

## 前囊切開縁断端の組織学的検討

杉本 佳彦, 久保 江理, 都築 昌哉, 高橋 幸男, 赤木 好男

福井医科大学眼科学教室

## 要 約

白内障手術における前囊切開の新たな方法として、高周波前囊切開装置を用いた diathermy capsulorhexis (以下, DC)が行われている。従来の continuous curvilinear capsulorhexis (以下, CCC)と比較し、その施行が困難であると考えられる症例に対しても確実に前囊切開が行える。しかし、DCによる凝固時間の影響や前囊切開縁の強度については未だ明確ではない。我々は白色家兎水晶体を用い0.5~5.0秒通電し、その組織を検討した。その結果、0.5秒でも十分前囊は切断でき、それ以上凝固を

続けても切開径は拡大せず、水晶体皮質に熱変性が拡大した。白色家兎水晶体の前囊切開縁を機械的に牽引し、DCとCCCの強度を比較し、前囊切開径が小さい場合は前囊切開縁に亀裂を生じた。これらから、DCによる前囊切開縁の強度はCCCのそれと比較し脆弱であると考えられた。(日眼会誌 100:858-862, 1996)

キーワード：高周波前囊切開装置, 前囊凝固切開術, 前囊切裂術, 前囊切開術, 組織学的研究

## Histological Observation of Anterior Capsular Edges Produced by Continuous Curvilinear and Diathermy Capsulorhexis

Yoshihiko Sugimoto, Eri Kubo, Shosai Tsuzuki,  
Yukio Takahashi and Yoshio Akagi

Department of Ophthalmology, Fukui Medical School

## Abstract

Radiofrequency endodiathermy capsulorhexis (DC) is a new method for anterior capsulorhexis in cataract surgery. DC may confer some advantages over continuous curvilinear capsulorhexis (CCC) in certain clinical situations. The elasticity of capsulorhexis produced by DC and the proper diathermy time are still unclear. Histological examination of rabbit lenses, on which a variety of coagulation times (0.5 to 5.0 sec) were tested revealed that 0.5 sec was long enough to coagulate the anterior capsule and that the longer coagulation extend the tissue damage into the deeper cortex. Small capsulorhexis (3.5 mm

in diameter) produced experimentally with DC showed less elasticity than that produced with CCC when the edge of the capsulorhexis was pulled. Thus the heat coagulation of the capsular edge produced by DC results in less elasticity than that produced by CCC. (J Jpn Ophthalmol Soc 100:858-862, 1996)

Key words: Radiofrequency endodiathermy, Diathermy capsulorhexis (DC), Continuous curvilinear capsulorhexis (CCC), Continuous curvilinear capsulotomy, Histological study

## I 緒 言

現在、白内障手術の主力術式は、continuous curvilinear capsulorhexis (以下, CCC)により前囊切開を行い<sup>1)2)</sup>、その後超音波乳化吸引術を施行し、眼内レンズを囊内固定するものである。術後には後発白内障や前囊収縮が高頻度に見られるようになり<sup>3)~6)</sup>、切開後の前囊の特性を研究する必要が生じている。前囊切開には大別

してチストームや前囊鑷子を用いて行う方法と、高周波前囊切開装置で熱による凝固切開を行う diathermy capsulorhexis (以下, DC)とがある<sup>7)~13)</sup>。前者が前囊を翻転し牽引しながら前囊を切開するのに対し、後者は高周波により約160°Cの熱を発生し、前囊を凝固切開する。本研究の目的は、二つの異なる切開方法で得られたヒト前囊の切断縁を組織学的に対比するとともに、動物実験で切断縁の形状ならびにその強度を比較し、両者の前囊の

別刷請求先：910-11 福井県吉田郡松岡町下合月 23 福井医科大学眼科学教室 杉本 佳彦

(平成8年2月6日受付, 平成8年7月5日改訂受理)

Reprint requests to: Yoshihiko Sugimoto, M.D. Department of Ophthalmology, Fukui Medical School, 23 Shimoaizuki Matsuoka-cho Yoshida-gun Fukui-ken 910-11, Japan

(Received February 6, 1996 and accepted in revised form July 5, 1996)





