一側前腕に対する部分浴の施行の違いが 対側前腕の総ヘモグロビン量に及ぼす影響

Influence of Partial Body Bathing of the Forearm on Total Hemoglobin in the Contralateral Forearm

小原 謙一¹⁾ 白石 明継²⁾ 高橋 尚¹⁾

KENICHI KOBARA¹⁾, AKITSUGU SHIRAISHI²⁾, HISASHI TAKAHASHI¹⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Faculty of Health Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare: 288
Matsushima, Kurashiki-shi, Okayama 701-0193, Japan. TEL+81 86-462-1111 E-mail: rptkob@mw.kawasaki-m.ac.jp

²⁾ Department of Rehabilitation, Kurashiki Central Hospital

Rigakuryoho Kagaku 28(6): 791-794, 2013. Submitted Jun. 4, 2013. Accepted Jun. 28, 2013.

ABSTRACT: [Purpose] This purpose of this study was to investigate the influence of different partial body bathing methods on total hemoglobin in the contralateral forearm. [Subject] Ten healthy persons who had no history of autonomic nerve or circulatory system pathology participated in this study. [Methods] The total hemoglobin in the contralateral forearm was measured using near-infrared spectroscopy under three experimental conditions: the warm bath condition, the contrast bath condition, and the no bath condition as the control. The partial baths under the three experimental conditions were taken for twenty minutes. The rate of change of hemoglobin was calculated on the basis of the resting value. [Results] The hemoglobin value of the contrast bath condition was significantly higher than those of the other two conditions during and after taking the partial bath. [Conclusion] This result suggests that contrast bathing might be better able to increase the total hemoglobin on the contralateral side due to the influence of the contralateral thermal effect.

Key words: partial bath, total hemoglobin, contralateral thermal effect

要旨:〔目的〕一側前腕に対する部分浴の施行の違いが対側前腕の総ヘモグロビン量に及ぼす影響について検討した。〔対象〕自律神経系及び循環系の疾患を持たない健康人 10 名であった。〔方法〕左前腕部の総ヘモグロビン量を近赤外分光法器にて測定した。実験条件は、温浴、交代浴、無処置の 3 条件とした。各条件における部分浴を右前腕部に対して 20 分間施行した。部分浴前を基準とした変化率を算出した。〔結果〕処置中及び処置後において、交代浴は他の 2 条件よりも有意に高値を示した。〔結語〕本研究結果から、交代浴は、交叉性効果によって対側の総ヘモグロビン量をより増加し得ることが示唆された。

キーワード: 部分浴, 総ヘモグロビン量, 交叉性効果

¹⁾ 川崎医療福祉大学 医療技術学部 リハビリテーション学科: 岡山県倉敷市松島 288 (〒 701-0193) TEL 086-462-1111

²⁾ 倉敷中央病院リハビリテーションセンター

I. はじめに

現在臨床において、水治療法は疼痛や浮腫の軽減、運動療法のための環境強化、創傷治療の一環として利用されている^{1,2)}。交代浴は、温浴に冷浴が加わる部分浴で温熱療法および寒冷療法の2つの相乗効果を備えている¹⁾。水治療法における温熱療法の効果として、交感神経活動の抑制と血流の増加、筋のリラクセーション、新陳代謝の亢進などが挙げられる。これらの作用が相まって疼痛の軽減、循環の改善、創傷治癒の促進、軟部組織の伸張性改善を目的に臨床場面で実施されている¹⁻⁵⁾。一方、寒冷療法の効果としては、血流量の低下や一次的血管収縮および二次的血管拡張、神経伝導速度の低下などが挙げられ、筋スパズムの軽減、痙性などの筋緊張の緩和、疼痛閾値の向上などを目的に実施されている^{3,4)}。臨床において、交代浴には温水と氷水を交互に使用することが一般的である。片平ら⁶⁾は水道水を利用した交代浴においても氷水を利用した交代浴と同様の効果を得られると報告しており、家庭においてはシャワーを用いることで簡便に交代浴を行うことが可能であると提案している。

