

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500670

研究課題名(和文)他動運動機器の使用が下腿部浮腫に及ぼす効果に関する研究

研究課題名(英文) Study on the effectiveness of the passive motion exercise device on lower extremity edema

研究代表者

本間 敬子 (Homma, Keiko)

独立行政法人産業技術総合研究所・知能システム研究部門・主任研究員

研究者番号：90357971

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、他動運動機器の使用が下腿部浮腫に及ぼす効果について実験的に明らかにするために、生体信号への体動や環境パラメータの影響を評価すべく計測および解析を行った。具体的には、脳血管疾患罹患患者(過去に脳血管疾患に罹患して後遺症により足部に浮腫が生じているが、実験の参加に支障がない健康状態である人)を被験者として、日常生活の中で下腿の血流量、皮膚温等の生体信号及び室内の温度等を計測し、得られたデータについて、体動や室温の影響や、臨床的データとの関係について等の検討を行った。

研究成果の概要(英文)：In order to clarify the effectiveness of the passive motion exercise device on lower extremity edema using biomedical signals as parameters, we evaluated the effect of body motion or environmental parameter on those biomedical signals. The biomedical signals such as blood flow and skin temperature of the subject with hemiplegia were measured in his daily living situation. The obtained data of body motion and room temperature as well as relation between biomedical signals and clinical data such as foot volume and ankle circumference were analyzed.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：リハビリテーション

## 1. 研究開始当初の背景

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ことが知られている。下腿部に浮腫が生じる原因は、足部や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ためであるとされる。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。こうした感覚の鈍麻や関節運動の低下によって生じる関節拘縮は、立位保持や歩行訓練を困難にするなどリハビリテーションの妨げとなり、結果として介護負担の増加につながる。そのため、下腿部浮腫の予防や改善は、介護予防の観点から非常に重要である。

機器を用いた他動運動によって、浮腫の予防や改善において徒手的な方法と同等あるいはそれ以上の効果を得られることが期待されるが、他動運動機器の効果については、長時間・長期的な機器の使用の下で、生体信号などを計測して客観的に評価を行う必要があり、長時間・長期にわたる生体信号データの解析には、被験者の体動や、室温などの環境パラメータの影響を考慮する必要がある。

## 2. 研究の目的

前述の背景を踏まえて、本研究では、予備的な実験および計測を通じて、体動及び環境が及ぼす影響の度合いを評価し、その上で脳血管疾患罹患者を被験者とした実験を行って、機器の効果を抽出することを目指した。

## 3. 研究の方法

前述の目的を実現するため、過去に脳血管疾患に罹患して後遺症により足部に浮腫が生じているが、実験の参加に支障がない健康状態である人(以下「脳血管疾患罹患患者」と記す)を被験者として、日常生活の中で下腿の血流量、皮膚温等の生体信号及び室内の温度等を計測し、生体信号の日内変動や季節間変動と、室温などの環境パラメータの変動との関係について解析し、日常生活の中で得られる生体信号の評価方法について検討した。

## 4. 研究成果

脳血管疾患罹患患者の、日常生活の中で得られる生体信号についての評価方法を明らかにするために、以下のような実験を行い、考察を行った。

### (1)被験者

本研究は倫理審査委員会の承認を得て行った。対象は介護老人保健施設入居者のうち運動片まひと下肢の関節拘縮がある慢性期脳卒中罹患者とし、半年以内に下肢に治療を受けた者、認知症のある者は除外した。

協力を得た被験者は、19年前(当時58歳)に右被殻出血を発症し、現在ほとんど車いすで生活している左片まひ男性1名である。Brunnstrom stageは下肢IV、足関節底屈/背屈角度は、右50°/5°、左60°/-20°であ

る。

### (2)測定方法

測定は夏期と冬期に各2日、計4日実施した。測定は被験者が居住する介護老人保健施設の居室内で行った。測定中は被験者は車いす座位でおよそ4時間安静を保ち、食事や会話等は自由だが、下肢はなるべく動かさないよう指示した。排泄時は実験を一時中断し、温度センサ以外のセンサを取り外した上で、被験者が車いすを自走してトイレに移動した。

### (3)測定項目

以下の項目を測定した。

足部体積：安静開始前、終了後および中間時点で計測した。計測は、車いすに座ったままでも計測ができるように製作した水槽(図1)を用いて、排水法により行った。



図1 足部体積計測用水槽

足部および下腿周径：安静開始前および終了後に、内外果周径、土踏まず周径、Figure of 8法による足関節周径、および下腿周径を巻尺により計測した。

酸素飽和度：安静開始前から終了後にかけて連続的に、左右両側の第二趾先端にパルスオキシメータのプロープを装着して計測した。排泄時はプロープを取り外した。

組織血流：安静開始前から終了後にかけて連続的に、左右両側の足背部にレーザドップラー血流計のプロープを装着して計測した。排泄時はプロープを取り外した。

皮膚表面温度：安静開始時から終了時にかけて連続的に、左右アキレス腱内側にデータロガー付温度センサを装着して計測した。ごく小型のセンサで排泄時にもじゃまにならないため、排泄時も装着を続けていた。