図1 Oertli社製 Orbit Capusulotome 本体外観。

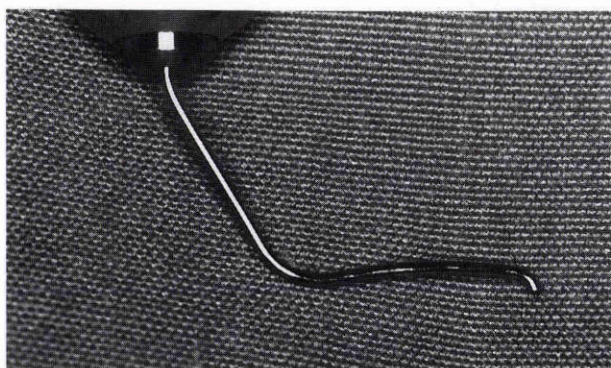


図2 Oertli社製 Orbit Capusulotome の capusulotomy tip 外観。

術後特性を明らかにすることである。

## II 実験方法

### 1. 実験 1

実験動物として、雄白色家兎 6 匹を用い、二群に分けた。

方法として、第一群に対しては DC による前囊切開が水晶体上皮および皮質に及ぼす影響と DC の通電時間による切開縁性状の変化を調べるため、雄白色家兎 2 匹に対してペンタバルビタールナトリウム(ネンプタール®)により麻酔した後、型どおり角膜切開を行い、ヒアルロン酸ナトリウム(ヒーロン®)を前房内に注入した後、DC のチップの先端部を一点に固定し一定時間(0.5 秒, 1.0 秒, 2.0 秒, 5.0 秒)通電した。高周波前囊切開装置として、Oertli 社製 Orbit Capusulotome を用いた(図 1, 2)。その後、白色家兎をペンタバルビタールナトリウム(ネンプタール®)により死亡させ、ただちに、水晶体を摘出した後 4% パラホルムアルデヒド含有 0.1 M リン酸緩衝液(pH 7.4)中で 4°C, 48 時間固定した。固定後、試料はエタノール系列(50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 95%)で、各 10 分間で脱水、メタクリル樹脂(JB-4, Polyscience Co. Ltd)に包埋した。1~2 μm 薄切切片を作成、トルイジン青で染色の上、光学顕微鏡下で観察した。

そして、第二群に対して CCC と DC による前囊切開

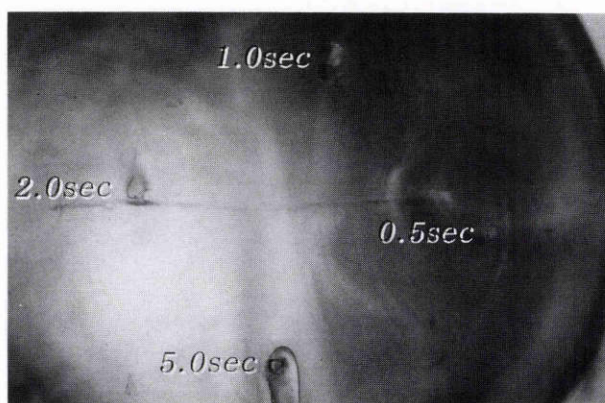


図3 家兎摘出水晶体の実体顕微鏡下写真。

0.5 秒でも前囊は切断されていることが確認でき、2 秒以上のものでは切断部周囲の炭化を認める。

の強度を比較するため、雄白色家兎 4 匹に対してペンタバルビタールナトリウム(ネンプタール®)により麻酔した後、型どおり角膜切開を行い、ヒアルロン酸ナトリウム(ヒーロン®)を前房内に注入した後、右眼に対しては CCC で、左眼に対しては DC で、それぞれ 6 mm と 3.5 mm 径の前囊切開を作成した。核および皮質吸引後、前囊切開縁を iris retractor を用いて引っ張り力を加え、その全長を計測して強度を比較した。

