

溶接光による角膜障害の実験的研究 (図21, 表3)

近 藤 三 博 (愛知医科大学眼科学教室)

Experimental Corneal Damage Caused by Arc Welding Light Exposure

Mitsuhiro Kondo

Department of Ophthalmology, Aichi Medical University

要 約

白色家兎に各種 CL を装着して、溶接光を照射し生じた角膜障害の原因が何かについて、表面温度変化や角膜の組織学的検討を明らかにした。高含水 SCL では1) 溶接開始直後より温度上昇を示し、赤外線温電法施行と同様の変化を示した。2) その際の角膜障害を細隙灯顕微鏡で観察すると、角膜全域で fluorescein に染色された。3) 光学顕微鏡では、角膜上皮の水胞化、脱落を認めた。4) 走査型電子顕微鏡では、一部角膜の上皮が細胞境界で剝離し、微絨毛の先端は融合し、粗大となっていた。5) 透過型電子顕微鏡では、表層細胞およびその下の翼細胞に至るまで細胞質に多数の小空胞の形成、拡大を認めた。6) 今回の模擬実験は、溶接光の赤外線が熱源として働き高含水 SCL の含水量を減少させ、多種 CL の中でも高含水 SCL に強く角膜障害をきたしたと推測された。(日眼 92: 403—413, 1988)

キーワード：溶接光，高含水 SCL，角膜障害，赤外線，表面温度

Abstract

In order to elucidate influences of arc welding light on corneas covered by soft contact lens, rabbit corneas covered by several kinds of contact lenses (CLs) were exposed to arc welding light and thermal changes of the corneal surface and the corneal tissues were studied histopathologically by light and electron microscopy. Corneas covered by high water content soft contact lenses (SCLs) showed an immediate rise of superficial corneal temperature immediately after exposure to arc welding light and the same kind of pattern of temperature rise was observed in the case of cornea warmed by near-infrared rays. After exposure to arc welding light the cornea was stained entirely by fluorescein and vesicle formation and shedding of superficial epithelia was observed by light microscopy. Adjacent superficial epithelia of the cornea showed dissociation at adjoining borders and microvilli on the cell surface fused into rough structures as shown by scanning electron microscopically. Morted vesicle formation and enlargement of vesicles in the cytoplasm of superficial and wing-like cells were also observed by transmission electron microscopy. The present experiment indicated that near-infrared rays which comprise a part of arc welding light affected SCLs thermally and corneal greater dehydration of high water content SCLs resulting in greater cornea epithelial damage compared to other several kinds of CLs. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 92: 403—413, 1988)

Key words: Arc welding light, High water content SCL, Corneal damage, Near-infrared rays, Superficial corneal temperature

別刷請求先：480-11 愛知県愛知郡長久手町大字岩作字雁又21 愛知医科大学眼科学教室 近藤 三博
(昭和62年 9 月10日受付)

Reprint requests to: Mitsuhiro Kondo, M.D. Dept. of Ophthalmol., Aichi Medical Univ.

21 Karimata, Ōaza Yazako, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi 480-11, Japan

(Accepted September 10, 1987)

I 緒言

最近外国において含水ソフトコンタクトレンズ(以下SCL)を使用している溶接作業従事者に角膜障害の発生がみられ、これがSCLに起因するものではないかという疑問が呈せられた¹⁾が、コンタクトレンズ(以下CL)装用者が増加する傾向にある現在、溶接作業がCL装用眼に如何なる影響を与えているかについては不明な点が少なくない。さらにCLの中でも、SCLにおいては、生体眼に装着された時、外界の温度も影響して、そのレンズ自身に含まれる水分が蒸発し、保存液中におかれたときより含水量が減少し、レンズ形状も変化するため処方上の注意が必要とされるほど外界の影響を受けやすい傾向がある²⁾。

そこでこの眼障害の原因が電気溶接作業とSCLの含水性、およびその含水量の変化に起因しているかどうか、また何が原因となるのかを知るため、家兎眼に各種CLを装用し、電気溶接の模擬実験を行い眼障害の発生機序について検討した。

II 実験材料及び方法

実験材料: 使用したCLはガス透過性ハードCL(以下HCL)、低含水SCL(含水率28%)、高含水SCL(含水率77%)で、それぞれのレンズ自身の光線透過率と、吸収特性は紫外・可視部を日本分光工業UV-1、近赤外部を日立製作所340、赤外部を津島製作所IR-400を使用し測定した³⁾。そして保護眼鏡の遮光レンズの光線透過率も同様にして測定した。

表面温度は、Everest社製Medi, Therm, Model 310 B(H)サーモメーターを使用した⁴⁾。本装置の性能の概要を表1に示す。

使用した電気溶接機はキシデン工業社製小型交流アーク溶接機を使用した。

使用した家兎は、体重約2~3kgの成熟白色家兎で各実験に5羽、合計45羽を使用した。

実験方法: 室温約25℃、湿度約60%の一定条件下において、家兎眼を開眼器で開眼し、角膜表面およびCLを使用した後のCL表面の温度を測定したのち、保護眼鏡を着用させ、溶接光源より約50cmの距離に固定して溶接光を5分間照射した。実験開始後1分ごとと実験終了まで、装用したCL表面の温度を測定した。その後レンズをはずし、ただちに角膜表面の温度を測定し、細隙灯顕微鏡で実験直後、6時間後の角膜の状態を観察した。

表 1

温度測定範囲	: 15~43℃
感 度	: ±0.1℃
精 度	: ±0.25℃
焦点距離	: 6 inch (約15.2cm)
焦点サイズ	: 0.25 ihch (約0.64cm)
反応時間	: 1秒以下

