

Nd: YAG レーザー眼内照射の水晶体への影響 (図6, 表3)

中泉 裕子・望月 雄二 (金沢医科大学眼科学教室)
坂本 保夫・佐々木一之

Effects of Intraocular Irradiation of
Nd: YAG Laser on The Lense

Hiroko Nakaizumi, Yuji Mochizuki, Yasuo Sakamoto and Kazuyuki Sasaki
Kanazawa Medical University

要 約

猿眼および家兎眼を用い、Q-Switched Nd: YAG レーザー (American Medical Optics 100) による硝子体腔内照射時の水晶体への影響について検討した。照射条件はコンタクトレンズを用いて、猿眼、家兎眼それぞれ4.0~12.0mJ, 2.0~13.0mJ を5~7発, 1~14発照射した。照射部位は網膜前および水晶体後方2~4mmの硝子体腔を照射した。観察は細隙灯顕微鏡にて照射前, 直後, 照射後1週, 2週, 4週後, 2, 3, 4, 5, 6ヵ月後に観察した。その結果, 1. 猿眼では水晶体混濁の発現はみられなかったが, 家兎眼では主に前方部照射で認められた。2. 照射部位が水晶体に近い程, また照射エネルギーが強い程水晶体混濁は発現しやすかった。3. 水晶体混濁の形態は主に後囊下皮質白内障であった。(日眼 91: 208—212, 1987)

キーワード: Nd: YAG レーザー, 硝子体腔照射, 水晶体, 猿眼, 家兎眼

Abstract

In vivo and in vitro observation of experimentally induced crystalline lens damage through Nd: YAG laser irradiation into the vitreous was performed. Albino or pigmented Rabbit and Macaca Irus monkey eyes were irradiated with Q-switched Nd: YAG laser (American Medical Optics 100) through a contact lens. In vivo observation was performed using a slit lamp biomicroscope immediately after the time of irradiation, at the 1st, 2nd and 4th week, and at the 2nd, 3rd, 4th, 5th and 6th month. 1. Opacification of the crystalline lens was noticed only in the rabbit eyes. 2. Lens opacification frequently occurred from irradiation focused in the anterior vitreous at higher energy. More prominent lens damage was induced by irradiation with high energy than with low energy. 3. The lens opacification appeared primarily at the subcapsular cortex of the posterior capsule. 4. Rupture of the posterior capsule was observed only in the rabbit eyes. 5. Crystalline lense damage should be considered in the clinical application of intravitreal YAG Laser irradiation. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 91: 208—212, 1987)

Key words: Nd: YAG laser, Crystalline lense, Irradiation into the vitreous, Monkeyeyes, Rabbit eyes

I 緒 言

Nd: YAG レーザーの眼科領域における応用範囲

は, 最近では前眼部から眼内病変の治療へと拡大しつつあり, 眼科治療に新しい局面が開かれて来たことは否定できない。しかし, この治療法が完成された安全

別刷請求先: 〒920-02 石川県河北郡内灘町大学1-1 金沢医科大学眼科学教室 中泉 裕子

Reprint requests to: Hiroko Nakaizumi, M.D. Dept. of Ophthalmol., Kanazawa Medical Univ.

1-1 Daigaku, Uchinada-machi, Kahoku-gun, Ishikawa 920-02, Japan

(昭和61年9月18日受付) (Accepted September 18, 1986.)

