ月齢では異常所見はみられなかった(図22)。13カ月齢では囊直下に大小の空胞が観察された(図23)。19カ月齢では空胞に加え、線維の配列不整がみられた(図24)。26カ月齢では膨化した線維が低電子密度帯として幅広く観察された(図25)。

5. 上皮伸展標本所見

7カ月齢と26カ月齢を比較すると、26カ月齢では中央部、増殖帯の両部位で細胞の分布が疎になっていた(図26)。角膜内皮計測システムを応用して2~3カ月毎に上皮細胞の変化を定量解析したところ、両部位とも月齢とともに平均細胞密度が減少し、平均細胞面積が増大していた。26カ月齢の平均細胞密度は7カ月齢に比べ、中央部で27.5%、増殖帯で16.6%減少してい

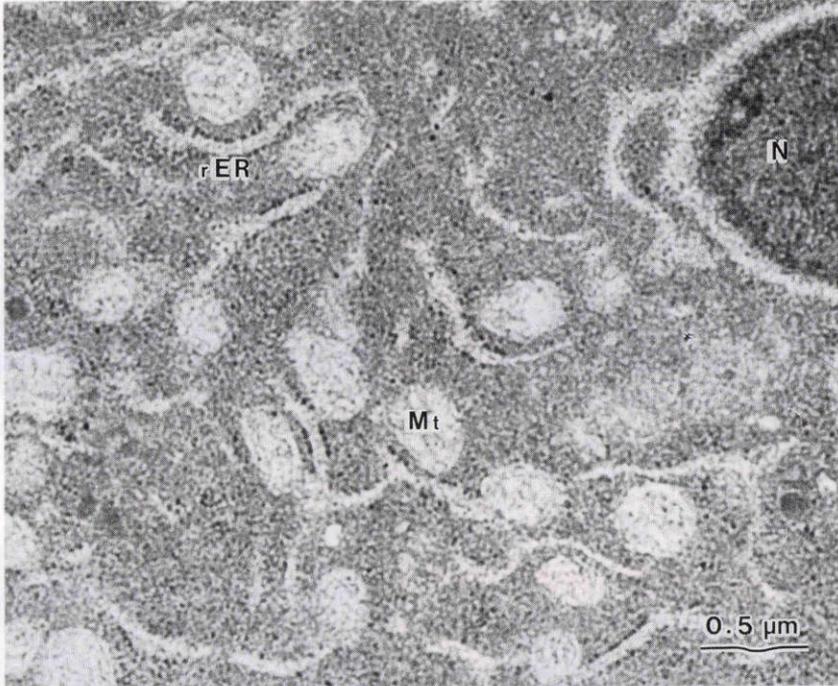


図17 7カ月齢の中央部上皮細胞の透過電顕写真($\times 27,400$)。核付近の細胞質内にミトコンドリア(Mt)、粗面小胞体(rER)、リボゾーム(小胞体膜面および細胞質内にみられる小顆粒)が豊富に分布している。

