

受動自由度を有する足関節底背屈訓練装置の開発（第5報）

Development of ankle flexion/extension exercise system with passive joint (5th Report)

○本間敬子（産総研） 薄葉真理子（筑波技術大）

Keiko HOMMA, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Mariko USUBA, Tsukuba University of Technology

Key Words: passive motion exercise device, ankle joint, cutaneous blood flow, tissue temperature

1. はじめに

脳血管疾患における片まひ患者では、まひ側に浮腫が生じることが多い。その原因として、まひ側の血管運動神経の緊張低下により、毛細血管内圧が上昇しやすく、鬱血状態から浮腫に陥りやすい⁽¹⁾ことや、足部、足関節の随意運動の低下によって筋ポンプ作用が減退し静脈還流量が低下する⁽²⁾ことなどが指摘されている。

浮腫は二次的障害として表在感覚や関節運動の低下を引き起こす⁽³⁾。そこで、浮腫の改善を目的として、機器を用いた他動運動の適用が試みられている。他動運動装置の適用により、患者の末梢循環状態を改善し、浮腫を軽減できることが予想される。

本発表では、産業技術総合研究所で開発した足関節底背屈訓練装置⁽⁴⁻⁸⁾を用いて高齢および若年の健常者を対象に実施した、被験者実験の結果について報告する。

2. 実験

今回実施した実験では、「装置を用いて他動運動を実施することにより、下肢の循環不全によって減少した皮膚血流を改善する効果が得られるであろう」との仮説に基づいて、高齢および若年の健常者を対象として足関節底背屈訓練装置を用いた他動運動を実施し、血流等の計測を行って下肢の末梢循環状態の改善の度合いを検証した。なお、実験の実施に先立ち、産業技術総合研究所人間工学実験審査委員会より実施の承認を受けた。

2-1 被験者

被験者は、脳・中枢神経等の疾病で医師の治療を受けていたり両下肢の重篤な怪我等をしたりしていない人で、高齢者10名（男性9名、女性1名、平均年齢 68.8 ± 5.6 歳）および対照群として若年者6名（男性4名、女性2名、平均年齢 23.0 ± 4.3 歳）である。実験の実施にあたっては被験者に実験内容について説明し、文書による同意を得た。

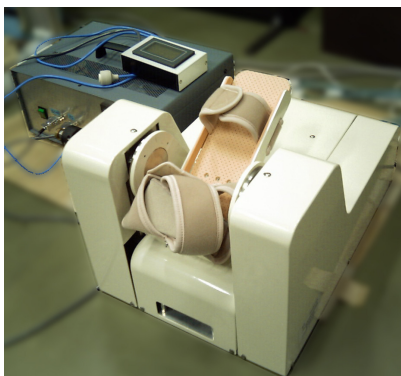


Fig. 1 An ankle flexion/extension exercise system

2-2 実験方法

被験者の足関節に他動運動を与える手段として、産業技術総合研究所で開発した足関節底背屈訓練装置 (Fig. 1) を使用した。また、計測装置として、2軸ゴニオメータ、筋電センサ、深部体温計、レーザ血流計、圧力分布センサを使用した。

実験の手順は、以下の通りである。

(1) 被験者の脚に各センサを装着する。その後被験者は車いすに座った状態で、20分間安静を保つ。

(2) 被験者の左足を装置に載せ、車いす座位の状態に訓練動作を行う。足底板の底背屈方向の動作範囲を $0^\circ \sim 60^\circ$ （足底板が水平の状態を 0° とし、背屈方向を正の向きとする）とし、一定速度で約30分間の底背屈運動を行う。

(3) 動作終了後、被験者は車いす座位のまま20分間安静を保つ。

実験実施中に、関節角度（左膝関節、左足関節）、筋電（左左前脛骨筋、左長腓骨筋、左腓腹筋）、局所表面温（両脚アキレス腱付近）、局所深部温（両脚アキレス腱付近）、局所血流量（両脚内果付近）および足底圧分布（足関節底背屈訓練装置足底板表面）の計測を行った。また、実験終了後に装置の使用感に関する聞き取り調査を行った。

