原著

ORIGINAL ARTICLE

脳性麻痺頸部レーザー照射による総頸動脈血流変化の検討

朝貝 芳美

信濃医療福祉センター 整形外科

(平成19年10月20日受理, 平成19年12月7日掲載決定)

Assessment of Changes in Carotid Blood Flow Following Laser Irradiation of the Neck in Cerebral Palsy

Yoshimi Asagai

Department of orthopedic Surgery, Shinano Handicapped Children's Hospital

(Received October 20, 2007, Accepted December 7, 2007)

要 旨

Low Level laser therapy (LLLT)後の血流改善の報告は多く、動物実験では血管拡張や血流改善が報告されているが、人体内の血流変化を非侵襲的、経時的に観察した報告は少ない。今回、Doppler color flow imagingを用いて非侵襲的に頸部照射前後の総頸動脈血流変化を経時的に観察した。出力や照射時間により血流変化に違いはあるが、照射後、照射側総頸動脈、非照射側総頸動脈ともに血管断面積の拡大、血管径の拡張、血流量の増加がみられ1時間以上持続した。照射側血管断面積は最大69%拡大、血管径は最大31%拡張、血流量は最大74%増加した。非照射側でも血管断面積は最大52%拡大、血管径は最大21%拡張、血流量は最大71%増加した。照射側、非照射側ともに最大流速、最小流速、平均流速には明らかな変化はみられなかった。

キーワード：総頸動脈、血流、脳性麻痺、低反応レーザー治療、カラードブラー

Abstract

There are several reports on improvement of blood flow following Low Level laser therapy (LLLT), and reports on actual vessel dilatation and blood flow enhancement has been observed in animal models. However there are no reports on changes in blood flow observed in human subjects using a non-invasive method for any duration of time. In this study, we used non-invasive Doppler color flow imaging to observe changes in the blood flow of the common carotid artery following laser irradiation to the lateral neck region. Laser output- and dose-dependent differences in the blood flow were observed, but there was also an increase in the diameter and cross-sectional area of vessels. Increased blood flow was noted in the common carotid artery of both the irradiated and unirradiated side, which lasted for over 1 hour after laser irradiation. The maximum increase in the cross-sectional area, vessel diameter and the blood flow on the irradiated side were 69%, 31% and 74% respectively. On the unirradiated side the maximum increase of the cross-sectional area, vessel diameter and blood flow were 52%, 21% and 71% respectively. There were no changes observed in the maximum, minimum or average blood flow velocity of either the irradiated or unirradiated side.

Key words: common carotid artery, blood flow, cerebral palsy, low level laser therapy, Doppler color flow imaging

1. 目的

我々は1991年から脳性麻痺例の筋緊張抑制, 小児大腿骨頭壊死の予防と治療などにLLLТを応用し成果を上げている^{1,2)}. LLLТの作用機序として組織血流の改善があり, 我々もthermographyを用いて脳性麻痺例のLLLТ後表面皮膚温の変化を報告してきた^{3,4)}.

LLLТの照射部位, 出力, 照射時間など照射条件に関しては様々な方法があり統一されていない. 照射条件の違いによる生体内血流の変化を客観的に捉えLLLТの照射方法確立の一助とするために, Doppler color flow imagingを用いて非侵襲的に脳性麻痺頸部照射前後の総頸動脈血流を経時的に観察し変化を検討した.

2. 対象と方法

痙直型脳性麻痺12例, 男子7名, 女子5名, 年齢15~18歳, 平均16歳. 使用機器はミナト医科学JQ305, GaAlAs半導体レーザー, 波長830nm, 連続波で接触照射を用いた (Fig.1). 照射部位は右側側頸部, 照射条件は出力100mw, 照射時間1分, 1プローブと180mW, 照射時間5分, 2プローブの異なった2つの条件とした. スポットサイズは0.35mm², パワー密度は出力100mWで28w/cm², 出力180mWで50w/cm², エネルギー密度は出力と照射時間により288.3J/cm²~30,000J/cm²である. 超音波機器はアロカ社製Prosound SSD-3500SV, 表在用電子リニア探触子, 幅29mmを用いた. 患児を仰臥位とし, 両側総頸動脈の長軸像で血管壁が平衡になる画像を描出し, 心臓収縮期の画像を撮像した (Fig.2). 計測項目は最大流速, 最小流速, 平均流速, 血管断面積, 血管径, 血流量である. レーザー照射前に5回計測し, 平均値をそれぞれの項目のベースラインとしてレーザー照射後の変化 (%) を検討した.

研究は施設内倫理委員会の承諾および本人と家族の承諾を得て実施した.

3. 結果

レーザー照射前12例のベースラインデータの再現性について, 両側の血管断面積, 血管径, 血流量それぞれ5回計測し平均値の標準偏差を検討した. 標準偏差は血管断面積0.01~0.08, 血管径0~0.93で結果は安定していたが, 血流量の標準偏差は12.3~68.6で結果にばらつきがあり, データの再現性にはやや問題がみられた.