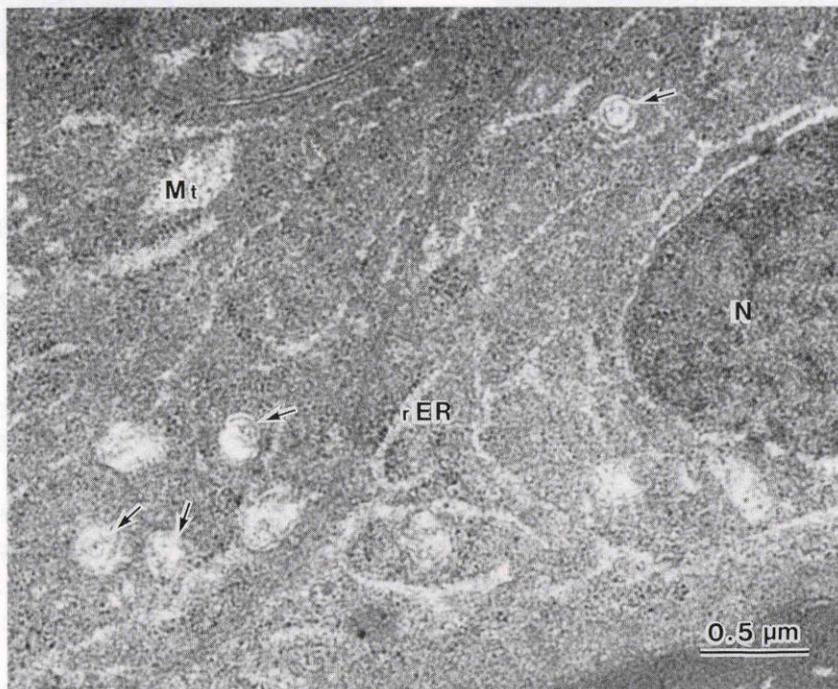


図18 26カ月齢の中央部上皮細胞の透過電顕写真($\times 27,400$)。細胞内小器官が著明に減少し、小型化したミトコンドリア(矢印)がみられる。膜面のリボゾームが著しく減少した粗面小胞体もみられる。

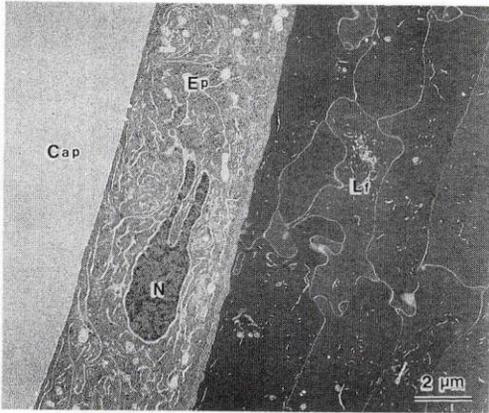


図19 7カ月齢の前皮質線維の透過電顕写真(×3,600). 特に異常所見はみられない.

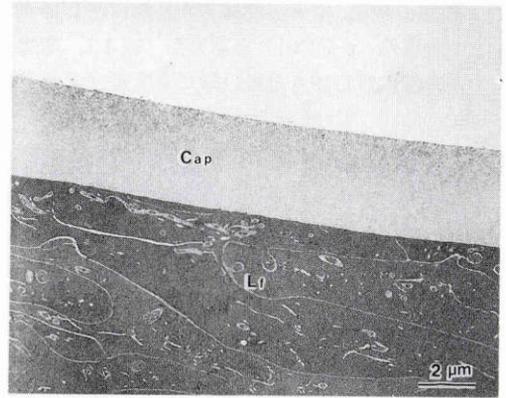


図22 7カ月齢の後皮質線維の透過電顕写真(×3,600). 特に異常所見はみられない.

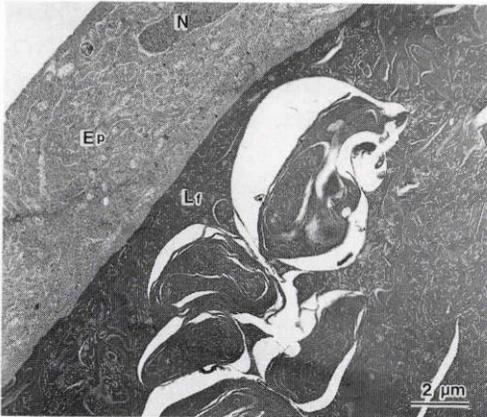


図20 19カ月齢の前皮質線維の透過電顕写真(×3,600). 線維の配列不整, 裂隙, 渦巻様構造がみられる.

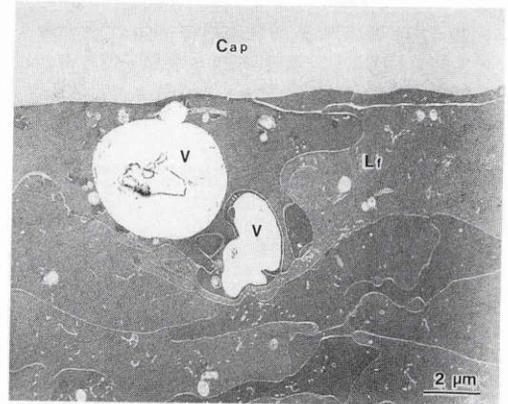


図23 13カ月齢の後皮質線維の透過電顕写真(×3,600). 囊直下に大小の空胞がみられる.