3. 結果と考察

他動運動による末梢循環状態の改善効果について検討するため、他動運動および前後の安静時における局所血流量および局所温に着目し、解析を行った。

3-1 局所血流量

各被験者について、左右の脚について別個に、動作前安静時/動作時/動作後安静時の区分ごとの平均血流量を算出した。

高齢者群および対照群の、左右別の平均血流量および標準誤差の推移を Fig. 2(a)および(b)に示す。高齢者群および対照群のそれぞれについて、左脚と右脚の別に、区分ごとの平均血流量の間に有意差があるかどうかを確認するため、Friedman 検定および Scheffe 法による多重比較を行った。

高齢者群については、動作側である左脚において、動作前安静時と動作時の間、および動作時と動作後安静時の間で、危険率5%で有意差が認められた (Fig. 2(a)において***で表示)。動作前安静時と動作後安静時との間では有意差は認められなかった。一方、右脚においては、いずれの区分の間にも有意差は認められなかった。

対照群においては、左右両脚において、いずれの区分の間にも有意差は認められなかった。

3-2 局所皮膚温

各被験者について、動作開始時点 (0min) および動作開始30分後 (30min) における左右両脚の表面温および深部温を抽出した。高齢者群および対照群の、部位ごとの平均

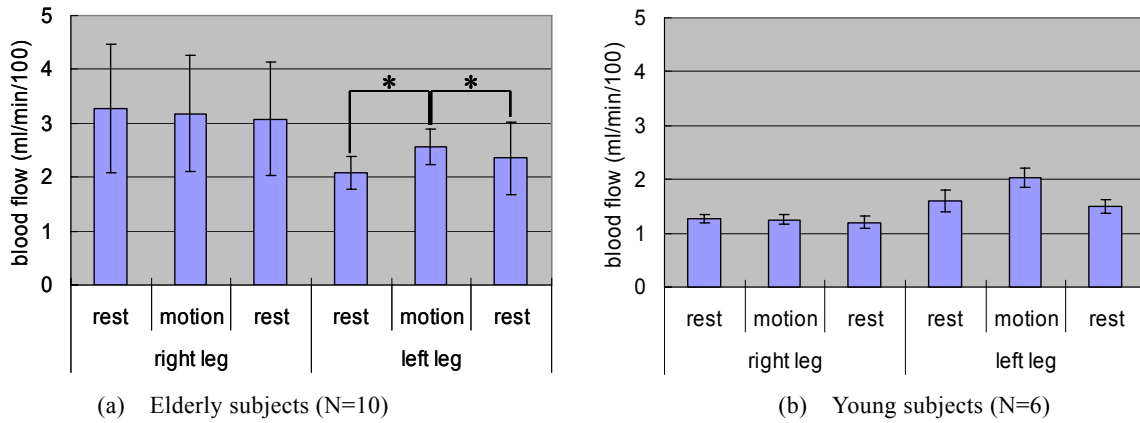


Fig. 2 Changes in average blood flow by stages of the experiment

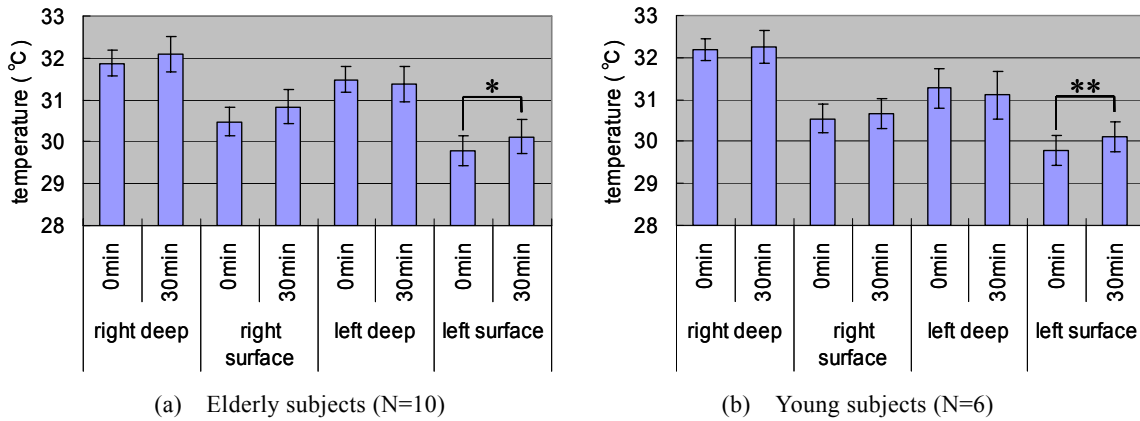


Fig. 3 Changes in skin temperatures between 0min and 30min from the beginning of the passive motion

温度および標準誤差を Fig. 3(a)および(b)に示す。

高齢者群および対照群のそれぞれについて、各部位における 0min および 30min の温度に有意差があるかどうかを、Wilcoxon の符号付順位と検定を用いて比較した。

高齢者群においては、動作側である左脚の表面温について、両側検定の危険率 5% で有意差が認められた (Fig. 3(a)において“*”で表示)。左脚の深部温、右脚の深部温および表面温については、有意差は認められなかった。

一方、対照群においては、左脚の表面温について、片側検定の危険率 5% で有意差が認められた (Fig. 3(b)において“**”で表示。なお、有効データ数が不足したため両側検定は実施できなかった)。左脚の深部温、右脚の深部温および表面温については、有意差は認められなかった。

3-3 考察

