

光明穴鍼刺激の眼循環動態に及ぼす影響

水上まゆみ¹⁾、矢野 忠²⁾、山田 潤³⁾

1) 明治鍼灸大学大学院 鍼灸臨床医学Ⅱ

2) 明治鍼灸大学健康鍼灸医学教室

3) 明治鍼灸大学眼科学教室

Effects of Ocular Circulation by Acupuncture Stimulation on Guangming (GB37)

Mayumi MIZUKAMI¹⁾, Tadashi YANO²⁾, Jun YAMADA³⁾

1) Graduate, Meiji University of Oriental Medicine

2) Department of Health, Meiji University of Oriental Medicine

3) Department of Ophthalmology, Meiji University of Oriental Medicine

Summary

This study was conducted on 82 nonsmoking healthy young volunteers divided into two groups. The GB37 group consisted of 39 people who were subjected to stimulation of the Guangming (GB37), and the control group consisted of 43 people who were not so stimulated. Blood-flow velocity and pulsatility index (PI) in the central retinal artery (CRA) of the right eye were measured using Color Doppler imaging. Blood pressure and heart rate were also measured at the same time. The type of stimulus was acupuncture applied on the right GB37 with the needle retained for 15 min. Seven measurements were made at intervals of 7.5 min during a 45-minute period while the subject was in the sitting position. The GB37 group was first measured just before stimulation and observed for 30 min after the needle was removed. There were significant differences in blood-flow velocity and PI between the two groups. In the GB37 group, blood-flow velocity in the CRA increased remarkably and PI decreased remarkably. These values scarcely changed in the control group. There were no significant differences in blood pressure or heart rate between the two groups. These results suggest that acupuncture stimulus on GB37 changes the circulation of CRA by a mechanism other than blood pressure, resulting in an increase in retinal blood-flow volume.

Key words : Color Doppler imaging, acupuncture, Guangming (GB37), central retinal artery, blood flow velocity

I 緒言

古来、眼症状や眼疾患に効くとされる経穴は目の周辺部だけでなく、頭部から四肢末梢部に至るまで広範囲に点在しており、眼精疲労や視力改善などを目的として鍼灸治療に用いられている。その臨床的効果機序のひとつとして眼循環の改善が指摘されているが、それらに関する研究は少なく、中でも遠隔部経穴に関する検討はほとんど無い¹⁻⁶⁾。

そこで本研究では、眼症状や眼疾患に選択的に使われる遠隔部経穴の中から下腿外側にある光明穴を選び、網膜中心動脈 (central retinal artery, 以下CRA) の血流速と血管抵抗指数 (pulsatility index, 以下PI) を指標として、遠隔部経穴鍼刺激が眼循環に及ぼす影響について検討した。

II 対象と方法

1. 対 象

十分なインフォームド・コンセントにより協力を得られた非喫煙健康成人82名を対象とし、無刺激対照群 (以下対照群) と光明穴刺激群 (以下光明群) に割付けた。割付けは、実験直前に封筒法にて行い、対照群は43名 (男性21名、女

性22名、年齢 20.8 ± 3.8 歳 (mean $\pm$ 標準偏差 [以下、SD]、以下同様)、光明群は39名 (男性17名、女性22名、年齢 21.4 ± 3.8 歳) とした。なお、本研究は本学倫理委員会の承認を得た上で行った。

2. 測定機器

眼循環の測定には、東芝社製超音波カラードブラ診断装置SSA-390Aを使用し、超音波プローブは低流速の血流を検出できる7.5MHzの表在血管用を用いた。血圧・心拍数の測定にはCRITIKON社製全自動電子血圧計ダイナップ1864Pを用いた。

3. 実験方法

1) 鍼刺激

光明穴 (膝隙点の高さの最外側と外果頂点の間で、外果頂点から5/16)⁷⁾ の部位をFig.1に示す。両下腿外側にある光明穴のうち、本実験では右光明穴のみに15分間の置鍼をした。鍼は18号40mm鍼 (セイリン社製ディスプレイ鍼で直径0.18mm、長さ40mm) を使用し、ゆっくり刺入した後、得気 (鍼刺激によって