### 2. 実験 2

ヒト水晶体における CCC と DC による前囊切開縁形状の比較を行った。材料として、水晶体超音波乳化吸引術時に得られたヒト前囊を用いた。病理検査に同意が得られ、ぶどう膜炎や偽落屑症候群などの眼合併症や糖尿病などの全身合併症のない症例、4 例 4 眼(70~75 歳, 男性 2 例, 女性 2 例)を対象とした。得られたヒト前囊を 4% パラホルムアルデヒド含有 0.1 M リン酸緩衝液(pH 7.4)中で 4°C, 48 時間固定した。エタノール系列(50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 95%)で、各 10 分間で脱水、メタクリル樹脂(JB-4, Polyscience Co. Ltd)に包埋した。1~2 μm 薄切切片を作成、トルイジン青で染色の上、光学顕微鏡下で観察した。

## III 結果

### 1. 実験 1

第一群から摘出した家兎の水晶体表面を実体顕微鏡下に撮影した写真を図 3 に示す。通電時前囊上に気泡が生じ、これにより切開がなされたことが確認可能となった。0.5 秒でも前囊は切断されているが、切開径は他の凝固部位に比較し小さめである。2 秒以上になると実際の切開部以上の部位に熱による炭化が認められたが、切開径自体はあまり拡大していない。それぞれの組織標本を図 4~6 に示す。0.5 秒では熱による変性は前囊部にほぼ限局し、切開径も小さくなっている(図 4)。1 秒では前囊は完全に切断され、皮質部にも熱による変性が拡大している(図 5)。2 秒以上になると前囊は熱により消失し、変





図4 家兎摘出水晶体の通電時間0.5秒の組織切片  
(トルイジンブルー染色, 200倍).

熱による変性は前嚢部にほぼ局限している。

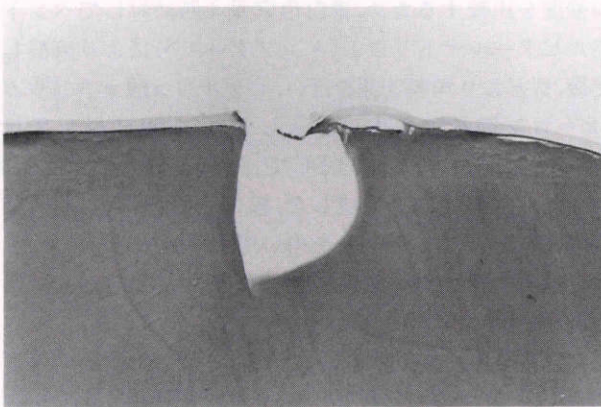


図5 家兎摘出水晶体の通電時間1.0秒の組織切片  
(トルイジンブルー染色, 200倍).

前嚢は完全に切断され、皮質部にも熱による変性が拡大している。

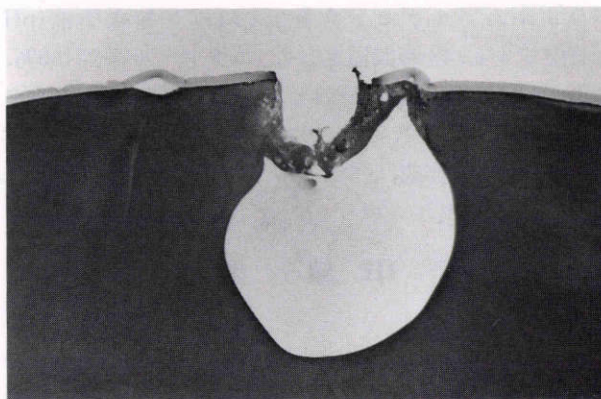


図6 家兎摘出水晶体の通電時間5.0秒の組織切片  
(トルイジンブルー染色, 200倍).

前嚢は熱により消失し再癒着している。皮質部の熱による変性が球状に拡大している。

性した前嚢が再癒着していた。また、皮質部への熱の影響が1秒のものと比較し、さらに球状に拡大していた(図6)。

CCCとDCの強度比較を行った第二群の結果を図7, 8に示す。6mm径の前嚢切開を行ったものでは、CCC,

DCともに亀裂を生じることなく十分に伸展された(図7)(牽引後前嚢切開径の平均値±標準偏差; CCC:  $8.8 \pm 0.4$  mm, DC:  $8.5 \pm 0.7$  mm,  $p > 0.5$ )。3.5mm径の前嚢切開を行ったものでは、CCCによるものはほぼ直線になるまで亀裂を生じることなく伸展されたが、DCによるものはほぼ5mmまで牽引したときにいずれも亀裂を生じた(図8)(牽引後前嚢切開径の平均値±標準偏差; CCC:  $6.8 \pm 0.4$  mm, DC:  $5.3 \pm 0.4$  mm,  $p < 0.0001$ )。