室温：と同じ温度センサを車いすフレームに取付け、被験者のいる空間の室温を計測した。

### (4)解析結果

日常生活で取得されたデータの特徴  
図2は左右両脚の皮膚表面温、室温および

左右の血流量の時系列データの一例を示したものである。

図2は夏季に被験者の居室で計測されたものであるため、室温（図の緑線）は空調の影響を受けて約1.7の範囲で周期的な変動がみられる。左右の皮膚表面温（左：赤線、右：青線）もこれに伴って最大約0.9の範囲で変動している。また、14:02:00付近に左側血流値（茶線）の瞬間的な増大がみられるが、同じタイミングで左側皮膚表面温の変動も生じている。これは左脚を動かしたことが原因である可能性が示唆される。同様の変動は他の箇所にもみられるが、血流値の変動の大きさと皮膚表面温の変動の大きさの間には規則性を見出すことができなかった。

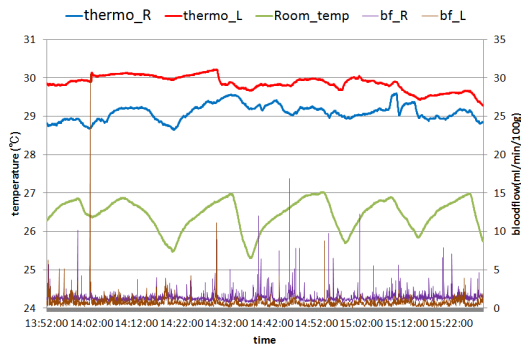
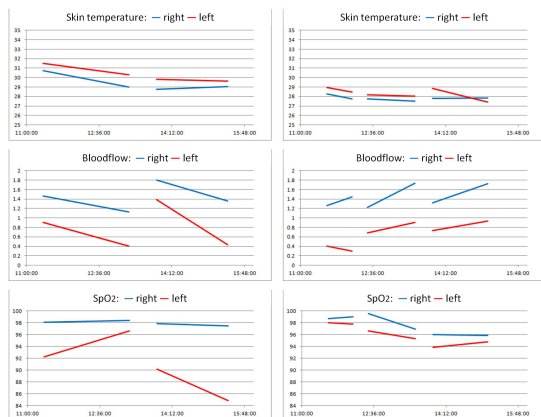


図2 計測データの例

### 生体信号データの解析

で述べたように、体動に起因する生体信号の変動については、規則性を見出すことができなかった。そこで、得られたデータから、一定時間の平均値を算出することとした。

皮膚表面温、血流量、酸素飽和度について、計測開始時、中断前後、計測終了時の各時点における1分間平均値を算出した。図3に夏季および冬季における皮膚表面温（上段）、血流量（中段）および酸素飽和度（下段）の変化を示す。それぞれのグラフにおいて、左側の値を赤線、右側の値を青線で示す。



(a)夏季 (b)冬季  
図3 生体信号データの例

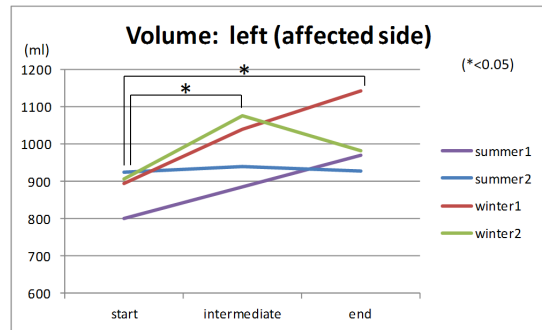
皮膚表面温については、中断前後の変化が比較的小さかったのに対し、血流および酸素

飽和度については、中断前後に大きなギャップが認められた。これは、排泄のための中断時に血流計およびパルスオキシメータのプロブは都度着脱を行ったが、温度センサは着脱を行わなかったことに起因すると考えられる。これらのデータについて、季節の違いによる傾向は認められなかった。

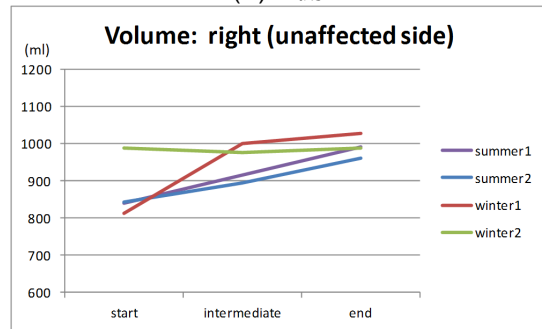
### 臨床的データの解析

臨床的観点からは、足部体積および周径に着目して解析を行った。

図4は安静開始時、中間時、終了時の足部体積の変化をそれぞれ示したものである。まひ側（左側）では、中間時の値と終了時の値の間に有意差は無かったが、開始時の値と中間時の値の間、開始時の値と終了時の値の間にはそれぞれ有意差が認められた。一方非まひ側（右側）の体積は、開始時から終了時に向かって増加する傾向を示したが、有意差は認められなかった。