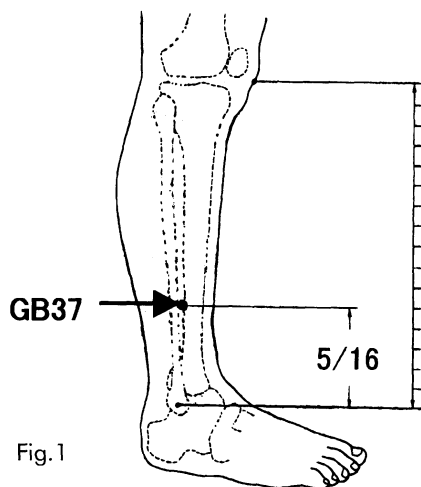


Fig.1

From reference 7), alteration

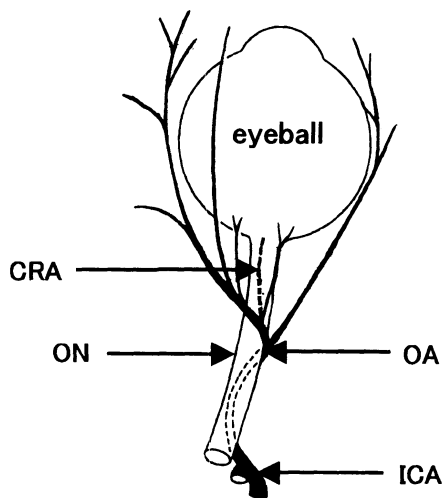


Fig.2

CRA ; central retinal artery
OA ; ophthalmic artery
ICA ; internal carotid artery
ON ; optic nerve

From reference 8), alteration

生じる独特の感覚で、一般に「重だるさ」と表現される)を得た深さで鍼を留置した。ただし、20mmの刺入で得氣を得られなかった場合はそのままそこで留置し、得氣なしとした。

2) 測定部位

眼窩の模式図⁸⁾をFig.2に示す。測定部位はCRAが確実に視神経に入っているところとした。測定は水平方向補正角度10度未満の場合に限定し角度補正は行わなかった。また、成瀬らの同側・対側いずれの合谷穴刺激でも片側網脈絡膜血流増加を示したとの報告²⁾を参考に、測定は右側のみとした。

3) 実験工程

被験者は坐位姿勢とし、上腕部に自動電子血圧計を装着した後に頭顔面部を固定した。測定時には眼球の動揺による測定の不正確さを避けるため、あらかじめ設定した定点を見

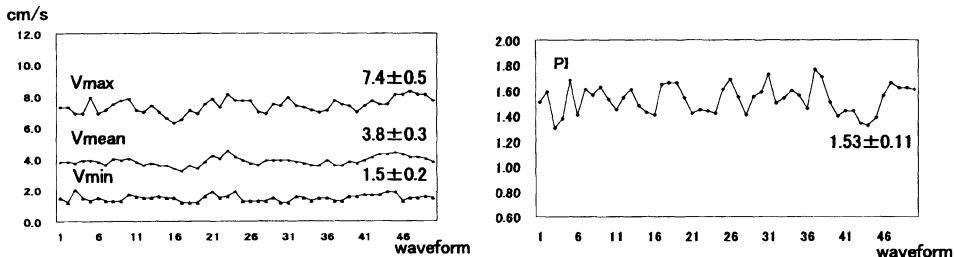
るよう指示した。接触媒体としてソノゼリーを用い、眼球を圧迫しないようにプローブを右眼瞼部に水平方向に軽く当て、超音波カラードプラ法にてモニター画面上にCRAを描出した。その後パルスドプラ法を併用して、不連続部も含めて測定時毎に合計40心拍分の波形を記録した。

測定は、安静10分後から開始し、7分30秒毎に計7回行い、測定時毎に血流速と血圧・心拍数を記録した。光明群では第1回目の測定直後に置鍼をした。

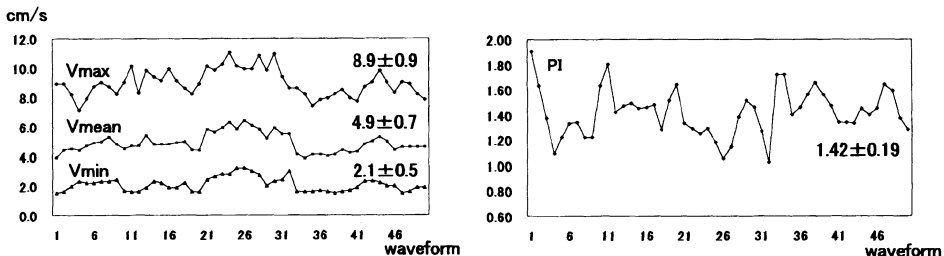
4) 計測方法

記録した40波形のうち波形欠損のない部分から血流速の早い連続5波形と遅い連続5波形を選んで計測し、合計10波形分の収縮期最高血流速(以下Vmax)、拡張期最低血流速(以下Vmin)、時間平均血流速(以下Vmean)、PI

Before stimulus



After stimulus (seventh measurement)



Vmax indicates peak systolic velocity, Vmean indicates mean velocity, Vmin indicates end diastolic velocity. PI indicates pulsatility index. Values in a graph are "mean ± SD" of 50 waveforms. The range of variation increased noticeably after stimulus.

