#### 綾木 雅彦1),石井 好智2)

1)静岡赤十字病院眼科,慶應義塾大学医学部眼科学教室,2)株式会社メニコン

#### 要 約

水晶体嚢外摘出術において、ハイドロダイセクションを水晶体の中心部に繰り返し行うことで分離される核 中心部分(central nucleus)5 検体について、走査型電子顕微鏡によって表面構造の観察を行った. Central nucleusの表面は他の手術操作によると思われる粗大な損傷を除けば比較的平滑で、水晶体線維層が大きく断 裂している様子はみられなかった.ハイドロダイセクションを行うと、水流によりほとんど侵襲なく水晶体線 維が層間剝離されていることが示され、この方法は水晶体線維の層構造の検討に応用できる可能性があると思 われた. 縫合線の部位が明瞭に示された検体において、縫合線付近での水晶体線維の走行を観察したところ、 水晶体線維は縫合線と垂直に近い角度を成して走行していた.この結果は従来の説と異なるものである.(日眼 会誌 97:1292-1297, 1993)

キーワード:水晶体、走査型電子顕微鏡、ハイドロダイセクション、水晶体嚢外摘出術、核摘出

# Scanning Electron Microscopic Observation of Hydrodissected Human Lens Nucleus

#### Masahiko Ayaki<sup>1)</sup> and Yoshitomo Ishii<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Ophthalmology, Shizuoka Red Cross Hospital and Keio University, School of Medicine <sup>2)</sup>Menicon Co., Ltd.

### Abstract

Using a scanning electron microscope, we studied the surface structure of 5 different central nuclei, isolated by repeated hydrodissection during extracapsular cataract extraction. Aside from the damage induced by surgical maneuvers, the surfaces were very smooth, and there was no major disruption of the lamellar structure of the lens. Our studies have shown that hydrodissection, which allows atraumatic separation of the lens fiber layers, can be used to analyze the lamellar structure of the lens. Some of the evaluated specimens showed a distinct suture line and the lens fibers were approximately at right angles to it. These observations were different from those reported previously. (J Jpn Ophthalmol Soc 97: 1292—1297, 1993)

Key words : Lens, Scanning electron microscope, Hydrodissection, Extracapsular cataract extraction, Removal of the nucleus

別刷請求先:160 新宿区信濃町35 慶應義塾大学医学部眼科学教室 綾木 雅彦

(平成5年3月31日受付,平成5年5月26日改訂受理)

Reprint requests to: Masahiko Ayaki, M.D. Department of Ophthalmology, Keio University, School of Medicine. 35 Shinanomachi, Shinjuku-ku 160, Japan.

(Received March 31, 1993 and accepted in revised form May 26, 1993)

# I 緒 言

著者らは水晶体囊外摘出術において,ハイドロダイ セクションによって分離される central nucleus につ いて,その分離摘出法について報告し,また 100 検体 に対し直径と中心厚を測定し,解剖学的検討を行っ た<sup>1)~4)</sup>.

Central nucleus は水晶体皮質線維層の途中から分 離されてくるものである. ハイドロダイセクションの 際に水晶体前面から注入した水流が水晶体後面にまで 行き渡ることは,水流が皮質線維の層間を通っていく ことを示唆するものである. Central nucleus の大きさ の計測結果から, central nucleus は水晶体全体と相似 形をしており,肉眼的にあたかも小さな水晶体ともい える形状をしている.水流によって皮質線維層が分離 されて外層が剝離除去され,内層が露出する.その表 面構造を解明する目的で, central nucleus の表面を走 査型電子顕微鏡を用いて観察したところ,若干の知見 が得られたので報告する.本論文は水流で水晶体を分 割し,内部構造の検索を行った最初の報告になると思 われる.

# II 材料および方法

材料は、水晶体囊外摘出術の際に水晶体中心部に向 かってハイドロダイセクションを繰り返すことによっ て分離し、摘出して得られた核の中心部分(central nucleus)5 検体である<sup>2)3)</sup>.各検体の内容については表 1 に示す.検体は2%グルタール加5%パラホルムア ルデヒドで固定後実体顕微鏡(Nikon SMZ-10)で観 察し、アルコール系列によるステップ脱水を行い、酢 酸イソペンチルに浸漬後、液化炭酸ガスを用いた臨界 点乾燥を行った.約 300 Åの厚さで金蒸着を行い、走 査型電子顕微鏡(日本電子社製 JSM-T 300)によって 加速電圧 10 kV にて表面構造の観察を行った.

