偏光した近赤外発光ダイオード光による 創傷治癒効果の基礎研究

Basic Study On Wound Healing Effect by Polarized
Near-infrared Light Using Light Emitting Diodes

御子柴憲彦 佐藤俊一 益子信郎 稲場文男 田口喜雄* 大原 到*
葛西森夫* 吉田 健** 浅井和弘**

Norihiko Mikoshiba, Shinro Mashiko, Shun-ichi Sato,
Humio Inaba, Yoshio Taguchi*, Itaru Ohara*
Morio Kasai*, Takeshi Yoshida** and Kazuhiro Asai**

東北大学電気通信研究所 *東北大学医学部第二外科 **東北工業大学

Research Institute of Electrical Communication ,
Tohoku University.*The 2nd Department of Surgery,
School of Medicine, Tohoku University.
**Tohoku Institute of Technology.

ABSTRACT

This is the second report of polarized near-infrared light using light emitting diodes to see its effect on wound healing.

A pair of fresh wounds were made on the back of 60 Guinea Pigs. One of them was irradiated , while the other was not irradiated. Three kinds of lights with different polarization were used for irradiation, i.e. linear , right-hand and left-hand . Each light was irradiated on three groups of animals. All except the left-hand type showed acceleratively effect on wound healing.

1 はじめに

最近、低エネルギーレーザー光の照射による生体刺激効果 (Biostimulation Effect) が、広く注目を集めている。これは生体に熱的破壊を起こさない程度の低出力・低エネルギーのレーザー光が生体に各種の刺激、活性作用を及ぼすというもので、その効果は創傷や難治性潰瘍の治癒促進、消炎、鎮痛作用、疼痛緩和、免疫系への影響、細胞分裂やDNAやRNAの合成の活性化等まであるといわれている。この生体刺激効果の作用機序

としては、光刺激による細胞代謝の活性化や血流の増加、偏光した電磁界による細胞膜の活性化等が提案されているが、明確なことはまだわかっていない。また、照射光についても、有効波長域や、最適光強度、あるいは最適照射時間などは明らかでなく、さらにはレーザー光の持つどの性質 (コヒーレント性、偏光性、干渉性、高エネルギー密度 など) が、光刺激を引き起こすのかさえはっきりしていない。近年、レーザー光以外のインコヒーレント光でも生体刺激効果があるという報

告も二、三みられる。

我々はこの生体刺激作用の作用機序や光の有効な特性等を調べる基礎的な研究として、モルモットに作製した実験的創傷に対する治療促進効果の実験を行ない定量的な検討を進めてきた。その結果、Arレーザ光照射により実験的創傷の治療促進効果がみられたこと¹⁾、また、近赤外域の発光ダイオード光においては無偏光状態では治療促進効果はみられなかったが、直線偏光成分に対してはその効果が認められたこと²⁾を報告してきた。今回は、近赤外発光ダイオード光から右および左の円偏光を分けて、それぞれモルモットに作製した創傷に照射しその治療促進効果を検討したので、その結果を報告する。

2 実験装置および方法

1) 実験装置

実験に用いた近赤外光照射装置はFig. 1に示すように電源部とプローブ部よりなっている。プローブ部には、近赤外域光源として日立製高出力発光ダイオード(HLP60RG, 波長820nm)を3個埋め込んでおり、さらに出力光を直線偏光や円偏光とするためのフィルターが取り付けられるようにしている。直線偏光は電磁界の振動方向が一定方向である光である。円偏光はその振動方向が光の進行方向に沿って回転してゆく光であって、観測者に向かって右まわりに生じるものを右円偏光、左まわりのものを左円偏光という。円偏光はFig. 2のようにして得られる。まず、無偏光状態の光を偏光フィルターにより直線偏光とする。得られた直

Fig. 1 使用した近赤外光照射装置

Fig. 2 直線偏光からの円偏光の分離

線偏光をさらに四分の一波長板に通す。四分の一波長板は、水平方向と垂直方向で光の伝搬速度が異なる材料を用いて、光が垂直に透過したあとその位相のずれがちょうど四分の一波長になるような厚さに作られている。直線偏光の偏波面が四分の一波長板の速軸（伝搬速度の速い方の軸）に対し $\pm 45^\circ$ の角度で入射するようにすると、それぞれ右および左の円偏光が得られる。今回の実験においては、直線偏光板と四分の一波長板が一体になっている、ポラロイド社製 CP-HN円偏光板を用いた。

2) 実験方法

実験対象として、室温 23°C に保たれた部屋で1ラットケージに5～7匹を一緒に飼育した体重約200gのメスモルモットを用いた。ペントバルビタール全身麻酔の下に、モルモットの背部の毛を短く刈り込み皮膚を露出させて、胸背部の脊椎より左右1cm、肋骨弓状1cmの部位に直径約1cmの円形皮膚創傷を1対、はさみで鋭的に作製した。創は皮膚および固有背筋を含む欠損とした。