出力100mW, 1プローブ, 1分照射では全項目に明らかな変化はなかった. 出力180mW, 2プローブ, 5分照射では最大流速, 最小流速, 平均流速に明らかな変化はなかったが, 血管断面積, 血管径, 血流量には照射側, 非照射側ともに変化がみられた.

照射側血管断面積, 血管径は1分後, 血流量は照射3分後から有意に増加し, 3分後にはピークとなり1時間以上持続した. 照射後の血管断面積は平均7.9~26.1%, 最大68.6%増加し, 50分までは有意に増加した (Fig.3). 血管径は平均6.5~11.4%, 最大31.1%増加し, 60分まで有意に増加した (Fig.4), 血流量は平均8.7~23.5%, 最大74%

Fig.1 GaAlAs diode laser

Fig.2 Measurement set-up illustrated.

増加し, 1分と40分を除いて有意に増加した (Fig.5).

非照射側血管断面積, 血管径, 血流量は照射後10分頃から有意に増加し15分後にはピークとなり1時間以上持続した. 照射後10分以後の血管断面積は平均14.8~27.1%, 最大52.4%増加し, 60分まで有意に増加した (Fig.6). 血管径は平均6.4~14.0%, 最大21.3%増加し, 60分まで有意に増加した (Fig.7), 血流量は平均9.4~31.6%, 最大70.7%増加し, 50分まで有意に増加した (Fig.8). 照射側と非照射側の変化を平均値で経時的に比較すると, 血管断面積, 血管径は20分以降, 血流量は30分以降に非照射側の増加が照射側より大きい傾向がみられた (Fig.9, 10, 11).

症例 15歳 女子 脳性麻痺痙直型

照射3分後照射側総頸動脈血管断面積52%, 血管径23%, 血流量は87%増加がみられた. 2時間経過しても照射側総頸動脈血管断面積16%, 血管径23%, 血流量は74%増加がみられた (Fig.12). 照射20分後, 非照射側総頸動脈血管断面積28%, 血管径14%, 血流量は30%増加がみられた. 1時間後非照射側総頸動脈血管断面積28%, 血管径14%, 血流量は30%増加がみられた (Fig.13).

Fig.3 The cross section area of laser irradiated side increased on average by 7.9% to 26.1% with a maximum of 68.6%. The significant increase lasted until 50 min post-irradiation. (* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$)

Fig.6 The cross section area of the non laser irradiated side increased on average by 14.8% to 27.1% with a maximum increase of 52.4%. The significant change lasted up till 60 minutes. (* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$)

Fig.4 Vessel diameter increased on average by 6.5% to 11.4% with a maximum increase of 31.1%. The significant increase lasted until 60 min post-lasted irradiation. (* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$)

Fig.7 Vessel diameter increased on average by 6.4% to 14.0% with a maximum increase of 21.3%. This increase was seen up to 60 minutes post- laser irradiation. (* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$)

Fig.5 Blood flow volume increased on average by 8.7% to 23.5% with a maximum increase of 74%. A significant increase was seen at all measurement points, with the exception of the measurements at 1 minute and 40 minutes. (* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$)

Fig.8 Blood flow volume increased on average by 9.4% to 31.6% with a maximum increase of 70.7%. The significant increase was seen up till 50 minutes. (* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$)

Fig.9,10,11

When comparing the laser irradiated side with the non-laser irradiated side, greater changes were seen on the non-laser irradiated side concerning the cross section area and vessel diameter at 20 minutes and blood flow volume 30 min post-laser irradiation.

4. 考察

LLLTの微小循環への影響については、2000年前川らのラット小腸腸間膜細動脈の報告があり、細動脈径は1分以内に急速に増大し、照射前の120%まで増大。赤血球速度は少し遅れて5分以内に明らかに増加し、130%まで増加。血流は1分以内に急速な増加を示し、30分まで増加は続き、200%まで増加しプラトーとなったと報告している⁵⁾。LLLTと動脈血流の変化はいくつかの報告が

Fig.12 15-year-old female with spastic type cerebral palsy, laser irradiated side. At 3 min post-laser irradiation, the cross section area of the common carotid artery, vessel diameter and blood flow volume of the laser irradiated side increased by 52%, 23% and 87% respectively. Even at 2 hr post-laser irradiation increases in the cross-sectional area, vessel diameter, and blood flow volume of the laser irradiated side could still be observed of 28%, 14%, and 30% respectively.

あり1992年Gal D et alが動脈硬化豚の照射後動脈拡張について血管造影を用いて報告した⁶⁾。1996年Kubota Jらはラット皮膚の血流が照射30分後には明らかに増加したことを報告した⁷⁾。2000年には宮澤らが猫総頸動脈を結紮し不完全狭窄を作成した群で照射後有意に血流が増加し5分後22%、30分後34%増加した、非狭窄群では照射後変化がなかったことを報告した⁸⁾。我々のサーモグラフィーを用いた検討でも、正常例にはLLLT後皮膚温変化

Non laser irradiated side (Pre irradiation)

20 minutes post irradiation

1hour post irradiation

Fig.13 Same patient as in Fig.12, common carotid artery on the non laser irradiated side. Twenty minutes post-laser irradiation, the cross-sectional area and diameter of the non-laser irradiated vessel increased by 28% and 14% respectively. Blood flow volume increased by 30%. Increases in the vessel cross section area and diameter of 28% and 14%, respectively and an increased blood flow volume of 30% could still be observed one hour post irradiation.