## 2. 実験 2

CCC, DCにより得られたヒト水晶体前嚢の組織標本をそれぞれ図9, 10に示す。CCCによる前嚢の切断面は、前嚢表面に対して水晶体上皮側が短くなる斜面を形成しており、滑らかだった(図9)。DCによる前嚢の切断面は熱により変性・外反しており、辺縁は不整であった(図10)。

## IV 考 按

水晶体超音波乳化吸引術を安全に施行するためには亀裂のない前嚢切開が必要であり、その方法としてCCCが一般的に行われてきた<sup>12)</sup>。しかしながら、CCCは一定以上の手技を必要とし、さらに、成熟白内障のため徹照の返りにくい症例や、十分な散瞳の得られない症例に対しては完全な施行が困難であり、また、若年者においても前嚢切開縁が周辺部に流れやすくなる。前嚢切開縁に亀裂を生じた場合、硝子体脱出の危険性が増加するため、慎重な操作が要求され、極端な場合には水晶体嚢外摘出術への術式変更を余儀なくされることすらある。

高周波前嚢切開装置は1984年、Kloti<sup>9)</sup>により提唱されていた。500kHzの高周波によりプラチナ合金のチップを約160°Cに加熱し、前嚢を熱により凝固切開する。高周波前嚢切開装置によるDCはCCCと比較し手技が非常に容易で、先に述べたような症例でも望みどおりの前嚢切開径を得ることができる<sup>7)~13)</sup>。

しかしながら、DCにより得られた前嚢切開縁はCCCによるものと比較し、亀裂が生じやすいというLuckら<sup>13)</sup>の報告もあり、今回我々は二つの異なる切開方法で得られたヒト前嚢の切断縁を組織学的に対比するとともに、動物実験で切断縁の形状ならびにその強度を比較した。

実験1の第一群では、DCによる前嚢切開が水晶体上皮および皮質に及ぼす影響と、DCの通電時間による切開縁性状の変化を組織学的に検討したが、DCを過剰に通電しても周囲の前嚢が炭化するだけで切開径自体は大きくならず、水晶体皮質側、つまり、縦方向に熱による変性が拡大した。このことから、実際の手術時において必要以上に通電し続けても切断効果が上昇するわけではないことがわかった。すなわち、DCを使用する場合はチップの先端を確実に前嚢表面に接地させ、CCCを施行する場



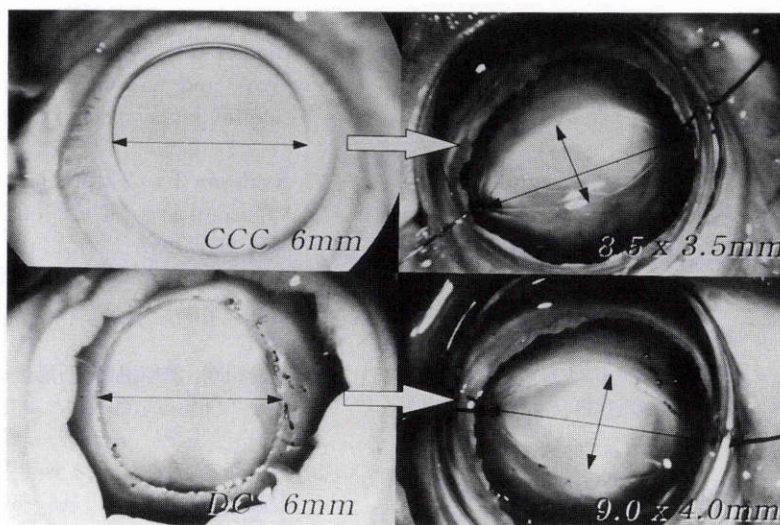


図7 6 mm 径前囊切開. (牽引後前囊切開径の平均値±標準偏差; CCC:  $8.8 \pm 0.4$  mm, DC:  $8.5 \pm 0.7$  mm,  $p > 0.5$ ).