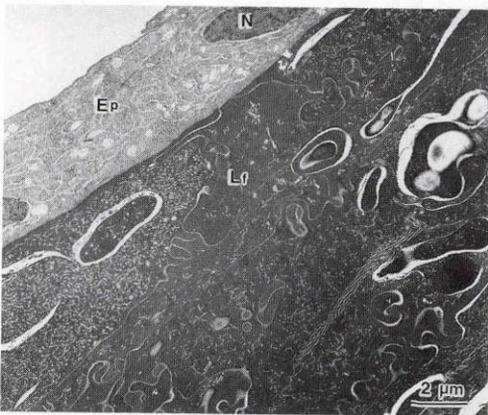


図21 26カ月齢の前皮質線維の透過電顕写真(×3,600). 19カ月齢でみられた変化が一層著明になっている.

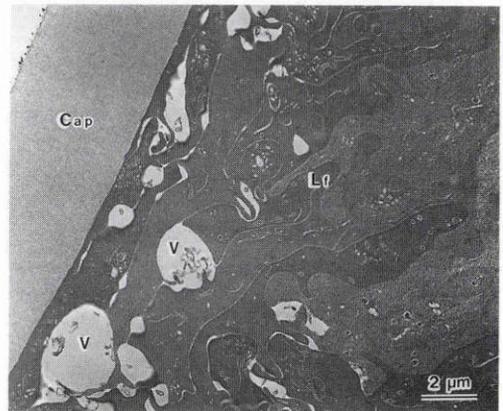


図24 19カ月齢の後皮質線維の透過電顕写真(×3,600). 空胞に加え, 線維の配列不整がみられる.

た、t-検定の結果、中央部では7カ月齢に対し16カ月齢以降で有意差 ($p < 0.01$) を認めた (表1)、増殖帯では7カ月齢に対し19カ月齢以降で有意差 (7カ月齢と

19カ月齢および22カ月齢で $p < 0.05$ 、7カ月齢と24カ月齢および26カ月齢で $p < 0.01$) を認めた (表2)。

IV 考 按

水晶体の加齢変化を形態学的に検討する場合、ヒトでは各年齢層における一定数の正常水晶体を得るのが難しい理由から困難であり、動物水晶体を用いざるを得ない。Gorthy¹⁾²⁾は、Wistar系ラットの水晶体を長期間観察することにより、加齢によって白内障が生じることを報告した。その報告では、後囊下白内障と核上皮質白内障の2つのタイプがあり、前者は24カ月齢頃、後者は23カ月齢頃より観察されたと述べている。著者の観察では、19カ月齢頃より初期の軽微な白内障がみられはじめた。この違いは、Gorthy¹⁾²⁾が2つのタイプの白内障を混濁の程度で3~4期に分類し、各期の混濁がみられた平均月齢を示したのに対し、著者は、程度分類をせず、月齢毎に白内障がみられた眼数のみを記録したために生じたものと思われる。Gothy¹⁾²⁾が記載した核上皮質混濁は、著者が観察した前皮質混濁に