レンズ自身に含まれる水分の変化を知るため、SCL重量を装用前、はずした直後、乾燥状態でメトラー社製上皿電子天秤を用いて測定し、脱水率を求めた。

脱水率=100%-percentage of hydrationで求めたが、percentage of hydrationのパラメーターは、

percentage of hydration =

$$\frac{\text{water content (装用時)}}{\text{water content (full)}} \times 100$$

water content (装用時) (%) =

$$\frac{\text{wet weight (装用時)} - \text{dry weight}}{\text{wet weight (full)}} \times 100$$

water content (full) (%) =

$$\frac{\text{wet weight (full)} - \text{dry weight}}{\text{wet weight (full)}} \times 100$$

の式から脱水率を求めた²⁾。

細隙灯顕微鏡で角膜観察後の家兎は、チオベンタールナトリウム(ラボナール®)0.5gを静注して屠殺し、角膜を輪部で切除してグルタル加ホルマリン混合液で固定したのち、角膜障害が認められた部位を1%四酸化オスミウムで後固定後エタノール系列で脱水、酢酸イソアミルに浸漬、臨界点乾燥、金蒸着して走査型電子顕微鏡(日本電子JSM-F15)で観察した。また一部は、エタノール系列で脱水後、Epon812で包埋し超薄切片を作成、酢酸ウラニル、クエン酸鉛の二重染色後、透過型電子顕微鏡(HU-12A, JEM 100SX)で観察した。残りはパラフィン包埋し、切片をHE, PAS染色後、光学顕微鏡で観察した。

また熱の影響を調べるために、高含水SCLを装用させた家兎眼に15Wの赤外線電法器を約5cmの距離で5分間使用して、同様の観察を行い、また溶接光の角膜に対する直接の影響を見る目的でCL、保護眼鏡なしで同様の観察を行った。

そして無処置の角膜を、対照とした。

III 実験結果

CL表面温度の変化: CL表面温度の変化はCL装

用と同時にすべての CL で 2℃未満の温度低下が見られたが、ガス透過性 HCL は溶接光を照射しても著変なく、低含水 (28%) SCL では、溶接光照射開始直後より約 0.5℃の上昇を認めた。しかし、高含水 (77%) SCL では、溶接光照射開始直後より温度上昇を示し、時間とともに温度上昇は続き CL 装用前より上昇した (図 1)。また溶接のかわりに 15W の赤外線温電法器を約 5cm の距離で施行した場合、高含水 SCL の時と同様の变化を示した (図 1)。

CL の脱水率：含水 SCL を生体家兔眼に装用したときの脱水率 (対照) とさらに溶接光を照射したときの脱水率の結果を示した (図 2)。両者の間に推計学的に有意の差は認められなかったが高含水 SCL で脱水率が高い傾向を示した。

溶接光を照射した時と赤外線温電法を施行したときの脱水率を比較してみると、ともに同程度の高い脱水率を示した。溶接光を照射している間、生理食塩水の持続点眼を行った場合は、脱水率は低く保たれていた (図 2)。

CL および保護眼鏡の遮光レンズの光線透過率：CL の光線透過率は、表 2 に示すが如く紫外部においてはガス透過性 HCL で低く、可視部とくに青光部では 3 種の CL の間に違いは認めなかった。しかし、近赤外部では高含水 SCL の透過率は、他の 2 種の CL に比べて透過率は低かった。遮光レンズの光線透過率は、表 3 に示すが如く、紫外線は遮光されていたが、赤外線が

十分に遮光されていなかった。

溶接光照射後の角膜の変化：ガス透過性 HCL を装用した角膜は、溶接光照射直後には細隙灯顕微鏡では異常は認められなかった (図 3a)。低含水 SCL を装用した角膜は、溶接光照射直後、対照に比べてわずかに