交代浴の生理学的作用には温浴の効果である反射性血管拡張作用と冷浴の効果である反射性血管収縮作用により、血管の拡張と収縮を交互に繰り返すことで、血流を改善する効果があることが知られている^{1,2)}。また、交代浴は血管の収縮弛緩能力を高め、浮腫の軽減、閉塞性動脈硬化症の側副路促進、断端部の循環改善や除痛、またスポーツ選手のコンディショニングなど様々な場面に用いられている¹⁾。しかしながら、骨折に対する外部固定器の着用部位、片麻痺者における感覚麻痺のある部位や末梢血管障害では、直接患部を加温、冷却することができない場合がある。その際には、健側の局部を利用した交叉性効果による治療法が施される場合がある⁷⁻⁹⁾。皮膚の温受容器で感知された温度情報は、脊髄で中継され、体温調節中枢である視索前野へと送られることが知られている¹⁰⁾。視索前野には温度感受性ニューロンが存在しており、温度情報に基づく温度効果器への出力がなされている。たとえば、ヒトが高温にさらされたときには、温度感受性ニューロンのうち温度上昇で活動が増加する温ニューロンの活動が増加し、その結果熱放散が促され皮膚血管拡張や発汗が生じる。さらにKanosueら¹¹⁾は、ウレタン麻酔下でラットの一側視索前野の電極に高周波電流(500 kHz)を通電して局所の温度をランプ状に上昇させたところ、左右の足底血管とも拡張したことを報告している。そして、その結果から体温調節の遠心性信号に左右間の連絡が有ることを示唆した。これらのことから、一側で受けた温度情報が対側へ影響を及ぼすことが示唆され、上述の交叉性効果を利用した治療法は、この原理を用いている。温水を利用した温熱療法や

極超短波を用いた加温による交叉性効果についての研究は行われており、温熱療法を施行した対側の血流を増加させる効果があると報告されている^{2,12)}。しかしながら、交代浴を使用した交叉性効果についての研究はいまだ少なく、交叉性効果を利用した循環改善の効率性に関する研究は見当たらない。

そこで本研究は、一側前腕に対する交代浴、温浴、無処置の施行の違いが対側前腕の総ヘモグロビン量に及ぼす影響について検討することで、効率よく血流を改善させる方法を提案するための基礎的資料とすることを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は自律神経および循環系の疾患などの障害を持たない健康人10名(男性6名、女性4名、年齢: 20.3 ± 1.1 歳、身長 163.3 ± 6.5 cm、体重 54.7 ± 7.2 kg (平均 $\pm$ 標準偏差))であった。李ら⁹⁾は、部分温浴による血流量の最大変化率は、女性が男性よりも高く男女差があると報告している。本研究では、交叉性効果を利用した交代浴の方法を提案するための基礎的資料とするという観点から、性別を区別せず、男女混合で測定を実施した。なお、対象者には本研究の概要を十分に説明し、同意を得たうえで実施した。

2. 方法

木村ら¹³⁾は、筋内酸素動態は筋内血流を反映していると述べている。このことから本研究では血中の総ヘモグロビン量を筋内血流の指標とした。総ヘモグロビン量の測定には近赤外線分光器: NIRS (オメガウェア社製 BOM-L1TRW)を用いた。黒いテープを用いて左前腕にプローブを貼り付け、発光部位と検出器間距離は2-4 cm間に設定した。