な治療手段となるにはなお、検討されねばならない点が残されている。二次的に誘発される可能性のある眼組織障害もその一つであろう。著者らも既に前眼部 YAG レーザー照射により誘発される角膜内皮障害を指摘してきたが¹⁾、水晶体後方部への照射により非照射部組織に惹起されるであろう障害に関する検討は、前眼部照射時のそれと比べると未だ十分とは言えない。網膜脈絡膜に対する影響については、Jampol²⁾、玉城ら³⁾の網膜前方照射時の網膜脈絡膜の組織学的検討などがある。また、隅角部照射時の水晶体への影響を軽視すべきでないことを警告する者もいる⁴⁾が、眼内 YAG レーザー照射による白内障誘発の有無を詳細に検討している報告は未だ少ない。有水晶体眼での眼内 YAG レーザー照射時の安全性を確認するためにも、水晶体に目を向けた実験的検討が必要かと考え、家兎、猿眼を用いて、水晶体への影響をみたので以下に報告する。

II 実験方法

本実験には前報と同様に Q-Switched Nd: YAG laser (AMO-100)を使用した。実験動物にはカニクイ猿 4 匹 6 眼と成熟白色、および有色家兎32羽64眼を使用した。

表 1 猿眼の照射条件

照 射 部 位	照 射 条 件		
	パルスエネルギー (mJ)	バースト数 (発)	照射眼数 (眼)
網 膜 前 2~4mm	4.0	5	1
	8.0	5	1
	10.0	5	1
	12.0	5	1
水晶体後方 5mm	10.0	5	1
	12.0	5	1

表 2 家兎眼の照射条件

照 射 部 位	照 射 条 件		
	パルスエネルギー (mJ)	バースト数 (発)	照射眼数 (眼)
網 膜 前 2~4mm	2.0	15, 5~7	2
	5.0~ 7.0	5~7	16
	8.0~10.0	5~7	12
	11.0~13.0	5~7	2
水晶体後方 2~4mm	5.0~ 7.0	5~7	11
	8.0~10.0	5~7	7
	11.0~13.0	5~7	14

YAG レーザー照射部位は水晶体の後方2~5mm の部位の硝子体（以下水晶体後方部と略）と、同じく網膜前方2~4mm の部（以下網膜前方部と略）をコンタクトレンズ（ファンダスコンタクトグラス）を介して照射した。可能な限り眼内の同一場所を照射するために細隙灯の側にメジャーを置き、水晶体から照射部位までの距離を測定した。

照射条件は、猿眼に対してはパルスエネルギー：4.0, 8.0, 10.0, 12.0mJ で（表 1）、家兎眼に対しては2.0, 5.0~7.0, 8.0~10.0, 11.0~13.0mJ の強さで（表 2）、バースト数12, 5~7であった。

水晶体の観察は照射前、直後、1 週後、2 週後、4 週後、以後 6 カ月まで 4 週毎に細隙灯顕微鏡下に行うとともに、写真撮影により所見を記録した。

猿眼についてはレーザー光散乱分光装置（興和 KLEAO-2000）により照射前後の水晶体蛋白粒子径の測定を試みた。

家兎眼については、照射後 4 週の時点で眼球を摘出し、セロイジン包埋の後、水晶体切片を HE 染色し、光学的顕微鏡下に観察した。

照射後 3 カ月を経過した猿眼（照射条件：12mJ）と、照射直後（照射条件：10mJ）の家兎眼の各々は摘出後走査電子顕微鏡下で観察した。標本作製は前報（1）に準じた。

III 結 果

1. 細隙灯顕微鏡所見

猿眼

網膜前方部、および水晶体後方部硝子体に焦点を合わせて照射したもの何れの眼にも20週後の観察でも水晶体に混濁はみられなかった。

家兎眼

網膜前方部照射群

2.0mJ、および5.0~7.0mJ 照射群：バースト数5~7 の照射眼の水晶体17眼には異常所見はみなかったが、バースト数15で照射した 1 眼では、2 週後に後嚢下皮質に小楕円形の混濁をみとめた（図 1）。

8.0~10.0mJ および11.0~13.0mJ 照射群：バースト数 5~7 で照射を行なった14眼中に照射後 6 週目に後嚢下皮質中央部に水胞形成をみたが、16週目には消失した。その他では水晶体に異常はみられなかった。

