レーザー照射による角膜組織変化

Histological studies on corneal damage
produced by experimental lasers.

○ 澤 充* 馬 詰 良比古**
田 村 正** 小 澤 哲 磨*

Mitsuru SAWA* , Yoshihiko UMAZUME** ,
Tadashi TAMURA** , Tetsuma OZAWA*

* 東京逋信病院眼科
** 杏林大学眼科

* Department of Ophthalmology, Tokyo Teishin Hospital
** Department of Ophthalmology, Kyorin University

A quantative and histological study was conducted of ocular damage in the rabbit eye from carbon dioxide (wave length $10.6\mu\text{m}$) and YAG ($1.3\mu\text{m}$) laser radiation.

A certain corneal opacity was found to occur following irradiation by a continuous wave carbon dioxide laser with energy doses of $0.1\text{W}/0.2\text{mm}^2/5\text{sec}$, although shorter than 5 sec. irradiation caused corneal impact or opacity case by case. Time serial study after irradiation revealed irregular alignment of the corneal collagen fiber.

Irradiation effect to the cornea by YAG laser was found to be moderate.

医学, 工業的に応用されつつあるレーザーであるが, その人体特に眼球に対する傷害についての組織学的検討は少ない。³⁾今回炭酸ガスレーザー照射後角膜組織の経時的変化を組織学的に検討した。更に現在迄報告のない $1.3\mu\text{m}$ YAG レーザの角膜に対する影響についても検討をおこなった。

方法

(I) 炭酸ガスレーザー ($10.6\mu\text{m}$, 日本赤外線工業製)

白色および有色家兎を使用して以下の実験をおこなった。

(1) 角膜傷害の程度とレーザーの強さの関係

0.2mm^2 の照射野を用い, エネルギーとして $0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1.0, 4.0\text{W}$

時間 $1, 5, 10$ 秒の組み合わせによる照射をおこなった。

(2) 傷害角膜の修復経過

$0.2\text{mm}^2, 0.4\text{W}$ で 1 及び 5 秒照射後, $1, 3, 5, 7, 14, 21, 28$ 日後の変化について検討した。

(II) YAG ($1.3\mu\text{m}$) レーザ (日本電気製)

白色及び有色家兎の摘出眼を使用し, 0.7 及び $1\text{W}, 30$ 秒 ~ 10 分の照射をおこなった。

(III) 検査方法

(1) 生体組織顕微鏡 (2) 光学顕微鏡 (3) 電子顕微鏡により検討をおこなった。

結果

(I) 炭酸ガスレーザー

(1) 角膜傷害の程度とレーザーの強さ

角膜に対する影響としてはその程度の順に
(イ)白濁 (ロ)火傷による褐色変化、潰瘍形成 (ハ)穿孔であり、照射時間及びエネルギーによる影響は表1に示すごとくであった。

(2) 傷害角膜の修復経過の所見を表2に示す。

以上2つの実験より、照射直後の角膜組織は火傷、壊死を生じ白濁、肥厚を呈し脱落する一方、周囲からの細胞侵入により修復されてゆくが、角膜実質を構成している膠原線維は熱作用により癒痕、皺壁形成を生じ永続的な変化を生じた。

(II) YAG レーザ

0.7W及び1W、30秒以上の照射で、レーザー光の進路に一致して、角膜全層にわたる組織壊死をおこし、膠原線維構造の消失による角膜の白濁、不規則な角膜面を生じた。この変化の程度は角膜深層の方が浅層より強かった。しかし炭酸ガスレーザと異なり傷害をおこす効果は不安定であった。

考按

(I) 炭酸ガスレーザ

従来の安全基準は角膜混濁を目安に、白濁形成の閾値として $3.5 \text{ mW/mm}^2 / 3 \text{ 秒}$ ²⁾、白濁の透明化の閾値として $4 \text{ W/cm}^2 / 70 \text{ ms}$ ¹⁾とされている。今回の実験により、角膜の白濁以外に角膜線維の癒痕収縮が永続的な変化として残る事がわかり、角膜機能の点から安全基準を考える必要がある。

(2) YAG レーザ

1.3 μm 帯レーザ照射に関する報告は現在迄ないが、今回の実験によれば、角膜に対する影響は不均一であるが、角膜に対する効果(傷害)より安全面でかなり許容域がある事が推定された。

(表1) 炭酸ガスレーザによる角膜傷害

Power(W)	0.1	0.2	0.3-0.5	1 & 4
Time(sec.)				
1	時に (1)	(1)	(1)+(2)	(2)
2			(1)+(2) 時に (3)	しばしば (3)
3				
5	(1)			
10				

(1) 白 濁

(2) 火傷による褐色変化、潰瘍形成

(3) 穿 孔

(表2) 傷害角膜の修復経過

	照 射 時 間	
	1 秒	5 秒
直 後	白 濁	時に穿孔
24時間後	白濁の減少	穿孔口閉鎖、肥厚混濁
72時間後	混濁減少	放射状皺壁形成 白濁
6, 7日	更に混濁減少	著明な皺壁形成 混濁減少
14日	微細皺壁 肥厚の減少	更に著明な皺壁形成 肥厚の減少
21, 28日	点状混濁 微細皺壁	大きな放射状皺壁 不規則凹凸

1) Borland, R.G., Brennan, D.H. & Nicholson, A.N.: Threshold levels for damage of the cornea following irradiation by a continuous wave carbon dioxide ($10.6 \mu\text{m}$) laser. Nature, 234:151-152, 1971.

2) Campbell, C.J., Rittler, M.C., Bredemeier, H. & Wallace, R.A.: Ocular effects produced by experimental lasers. II. Carbon dioxide laser. Amer. J. Ophthalmol., 66:604-614, 1968

3) Fine, B.S., Fine, S., Peacock, G.R., Geeraets, W.J. & Klein, E.: Preliminary

observations on ocular effects of high-power, continuous CO₂ laser irradiation. *Amer. J. Ophthalmol.*, 64:209-222, 1967