対象者の服装は、軽装で体幹や上肢を締め付けるものがないように配慮した。気温の差の影響を除くために、室温は24~25度に設定した。対象者に交代浴、温浴、無処置の3条件を右前腕部に20分間施行し、I. 処置前10分間、II. 処置中20分間、III. 処置後10分間の左前腕の総ヘモグロビン量を測定した。測定肢位は腹臥位とし、処置中には右上肢のみを浴槽内に入れるように指示を行った。I期、III期には右上肢はベッド上に置き、II期には右前腕を完全に浴槽内に浸すように指示した。交代浴条件は温浴、冷浴の2つの浴槽を用意し、右上肢のみを動かして交互に浸すようにした。交代浴の時間は片平ら⁶⁾の方法に準拠し、「冷1-温4」(単位: 分)を4セット行った。浴温は温浴38~42度、冷浴15~20度に設定し、冷浴で始まり温浴で終わるよう規定した。温浴条件は、上述の温度(38~42度)で20分間に右前腕への部

分浴を行った。無処置条件では、処置中の20分間を水の入っていない浴槽に前腕を入れ、浴槽の底に前腕を付けた状態を保持するように指示をした。

交代浴条件では温浴槽、冷浴槽の移動間に右前腕を出し入れする動作を伴うため、筋内血流の変動を伴う可能性がある。その影響を除くために、温浴条件、無処置条件においても交代浴と同じタイミングで右前腕の出し入れを行う模倣動作を行うよう指示した。温浴条件では処置中1分後に前腕をベッド上に置き、5秒後に再び浴槽内に戻す。続いてその4分後に前腕を温浴槽から出してベッド上に置き、5秒後に温浴槽内に戻す。この動作を1セットとし、それを4回繰り返すように指示をした。無処置においては、水の入っていない浴槽で同様の動作を繰り返すように指示を行った。測定を行う40分間は浴槽間の移動動作、模倣動作以外の動作や会話などを行わないように指示を行い、動作が血流に影響しないように注意した。

得られた値からI, II, III期それぞれの最終3分間の総ヘモグロビン量の平均を抽出し、I期である処置前の値を初期値と設定した。その後、初期値を基準に処置中、処置後の値から変化率を算出し、無処置、温浴、交代浴の各条件での比較を行った。なお、温浴、冷浴による順応の影響を除くために各条件は最低1日以上の間隔をあけて行った。

統計学的解析には、統計解析用ソフトウェアPASW Statistics 18 (エス・ピー・エス・エス社製)を用いた。処置中及び処置後における総ヘモグロビン量を交代浴、温浴、無処置の3条件間で比較するために、Friedman検定とその後の解析にはWilcoxonの符号付順位検定を用いた。なお、危険率は5%未満とした。

III. 結 果

無処置、温浴、交代浴の総ヘモグロビン量の変化率を表1に示す。処置中での総ヘモグロビンの変化率は、無処置： $-3.45 \pm 4.88\%$ 、温浴： $0.80 \pm 9.97\%$ 、交代浴： $12.04 \pm 8.92\%$ であり、交代浴は他の2条件と比較して有意な増加が認められた ($p<0.01$)。処置後での総ヘモグロビンの変化率は、無処置： $-6.51 \pm 6.76\%$ 、温浴： $1.26 \pm 7.26\%$ 、交代浴： $9.63 \pm 7.98\%$ であり、処置後においても交代浴条件は他の2条件と比較して有意な増加が認められ (vs 無処置: $p<0.01$, vs 温熱: $p<0.05$)、温浴条件は無処置条件と比較して有意に高値を示した ($p<0.01$)。

IV. 考 察

本研究では交代浴、温浴、無処置の3条件で、交叉性効果による総ヘモグロビン量の変化の違いを検証した。

表1 総ヘモグロビン量変化率

n=10	無処置	温浴	交代浴
処置中	-3.45 ± 4.88	0.80 ± 9.97	12.04 ± 8.92^a
処置後	-6.51 ± 6.76	1.26 ± 7.26	$9.63 \pm 7.98^{b,c}$

mean $\pm$ S.D. (%).

a: 交代浴 vs 無処置、温浴: $p<0.01$.

b: 交代浴、温浴 vs 無処置: $p<0.01$.

c: 交代浴 vs 温浴: $p<0.05$.