水晶体後方部照射

5.0~7.0mJ 照射群：バースト数 5~7 で照射した 11眼中 7 眼の後嚢下皮質に小円形、ないしは楕円形の

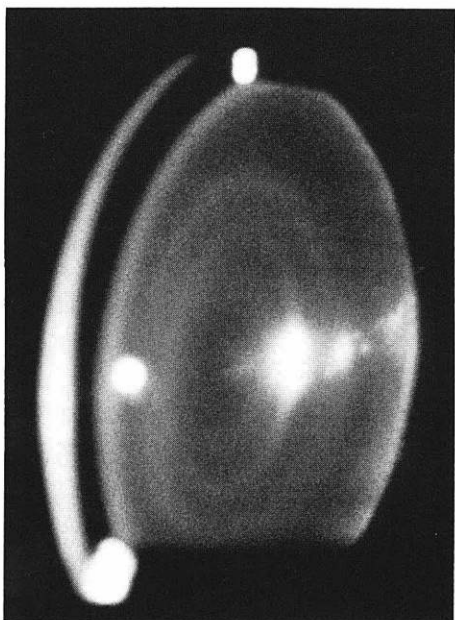


図1 家兎眼。網膜前方照射(2.0mJ パースト数15)
後2週間目の後嚢下皮質混濁。



図2 家兎眼。水晶体後方照射(13.0mJ パースト数
5)後1週間目の後嚢下皮質混濁。

混濁が照射後3～5週目に出現した。3カ月を経過して発現した混濁もあったが、いずれもその後の明らかな進行はなかった。

8.0～10.0mJ, および11.0～13.0mJ 照射群: パースト数5～7で照射した21眼中14眼の水晶体に混濁が出現した。混濁の出現は、強いパルスエネルギー下では殆んどが1週目に出現したが(図2), 他は3～5週目で、中には10週および3カ月目に出現したものもあった。8眼/32眼に後嚢の破嚢をみた。破嚢を生じたもの

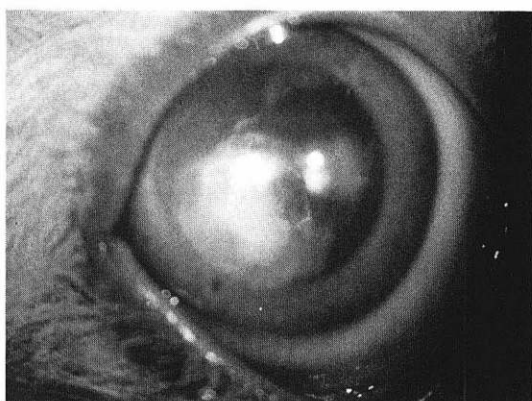


図3 家兎眼。水晶体後方照射(5.0mJ パースト数5)
後8週間目の後嚢下皮質混濁。照射時後嚢の破嚢を生じた。

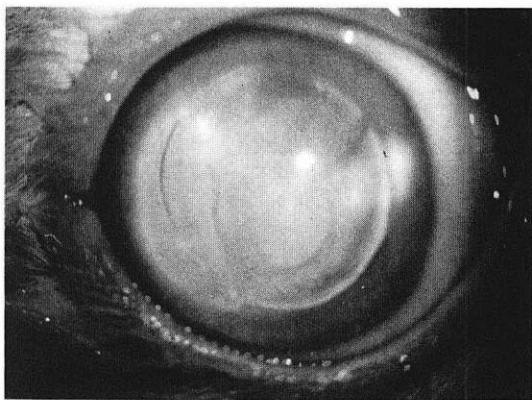


図4 図3の4カ月後の後嚢下皮質混濁。混濁の進行が早い。

は、混濁の形態が不正形で、また、混濁の進行も比較的早かった(図3, 4)。

2. レーザー光散乱分光測定

猿眼についてのみ、蛋白粒子径の測定を処置前後におこなったが、何れの条件下のレーザー照射でも測定値に明らかな変化はみられなかった。

3. 光学的顕微鏡所見

13.0mJ, パースト数5で水晶体後方部を照射し、後嚢下に混濁を生じた家兎眼の照射4週目の所見では、後嚢下の水晶体線維は、ほぼ均等な走行を示し、光学的顕微鏡による検索では著変は認められなかった。