Fig.3 Change of 50 waveforms in GB37 group

の各平均値を各測定値とした。なお、PIは超音波カラー Doppler 診断装置によって、 $PI = (V_{max} - V_{min}) / V_{mean}$ の計算式により自動的に算出される。

更に変動幅を示すため10波形の血流速 ($V_{max} \cdot V_{min} \cdot V_{mean}$) とPIの変動係数 (以下 CV) を $CV(\%) = SD / \text{平均値 (以下, AV)} \times 100$ にて算出した。

4. 統計処理

鍼刺激の有無で有意差があるかどうかについては反復測定による二元配置の分散分析法 (two way repeated measures ANOVA, SPSS11.0J (SPSS, Inc)) を用いて検討し、有意水準は1% または5% 未満とした。性差の有無についても同様の検討をした。

III 結果

CRAの測定部位 (眼瞼部からの距離) は、対照群が $31.3 \pm 1.6 \text{ mm}$ 、光明群が $31.2 \pm 1.6 \text{ mm}$ だった。光明群の鍼刺入深度は $16.1 \pm 3.6 \text{ mm}$ (mean $\pm$ SD) だった。

1. 波形変化について

連続40波形以上得られた光明群の1例をFig.3に示した。血流速・PIとも刺激前値においても変動幅が認められるが、鍼刺激後それらが増幅した。

2. 血流速・PIについて

各測定時の血流速とPIについて、対照群、光明群の結果をTable 1とFig.4に示した。対照群では、各血流速・PIとも安定的に推移した。光明群では、血流速は鍼刺激後7回目測定時に至るまで増加し、PIは時間経過に伴って減少し、いずれも刺激前値には戻らなかった。統計分析の結果、鍼刺激の有無と時間経過の2因子間には交互作用が認められ ($p < 0.01$)、対照群と光明群の血流速およびPIの時間経過に伴う変化のパターンには有意差があった。

3. CVについて

各測定時における10波形のCVをTable 2と

Fig.5に示した。対照群では、時間経過に伴って血流速・PIともCVに若干の変化を示すものの、その変動幅は小さく、安定的に推移した。光明群では、血流速・PIとも時間経過に伴って増加した。統計分析の結果、鍼刺激の有無と時間経過の2因子間には交互作用が認められ ($p < 0.01$)、対照群と光明群の血流速およびPIいずれにおいても、CVの時間経過に伴う変化のパターンには有意差があった。

4. 血圧・心拍数について

各群の収縮期血圧、拡張期血圧、平均血圧、心拍数の測定結果をTable 3に示した。統計分析の結果、いずれも鍼刺激の有無と時間経過の2因子間に交互作用は認められず、対照群と光明群の血圧、心拍数の時間経過に伴う変化のパターンには有意差がなかった。

5. 男女差について

血流速 ($V_{max} \cdot V_{min} \cdot V_{mean}$)・PI・血圧 (最高・最低・平均)・心拍数の各項目、および血流速 ($V_{max} \cdot V_{min} \cdot V_{mean}$)・PIの各項目の変動幅、これらいずれにおいても統計分析の結果、性別と時間経過の2因子間に交互作用は認められなかった。即ち、対照群、光明群とも全項目において時間経過に伴う変化のパターンには男女間で有意差がなかった。

