Nd : YAGレーザー照射が微小循環系 に及ぼす影響について

Effects of Nd:YAG Laser Irradiation on Microcirculation

船 登 章 嘉 , 若 林 始 , 松 本 光 吉

Akiyoshi Funato, Hajime Wakabayashi, Koukichi Matsumoto

昭 和 大 学 歯 学 部 第 一 保 存 学 教 室

Changes in the microcirculation after irradiation by Nd:YAG laser were evaluated using the "rabbit ear chamber" method. Morphological changes of the vascular network related to time elapsed after irradiation was observed by a microscope-video system. Findings such as vascular shrinkage, degeneration, coagulation and stasis associated with irradiation were recognized shortly after Nd:YAG laser was applied. When no change was noticed microscopically in the case of low-energy irradiation, transient increase of blood flow, determined by laser doppler flowmeter, was observed. The results suggest that the effects of Nd:YAG laser irradiation are primarily thermal, it has good hemostatic and coagulation ability, and some of the changes are nerve-mediated by low-energy irradiation.

緒言

組織の代謝や炎症と密接な関係にある微小循環系に対するレーザー照射の影響についての研究は、レーザー治療のメカニズムの探究や至適照射条件の決定にとって欠くことができない。

本研究の目的は、Nd:YAGレーザー照射後の微小循環系血管網における即時的变化及びその後の経時的な変化を観察し、その影響について考察することである。

材料と方法

微小循環の観察には、Rabbit Ear Chamber法を使用した。この方法は、家兎の耳介に装着した透明窓内部に再生する微小循環系血管網を生体顕微鏡的に観察する方法である。これを装着後約4週間で微小循環は再生を完了し、以後無麻酔下で同一血管網を数週間にわたって観察できる。被験動物は、通常飼育の雄の白色家兎（体重2.5～3.0Kg）を用いた。また、チェンバーは浅野型チェンバーを用いた。

微小循環系の観察は、Microscopy-Television systemにより行なった。

家兎を固定器に入れ、耳介のチェンバーを顕微鏡のFokal plane上に固定し、顕微鏡は、VTR systemに接続した。この方法は、直視することが危険なレーザー照射時の微小循環系の動態をTVモニター上で観察できるほか、VTRにより繰り返し検討できるという利点がある。この方法により、照射直後から約2週間に至るまでの微小循環系の変化を経時的に観察した。

血流量の計測は、レーザードップラー血流計PERIFLUXを用い、レーザー照射後のチェンバー内の血流量の変化を測定した。この装置により低エネルギーレーザー照射が微小循環動態に及ぼす影響を調べた。また、耳根部に浸潤麻酔(2%Lidocaine)をした後にも同様

の実験を行なった。

レーザー装置としては、オサダNd:YAGレーザーを使用した。この装置は、波長1064nm、連続波、出力は0～70W、照射時間は0.1～9.9秒の間で調節可能である。

顕微鏡下に血管網の再生したチェンバーを固定し、観察用ラウンドテーブル上の血管網にレーザーを照射した。

照射条件は、

出力 5,10,15Wの3段階
照射時間 0.1,0.5,1.0,1.5秒の4段階
照射距離 20mm
spot size 直径4.0mm である。

低エネルギー照射では、耳根部にも照射を行なった。

結果

Nd:YAGレーザー照射後の微小循環網の変化を表に示す。

	0.1秒	0.5秒	1.0秒	1.5秒
5W	-	-	-	+
10W	-	+	++	+++
15W	-	++	+++	+++

- : 著変無し。

+ : 軽度の収縮。

++ : 中等度の収縮や凝固。

+++ : 著明な止血、凝固。

以下、代表例について述べる。

5W 0.1秒, 5W 0.5秒 5W 1.0秒, 10W 0.1秒, 15W 0.1秒の照射例で、照射直後から30分間の観察では、微小循環系血管網の形態的变化や、血流の変化などは認められなかった。即ち、血管壁に収縮や破綻、白血球の粘着、赤血球の凝集、血栓の形成、組織の蒸散、血流の増減や方向の変化などは全く観察されなかった。

5W 1.5秒の照射例で、レーザー照射直後の所見。血球の変性や消失を伴って、空胞化した毛細血管が認められる。その損傷部に移行

する毛細血管内には赤血球の凝集が見られ、血流が停止していた。

2日後の所見。中心部には出血斑が現れ、その内側の細動脈は僅かに収縮していた。また傷害部に隣接した領域を走行している細静脈は著明に充血していた。

15W 0.5 秒の照射例で、レーザー照射直後の所見。照射野の細静脈は部分的に強度に収縮し血行停止に陥り、そこから分岐した血管枝や周囲の毛細血管の一部は消失していた。赤血球の漏出は無かった。その周囲では、トーンスを欠いて拡張した血管も一部に存在し、内部では、赤血球が凝集して血行が停止していた。

2日後の所見。細静脈の狭窄した部分で、糸状の血管腔を通じてわずかに血流が再開されていた。赤血球の漏出がわずかに見られた。

15W 1.5 秒の照射例で、レーザー照射直後の所見。照射野において、毛細血管の消失した領域が認められたが赤血球の漏出はなかった。境界部では先細りと硝子化の著しい毛細血管が存在し、これに隣接した部分では、やや拡張した毛細血管内に赤血球の凝集が生じ、細静脈でも収縮した血管内において微小血栓が観察され、血流は停滞していた。その外側では、血球群が半流動状を呈し著明な充血が認められた。

2日後の所見。血管の消失部を取り囲むように出血斑が出現していた。その内側においては、変性した血管の断片が点在し、その内部は変性した血球による無定形の物質で占められていた。周囲の血管網の充血は、改善され

ていたが、血行停止に陥っている領域はやや拡大していた。照射直後に充血を呈していた細静脈は、管径が縮小して血流速度が著しく遅くなっていた。観察用ラウンドテーブル全体の血行動態は傷害部を迂回するように変化し始めていた。

顕微鏡観察において微小循環系に変化を認めなかった低エネルギー照射では、レーザードップラー血流計により血流動態を、観察した。

矢印部は、レーザーの照射を示し、照射直後に一過性の血流量の増加が認められた。これは直ちに元に戻り、絶対量としては顕著なものではなかった。その直後に再度照射を行っても変化は見られなかったが、30分後に照射した場合には同様の変化が生じた。レーザーの照射部位を耳根部とした場合には、照射後30分以内の観察ではチェンバー内の血流量に変化が認められなかった。

aは局所麻酔、bはレーザー照射を示す。耳根部に局所麻酔後レーザーの照射を行っても血流量に変化は見られなかった。

討論

一過性の血流量の増大は、繰り返し照射や局所麻酔後には反応しないことから、単なる反応性の充血と考えるだけでなくレーザー光が細動脈壁に分布する神経線維を、一過性に麻痺させ、細動脈が拡張して生じたものとも考えられる。

Nd:YAGレーザーはCO₂ レーザーやArレーザーに比べて、より高い止血効果を有すると言われている。我々の実験でも、切断された微小血管は収縮して先端が細くなり、凝固した血球が血栓となって直後には殆ど内出血を認めず、Nd:YAGレーザーの高い止血能を裏付けた。

このように、高出力のNd:YAGレーザーの血管系への作用は、熱作用が主体であると思われるが、レーザーでは熱作用以外の作用、即ち電磁波としての作用などが神経介在性に影響を及ぼしている可能性も否定できない。