その結果、処置中及び処置後において、交代浴条件が他の2条件よりも有意に高値を示した。

無処置条件は、温浴及び冷水浴のいずれも実施していないにもかかわらず、II期(処置中)及びIII期(処置後)において、総ヘモグロビン量は負の変化を示していた。循環器系は血液を全身にくまなく運搬する役割を担っており、各臓器の酸素需要に見合うように血流の配分がなされる¹⁴⁾。この血流に使われるエネルギーは剛体管中の理想体液の定常流で成り立つBernoulliの式に当てはまるとしている。すなわち、Pを側圧、 E_h を位置エネルギー、 E_v を運動エネルギーとしたとき、血流のエネルギー(E)は、

$$E = P + E_h + E_v$$

と表される。この式の中にある位置エネルギー(E_h)は、異なる2点間の相対的位置関係(h)と重力加速度(g)および血液比重(p)から算出され、静水圧とも呼ばれる。心臓を基準点とすると、臥位であれば全身の主な血管は水平な位置関係にあるため、静水圧はほとんど無視することができる。しかし、本研究における測定肢位は腹臥位の状態で右上肢を浴槽に浸しているため、右上肢のみが心臓に対して低い位置であった。したがって、血流は右上肢に移動し、他の部位の血流が減少したため、測定部位である左前腕の総ヘモグロビン量が減少したと考えられる。一方、温浴条件や交代浴条件では総ヘモグロビン量は正の変化を示していた。半田ら¹⁵⁾は温浴や交代浴では水の浮力が作用するため、微小重力環境になると述べている。温浴条件や交代浴条件では浮力によって右上肢における重力の影響が少なくなったため、血流が右上肢へ移動することで起こる対側の総ヘモグロビン量の低下は生じなかったと考えられる。

温浴条件では処置中、処置後において総ヘモグロビン量は変化を示さなかった。鳥野ら⁴⁾は、一側肢への超短波による温熱刺激が対側同部位の循環動態に及ぼす影響について報告している。その結果は、温熱部位の血流は温熱部位の組織温度の上昇とともに増加したが、非温熱側は組織温の上昇を伴わずに血流の増加を示していた。このことより、非温熱側の血流増加は、温熱側での温熱刺激が皮膚感覚神経反応を含めた自律神経系の働きが関与したことにより、非温熱側の循環動態を増加させたと考察している。さらに、温熱部位の組織温度が40度を

超える強度で温熱刺激を行うことで、循環動態が抑制されると述べている。松井ら¹⁶⁾は、皮膚血流の循環は皮膚温の影響を受け、皮膚温が40度以上では皮膚血流量は上昇し、交感神経性血管反応は増強すると述べている。本研究における温浴による温熱刺激を加えた際の対側前腕の総ヘモグロビン量が、処置中、処置後において変化を示さなかったのは、鳥野ら⁴⁾の結果を支持するものである。つまり、本研究では42度という設定温度が高すぎたために循環動態の促進が生じにくく、交代浴ほどの血流の増加に繋がらなかったと考えられる。

交代浴条件では無処置、温浴の2条件と比較して、処置中、処置後の両期において有意な総ヘモグロビン量の増加がみられた。交代浴条件では、温浴と温浴の間に冷浴を行わせている。冷浴による組織温度の低下によって皮膚冷受容器は活性化され、血管は収縮する。この反応は冷却した部位のみでなく、交感神経性アドレナリン作動性ニューロンの反射が活性化することにより冷却部位から離れた領域にもみられる¹⁷⁾。しかしながら、温浴と冷浴を交互に適応する交代浴では、冷浴後の温浴によって血管収縮活動が抑制されていると考えられる¹⁸⁾。さらに、温浴後の冷浴によって、身体が温浴刺激に馴化してしまうという問題を解決し、温浴刺激に対する反応性がより促進されていると考えられる。前述のように、体温調節の遠心性信号には左右間の連絡があるとの報告¹¹⁾から、本研究においても、交代浴による刺激が自律神経系を介して全身の血管拡張を引き起こし、対側の総ヘモグロビン量の増加に繋がった可能性があると考えられる。