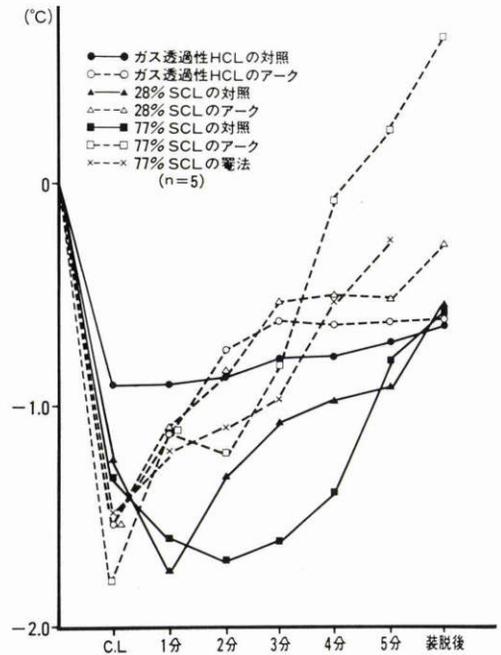


図 1

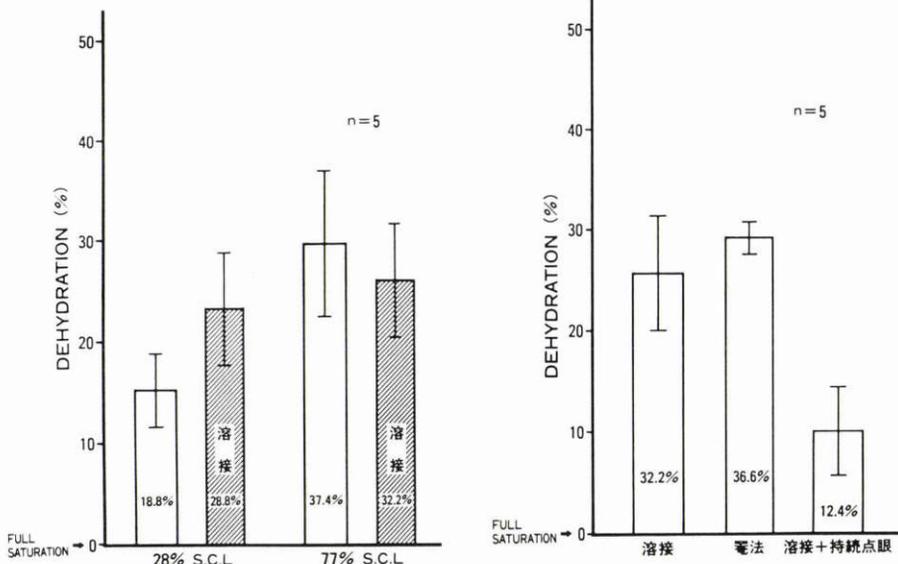


図 2

表 2

Classification	Formation	Water Content (%)	Transmittance (%)		
			紫外 (270nm)	可視 (440nm)	近赤外 (800~1,300nm)
Hard material	Siloxane	—	20	87	99.7
Soft material	HEMA ¹⁾	28	90	98	97.9
	NVP	77	91	99	20.3

¹⁾ HEMA : Hydroxyethyl Methacrylate ²⁾ NVP : N-vinyl pyrrolidone

表 3

スペクトル領域	波 長	光線透過率
紫 外 部	200~ 380 nm	0.1 %未満
可 視 部	380~ 780 nm	0.55%
近 赤 外 部	800~1,300 nm	2.44%
中 赤 外 部	1,300~2,000 nm	38.61%

fluorescein に染色されるのみであった (図 3b)。高含水 SCL を装用した角膜では、溶接光照射直後、角膜の全域で fluorescein に染色された (図 4a)。

溶接光照射のかわりに、高含水 SCL を装用して赤外線温電法を施行した角膜は、溶接光照射直後の角膜と同様に fluorescein に染色された (図 4b)。

また、高含水 SCL を装用して、溶接光照射中、生食塩水を持続点眼を行った場合は、角膜は異常所見を示さなかった (図 5a)。

溶接光の角膜上皮に対する直接の影響を観察するため、CL、保護眼鏡を使用せず直接溶接光を照射した場合は、角膜表面は fluorescein に強く染色された。そして、その 6 時間後には角膜上皮は、溶接光照射直後よりも強く染色された (図 5b)。

角膜の組織学的所見：ガス透過性 HCL を装用して溶接光を照射した場合の角膜上皮には、ほとんど変化が見られず (図 6)。高含水 SCL 装用の場合は、角膜上皮の水胞化、脱落を認めた (図 7)。

熱の作用を調べるために、高含水 SCL を装用、赤外線温電法を行った場合、角膜上皮の脱落を認め、溶接光を照射したものと同様の变化を認めた (図 8)。

また CL、保護眼鏡を使用せず直接溶接光を照射した場合は、上皮の水胞化、脱落などの变化を認め、その程度は他に比べて強かった (図 9)。

溶接光照射 6 時間後の角膜上皮は、細胞間隙が大きくなり細胞質が粗になっていた (図 10)。

28% SCL を装用した角膜では上皮障害はガス透過

性 HCL を装用した場合よりは強いが、高含水 SCL を装用したときほど著しくなかった。

PAS 染色での角膜は、異常所見を認めなかった。

角膜の走査型電子顕微鏡の所見：ガス透過性 HCL を装用し、溶接光を照射した角膜上皮は、規則正しく配列し異常は認められなかったが、微絨毛の先端は融合が認められるが網目状の構造は保たれ大きな変化は認められなかった (図 11)。

高含水 SCL を装用した角膜上皮は、一部角膜の上皮が細胞境界で剝離しており、微絨毛の先端は融合し、数も減少し粗大となっていた (図 12)。

赤外線温電法を行った角膜上皮は細胞境界で一部剝離し、微絨毛の先端は融合し粗大となり高含水 SCL を装用した角膜のときと類似の変化を示した (図 13)。

CL、保護眼鏡を使用せず溶接光を照射した角膜上皮は、角膜の表層上皮が部分的に破れて剝離し、脱落傾向を示す部位も認められた (図 14)。

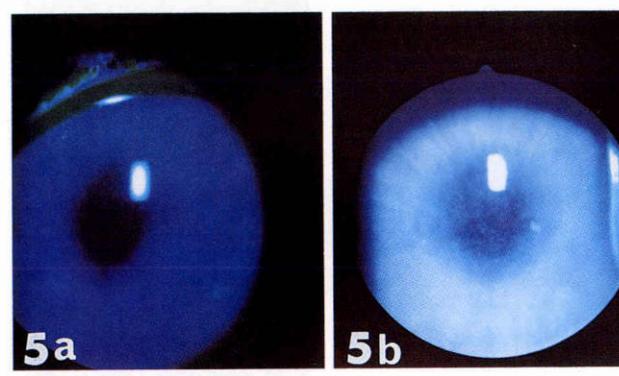
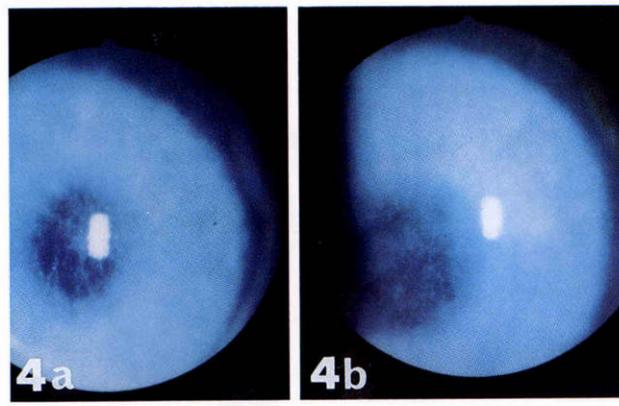
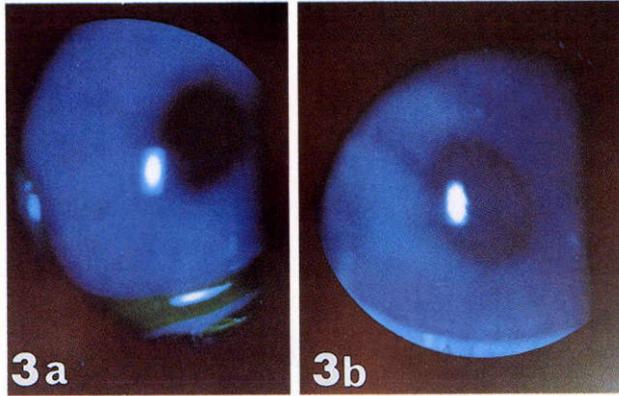
溶接光照射 6 時間後の角膜上皮は、表層上皮が細胞境界で剝離し、種々の程度に脱落した上皮が数多く認められた (図 15)。