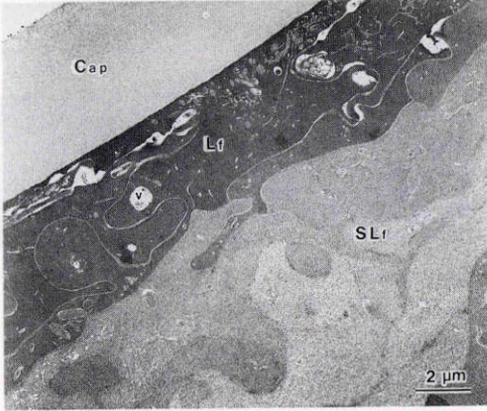


図25 26カ月齢の後皮質線維の透過電顕写真 (×3,600)。膨化した線維 (SLr) が低電子密度帯として幅広く観察される。

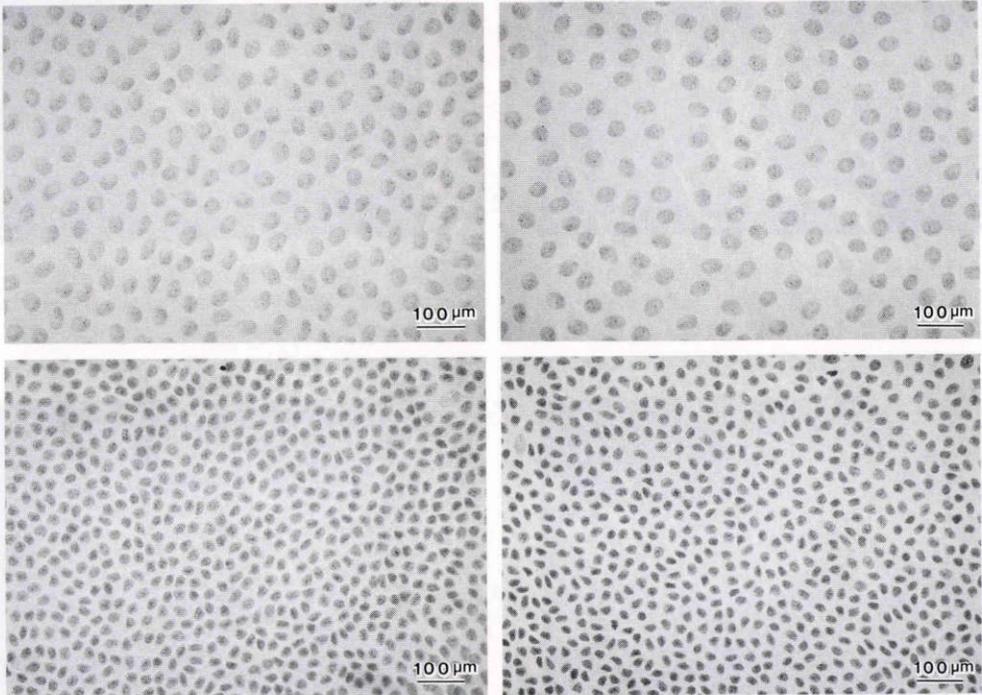


図26 上皮伸展標本写真(ヘマトキシリン染色, ×100)。a: 7カ月齢の中央部, b: 26カ月齢の中央部, c: 7カ月齢の増殖帯, d: 26カ月齢の増殖帯

表1 中央部の平均細胞密度と平均細胞面積

(n=6)

	7M	10M	13M	16M	19M	22M	24M	26M
密度 (cells/mm ²)	3598.3 *(±315.1)	3444.9 (±208.3)	3451.6 (±132.8)	3144.3 (±135.7)	2923.0 (±104.1)	2693.0 (±197.6)	2581.6 (±253.6)	2607.3 (±282.4)
面積 (μm ²)	279.6 (±23.9)	291.2 (±18.0)	290.1 (±11.2)	318.5 (±13.5)	342.3 (±12.1)	373.0 (±26.5)	390.4 (±37.5)	387.3 (±42.2)

* S.D.

7M - 16, 19, 22, 24, 26M : p<0.01

表2 増殖帯の平均細胞密度と平均細胞面積

(n=6)

	7M	10M	13M	16M	19M	22M	24M	26M
密度 (cells/mm ²)	12635.9 *(±1266.3)	12676.9 (±488.0)	11976.9 (±761.2)	11698.0 (±912.5)	11129.1 (±746.2)	10672.0 (±453.5)	10473.9 (±499.6)	10543.7 (±437.0)
面積 (μm ²)	79.8 (±8.0)	79.0 (±3.1)	83.8 (±5.4)	85.9 (±7.1)	90.2 (±5.8)	93.9 (±4.1)	95.7 (±4.5)	95.0 (±3.9)

* S.D.