同じ条件下で破嚢を生じた水晶体では、後嚢は硝子体側に破れ、その断裂部より皮質が破子体腔に向けて膨隆していた(図5)。後部皮質浅層の水晶体線維には

表3 実験結果

〔猿 眼〕：全例白内障の発現なし。
〔家兎眼〕：網膜前照射では2/32眼に、水晶体後方照射では21/32眼に白内障発現。

照射部位	パルスエネルギー (mJ)	混濁水晶体数/照射眼数
網 膜 前 面	2.0～	1/2
	5.0～ 7.0	0/16
	8.0～10.0	1/12
	11.0～13.0	0/2
水晶体後方	5.0～ 7.0	7/11
	8.0～10.0	4/7
	11.0～13.0	10/14

立った所見はなかったが、10.0mJ、バースト数5発で照射し、直後の水晶体後囊硝子体面に僅かにすう壁を伴う20～30μmの不正形の膨隆をみた(図6)。

IV 考 按

YAG レーザーの臨床応用は眼球前方の病変から後方病変の治療へと拡大しつつある。

非観血的治療法としては従来にないものの一つだけに今後の発展が予測されるところである。著者らは既にYAG レーザー前眼部照射時に誘発される角膜内皮の損傷につき、実験的な検討を行ったが¹⁾、後方部照射についても非照射部眼組織が受けるであろう影響は十分に検討されねばならないと考えている。

本実験ではこの中でも水晶体に焦点をあわせた検討を行った。

YAG レーザーの水晶体に対する直接的な障害に関する検討としては、Douglas らの猿眼での iridectomy 時の水晶体損傷の観察²⁾、Vester らの Q-Switched と mode locked レーザーの水晶体線維に与える障害度の違いについての検討³⁾などがある。また、非観血的に外傷性白内障を本照射を以て動物眼に誘発せしめ、弱視の研究に用いている者もいる⁷⁾。しかしこれとは別な照射の間接的影響による水晶体の変化を検討した報告はみあたらない。

本実験では、経過観察中猿眼水晶体には異常をみとめなかったが、家兎眼ではYAG レーザー照射後に水晶体に混濁をきたすものがあった(表3)。網膜前方部照射では32眼中、眼の水晶体に混濁が発現したが、水晶体後方部照射では32眼中、21眼に2～3週後に水晶体濁濁が発現した。照射部位が水晶体に近い場合は弱いパルスエネルギーであっても、白内障は誘発されることがあったが、強いエネルギーではより高率に、早