IV 考察

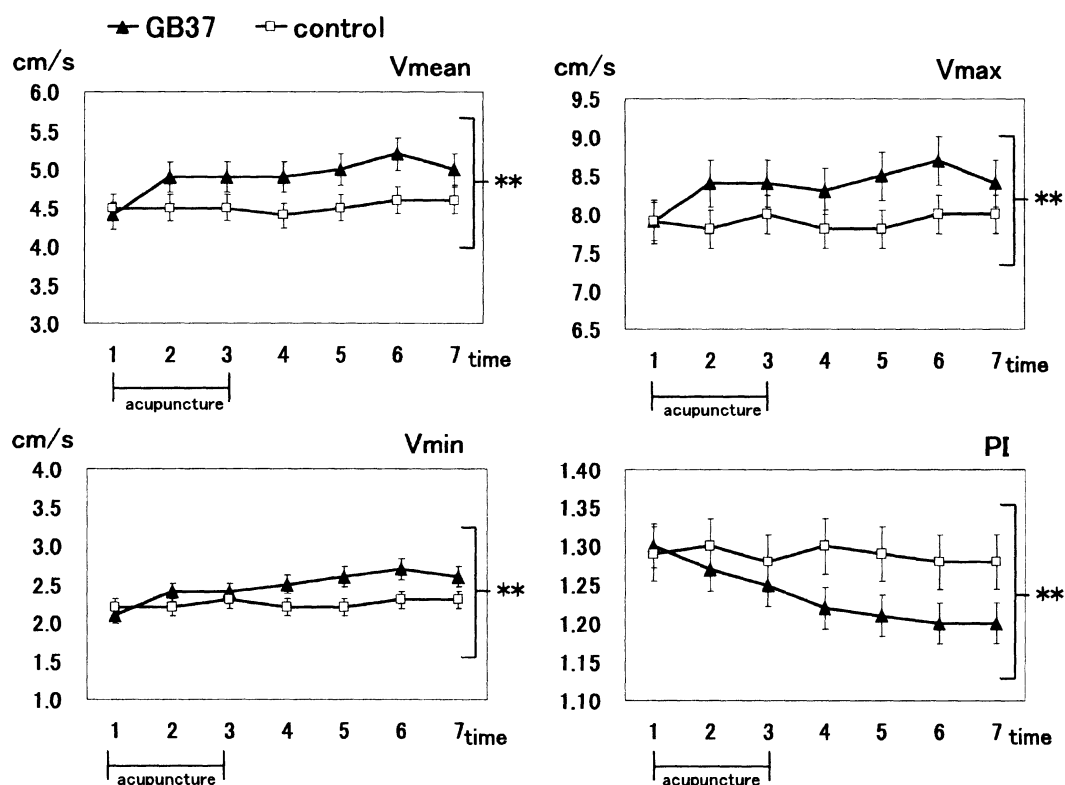
1. 測定部位について

CRAは、眼動脈から分枝して眼球後部10mmないし15mmの所で視神経に入り、その中軸を進んで眼球内に達した後、網膜内面に分散する^{9,10)}。実際筆者が行った7眼のCRAの解剖実測値でも、眼球後部から $9.14 \pm 1.13 \text{ mm}$ の所から視神経内に入っていた。日本人の眼球の前後径は平均 24.22 mm ¹⁰⁾ であることと、本実験における測定部位が、対照群で $31.3 \pm 1.6 \text{ mm}$ 、光明群で $31.2 \pm 1.6 \text{ mm}$ だったことから、本研究ではいずれもCRAが確実に視神経に入っている部位で計測したと言える。

Table.1 Change of blood flow velocity (cm/s) and PI (mean±SEM)

		1	2	3	4	5	6	7
Vmax (cm/s)	GB37	7.9±0.3	8.4±0.3	8.4±0.3	8.3±0.3	8.5±0.3	8.7±0.3	8.4±0.3
	control	7.9±0.3	7.8±0.3	8.0±0.3	7.8±0.2	7.8±0.2	8.0±0.3	8.0±0.2
Vmin (cm/s)	GB37	2.1±0.1	2.4±0.1	2.4±0.1	2.5±0.1	2.6±0.1	2.7±0.1	2.6±0.1
	control	2.2±0.1	2.2±0.1	2.3±0.1	2.2±0.1	2.2±0.1	2.3±0.1	2.3±0.1
Vmean (cm/s)	GB37	4.4±0.2	4.9±0.2	4.9±0.2	4.9±0.2	5.0±0.2	5.2±0.2	5.0±0.2
	control	4.5±0.2	4.5±0.2	4.5±0.2	4.4±0.2	4.5±0.2	4.6±0.2	4.6±0.2
PI	GB37	1.30±0.03	1.27±0.03	1.25±0.03	1.22±0.03	1.21±0.03	1.20±0.03	1.20±0.02
	control	1.29±0.04	1.30±0.03	1.28±0.03	1.30±0.03	1.29±0.03	1.28±0.04	1.28±0.04

Values are " mean±SEM " of ten waveforms.