本研究結果から、家庭において交代浴を使用することで直接温熱、寒冷刺激を加えられない部位の総ヘモグロビン量、すなわち血流改善を効率よく行うことが可能であることが示唆された。しかし、温浴条件では総ヘモグロビン量の変化がみられなかったため、水温について検討する必要がある。また、本研究では、対象者を男女混合で実験を行っているが、部分温浴による血流量の最大変化率は女性が男性よりも高い値を示したとの報告⁹⁾があることから、男女間での差についても検討することが今後に残された課題である。

引用文献

- 1) Cameron MH: EBM物理療法(第2版)。医歯薬出版、東京、2006, pp273-319.
- 2) 奈良 勲, 網本 和: 標準理学療法学 専門分野 物理療法学。医学書院、東京、2008, p59.
- 3) 坂本淳哉, 石井 瞬, 下迫淳平・他: 寒冷療法の生理学的効果。理学療法, 2012, 29(9): 971-977.
- 4) 鳥野 大: 軟部組織の粘弾性調整を目的とした寒冷療法と温熱療法の実践方法と臨床効果。理学療法, 2012, 29(9): 1002-1010.
- 5) 中野治朗, 中願寺風香, 片岡英樹: 温熱療法の生理学的効果。理学療法, 2012, 29(9): 978-985.
- 6) 片平 誠, 山本利春: 氷水の代わりに水道水を使用した交代浴における有効性の検討。福岡教育大学紀要 第5分冊 芸術・保健体育・家政科編, 2010, 59: 37-43.
- 7) 庄本康治, 生野公貴: 抹消循環障害を目的とした寒冷療法と温熱療法の実践方法と臨床効果。理学療法, 2012, 29(9): 1012-1018.
- 8) 李 相潤, 福田道隆, 金沢善智: 身体局部における温熱を用いた交叉性効果と身体組成に関する研究。日温気物医誌, 2003, 66(2): 123-130.
- 9) 李 相潤, 盛田寛明, 福田道隆・他: 部分的な温浴と交代浴が心血管反応に及ぼす影響について—身体組成からの考察—。青森県立保健大学雑誌, 2004, 5(1): 163-165.
- 10) 小澤壽司, 福田康一郎(編): 標準生理学(第7版)。医学書院、東京、2009, pp869-876.
- 11) Kanosue K, Niawa K, Andrew PD, et al.: Lateral distribution of hypothalamic signals controlling thermoregulatory vasomotor activity and shivering in rats. Am J Physiol, 1991, 260: 486-493.
- 12) 鳥野 大, 諸角一記, 遠藤敏裕・他: 超短波照射による照射側と非照射側の筋組織内の循環動態の変化。理学療法, 2005, 22(8): 1133-1139.
- 13) 木村美子, 大峰三郎, 舌間秀雄・他: 近赤外線分光法を用いた運動時の外側広筋酸素動態の測定—再現性および筋仕事量, 全身酸素摂取量との関係。総合リハビリテーション, 2000, 28(8): 750-764.
- 14) 笠原西介, 井澤和大: 重力が循環に与える影響。理学療法, 2009, 26(5): 613-619.
- 15) 松井豊裕: 皮膚微小循環の自立神経調節に関する検討。自律神経, 1994, 31(5): 604-617.
- 16) 半田秀一, 大塩琢也: 重力とアクアセラピー。理学療法, 2009, 26(6): 722-727.
- 17) Cameron MH: EBM物理療法(第2版)。医歯薬出版、東京、2006, pp139-195.
- 18) 三崎一彦: 一側手交代浴が対側皮膚交感神経に及ぼす影響について。作業療法, 1997, 16(Suppl.): 95.