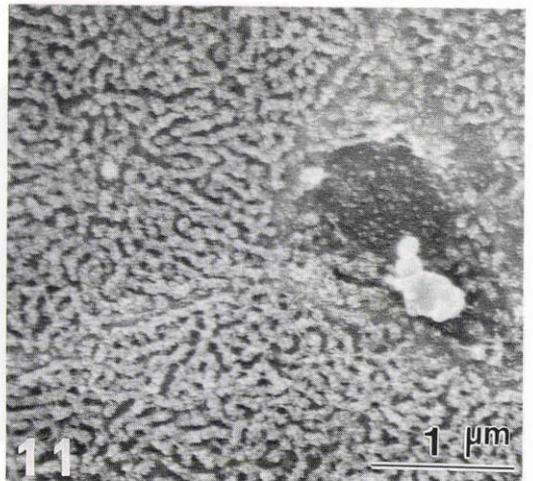
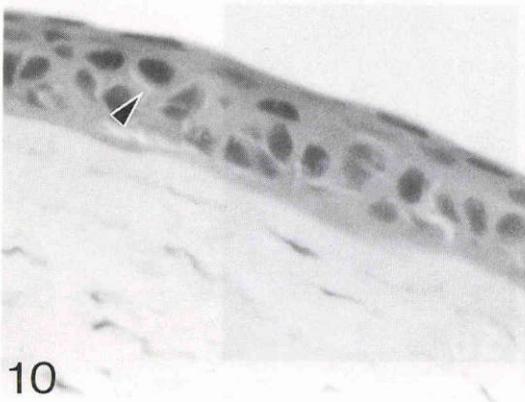
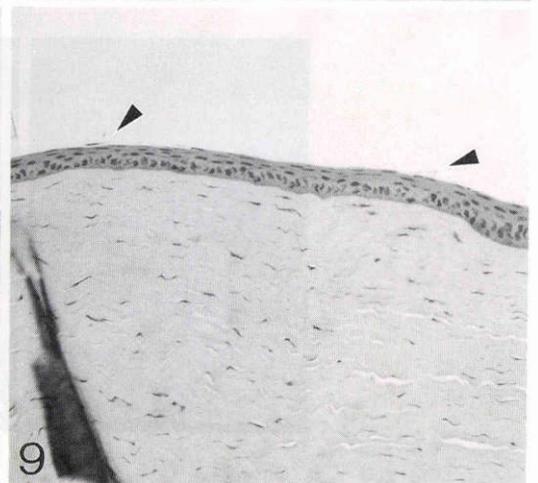
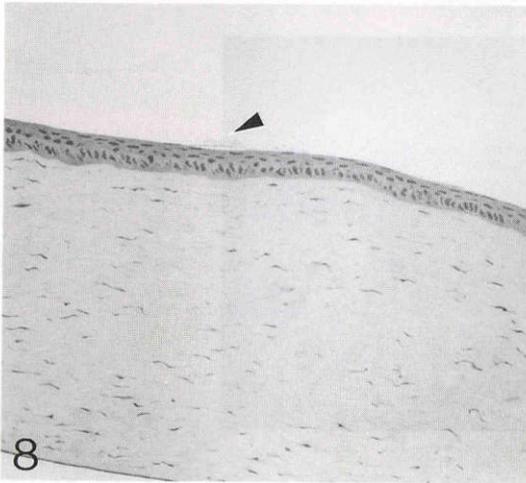
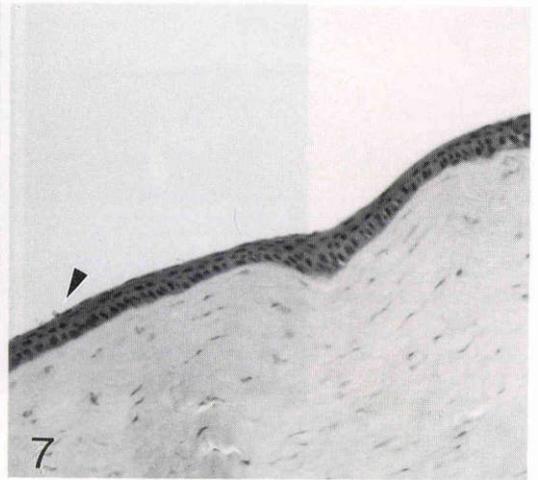
28% SCL を装用した角膜は、光学顕微鏡所見と同様に、ガス透過性 HCL と高含水 SCL の所見の中間を示した。