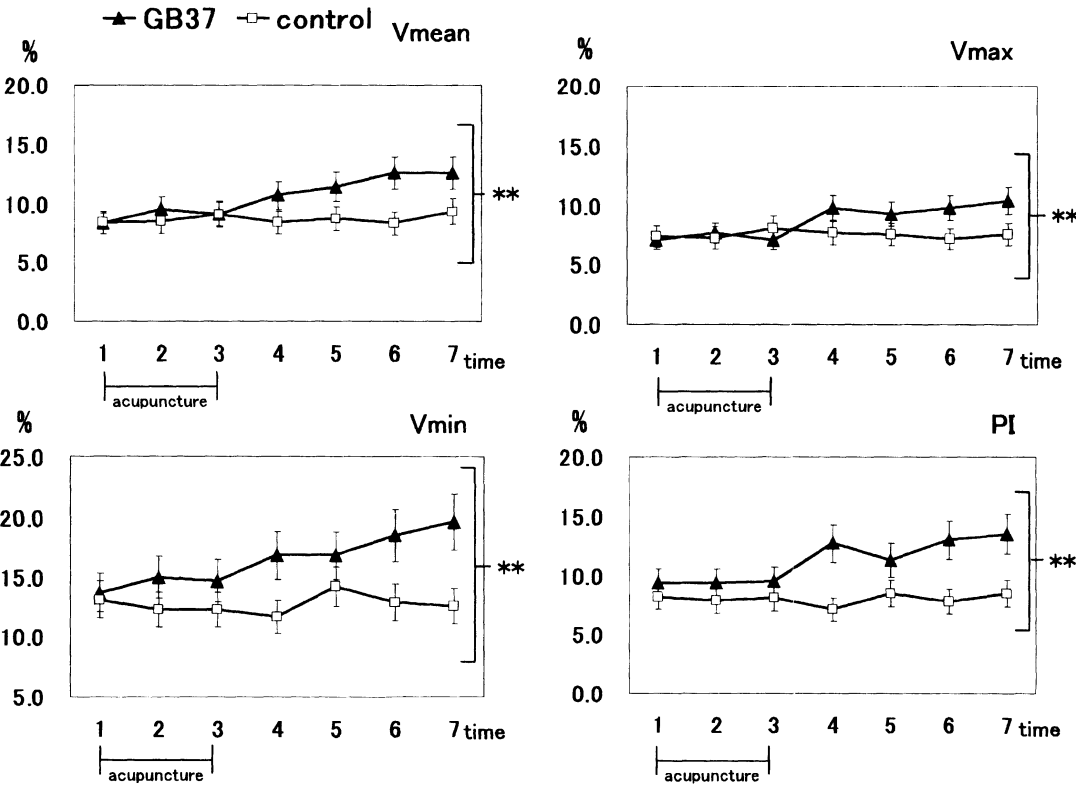
There is statistically significant difference between two groups (**; $p < 0.01$, two-way repeated measures ANOVA). Vmax, Vmin, Vmean increased noticeably, and PI decreased noticeably in GB37 group. These hardly changed in the control group.

Fig.4 Change of blood flow velocity and PI

Table 2 Change of CV (Coefficient of variance) mean±SEM)

		1	2	3	4	5	6	7
Vmax (%)	GB37	7.1±0.6	7.7±0.5	7.1±0.4	9.8±1.0	9.3±0.7	9.8±0.7	10.4±0.7
	control	7.4±0.5	7.3±0.6	8.1±0.7	7.7±0.6	7.6±0.6	7.2±0.5	7.6±0.5
Vmin (%)	GB37	13.7±1.1	15.0±1.0	14.7±1.4	16.8±1.7	16.8±1.3	18.5±1.4	19.6±1.4
	control	13.1±0.9	12.3±0.7	12.3±0.8	11.7±0.9	14.2±0.9	12.9±0.8	12.6±0.7
Vmean (%)	GB37	8.3±0.6	9.5±0.7	9.1±0.7	10.7±0.8	11.4±1.0	12.6±0.9	12.6±0.8
	control	8.4±0.6	8.5±0.6	9.1±0.7	8.4±0.6	8.7±0.7	8.3±0.5	9.3±0.7
PI (%)	GB37	9.4±0.9	9.4±0.7	9.5±0.8	12.7±1.3	11.3±0.9	13.0±1.2	13.5±1.1
	control	8.2±0.5	7.9±0.4	8.1±0.6	7.1±0.5	8.5±0.4	7.8±0.5	8.5±0.6

Vmax(%), Vmin(%), Vmean(%), PI(%) indicate each CV in ten waveforms.Values are “ mean±SEM ”.



There is statistically significantly difference between two groups (**; p<0.01, two-way repeated measures ANOVA). Each CV increased noticeably in GB37 group. These hardly changed in the control group.