図5 家兎眼、水晶体後方13.0mJ、バースト5で照射し、後囊に破囊を生じた水晶体の摘出標本、H.E染色。

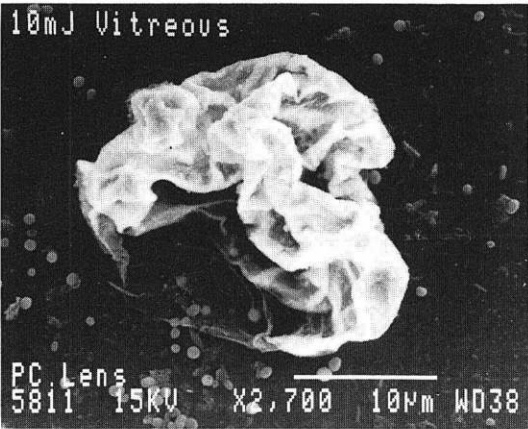


図6 家兎眼水晶体後囊後面の走査電顕像、20～30 μmの不正形の膨隆をみとめた。

膨隆した部分では壊死像を認め、深層にはわずかな空胞形成、蛋白変性によると考えられるオレンジ色(ヘマトキシリン・エオジン染色)への被染色性の変化等が認められた。

4. 走査電子顕微鏡下所見

13.0mJ バースト数5発で照射し8週後まで細隙灯顕微鏡下に異常をみなかった猿眼水晶体後囊には目

い時期からの白内障の発現がみられた。細隙灯顕微鏡下で一見、正常にみえる場合でも後嚢に損傷をみとめたことは、臨床的には示唆に富む所見ではないかと思う。

YAG レーザーの硝子体腔内照射により水晶体に混濁を発生する機序は未だ明確には解明されていないが、プラズマ発生にともなう輻射熱による水晶体蛋白の凝固、shock wave による外傷、laser-beam 通過により起こるであろう水晶体蛋白の凝固などが考えられる。今回の実験では、解剖学的に構築の異なる兎、猿を用いたので、両動物間でみられた所見の差はこれで説明可能と思われる。また、実験は人眼で行われるような病的状態下の眼内照射とは異なる正常硝子体中への照射であるので、今回の実験結果が直ちに臨床に結び付くとは考えてはいない。しかし、人眼における眼内照射に際しても家兎程ではないまでも何らかの損傷が水晶体に及んでいると推定してもよいと思う。加齢変化の進んだ水晶体、あるいは併発白内障が起り得るような水晶体に、間接的であってもレーザー照射により惹起される侵襲は、白内障の発現を早める一因になるのではないかと考えた。

用いるレーザーの性質によっても、その眼組織に対する障害性は異なるであろう。Vester ら⁶⁾は Q-Switched YAG レーザーによる水晶体直接損傷部位は円形であるが mode locked レーザーによる障害は、星状で、奥行き 1.2mm の深さを持つと報告している。これらの障害の差も留意しなければならない点であろう。

長期の観察では新たな変化がとらえられることも考えられる。広い臨床応用を目指すためにも、安全を確認するための検討はなお続けられるべきかと思う。

V ま と め

猿眼および家兎眼を用い、Q-Switched Nd: YAG レーザー硝子体腔内照射時の水晶体への影響について

検討した。

- 1) 猿眼では Q-Switched Nd: YAG レーザーの硝子体腔内照射で水晶体混濁の発現はみなかったが、家兎眼では主に前方部照射で認められた。
- 2) 照射部位が水晶体に近い程、また照射エネルギーが強い程水晶体混濁は発現しやすかった。
- 3) 水晶体混濁の形態は主に後嚢下皮質白内障であった。

文 献

- 1) 中泉裕子, 山村敏明, 佐々木一之: YAG レーザーによる眼組織障害の実験的検討角膜内皮障害について. 日眼 90(2): 277—282, 1986.
- 2) Janpol LM, Goldberg MF, Jednock N: Retinal damage from a Q-switched YAG laser. Am J Ophthalmol 96: 326—329, 1983.
- 3) 玉城宏一, 沖坂重邦, 鹿島佳代子, 中島 章: Nd: YAG レーザー連波および Q スイッチ・パルス連続波による光凝固の網膜脈絡膜におよぼす影響に関する形態学的研究. 日眼 89(3): 412—417, 1985.
- 4) Richardson TM, Brown SV, Thomas JV, Simmons RJ: Shock-wave effect on anterior segment structures following experimental neodymium: YAG laser iridectomy. Ophthalmology 92: 1387—1395, 1985.
- 5) Gaasterland DE, Rodrigues MM, Thomas G: Threshold for lens damage during Q-switched Nd: YAG laser iridectomy A. study of rhesus monkey eyes. Ophthalmol 92(11): 1616—1622, 1985.
- 6) Vester C, Pameyer J, Vrensen G, de Jong P, Brehaye M: Neodymium YAG-laser effects on rabbit lenses A scanning electron microscopic investigation using Q-switched and mode-locked lasers. Graefes Arch Clin Exp Archiv Ophthalmol 222: 101—108, 1984.
- 7) Cangelosi G, McDonald MB, Morgan KS: Cataract induction in rabbits with the Nd-YAG laser. Invest Ophthalmol 26(6): 1037—1040, 1985.