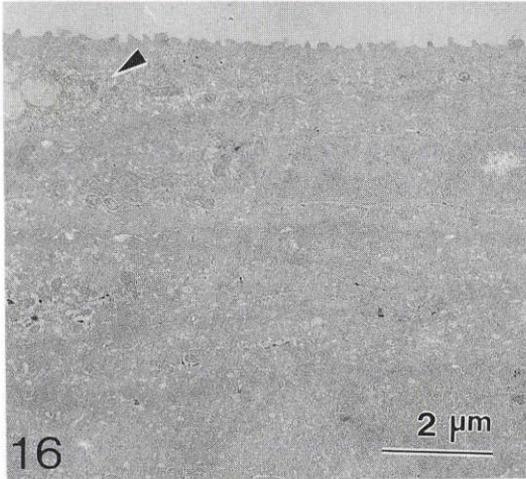
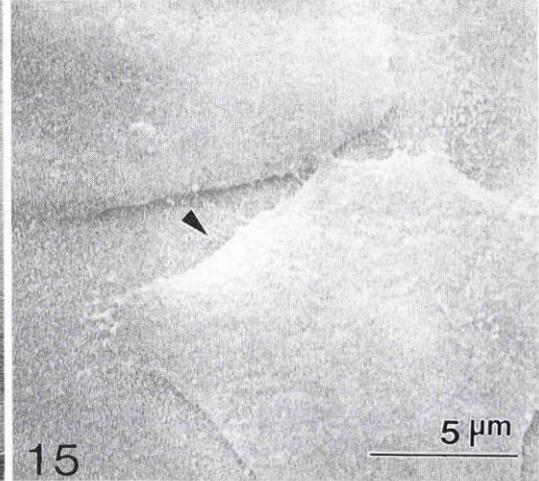
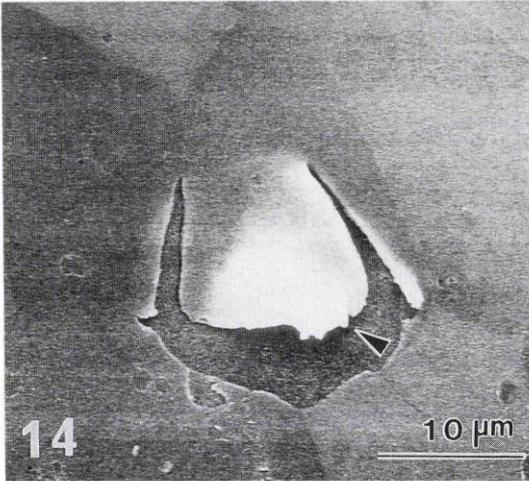
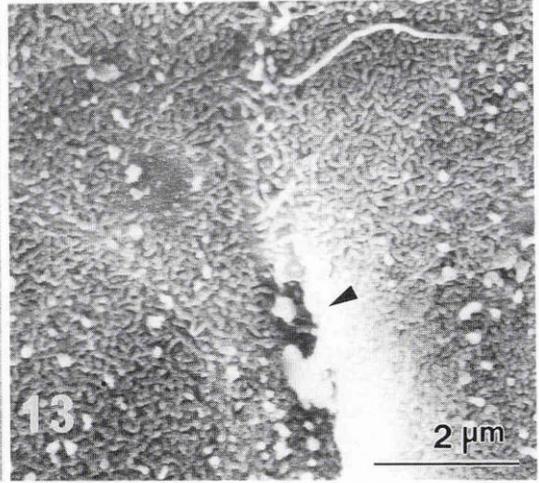
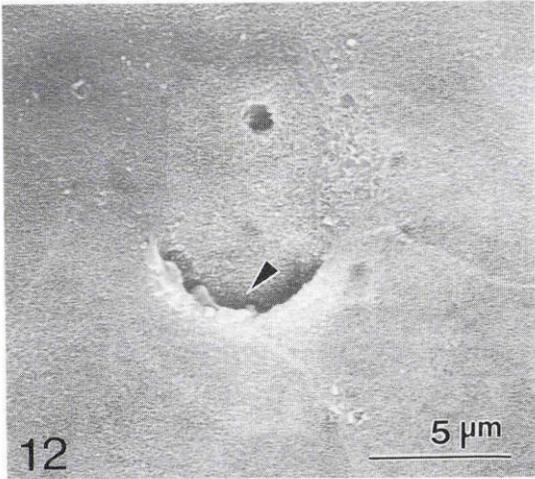
角膜の透過型電子顕微鏡の所見：ガス透過性 HCL を装用し、溶接光を照射した角膜上皮は、表層細胞の微絨毛はよく保存されていたが、表層細胞の小空胞形成が見られ小空胞周囲の細胞質は粗で電子密度が低く、浮腫を来していた (図 16)。