CCC(continuous curvilinear capsulorhexis), DC(diathermy capsulorhexis)ともに十分に牽引され, 亀裂は生じなかった.

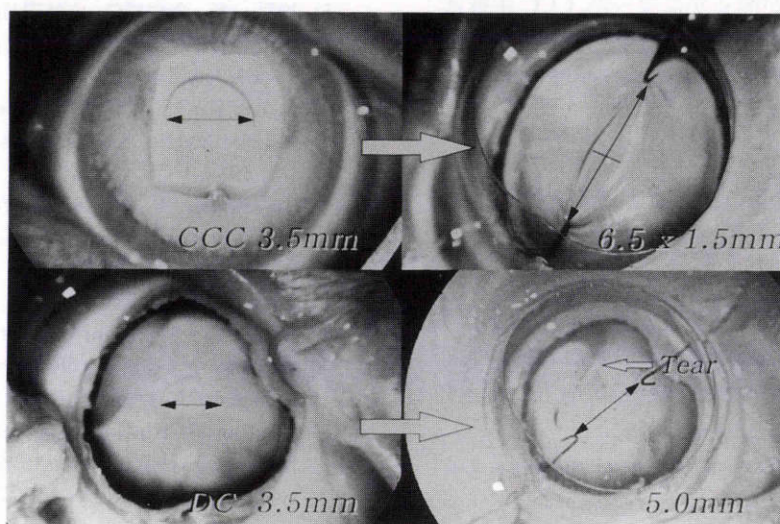


図8 3.5 mm 径前囊切開. (牽引後前囊切開径の平均値±標準偏差; CCC:  $6.8 \pm 0.4$  mm, DC:  $5.3 \pm 0.4$  mm,  $p < 0.0001$ ).

DCによるもので前囊に亀裂を生じた.

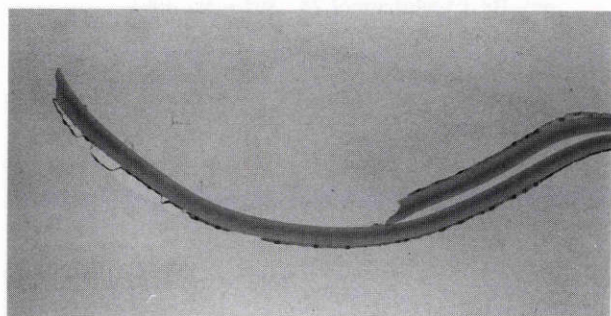


図9 CCCでえられたヒト水晶体前囊断端部(トルイジンブルー染色, 200倍).

切断面は滑らかな斜面を形成している.

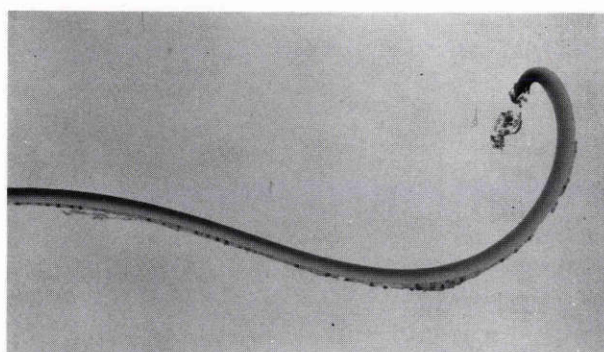


図10 DCによるヒト水晶体前囊断端部(トルイジンブルー染色, 200倍).

切断面は熱により変性, 外反しており, 辺縁不整である.