Fig.5 CV (%) of blood flow velocity and PI

Table 3 Change of blood pressure (mmHg) and Heart rate (beats/min) mean $\pm$ SD)

		1	2	3	4	5	6	7
Systolic blood pressure	GB37	102 $\pm$ 9	103 $\pm$ 10	102 $\pm$ 10	101 $\pm$ 9	102 $\pm$ 9	103 $\pm$ 9	103 $\pm$ 9
	control	106 $\pm$ 9	107 $\pm$ 11	107 $\pm$ 11	106 $\pm$ 10	106 $\pm$ 10	106 $\pm$ 10	107 $\pm$ 10
Diastolic blood pressure	GB37	58 $\pm$ 5	58 $\pm$ 5	57 $\pm$ 6	58 $\pm$ 6	58 $\pm$ 5	59 $\pm$ 6	59 $\pm$ 4
	control	57 $\pm$ 8	59 $\pm$ 9	58 $\pm$ 7	57 $\pm$ 7	57 $\pm$ 8	57 $\pm$ 7	59 $\pm$ 8
Mean arterial pressure	GB37	76 $\pm$ 6	75 $\pm$ 6	74 $\pm$ 7	75 $\pm$ 8	76 $\pm$ 6	76 $\pm$ 7	76 $\pm$ 6
	control	76 $\pm$ 8	78 $\pm$ 8	77 $\pm$ 9	76 $\pm$ 8	77 $\pm$ 8	77 $\pm$ 7	78 $\pm$ 8
Heart rate	GB37	72 $\pm$ 10	71 $\pm$ 10	69 $\pm$ 8	70 $\pm$ 9	71 $\pm$ 10	70 $\pm$ 10	69 $\pm$ 9
	control	71 $\pm$ 11	69 $\pm$ 10	68 $\pm$ 10	68 $\pm$ 10	68 $\pm$ 10	69 $\pm$ 10	68 $\pm$ 9

There is not statistically significant difference between two groups as for blood pressure and heart rate (two-way repeated measures ANOVA). It means that acupuncture stimulus on GB37 does not change systemic circulation.

2. 角度補正について

通常、超音波カラー Doppler 診断装置による血流速度測定では、超音波走査線と血流とのなす角度が大きい場合角度補正が必要となる。しかし、視神経内を走行する CRA の場合、眼瞼部に当てたプローブに血流が向かってくる形になるため、その必要はほとんど無い。角度補正によってどの程度血流速度が修正されるかシミュレーションした結果、補正角度 10 度を要したとしても血流速度増加は、 V_{max} で 0.1 ± 0.0 (AV $\pm$ SD, cm/sec、以下同様)、 V_{min} で 0.0 ± 0.0 、 V_{mean} で 0.1 ± 0.0 にすぎなかった。以上の理由から、CRA が確実に視神経に入っている部位を測定部位とした上で、角度補正そのものを行わず、更に補正角度 11 度以上要する場合は除外した。

3. 得気と刺入深度について

被験者に体格差があるため本研究では刺入深度をあらかじめ設定することはせず、臨床現場で最も重視される得気を得ることを条件とした。ただし予備実験で、深度約 20mm で得気を得られない場合はそれ以上刺入しても得気を得られなかったため、20mm で得気なしの場合には「得気なし」とした。今回、得気なしは 39 名中 2 名であったが 37 名の得気あり群と同様、血流速度が増加し PI が低下した。人数的に統計分析が不可

能なため、本研究では得気なし群としての分析は行わず、一括して光明刺激群とした。

置鍼した光明穴の皮下には、長趾伸筋、短腓骨筋が走行しているため刺入深度 16.1 ± 3.6 mm では明らかに筋肉層に達していることになる。

4. 計測方法について

予備実験で光明穴刺激による血流速度の変化を記録したところ、置鍼後の変化が一様では無く、一定期間内で変動することが観察されたため、固視の完璧な被験者 13 名を対象に連続波形を撮った。その結果、刺激前値においても血流速度と PI に変動幅が認められ、鍼刺激によって多くの場合それが増幅することが確認された。これは即ち、刺激前後のいずれの時点であれ、サンプリングする波形次第でその数値が大きく左右され、実態を反映しない結果になりかねないということを示している。この変動幅は各回測定時において 40 波形あれば十分に観察し得ると考えられたが、定点を見る際に通常若干の眼球動揺があるため全被験者に対しコンスタントに連続波形を撮ることは不可能である。従って対照群・光明群とも各回測定時において、不連続部があっても 40 波形を撮り、変動幅を十分に観察した上で波形欠損のない部分から血流速度の早い連続 5 波形と遅い連続 5 波形を選び、合計 10 波