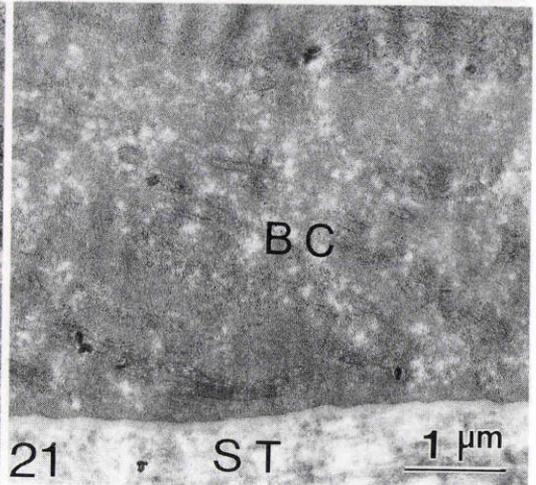
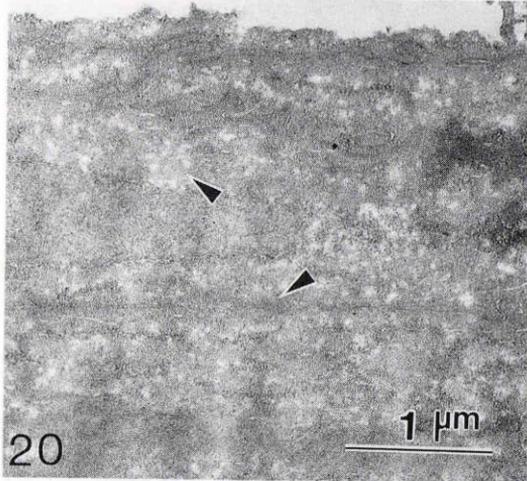
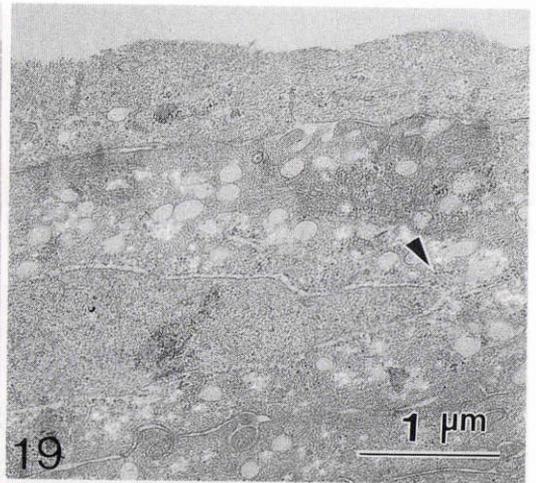
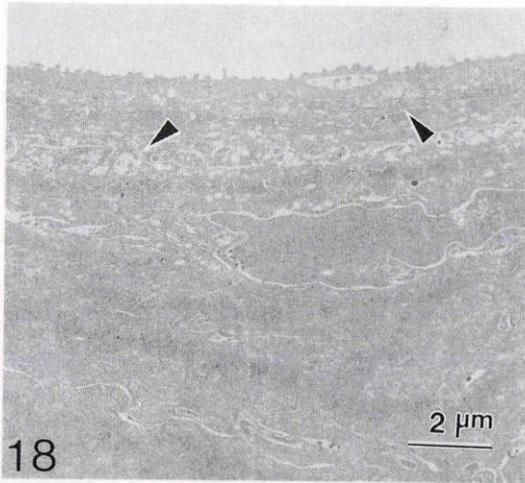
高含水 SCL を装用し、溶接光を照射した角膜の表層細胞およびその下の翼細胞に至るまで細胞質に多数の小空胞の形成、拡大を認めた (図 17)。

赤外線温電法を行った角膜は、高含水 SCL に溶接光を照射した場合と同様に、表層細胞の微絨毛は粗になり、表層細胞およびその下の翼細胞に至るまで細胞質に多数の小空胞の形成、拡大を認めたが、赤外線温電









法の方が小空胞の形成，拡大，細胞質の浮腫は著しいように見られた（図18）。

つぎにCL，保護眼鏡を使用せず溶接光を照射した角膜は，表層細胞の細胞膜は不明瞭で細胞質は粗となり，電子密度が低下して厚みを増し，細胞全体に浮腫を来していた。また，小空胞の形成，拡大は翼細胞にまで達していた（図19）。

溶接光照射6時間後の角膜は，表層細胞は細胞膜が消失して細胞質が露出し，小空胞が融合したような不規則な微小小空胞形成，浮腫像を認めた。また，隣接した細胞の上下の細胞膜も不明瞭であった。翼細胞は，リボゾームあるいはグリコーゲン顆粒と思われる微細顆粒が減少し，微細線維も減少していた。基底細胞は，小空胞の形成が著明で微細線維がやや粗となり基底細胞の基底側の細胞膜は平坦であったが，光学顕微鏡で

見られた様な隣接した細胞間の間腔の拡大は見出せなかった（図20，図21）。

28%SCLを装用した場合は，微絨毛は一部で粗となり，細胞質の小空胞形成は表層細胞に留っていた。

IV 考 按

溶接光による眼障害は，電気性眼炎として紫外線が原因と一般的に考えられているが，溶接光には有害光線となりうる赤外線，可視光線（特に青光），紫外線がすべて含まれている。しかし，通常は波長の関係で紫外線のみが角膜に障害を及ぼす⁶⁾。

紫外線による角膜上皮の障害に関する電子顕微鏡学的研究は，過去に多くの研究者により報告され，Hoffman, F.⁶⁾⁷⁾らは家兎眼に紫外線を照射し，走査型，透過型電子顕微鏡で観察し，微絨毛の消失などについて

述べている。また浜野ら⁸⁾⁹⁾、堀¹⁰⁾は CL による角膜上皮障害の観察も行っており、その結果として紫外線、CL による眼障害は予防されるようになった。しかし、最近外国において SCL を装用した溶接作業従事者に重篤な眼障害が生じ¹⁾、SCL および溶接作業と眼障害の関係について労働作業上、注目を集めているが、眼障害の解明とその対策についての実験的研究はなされていない。

Cogan¹¹⁾によれば紫外線の角膜に対する有害波長の頂点は288nm とされ、日本溶接協会¹²⁾によれば270nm とされている。今回の模擬実験において紫外部200~380nm を0.1%未満に保護眼鏡で遮光したにもかかわらず高含水 SCL 装用眼に溶接光を照射した場合は、角膜に電気性眼炎様の角膜障害を生じたため、この原因は、紫外線が直接の原因とは考えにくく他の原因によると推測された。そこで、この原因に関して、温度を指標として検討した。

角膜表面温度の研究は、Mapston¹³⁾、浜野^{14)~18)}、蒲山^{19)~21)}、平光²²⁾らによりサーモグラフィで行われてきたが、サーモグラフィによる測定は同一時間の温度分布の状態を観察するには非常に優れているが、測定場所、測定装置が大掛りなものとなり、実験によっては必ずしも目的に適した方法ではない。今回使用したサーモメーターは、細隙灯顕微鏡に装架することが可能で測定が非常に簡単で、容易にできることが利点と思われる。しかし、非接触型温度計であるため、測定可能なものは物体の表面温度であり、その深部を直接測定することは不可能であるが、表面温度の変化を問題とする温度変化のモニターとしては臨床上充分に有用と思われた。