表1	対象と	した検体
1 1		01-1417

番号	年齢	・性	直径 (mm)	中心厚 (mm)	診断	核硬化度 (エミリー分類)
1	70	女	7.31	3.43	核白内障	3
2	73	男	6.48	3.32	核白内障	3
3	79	男	7.09	3.09	核白内障	3
4	64	男	7.19	3.31	核白内障	4
5	62	女	2.97	2.21	皮質白内障	1

# III 結 果

実体顕微鏡による観察では、central nucleus の表面 は平滑で、著明な凹凸はみられなかった.前面より後 面の曲率の方が大きく、それらも含め、形状は水晶体 全体と類似していた(図1).走査型電子顕微鏡による 表面構造の観察では、ハイドロダイセクション後の手 術操作による影響を除けば表面は比較的平滑であった (図2).水晶体線維の層構造はあまり乱れていなかっ た.ハイドロダイセクションの水流は水晶体線維の層 間を剝離しており、各層にまたがるような裂隙を形成 しているような部分はなかった(図3).約3層の水晶 体線維が薄皮状に剝離されている所見もみられた(図 4、5). Central nucleus の前面には表層皮質吸引や シンスキーフックによる操作のためと思われる痕がみ られ、後面に摘出時に用いたレンズループの痕が残っ



図1 摘出水晶体核中心部 (central nucleus) の実体 顕微鏡写真.

側面の形状は水晶体全体と類似している.層状剝離 された水晶体線維が膜状に付着している(検体1).



図 2 Central nucleus の前面. 表面は平滑で大きな損傷はみられない(検体 4).



図3 Central nucleus の前面. 水晶体線維層の層間の状態がきわめて正確に露出され ている(検体2).



#### 図4 Central nucleus の側面.

ハイドロダイセクションの水流が水晶体前面から赤道 部方向へ連続して層間剝離を行っている様子がよく抽 出されている.右上方には薄皮状に剝離された線維(検 体1).



図6 Central nucleus の後面. 摘出時に使用したレンズループの痕がC字型につい ている. ハイドロダイセクションの水流が後面までゆ きわたり,水晶体線維層が平滑に抽出されている(検 体3).



図7 後方のY字縫合. 縫合の中心付近での水晶体線維の走行が明瞭に確認で きる(検体5).



図5 図4でみられた薄皮状の線維層の拡大. 3層の水晶体線維からなっていると思われ,線維同志の横の結合力の強さがうかがわれる(検体1).



図8 縫合線内の水晶体線維の断面. 縫合部で線維が凹凸をもって接合している(検体5).



図9 後方周辺部での縫合線. 水晶体線維が縫合線に対し垂直な方向で接合している (検体5).



図10 図9の拡大. 後方縫合線の周辺部での水晶体線維の接合形式は中央 部と異なり凹凸が少ない(検体5).



図11 前方のY字縫合. 水晶体線維の走行は後方のY字縫合と同じであるが, 縫合線での接合形式は異なっており,凹凸が少ない(検 体5).



図 12 水晶体線維の走行様式の模式図. これは縫合を中心として水晶体核中心部を前方あるい は後方から観察した時の状態で,検体1および検体5 の所見から描いたものである.縫合線と水晶体線維は 垂直に近い角度をなしている.

ている検体もあった(図6). 検体1と検体5において 縫合線の部位が観察され,同部における水晶体線維の 走行を確認することができた(図7~11). 前縫合およ び後縫合ともに明瞭なY字型を呈しており,水晶体皮 質線維は縫合線に対しほぼ垂直に近い角度で走行して いるのが観察された.これを模式的に表したのが図12 である.

## IV 考 按

走査型電子顕微鏡による観察結果からまず注目すべ きことは、ハイドロダイセクションという手術手技は 水晶体線維を細胞レベルで操作している点である。水 流が水晶体線維の層間を正確に剝離していたことであ る. また, これは水晶体線維細胞間の結合状態に関連 した所見としてとらえることもできよう. 水晶体線維 は多数の突起によって互いに結合しており、この結合 は水晶体が厚さを変えて調節機能を果たす際に水晶体 内の構造を維持するのに重要な役割を持つとともに, 細胞間の代謝調節への関与が推測されている5)~8)。同 じ層の線維同士の横の連結は稜突起,層間にある連結 は棘突起と呼ばれ、いわばジグゾーパズルのような状 態で線維は上下左右と互いに結合し、シンシチウムと も呼べる集合体を形成している. 正常人眼水晶体では 皮質浅層から中心部へいくに従って稜突起は増強し. 棘突起は減少しており,形態からみて稜突起の結合力

の方が強力と考えられている.また,線維の断面の太 さは中心部へいくに従って細くなっている.つまり, 水晶体中心部へいくに従って線維が細かく密になるう えに,細胞間結合が強力になっていくわけである.さ らに細胞そのものの堅さをも含めた水晶体組織の層別 の強さの勾配によって,ハイドロダイセクションによ り分離可能な限界が決まってくるものと推測される. 著者<sup>40</sup>が 100 例の central nucleus の大きさを計測し たところ,直径の平均が 6.4 mm,中心厚が 2.9 mm で あったが,この値はこの深さで水晶体線維にある種の 境界が存在することを示していると考えられよう.こ れは従来からの皮質と核といった水晶体内容の分類と は異なる区分である.

