23. レーザー照射光の生体内浸透性に関する試験的検討

東海大学開発工学部 芝浦工業大学工学部

長澤 明範

加藤 一

緒 言

レーザー治療の治療効果を論じる場合には、まず治療対象部が曝射するレーザー光の実効強度を把握しておくことが必要不可欠であるが、実際にはそのような配慮がなされぬまま治療効果が議論されている場合が多い。とくに、体表から照射したレーザー光の浸透光を体内病巣に曝射して治療する一般的なレーザー治療法においては、これは極めて重大な問題であるにもかかわらず軽視されがちで、体内に浸透するレーザー光の分布はその空間分布とほぼ同様であると錯覚したままレーザー治療が行われ、その結果が安易に議論、評価されている嫌すらある。

著者らは通常のレーザー透射療法の治療効果を可及的に向上するために、体表に照射したレーザー光の体内浸透強度を増強するノーハウに関する研究を企てた。今回はその基礎的研究として、生体に加えた極めて一般的な負荷（加圧、加温、冷却）に伴うレーザー光の生体組織内浸透性の変化について試験的な検討を試み、その結果を局所血流動態の変動に基づいて考察を行った。

実験方法

人体の可及的に厚みの薄い部分として、手の母指～第2指間の母指内転筋部（合谷穴のやや外側部）を選定し、その一方の皮膚面からレーザー光を照射し、その裏側への透過光強度をパワーメーター（OPHIR 社製 JLP-03）で測定した。レーザー光が透過する対象組織の厚みは約10mmに設定し、パワーメーターの受光面に4mmφの窓を設けた金属板を装着して透過光強度を測定した。手に加圧、加温、冷却等の一般的な負荷を加え、これに伴うレーザー透過光強度の変動を測定して、負荷のレーザー組織浸透性に

及ぼす効果の評価を試みた。

本実験に用いたレーザー装置は、生体組織透過性の異なる3種類のレーザー、①GaAlAsレーザー（Forluk, 波長0.83μm, 出力40mW）、②He:Ne レーザー（Soft laser 632, 波長0.6328μm, 出力6mW）および③Ar⁺ レーザー（590 ACM, 波長0.418～0.515μm 混合波, 出力0.2W）……いずれも連続発振, unfocused beam ……を用いた。パワーメーターの出力はマルチレコーダー（MC6625, グラティック）へ入力して透過光強度の経時的変動を記録した。生体への負荷の方法は、①前腕部加圧：上腕部にマンシェットを巻いて30mmHgで2分間、60mmHgで2分間、90mmHgで2分間、段階的に前腕部を圧迫。②手部加温：手の表面をヘアドライヤーの温風で2分間加温。手部冷却：手にエタノールを噴霧したのち、ヘアドライヤーの冷風でこれを気化して手を2分間冷却した。

実験結果

本実験の結果を表1に示す。3種のレーザー共に次のような結果が得られた。即ち、①上腕部圧迫の場合は、圧力に応じて透過光強度はほぼ段階的に減少した。②手部加温の場合も加温に伴って透過光強度は減少した。③手部冷却の場合は、透過光強度は増加した。各負荷の浸透光強度への影響は Ar⁺ L ≫ GaAlAs L ≫ HeNe L であった。

検 討

生体組織内における光の減衰は主として血液中の赤血球による吸収に依存するものと考えられる。そこでレーザー血流計ALF21RD（アドバンス社製）を用いて血流動態の観点から本実験結果の検討を試みた。C型極小プローブを実験

(38) 医 器 学 Vol. 67, No. 10 (1997)

対象部に貼付して、前記の各負荷を加えたときのMASS（血液量）、VELOCITY（血流速度）、FLOW（血流量）を測定した。血液の光吸収の主因子の赤血球量の変動はMASSで評価することができる。しかし、血流中の光吸収度は血液の流れ運動に対する相対血球密度として考える必要があり、MASSとVELOCITYを合わせて検討する必要がある。MASSが一定の場合はVELOCITYが小さいほど血球密度は大となり、これが大きいほど血球密度は小さくなる。①上腕部圧迫の場合は、圧迫によってVELOCITYは低下するがMASSはさほど低下せず、圧迫の初期にはむしろ増加傾向にある。この場合、動静脈同時圧迫のため、血液の局所貯留が生じ、血球密度が上昇してレーザー光の透過性が減少するものと考えられる。②手部加温の場合は、加温に伴ってMASSは直ちに上昇するが、VELOCITYは初めやや減少傾向を示したのち緩徐に上昇する。これは加温によって血管が拡張するため、血流量が増加して

も血流速度はさほど顕著な上昇を示さないものと考えられ、その結果局所充血に傾いてレーザー光の透過性が減少するものと考えられる。③手部冷却の場合は、冷却に伴ってMASS、VELOCITY共に低下するが、これは血管の収縮によるもので、この場合は①の圧迫の場合のように血液の鬱滞ではなく、局所貧血に傾いてレーザー光の透過性が増加するものと考えられる。

結 論

レーザー光の生体内浸透性向上に関する基礎的、実験的検討を行った。その結果、鬱血や充血など局所に血液を貯留させるような負荷は光浸透性を低下し、局所貧血を構築する場合には光浸透性を向上することがわかった。適切な局所冷却や血管収縮剤の局所注射はレーザー治療効果を向上する有用な副操作法となることが示唆された。

a 上 腕 加 圧

	加 圧 前	30mmHg 2分	60mmHg 2分	90mmHg 2分
HeNe L.	1.00 (0.37 μ W)	0.89	0.85	0.82
GaAlAs L.	1.00 (8.6 μ W)	0.76	0.70	0.64
Ar ⁺ L.	1.00 (0.063 μ W)	0.65	0.50	0.47

b 温 風 加 温

	加 温 前	加 温 2分	加 温 後 1分
HeNe L.	1.00 (0.30 μ W)	0.90	0.85
GaAlAs L.	1.00 (5.0 μ W)	0.83	0.74
Ar ⁺ L.	1.00 (0.096 μ W)	0.70	0.63

c エタノール冷却

	冷 却 前	冷 却 2分	冷 却 後 1分
HeNe L.	1.00 (0.27 μ W)	1.11	1.20
GaAlAs L.	1.00 (5.50 μ W)	1.33	1.23
Ar ⁺ L.	1.00 (0.048 μ W)	1.43	1.36

表 1 体表（母指内転筋部）へ照射したレーザー光の各負荷に伴う透過光強度（負荷前に対する比率）
※（ ）内は透過光強度（4mmφの円形穴に対する光パワー）