以上の結果から、高齢者群においては、底背屈他動運動に伴って動作側の局所血流量の増加および局所表面温の上昇が生じる可能性が示唆された。一方、対照群においては、動作に伴う局所血流量の有意な変化は認められなかったが、動作側の局所表面温が上昇する可能性が認められた。ただし、特に皮膚温については室温の影響が無視できないと考えられるため、今後更に測定方法の検討を行う必要がある。

4. おわりに

本発表では、高齢者および若年者を被験者とした、他動運動による末梢循環状態の変化に関する実験の結果について報告した。実験の結果、高齢者においては底背屈他動運動に伴う局所血流量の増加および局所表面温の上昇が生じる可能性が示唆された。

本研究は文部科学省科学研究費補助金（基盤研究(C) 20500502）の助成を受けて行われた。

参考文献

- (1) 高橋郁子, 田村昭美, 田中恵子, 牛越里美, 富重佐智子, 片麻痺患者に対する下肢浮腫改善の試みー圧迫勾配を考慮した弾性包帯の効果の検討ー, 第35回日本看護学会論文集 老年看護, pp.149-151, 2005.
- (2) 寺田茂, 後藤克宏, 脳卒中片麻痺患者における足部浮腫評価法と浮腫関与因子の検討, 理学療法学, Vol.25, Supplement 2, p.71, 1998.
- (3) 大田幸作, 石井美和子, 静脈うっ滞性浮腫に対する機械的刺激の効果: キーモジュール機器を用いて, 理学療法学, Vol.34, Supplement 2, p.506, 2007.
- (4) 本間敬子, 薄葉真理子, 受動自由度を有する足関節底背屈訓練装置の開発. 福祉工学シンポジウム2004講演論文集, pp.5-8, 2004.
- (5) 本間敬子, 薄葉真理子, 大城靖彦, 永田可彦, 山田陽滋, 受動自由度を有する足関節底背屈訓練装置の開発 (第2報), 第23回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1J35, 2005.
- (6) Keiko Homma, Mariko Usuba, Development of Ankle Dorsiflexion/Plantarflexion Exercise Device with Passive Mechanical Joint, Proceedings of the 2007 IEEE 10th International Conference on Rehabilitation Robotics, pp.292-297, 2007.
- (7) 本間敬子, 薄葉真理子, 受動自由度を有する足関節底背屈訓練装置の開発 (第3報), 福祉工学シンポジウム2007講演論文集, pp.178-180, 2007.
- (8) 本間敬子, 薄葉真理子, 受動自由度を有する足関節底背屈訓練装置の開発 (第4報), 第7回生活支援工学系学会連合大会講演予稿集, pp. 217-218, 2007.