7M - 19, 22M : p<0.05

7M - 24, 26M : p<0.01

相当するが、彼が述べていない核混濁も頻度は少ないが存在し、混濁のタイプは前皮質混濁、核混濁、後囊下皮質混濁および混合型の4つに分類するのが妥当であると考えた。

光学顕微鏡による観察結果から前極部、赤道部、後極部の皮質浅層に、加齢に伴って空胞の出現、線維の膨化あるいは融解、bow領域での細胞核の配列不整などの変化が生じていることが判明した。これらの中で最も初期に観察されたのは、13カ月齢の後極部囊直下における小空胞であった。細隙灯顕微鏡で白内障が観察されはじめたのは19カ月齢頃であったが、組織像では、13カ月齢の後縫合部ですでに細隙灯顕微鏡で白内障が確認されない程度に加齢による形態学的変化が生じていたことになる。

動物水晶体線維の突起構造の走査電子顕微鏡による観察は、これまで多く報告されているが、加齢による突起構造の経時変化に関する報告はない。加齢とともに線維突起の数が減り、突起も太くなり、くびれも小

さくなっていく所見は、成熟期を過ぎた線維が退行変性していく過程を示しているものと考えられる。また、白内障の出現とともに線維突起構造が崩壊し、線維の配列が乱れたり、異常な球状構造物が出現したりする像は、松戸⁵⁾がヒトの老人性白内障で観察した所見と共通していた。球状構造物の本態は、松戸⁵⁾が述べた通り不溶性蛋白分子の凝集体と考えられる。

透過型電子顕微鏡による経時的な観察では、加齢とともに細胞内小器官の数が減少した上皮細胞が高頻度にみられるようになった。また、白内障水晶体ではその変化が一層著明であったことより、本実験で観察されたWistar系ラットの白内障は、上皮細胞の加齢変化が強く関与しているものと考えた。ヒトの老人性白内障においても上皮細胞内のミトコンドリアや粗面小胞体が減少していたという報告⁶⁾⁻⁸⁾があり、上皮細胞の加齢変化が密接に関係しているものと思われる。上皮細胞内のリボゾームに関する詳細な観察は、Hamai⁹⁾が、先天性白内障マウスと正常マウスで比較

検討を行っているのみで、加齢に伴う上皮細胞内のリボゾームの変化を観察した報告は、著者の調べた範囲においてこれまでみられない。Hamai⁹⁾は、先天性白内障マウスではシングルリボゾームが多く、正常マウスでは集合リボゾームが多かったと述べている。著者の観察では、老齢ラットほどリボゾームの減少した上皮細胞がよくみられ、混濁の高度な白内障水晶体ではその所見が一層顕著であった。ミトコンドリアはエネルギー合成、リボゾームや粗面小胞体は細胞内の蛋白合成に関与しているとされ、このような細胞内小器官の変性あるいは減少は細胞の機能低下を意味し、機能低下した細胞の増加は上皮細胞全体としての機能にも影響を及ぼすものと考えられた。さらに、上皮細胞の機能低下は皮質線維の異常を招き、皮質線維の加齢変化と相まって加齢による皮質白内障が形成されていくものと推察される。老齢ラットでは、細胞質の部分的自己消化が主な機能といわれているライソゾームが多数みられた上皮細胞もしばしば観察されたが、これも細胞に退行変性が起こっていることを示唆する所見と思われる。白内障水晶体の皮質にみられた裂隙、渦巻様構造などの組織所見はGorthy¹¹⁾の報告と一致していた。

上皮伸展標本の定量解析の結果から、加齢とともに平均細胞密度が減少し、平均細胞面積が増大していることが判明した。また、中央部は増殖帯に比べ平均細胞密度の減少率が大きかった。このことは、細胞分裂が中央部ではほとんど行われず、増殖帯で盛んに行われているという上皮細胞の特徴を示している。つまり、中央部での細胞の減数は細胞の変性脱落を反映し、増殖帯では分裂能の低下を反映している。最近、ヒト水晶体上皮細胞の定量解析に関する報告が幾つかみられる¹⁰⁾⁻¹⁵⁾。これらのほとんどは、白内障手術時に得られた中央部の上皮細胞を、年齢、性、基礎疾患、混濁のタイプ別に解析した報告である。この中で年齢に関しては、あくまで白内障水晶体において年齢別に解析しただけで、加齢変化とは言い難い。加齢に伴って臓器の細胞数が減少することは、他の分野でも古くから指摘されている。田内ら¹⁶⁾は、実質細胞の加齢に伴う減少を本質的な老化の形態学的指標として、DN系ラットを用い、加齢に伴う肝細胞数の変化を報告している。それによると、12カ月齢をピークにして肝細胞数が減少しており、今回著者が定量解析した水晶体上皮細胞の加齢に伴う減数とはほぼ同様の結果を呈示している。このことは、水晶体の老化も個体の老化という生物現