(a)左側



(b)右側

図4 足部体積の変化

一方周径については、特に足部に対して複数の計測法を用いたが、Figure of 8法を用いた際のまひ側のみ、開始時に比べて終了時の値が有意に増加した。一方、非まひ側では、いずれの計測法でも有意差は認められなかった。

全般的傾向として、長時間の安静によって足部の浮腫は増大する傾向にあるが、この傾向は特にまひ側で著しいことが示唆された。これはまひによる筋ポンプ作用の低下が生じるという推定と一致する。

生体信号データおよび臨床的データの関係に関する検討

生体信号データと臨床的データとの関係

について、定性的に検討を行った。

生体信号データとして皮膚表面温、血流量、酸素飽和度のそれぞれ1分間平均値、臨床的データとして足部体積および足関節周径（Figure of 8 法）をそれぞれ用いた。臨床データ計測時には生体信号センサは身体から取り外されているため、安静開始前、中間時、終了時の足部体積および足関節周径の増減の傾向と、これらに最も近い時点の皮膚表面温および血流量、酸素飽和度の増減の様子を比較した。

生体信号データと臨床的データの関係について、「皮膚表面温、血流量、酸素飽和度の値はいずれも末梢循環状態を反映しているため、これらの値の低下は、末梢循環状態の悪化を示唆する。末梢循環状態の悪化により浮腫が増大するため、浮腫の状態を反映する臨床データである、足部体積および足関節周径は増大する」という仮説を立てた。しかしながら、定性的検討の結果、いずれの組み合わせにも関連性を見出すことができなかった。

(5) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

生体信号計測、臨床的計測のいずれも、普及した手法として広く実施されている。しかしながら、その多くは整備された実験環境を用意して実施されるものである。これは国際生活機能分類（ICF）の中では「標準化された」環境と位置付けられる。これに対して本研究では「個人が現在の環境のもとで行っている活動」の中で計測を行うことを目指した。これを実現することにより、日常生活の中に他動運動訓練などのリハビリテーションを組み込み、評価をすることが容易になるためである。このような観点での取り組みはいまだ十分に行われていないのが現状である。

また、特に高齢者を対象とした支援機器の研究開発において、効果評価等のために高齢者を被験者とした生体計測が必要となる場合があるが、計測環境が日常生活環境と大きく異なる場合、計測自体が被験者の負担になることが少なくない。本研究はこうした課題の解決にも寄与する取り組みであると言える。

(6) 課題と今後の展望

日常生活の中での生体信号の評価にはいくつかの課題があることが、実験を通じて明らかになった。

ひとつは環境の影響である。今回は室温のみに着目したが、図2に示すように、環境が生体信号に与える影響を無視できないケースは少なくなかった。生体信号から環境の影響を分離して評価する方法については、引き続き検討を進める必要がある。

また、日常生活の中でセンサを用いて連続的に生体信号計測を行うにあたって、本研究で行った被験者実験の場合は、排泄に伴う中

断が特に大きな問題となった。被験者は尿意があり、自力でトイレに行って排泄を行う能力がある。そのため、被験者本人の意思表示に基づいて排泄に行っていたが、移動前に各センサを一度取り外し、居室に戻った後で再度センサを装着する必要があった。センサの脱着により、センサ装着位置や皮膚との密着の度合いが変化するため、中断前後の値を絶対値として比較することは極めて困難であった。一方、皮膚表面温については、小型軽量かつデータロガーを内蔵している温度センサを用いたため、排泄時にもセンサを取り外す必要がなく、連続計測が可能であった。日常生活動作の円滑な遂行と計測とを両立させるためには、このような軽量小型センサや非接触式センサを取り入れることが必須であることが明らかになった。

(7) まとめ

本研究の遂行を通じて、脳血管疾患罹患者を対象として、日常生活の中で生体信号計測を行い、体動や環境パラメータの影響および臨床的データとの関係について解析し、日常生活の中で得られる生体信号の評価方法について検討した。日常生活の中で得られる生体信号計測については、環境の影響の分離方法や、センサの着脱などに課題が残ることが明らかになった。今後も引き続き日常生活の中で計測されたデータの蓄積に取り組み、環境因子である他動運動機器が個人の生活機能に与える影響についてより精密に評価する手法の確立に引き続き取り組んでいく必要がある。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計2件)

本間敬子、薄葉真理子、脳卒中片まひ罹患患者下肢の組織血流と酸素飽和度に関する検討、第1回看護理工学会学術集会、2013年10月5日、東京大学（東京都文京区）

本間敬子、薄葉真理子、立花淳二、麻痺側足部における長時間下垂に伴う浮腫状態の変化、第11回日本臨床医療福祉学会、2013年8月30日～31日、ホテルブエナビスタ（長野県松本市）

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕  
出願状況（計0件）

名称：  
発明者：  
権利者：

種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

本間 敬子 (Homma, Keiko)  
独立行政法人産業技術総合研究所・知能シ  
ステム研究部門・主任研究員  
研究者番号：90357971

### (2) 研究分担者

薄葉 真理子 (Usuba, Mariko)  
筑波技術大学・保健科学部・教授  
研究者番号：60203527

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：