形の血流速とPIの平均値を測定値とした。更に変動幅を示すためCVを提示した。

5. 血流速・PIの変化について

対照群ではいずれも時間経過に伴う変動は極めて少なく、且つCVの変化も小さかった。従ってCRAの血流速およびPIは、無刺激安静状態では安定的に推移するものと考えられた。一方、光明群では鍼刺激で血流速が増加することが示され、特にVminの増加が顕著で、刺激前値に対して最大26.7%の増加率を示した。Vminは、血流速の測定部位の血管よりも末梢の血管抵抗により大きく左右される¹¹⁾ことから、この結果は測定部位より末梢の血管抵抗低下の可能性を示唆している。

一般に、血流速の増加は必ずしも血流量の増加を意味しない¹²⁾。血流速が増加しても血管が収縮していれば、単位時間当たりの血流量は減少している可能性があるからである。従って今回のように直接血流量を測定できない場合、循環動態を知る上で血管抵抗と血流速の両方を指標として分析する必要がある。血管抵抗指数として、PIとRIがあり、PIは $(V_{\max} - V_{\min}) / V_{\text{mean}}$ 、RIは $(V_{\max} - V_{\min}) / V_{\max}$ で算出され、両者とも末梢血管抵抗を表すよい指標であるが、PIの方がRIよりも末梢血管抵抗とより強く相関するため、より精度の高い分析が可能になる^{13, 14)}。PIの減少は末梢抵抗の減少、血管径の増大を反映する¹⁴⁾とされることから、光明穴鍼刺激が測定部位より末梢部において血管抵抗の減少と血管拡張をもたらすことが示唆された。

CVを見ると、光明群では血流速・PIのいずれも時間経過に伴って顕著に増加していることがわかる。対照群におけるCVは、血管平滑筋のトーンスを示しているとみなせるが、鍼刺激はそれを増幅する形で変化をもたらしたのと考えられる。このことは鍼刺激で血管がただ単に拡張するのではなく、拡張・収縮運動を繰り返しながら、次第に拡張していくことを示唆している。血流速のCVの増加、即ち血流速の増減はこの血管運動

の活発化によって生じた現象と考えられた。

なお血流速・PIおよびそれらの変動幅、血圧、心拍数のすべてにおいてその検定結果から性差は関与しないと考えられた。

6. 機序について

眼循環に及ぼす鍼刺激の影響について光明穴単独刺激による報告例は無い。森らは合谷穴への置鍼刺激の結果、置鍼5分後から網膜血流と赤血球濃度の増加を認め、15分間の置鍼中経時的に有意な増加を示したと報告している²⁾。また成瀬らは60分間の置鍼中網脈絡膜血流量は増加もしくは増加傾向を示し、抜鍼後30分たっても刺激前値に戻ることは無かったと報告しており³⁾、いずれも副交感神経優位になった結果と推測している。副交感神経が眼窩部の循環に関与することに関しては、中目らがネコ眼で確認しており¹⁵⁾、志村らは、血圧の影響を除外した脊髄切断ラットの頸部交感神経切断後に、前肢掌に刺激を加えると脈絡膜血流が増加することを示している¹⁶⁾。

本実験では、血流速とPIの変化から光明穴への鍼刺激がCRAの血流速を増加させ、同時に測定部位より末梢のどこかでもしくは全部で血管を拡張させ、その結果として網膜循環血流量を増加させたことが示唆された。また、CVの変化からはCRAの血管平滑筋の関与が考えられた。今回行った鍼刺激では血圧に影響を及ぼさなかったことから、少なくとも動物実験で見られたような昇圧反応による受動的な血流速増加反応ではないと言える。

これまで合谷穴その他の経穴への鍼刺激によって、網膜または網膜への栄養血管系を有する脈絡膜の血流量が増加したとの報告はあったが、より中枢に存在するCRAへの影響についての報告はほとんど無かった⁵⁾。今回の実験結果から、無刺激安静状態ではCRAの血流速とPIはほとんど変化しないが、光明穴への鍼刺激でそれらが変化する事が明らかになり、遠隔部にある光明穴への鍼刺激によるCRAの循環動態の変