合よりはゆっくりと円を描けばよいと思われる。前嚢面の切断が確実に施行されているか否かは、前嚢切開時に生じる気泡を粘弾性物質で押しつけ、確認することができる。

第二群においては、CCCとDCによる前嚢切開の強度を比較した。Luckら<sup>13)</sup>は眼球銀行眼を用いた実験で亀裂を生じやすいと報告している。今回の結果でもDCによる前嚢切開縁はCCCのそれと比較し弾性に劣り、6mm径の切開ではCCCもDCもともに亀裂を生じなかったが、3.5mm径のものではDCによるもので亀裂を生じた。これにより、DCによる前嚢切開はCCCによるものと比較して強度が低いと考えられた。しかしながら、十分に大きな前嚢切開を行えば伸展される量が少なくなるため、亀裂は生じにくくなるであろうと考えられた。実際の臨床の場においてDCを使用する場合でも、6mm前後の前嚢切開を施行すれば、亀裂が生じ難くなるであろうと考えられた。

実験2から、ヒト水晶体前嚢におけるCCCとDCの前嚢切開縁の形状の違いが明らかになった。CCC手技は前嚢を回転し牽引しながら前嚢切開を行うため、水晶体上皮側から切断されはじめ、前嚢表面に切開が進むに従ってより周辺部へと切開されていくため、斜面を形成しており切断面も滑らかだった。CCCの切断面が滑らかなのに比して、DCの切断面の微細構造は辺縁不整であり、このため、一点に牽引力がかかると亀裂が生じやすくなることが予想された。

高周波前嚢切開装置の使用による前嚢切開縁の長期的な影響については術後経過観察期間が短いため明らかでなく、前嚢収縮や後発白内障などの術後合併症については今後の検討が必要であると思われる。

高周波前嚢切開装置によるDCは強度に問題があるものの、十分に注意して使用すればCCCを施行することが困難な症例に対しても確実に前嚢切開が行えるため、白内障手術において有用性があると考えられた。

本論文の要旨は第13回金沢医科大学眼科研究会(1994年10月、金沢)および第99回日本眼科学会総会(1995年4月、名古屋)で発表した。

## 文 献

- 1) Gimbel HV, Neuhann T: Development, advantages, and methods of continuous circular capsulorhexis technique. J Cataract Refract Surg 16: 31-37, 1990.
- 2) Neuhann T: Theorie und Operationstechnik der kapusulorhexis. Klin Monatsbl Augenheilkd 190: 542-545, 1987.
- 3) 今井正之, 萩原博美, 谷口重雄, 深道義尚: Circular Capsulorhexisの術後経過. 眼科 32: 505-510, 1990.
- 4) 重光利朗, 馬嶋慶直, 石黒圭司, 湯 欣: ヒト眼内レンズ移植後の嚢混濁および収縮についての組織学的検討. 臨眼 46: 502-503, 1992.
- 5) 西 興史, 西 佳代: 嚢間白内障手術における前嚢混濁. 眼科手術 2: 563-571, 1989.
- 6) 西村 彰, 田村敏博, 白尾 裕: 白内障術後に高度の前嚢収縮をきたした1症例. あたらしい眼科 11: 1937-1939, 1994.
- 7) 杉野太郎, 神原行浩, 馬嶋清如, 重光利朗, 馬嶋慶直: 高周波前嚢切開装置(Orbit Capsulotome)の使用経験. 眼紀 46: 854-859, 1995.
- 8) 神戸 孝, 今村雄仁, 山林茂樹, 田中祐子: ジアテルミー前嚢切開を用いた超音波白内障手術. 眼科手術 8: 657-660, 1995.
- 9) Kloti R: Bipolar-Nassfeld-Diathermie in der Mikrochirurgie. Klin Monatsbl Augenheilkd 442: 184, 1984.
- 10) Gassmann F, Schimmelpfennig B, Kloti R: Anterior capsulotomy by means of bipolar radio-frequency endodiathermy. J Cataract Refract Surg 14: 673, 1988.
- 11) Kloti R: Anterior high-frequency (HF) capsulotomy. Part 1: Experimental study. Klin Monatsbl Augenheilkd 200: 507-510, 1992.
- 12) Coester C, Kloti R, Speiser P: Anterior high-frequency (HF) capsulotomy. Part 2: Clinical surgical experience. Klin Monatsbl Augenheilkd 200: 511-514, 1992.
- 13) Luck B, Brahma AK, Lobel BA: A comparative study of the elastic properties of continuous tear curvilinear capsulorhexis versus capsulorhexis produced by radio-frequency endodiathermy. Br J Ophthalmol 78: 392-396, 1994.