その装置で、健常者の前眼部表面温度を測定してみたところ、角膜の表面温度の平均は $34.42 \pm 0.52^\circ\text{C}$ となり⁴⁾、Mapston¹³⁾の 34.8°C に近い値であり、十分に信頼できるものといえる。

そこで、今回は各種 CL を装用の上、溶接光を照射しこのサーモメーターで表面温度を測定したところ、高含水 SCL で溶接開始直後より温度上昇を示し、また細隙灯顕微鏡所見においても角膜障害を認めたことより、今回の角膜障害の原因として、熱が関与している可能性が考えられ、溶接光のかわりに赤外線温毒法を施行した。その結果、溶接光照射時と同様の变化を観察することができた。

またガス透過性 HCL では著変なく、含水 SCL で含水率が上昇するにしたがって角膜障害が増強したこと

より、この原因は角膜障害に溶接光が熱源として関与するだけでなく、溶接光の熱による CL の脱水率にも関与している可能性も考えられるため、脱水率も測定した。そして、生理食塩水を持続点眼するといった条件でも実験を施行した。結果は、Andrasko ら¹⁾の報告に比べて脱水率が非常に高いものとなったが、これは家兎眼に開眼器を使用した非常に過酷な実験であるためと思われた。しかし持続点眼を施行すると、脱水率も低くなり、角膜障害も認められなかった。

これらのこと、および保護眼鏡の光線透過率から溶接光中の赤外線が熱源として関与し、その熱源が高含水 SCL の脱水率を惹起し、その結果、CL の形状や CL 下の涙液の性状を変化させ角膜障害を生じさせたと考えられた。

赤外線は、物体に吸収されると熱作用を生じ、水谷ら³⁾は CL でも高含水 SCL は、赤外線を吸収しやすいと報告している。また含水 SCL 自体も生体眼に装用されると、その含水率が減少することが知られている。

つぎにこの角膜障害を病理組織学的に観察を行ったところ、この角膜障害は光学顕微鏡では上皮の脱落、水胞化であり、走査型電子顕微鏡では上皮細胞の境界部における剝離と、微絨毛の先端の融合、粗大化であった。そして透過型電子顕微鏡の観察で、その障害は表層上皮からその下2~3層あるいは翼細胞に至るまでの小空胞の拡大、細胞質の浮腫形成であり、溶接光を直接照射したものより障害が軽度であることが明らかとなった。溶接光を直接照射し6時間後の角膜を観察すると、日常の臨床でよく遭遇するように、時間の経過により角膜障害が増強していた。

溶接光を直接照射した角膜上皮の変化は、表層細胞の脱落や小空胞の形成、拡大、細胞質の浮腫形成で障害も深層にまで高度に及び Hoffman, F.ら⁷⁾の云う紫外線による眼障害と同様であった。しかし高含水 SCL 装用時に保護眼鏡を使用して溶接光を照射した今回の実験では、角膜上皮障害は角膜上皮の表層に限られ、紫外線のみによる障害の結果とは異なるものであった。

今回の結果より JIS 規格にあった保護眼鏡²³⁾を使用し、定められた環境で高含水 SCL を装用して溶接作業を行う場合、溶接作業中、眼は注視状態にあると考えられ、当然瞬目も減少しており、その際に今回の実験条件のような過酷な状態が加味されれば、HCL や眼鏡に比べて非常に危険性が増すことが明らかになり、使用上十分な注意が必要と考えられた。

欄筆に当たり、本研をご指導頂いた故鈴木昭弘教授および西田祥藏教授に感謝申しあげるとともに、表面温度測定に関してご指導頂いた本学生理学教室の小川徳雄教授に感謝申しあげます。

付図説明

表1 医用サーモメーターの概要

表2 各種CLの光線透過率

表3 遮光レンズの光線透過率

図1 表面温度変化

図2 5分間CL装用後の脱水率

図3a HCL装用時の溶接光照射後の細隙灯顕微鏡像。

図3b 低含水率SCL装用時の溶接光照射後の細隙灯顕微鏡像。

図4a 高含水率SCL装用時の溶接光照射後の細隙灯顕微鏡像。

図4b 高含水率SCL装用時に赤外線温電法を施行した細隙灯顕微鏡像。

図5a 高含水率SCLを装用し、溶接光照射中、生理食塩水の持続点眼を施行した細隙灯顕微鏡像。

図5b CL、保護眼鏡を使用せず溶接光照射6時間後の細隙灯顕微鏡像。

図6 HCL装用時の溶接光照射後の角膜中央上皮。角膜上皮は、ほぼ正常に保たれている。(HE染色, 原倍率×100)

図7 高含水SCL装用時の溶接光照射後の角膜中央上皮。角膜上皮の脱落を認める(矢印)。(HE染色, 原倍率×50)

図8 高含水SCL装用時に赤外線温電法を行なった角膜中央上皮。角膜上皮の水胞化, 脱落を認める(矢印)。(HE染色, 原倍率×50)

図9 CL、保護眼鏡を使用せず溶接光照射後の角膜中央上皮。角膜上皮の水胞化, 脱落を数多く認める(矢印)。(HE染色, 原倍率×50)

図10 CL、保護眼鏡を使用せず溶接光照射6時間後の角膜中央上皮。角膜上皮の細胞間隙が大きくなり(矢印), 細胞質が粗になっている。(HE染色, 原倍率×200)