一対の創傷のうち、右側を光照射側として各種の偏光を1日ごとに照射し、他方を非照射側とした。光照射と同時に、モルモットの体重、創傷の長径、短径の測定、および創傷の写真撮影を行ない、創傷面積は写真よりプランイメーターを用いて計測した。創傷の治療は、上皮が創面を被覆した状態とし、治療の判定は毎日行なった。また治療創は病理標本とした。

実験に用いた群は、左右の傷とも光照射を行わない対照群、直線偏光照射群、右円偏光照射群および左円偏光照射群の4つである。光照射面積は約 2cm²の領域とし、照射面光強度17 mw / cm²で120 秒照射、全エネルギー密度が 2 J / cm²となるようにした。

創傷初期面積は理論的には約80mm² のはずだが、背筋切除の際に多少拡張し、実際には約 100mm² ±20mm² になり少々値のばらつきがあり、比較に不都合と考えられる。そこで次式のような規格化を行なった。

$$\text{規格化創傷面積} = \frac{\text{創傷測定面積}}{\text{創傷初期面積}} \times 100$$

$$\text{規格化治癒日数} = \frac{\text{治癒日数}}{\text{創傷初期面積}} \times 100$$

以後、これらの値を単に創傷面積、および治癒日数と呼ぶことにする。

3. 実験結果

創傷面積の日変化による治癒曲線をFig. 3 に示す。これは対照群のもので曲線は最小2乗法でひいた2次の回帰曲線である。創傷の治癒過程は、作製後創縁が固まり面積が縮小する時期、痂皮ができ面積の変化が少ない時期、痂皮がとれ表皮が創面を覆い治癒に向かう時期とに別れている。光照射群においてもおおむねこのような治癒過程が生じる。Fig. 4.1 ~ 4.2には各光照射群の治癒日数の分布を示す。これはサンプル全体を100 %とし、治癒日数の短いサンプルが上になるようにして順々に分配列させたものである。Fig. 4.1 の直線偏光照射群においては、対照群に比べ光照射側の治癒日数が短めに分布していることがわかる。Fig. 4.2 は右円偏光照射群であるが、光照射側の治癒日数は分散は大きいものの対照群よりも短めに分布している。また非照射側の治癒日数も、対照群よりも短くなっている。

一方、Fig. 4.3 の左円偏光照射群においては光照射側、非照射側ともに対照群と重なっており、大きな差は見受けられない。

Fig.3 対照群の創傷の治癒曲線

Fig.4.1 直線偏光照射群の治癒日数の分布

Fig.4.2 右円偏光照射群の治癒日数の分布

Fig.4.3 左円偏光照射群の治癒日数の分布

Table 1 には、各光照射群の平均治癒日数、およびその標準偏差を示す。この表の結果について、危険率5%の t^2 検定を行なった。その結果、対照群に対して有意の差が認められた創傷は、直線偏光照射群の光照射側、および右円偏光照射群の非照射側であった。

4. 考察

一般にアミノ酸やブドウ糖には光学活性があり、またポリペプチドやヘモグロビン等の生体高分子は、可視域から近紫外域において波長によって左と右の円偏光の吸光度比が異なるということが知られている。今回の実験で右および左の円偏光間で、創傷治癒促進効果に差が認められたことは、細胞レベルでの生体高分子の光学活性との関連性を示唆しているように見受けられるが、この問題については今後の詳しい検討が必要であろう。

5. 結論

モルモットに作製した実験的創傷に近赤外高出力発光ダイオード光を直線偏光として照射したところ、光照射側の傷に治癒促進効果が確認された。同じく右円偏光の光では非照射側の傷にも治癒促進の傾向がみられた。しかし左円偏光の照射ではいずれの側にもそのような傾向は認められなかった。

参考文献

- 1) 益子、田久、稲場、田口、大原、葛西
日本レーザー医学会誌, 3, (1982) 553.
- 2) 益子、島元、稲場、田口、大原、葛西
日本レーザー医学会誌, 4, (1983) 187.

Table 1 モルモットに作製した実験的創傷に対する偏光した近赤外域LED光照射の規格化治癒日数による創傷治癒効果の比較

実験対象	規格化治癒日数 (日)	
	平均値	標準偏差
対照群	15.09	2.14
直線偏光		
非照射側	13.57	2.17
照射側	12.50	1.67
右円偏光		
非照射側	12.77	1.37
照射側	13.13	3.15
左円偏光		
非照射側	15.16	2.57
照射側	15.05	2.36