Vogt<sup>9)</sup>は、1921年に細隙灯顕微鏡により水晶体内容 を各層に分けて観察を行った. これは屈折率の違いに よって水晶体内に層状構造がみられる現象である.最 近の Scheimpflug カメラを用いた研究も含め、これま で水晶体の各層の分類は光学的特性に基づく方法で行 われてきたといえる10)~15).しかし、生体顕微鏡所見に 対応するような各層の明瞭な境界は,組織学的には確 認することができない. 臨床的にも水晶体の中心部が 核,周辺部が皮質,その間が epinucleus,あるいは手 術時の感触で堅いのが核、軟らかいのが皮質といった 漠然とした区別しかされていないのが現状であ る16)17).皮質から核へと連続的に同じ細胞が変化して いるため、それらの境界について検討するのは確かに 困難であった.しかし,ハイドロダイセクションによっ て水晶体線維が層別にほぼ侵襲なく分離できること は、 今後の水晶体の層間解析に新しい可能性を与える ものであろう.

今回の検索では、70歳の直径 7.31 mmの検体と 62 歳の直径 2.97 mmの検体において縫合線が観察され たが、これらはそれぞれ成人核と胎生核に相当すると してよいであろう. Central nucleus において明瞭な縫 合線が確認されたことは、白内障の術前に YAG レー ザーを水晶体内部に照射すると放射状の割面が生じる とした Drews<sup>18)</sup>の報告を証明するものである. Hogan<sup>19)</sup>は水晶体線維の走行について、胎生核と成人 核表層の 2 つの図を記載している. この図では線維は 縫合線から枝分かれするように、放射状に走行してい るように表現されている.しかし、今回の観察では縫 合線付近の水晶体線維の走行は縫合線にほぼ垂直に近 い角度をなしており、Hogan<sup>19)</sup>の図とは異なる様相を 呈していた.ただし、今回の検体はすべて白内障を有 する水晶体で, さらに手術操作による損傷も加わって いる.水晶体線維の走行に関するより, 詳細な検討の ためには摘出した正常水晶体に本法を用いた精密な追 試が必要と思われる.すなわち, 層の深さを細かく段 階的に分けてハイドロダイセクションを行い, 損傷す ることなく摘出して得られた central nucleus を検体 として検索できれば理想的であろう.

擱筆にあたり,本研究に対し有益な御助言を頂きました 東海大学眼科学教室尾羽沢大教授に深謝致します.

### 文 献

- 1) 綾木雅彦:シンスキーフックと鑷子を用いた核娩 出法.眼科 33:77-79,1991.
- 2) 綾木雅彦:小さな切開で行える水晶体嚢外摘出 術. 眼臨 87:22-25,1993.
- 3) 綾木雅彦,大出尚郎,藤村博美,横山典子:Central nucleusの大きさの測定.あたらしい眼科 10: 816-818, 1993.
- 4) 綾木雅彦,大出尚郎,横山典子:ハイドロダイセクションによって分離された水晶体核の解剖学的検討. 日眼会誌 97:(投稿中), 1993.
- 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) Harding CV Jr, Stanley RS, Lo W, Bobrowski WF, Maisel H, Chylack LT Jr: The structure of the human cataractous lens. In: Maisel H (Ed): The Ocular Lens Structure, Function, and Pathology. Marcel Dekker, New York, 367 -404, 1985.
- 7) Vrensen G, Kappelhof J and Willekens B: Morphology of the aging human lens. Lens Eye Tox Res 7: 1-30, 1990.
- Paterson CA, Delamere NA: The Lens. In: Hart WM Jr (Ed): Adler's Physiology of the Eye. Mosby, St. Lous, 354-359, 1992.
- 9) Brown NAP, Vrensen G, Shun-shin GA, Willekens B: Lamellar separation in the human lens: The case for fibre folds. A combined *in vivo* and electron microscopy study. Eye 3: 597-605, 1989.
- 10) Brown N: The change in shape and internal form of the lens of the eye on accommodation. Exp Eye Res 15: 441-459, 1973.
- Brown NAP: Lens Change with Age and Cataract; Slit-Image Photography. Ciba Foundation Symposium 19, The Human Lens in Relation to Cataract, New York Associated Scientific, 65-78, 1973.
- 12) Kuwabara T: The maturation of the lens cell: A morphologic study. Exp Eye Res 20: 427 -443, 1975.

- Kojima M : Regional enzymatic analysis of UV-B and streptozotocin induced diabetic cataract lens. Lens Eye Tox Res 7: 547-561, 1990.
- 14) Smith GTH, Smith RC, Brown NAP, Bron AJ, Harris ML: Changes in light scatter and width measurements from the human lens cortex with age. Eye 6: 55-59, 1992.
- 15) Kashima K, Trus BL, Unser M, Edwards PA, Datiles MB: Aging studies on normal lens using the Scheimpflug slit-lamp camera. Invest Ophthalmol Vis Sci 34: 263-269, 1993.
- 16) Duke-Elder S: System of Ophthalmology.

Henry Kimpton, London, Vol II, 311-324, 1961.

- 17) Blumenthal M, Assia E, Neuman D: Lens anatomical principles and their technical implications in cataract surgery Part II: The lens nucleus J. Cataract Refract Surg 17: 211-217, 1991.
- 18) Drews RC: YAG laser demonstration of the anatomy of the lens nucleus. Ophth Surg 23: 822 -824, 1992.
- Hogan MJ, Alvarado JA, Weddell JE: Histology of the Human Eye. WB Saunders, Philadelphia, 638–677, 1971.