図11 HCL装用時の溶接光照射後の角膜中央上皮走査型電子顕微鏡像。微絨毛の先端は融合しているが網目状の構造は保たれている(×19,000)。

図12 高含水SCL装用時の溶接光照射後の角膜中央上皮走査型電子顕微鏡像。一部角膜上皮が細胞境界で剥離している(矢印)。(×3,800)

図13 高含水SCL装用時に赤外線温電法を行なった角膜中央上皮走査型電子顕微鏡像。微絨毛の先端は融合し、角膜上皮は細胞境界で剥離している(矢印)。(×9,500)

図14 CL、保護眼鏡を使用せず溶接光照射後の角膜中央上皮走査型電子顕微鏡像。角膜上皮が剥離し、脱落

傾向を示す(矢印)。(×1,900)

図15 CL、保護眼鏡を使用せず溶接光照射6時間後の角膜中央上皮走査型電子顕微鏡像。角膜上皮の脱落を数多く認める(矢印)。(×3,800)

図16 HCL装用時の溶接光照射後の角膜中央上皮透過型電子顕微鏡像。角膜表層細胞に小空胞形成を認めた(矢印)。(×6,800)

図17 高含水SCL装用時の溶接光照射後の角膜中央上皮透過型電子顕微鏡像。角膜表層細胞, および翼細胞に至るまで小空胞の形成を認めた(矢印)。(×5,700)

図18 高含水SCL装用時に赤外線温電法を行なった角膜中央上皮透過型電子顕微鏡像。小空胞の形成, 拡大が著しい(矢印)。(×5,700)

図19 CL、保護眼鏡を使用せず溶接光照射後の角膜中央上皮透過型電子顕微鏡像。細胞質が粗となり, 電子密度が低下している(矢印)。(×19,000)

図20 CL、保護眼鏡を使用せず溶接光照射6時間後の角膜中央上皮透過型電子顕微鏡像。不規則な微細小空胞様形成と細胞膜の不鮮明化を認める(矢印)。(×19,000)

図21 CL、保護眼鏡を使用せず溶接光照射6時間後の角膜中央上皮基底部の透過型電子顕微鏡像。基底細胞側の細胞膜は、平坦であったが、光学顕微鏡で見られたような隣接細胞間の間腔の拡大は見出せなかった。(BC:角膜上皮基底細胞, ST:角膜実質)(×12,500)

文 献

- 1) The CLAO Board of Director: Policy statement on arc welding and contact lens wear. The CLAO Journal 9: 343, 1983.
- 2) Andrasko G: Hydrogel dehydration in various environments. Int Contact Lens Clin 10: 22-28, 1983.
- 3) 水谷 豊, 内藤久義: 各種CL材料における光線吸収特性. 日コレ誌 28: 270-274, 1986.
- 4) 近藤三博: 溶接光による角膜障害の実験的研究—各種CLの表面温度の変化について—. 日コレ誌 28: 198-202, 1986.
- 5) 小澤哲磨: 一般光源の眼に及ぼす影響. 眼科 24: 723-729, 1982.
- 6) Hoffmann F: The surface of epithelial cells of the cornea under the scanning electron microscope. Ophthalmol Res 3: 207-214, 1972.
- 7) Hoffmann F, Schweichel JU: The microvilli structure of the corneal epithelium of the rabbit in relation to cell function. Ophthalmol Res 4: 175-184, 1972.
- 8) 浜野 光, 平山公子, 堀 正樹: 走査型電子顕微鏡による角膜上皮の観察—コンタクトレンズ装用による影響—. 日コレ誌 13: 35-39, 1971.
- 9) 浜野 光, 堀 正樹, 平山公子: 角膜上皮におよぼ

- す Hard contact lens と Soft contact lens の影響. 日コレ誌 14: 29—37, 1972.
- 10) 堀 正樹: 角膜上皮の走査型電子顕微鏡的研究. 眼紀 31: 1335—1354, 1980.
 - 11) Cogan GD, Kinsey VE: Action spectrum of keratitis produced by ultraviolet radiation. Arch Ophthalmol 35: 670—677, 1946.
 - 12) 日本溶接協会編: 溶接アークからの有害光線に関する調査研究, 1984.
 - 13) Mapstone R: Ocular thermography. Brit J Ophthalmol 54: 751—754, 1970.
 - 14) 浜野 光, 南 茂夫: 赤外放射温度計. 眼紀 18: 1021—1045, 1967.
 - 15) 浜野 光, 南 茂夫他: 赤外線温度計によるコンタクトレンズ—装用眼の前眼部側温の試み—. 日コレ誌 9: 55—66, 1967.
 - 16) 浜野 光, 小松左江子他: Thermography による前眼部表面温度分布の観察. 日コレ誌 11: 67—70, 1969.
 - 17) 浜野 光, 小松左江子: Contact Lens 装用時の前眼部熱像写真. 日コレ誌 12: 21—27, 1970.
 - 18) 浜野 光, 堀 正樹他: コンタクトレンズと前眼部情報. 日コレ誌 18: 1—17, 1975.
 - 19) 蒲山俊夫, 鈴木 仁他: 眼科サーモグラフィの研究—サーモグラフィとその眼科領域への応用—. 日眼 83: 326—334, 1979.
 - 20) 蒲山俊夫: 眼科サーモグラフィの研究, 第2報, 正常者角膜面における温度分析. 日眼 84: 375—382, 1980.
 - 21) 蒲山俊夫: 眼科サーモグラフィの研究, 第3報, Thermal recover 法 (その1). 日眼 85: 156—160, 1981.
 - 22) 平光忠久, 馬嶋慶直: 眼科におけるサーモグラフィ的研究. 臨眼 30: 305—310, 1976.
 - 23) 森 五郎編: シャ光保護具, 1—18, 財団法人, 日本規格協会, 東京, 1980.
-