はみられなかったが、脳性麻痺例では末梢循環不全や交感神経優位の状態が改善され全身の皮膚温に変化がみられている⁴⁾。今回、脳性麻痺例の総頸動脈の血流変化では照射出力、照射時間により違いはあるが、出力180mW、2プローブ、5分照射では最大流速、最小流速、平均流速に明らかな変化はなかったが、血管断面積、血管径、血流量には照射側、非照射側ともに変化がみられた。照射側、非照射側ともに最大流速、最小流速、平均流速には明らかな変化はみられなかった理由としては、総頸動脈の拡張により血流量は増加したが流速には変化がみられなかったと考えられる。

総頸動脈では前川のラット細動脈径、血流の変化よりやや遅れて変化し、総頸動脈血管径で最大でも照射側

31.1%、非照射側で21.3%であり、血流量も最照射側74%、非照射側70.7%と変化の程度もラット細動脈と比較して少なかった。照射側では照射後1分での変化は少なかったが3分にはほぼプラトーとなり1時間以上持続した。非照射側でも照射後15分頃プラトーとなり1時間以上持続し、LLLの生体循環系に対する影響は非照射側にも及び、1時間以上続くことが明らかになった。

Doppler color flow imagingを用いた血流の検査は、検査手技に習熟が必要で、再現性にはやや問題がある。照射前の測定を5回行いその平均値をベースラインとし、また照射後計測を左右継続して行い測定回数を増やすことで測定結果の信頼性を高めた。

今後、照射条件を変化させることによる血流変化を客観的に捉え、LLL照射方法、照射条件確立のための一助としたい。

5. 結論

- 1) 人体内におけるLLL前後の血流変化をDoppler color flow imagingを用いて客観的、経時的に測定した。
- 2) 総頸動脈のLLL後血流変化は出力や照射時間など照射条件による違いはあるが、照射側では照射後1分頃から血管断面積の拡大、血管径の拡張が有意にみられ、血流量は3分後から有意に増加がみられ、すぐにプラトーとなり1時間以上持続した。
- 3) 非照射側でも照射後10分頃には血管断面積の拡大、血管径の拡張、血流量の有意な増加がみられ、照射後15分頃プラトーとなり1時間以上持続した。

参考文献

- 1) Asagai Y., Kanai H., Miura Y., Ohshiro T.: Application of low reactive-level laser therapy (LLL) in the functional training of cerebral palsy patients. *Laser Therapy*, 6: 195-201, 1994.
- 2) Asagai Y., Watanabe Y., Yamamoto K.: Application of infrared irradiation therapy to Perthes disease. *Laser Therapy*, 15: 105-113, 2006.
- 3) Asagai Y., Ueno R., Miura Y., Ohshiro T.: Application of low reactive-level laser therapy (LLL) in patients with cerebral palsy of the adult tension athetosis type. *Laser Therapy*, 7: 113-118, 1995.
- 4) Asagai Y., Imakire A., Ohshiro T.: Thermographic effects of laser therapy in patients with cerebral palsy. *Laser Therapy* 12: 12-15, 2000.
- 5) Maegawa Y., Itoh T., Hosokawa T., Yaegahsi K., Nishi M.: Effects of near-infrared low level laser irradiation on microcirculation. *Lasers Surg Med*, 27: 427-437, 2000.
- 6) Gal D., Chokshi SK., Mosseri M., Clarke R.H., Isner J.M.: Percutaneous delivery of low-level laser energy reverses histamine-induced spasm in atherosclerotic Yucatan microswine. *Circulation*, 85: 756-768, 1992.
- 7) Kubota J., Ohshiro T.: The effects of diode laser LLLT on flap survival: measurement of flap microcirculation with laser speckle flowmetry. *Laser Therapy*, 8: 241-246, 1996.
- 8) 宮澤一治, 河谷正仁, 西川俊明: 猫上頸神経節への半導体レーザー照射が交感神経活動と頸動脈血流量に及ぼす影響. *ペインクリニック*, 21: 553-561, 2000.

著者紹介

朝貝 芳美 (Yoshimi Asagai)

1976年 東京医科大学卒業。同大学整形外科入局。1980年 信濃整肢療護園 医員として出張。1982年 同上から帰任し助手として整形外科教室勤務。1985年 信濃医療福祉センター副所長として派遣。1986年 信濃医療福祉センター所長として勤務。1993年 東京医科大学 派遣講師。2001年 東京医科大学 派遣助教授。2003年 東京医科大学 派遣教授。2005年 社会福祉法人信濃医療福祉センター理事長。