化と網膜血流量の増加が示唆された。

眼外血管のCRAには神経支配が及ぶことや過去の報告例から、今回生じた反応には眼窩部を支配する自律神経の関与が想定されるが、本実験だけではその機序を解明することはできない。東洋医学的には、光明穴が所属する足の少陽胆経が視機能や眼の滋養を司るとされていることから説明は可能であるが、医科学的には不明な点が多い。今回の結果が光明穴独自の反応なのか、眼疾患に効果があるとされる他の遠隔部経穴でも同様の反応が生じるのか、さらにCRA以外の脳内血管への影響はどうか等多くの疑問が残る。また今回は健常者が対象であったため、光明穴置鍼による眼症状への臨床効果については不明であり、これらは今後の研究課題としたいと考えている。

V 結 語

光明穴への鍼刺激によってCRAが拡張し血流速が増加することから、網膜循環血液量が増加することが示唆された。また、変動係数の増加からCRAの血管運動の活発化が示唆された。鍼刺激による血圧の変化が見られなかったことから、CRAの循環動態の変化が少なくとも昇圧反応による受動的な血流速増加反応ではないと考えられた。

謝 辞

本稿を終えるにあたって、貴重なご助言を頂きました明治鍼灸大学医療技術短期大学部柔道整復学教室教授中村辰三先生、統計をご指導頂きました明治鍼灸大学臨床鍼灸医学Ⅰ教室助教授石崎直人先生、眼窩解剖をご指導頂きました徳島大学歯学部口腔解剖学第一講座教授北村清一郎先生、被験者として協力して頂いた本学学生及び大学院生の皆さんに心から感謝いたします。

参考文献

- 1) 江口晃二, 松島信彦, 喜多嶋修也, 他: ハリは効くか—眼科領域におけるAcupuncture(ハリ治療)の応用(そのⅡ) —. あたらしい眼科 1989; 6(6): 867-872.
- 2) 森和彦, 河島照彦, 片桐ルミ, 他: 鍼刺激に対する眼底局所血流動態変化のレーザードップラー眼底血流計を用いた検討. 臨眼 1997; 51(6): 1037-1040.
- 3) 成瀬繁太, 森和彦, 栗原麻奈, 他: 手背部経穴刺激による網脈絡膜微小循環動態変化. 日眼会誌 2000; 104: 717-723.
- 4) 大山良樹, 森和, 佐々木和郎, 他: 鍼刺激が眼底局所微小循環系に及ぼす影響. Health Sciences 2002; 18(3): 224-231.
- 5) 秋山聡子, 磯部秀之, 丁宗鐵: 鍼刺激の脳血流に及ぼす影響Ⅰ—ヒト網膜中心動脈の血流変化—. 日本東洋医学雑誌 2002; 53(6): 24.
- 6) 安野富美子, 會川義寛, 坂井友実, 他: The Effects of Electroacupuncture Stimulation on Circulation in Human Ocular Fundus. 日温気物医誌 2004; 67(4): 225-236.
- 7) 三浦裕士: 標準経穴学(日本経穴委員会編), 医歯薬出版株式会社, 東京 1995; p60-14.
- 8) 山鳥崇: 実習で学ぶ解剖学(金原出版株式会社), 東京 1989; p196.
- 9) 平沢興, 岡本道雄: 分担解剖学2 脈管学・神経系, 金原出版株式会社, 東京, 1990; p42.
- 10) 小川鼎三, 山田英智, 養老孟司: 分担解剖学3 感覚器学・内臓学, 金原出版株式会社, 東京, 1991; p1-41.
- 11) 宇治幸隆: 超音波カラードプラ法による眼循環の測定. 臨眼 1996; 50(11): 21-23.
- 12) 田野保雄編集: 眼循環, メジカルビュー社, 東京, 1995; p35-40.
- 13) Nelson TR, Pretorius DH: The doppler signal: where does it come from and what does it mean? AJR 1998; 151 September: 439-447.
- 14) 名取道也, 大矢晃久, 吉田丈児, 他: 臍帶動

- 脈血流速度波形に影響する因子に関する研究—数理モデルをもちいたコンピュータ・シミュレーション—. Jpn J Med Ultrasonics 1991 ; 18 (6) : 603-611.
- 15) 中目義則, 刈田啓史郎, 和泉博之, 他 : 脈絡膜循環に関する実験的研究. 日眼会誌 1994 ; 98 (10) : 962-967.
- 16) Mayura S, Sae U, Atsuko S, et al : A Reflex choroidal blood flow responses of the eyeball following somatic sensory stimulation in rats. Autonomic Neuroscience Basic and Clinical 2002 ; 97 : 35-41.