象の1つにすぎないことを示している。

今回行った一連の経時的な観察から、Gorthy¹¹⁾が指摘した通り、Wistar系ラットは加齢によって白内障が生じることが確認された。また、加齢とともに変性した上皮細胞が高頻度に観察され、水晶体上皮の平均細胞密度が減少していたことにより、Wistar系ラットの加齢による白内障は、その形態学的な成因に上皮細胞の加齢変化が関与していることが示唆された。

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜りました眼科学教室玉井嗣彦教授、本学病理学教室第二市原岡一教授および秋吉英雄教官に深謝いたします。本論文の要旨は第94回日本眼科学会総会で報告した。

文 献

- 1) Gorthy WC: Cataracts in the aging rat lens. Their morphological characterization and evaluation as a model for human senile cataracts. *Ophthalmic Res* 9: 329-342, 1977.
- 2) Gorthy WC: Cataracts in the aging rat lens. Morphology and acid phosphatase histochemistry of incipient forms. *Exp Eye Res* 27: 301-322, 1978.
- 3) 宇賀茂三, 小原真樹夫, 石川 哲: マウス水晶体の加齢に関する形態学的研究. *日眼会誌* 86: 1313-1320, 1982.
- 4) 矢島保道, 永岡尚志, 鮫島基泰, 他: マウス水晶体線維細胞膜の加齢変化について. *日眼会誌* 90: 115-123, 1986.
- 5) 松戸武夫: 人眼水晶体線維構造の走査電顕的研究. *日眼会誌* 77: 853-872, 1973.
- 6) 木村一雄, 西尾 彪, 北村正信: 人眼水晶体の電子顕微鏡学的研究. (其の2). 老人性白内障の電子顕微鏡的観察. *日眼会誌* 65: 1165-1176, 1961.
- 7) 松浦啓之: 諸種白内障の電子顕微鏡的研究. 第2報. 老人性白内障および前極白内障の電子顕微鏡的観察. *眼紀* 19: 348-361, 1968.
- 8) 尾形徹也: 水晶体囊及び上皮細胞に関する電子顕微鏡的研究. 第2報. 老人性白内障について. *日眼会誌* 74: 549-556, 1970.
- 9) Hamai Y: An electron microscopic study of the lens epithelium in a mouse strain with hereditary cataract. *日眼会誌* 80: 717-728, 1976.
- 10) Fagerholm PP, Philipson, BT: Human lens epithelium in normal and cataractous lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 21: 408-414, 1981.
- 11) Karim AKA, Jacob TJC, Thompson GM: The human anterior lens capsule: Cell density, morphology and mitotic index in normal and cataractous lenses. *Exp Eye Res* 45: 865-874, 1987.

- 12) **Konofsky K, Naumann GOH, Guggenmoos-Holzmann I**: Cell density and sex chromatin in lens epithelium of human cataracts. *Ophthalmology* 94: 875—880, 1987.
- 13) 小壁典子, 相馬由紀, 前沢高子, 他: 水晶体前囊の specular 写真撮影法. *日本の眼科* 59: 89—94, 1988.
- 14) 齋藤純子, 西 興史, 日谷博光: ヒト水晶体上皮細胞の密度と形態に関する研究. *日眼会誌* 94: 176—180, 1990.
- 15) 金谷いく子, 星野峰子, 生田恵子, 他: 白内障における水晶体上皮細胞の変化. *臨眼* 44: 451—454, 1990.
- 16) 田内 久, 中野昌俊, 伊藤美武, 他: ラット臓器細胞の加齢変化に対する栄養環境の影響(第1報). *基礎老化研究* 10: 79—80, 1986.
-