

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 22 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500649

研究課題名(和文)医療介護用ハンドヘルド型血流測定システムの開発

研究課題名(英文)Development of the portable blood flow measurement system for the elderly

研究代表者

李 旻哲 (LEE, MinChul)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・助教

研究者番号：60363397

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：日本では高齢化が進んでおり、高齢者の身体機能の低下による健康障害を改善するためには、運動を行うことが有効であるとされているが、適切な運動効果を表すことは難しい。本研究では、高齢者の運動効果判定及び下肢血行不良・褥瘡等の予防をするためにレーザースペックル血流画像化法(LSFG)を用いて、高齢者の運動前後の血流変化を測定し、その血流変化を数値的に観察できる小型プローブと高速演算・表示機構を一体化したハンドヘルド型の皮膚表層血行測定・表示システムを開発する。血流値の変動を観察することが高齢者の健康増進のための運動量を示す指標になると期待される。

研究成果の概要(英文)：Presently, our country is becoming a super-aging society. The elderly tend to have various illnesses because they are weakened and this causes the problem of increased medical expenses. In general, it is known that exercise is good for our health because it increases blood flow. We designed and fabricated a measurement probe that can numerically observe changes in the blood flow. This measurement system is configured to perform all measurements and display results with a measuring probe equipped with a control board. We used an integrated development environment for debugging to design a printed circuit board with only an H8SX microcomputer. The interface of the external storage device and MCU was examined for a handheld skin surface circulation measurement system with an integrated high-speed computation and display. We hope to continuously observe changes in the blood flow before and after subjects perform physical exercises to demonstrate the medical usefulness of our system.

研究分野：生体情報システム

キーワード：健康・福祉工学 生体情報計測 生体工学

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年日本では高齢化によって、高齢者の動脈硬化や心臓病、高血圧、糖尿病などが増え、高齢者の健康に対する不安や医療費の増加を招いている。高齢者の身体機能の低下による健康障害を改善するため、老人ホームや介護施設ではリハビリ運動が行われている。またリハビリ運動を行うことで、身体機能や筋力が回復し、体内に含まれる毒性や障害を与える金属、例えばアルミニウムや鉛のような金属を身体から排除する作用が活発になる。このように健康を維持するためにリハビリ運動は効果的である。

しかし、適切な運動量は年齢によって異なるだけでなく、その影響は個人差が大きいため、高齢者の運動時の負荷は慎重に検討する必要がある。またリハビリ運動によって高齢者の身体機能の変化を数値等で具体的指標に示すことは難しい。

(2) これまでレーザースペckル現象を利用した Laser Speckle Flowgraphy(以下LSFG)と呼ばれる血流画像化法を用いて様々な部位の血流測定システムを開発してきた。LSFGは簡便性、無侵襲性、非観血性を備えており、外部の刺激に影響を受けやすい皮膚血流を変化させることなく測定できるなどの利点がある。従来の皮膚血流測定システムは測定プローブ、電源・制御ボックスとデータ解析用PCの3つで構成されており、測定場所の確保と被験者の測定位置への移動が必要である。そのため寝たきりの高齢者の皮膚血流測定や訪問先への携帯が難しいという問題があるため、改良が必要である。そこで新たなLSFGシステムを用いて血流の変化を観ることが、指標として有効であると期待される。

2. 研究の目的

本研究では、様々な条件下における皮膚血流測定を手軽に行うことができるように、ハンドヘルド型血流画像化装置を開発し、実際に血流変動を捉えることができるかを評価した。運動の結果を数値的に表すことができれば、運動効果の把握や運動意欲の向上につながる。そこで新たなLSFGシステムを用いて運動での筋肉への刺激、血中酸素の消費、体温の上昇などによって起こる血流量の増加を観察することが、適切な運動効果を示す指標になると考えられる。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、我々が過去数年にわたって研究してきたLSFGシステムを機能拡張して、医療介護用ハンドヘルド型の血流分布を測定する装置を新たに開発する。これまでに我々が開発してきた既存の皮膚用血流画像化装置では、被検者の上方に測定ヘッドを保持し、非接触で血流マップを演算・表示していたが、測定範囲(6cm×6cm)

が広く、測定時間(約10秒)がかかる。測定装置も測定プローブ、電源装置、PCで構成され、携帯に不便であった。本研究では測定結果をPCのディスプレイではなく、測定装置の有機ELディスプレイ上で血流変化を表示するように測定装置を大幅に小型化し、医療や介護の現場で簡便且つ迅速に皮膚表層の血行状態を観察できるように、観測系全体を根本から見直す必要がある。

(2) 今回開発するシステムの光学系は図1のように設計する。

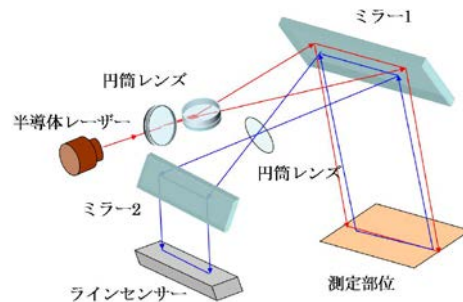


図1 システムの光学系

円筒レンズを用いて半導体レーザーから射出した光を線状に広げ、ミラーを介して皮膚面に線状スポットを形成する。皮膚からの反射散乱光を再びミラーにより折り曲げ、結像レンズを介してラインセンサー(128画素)上に結像し、スペckルを検出する。ラインセンサーから取得したアナログ信号はH8SXマイコン内のA/Dコンバーターでデジタルデータに変換し、内蔵RAMに取り込む。RAM内に取り込まれたデータを使用して血流評価量を算出し、図2のように有機ELディスプレイ(OLED)に血流変化を表示する。また測定データを必要な時に自由に入出力できるようにRAM内に取り込んだスペckルデータは演算して血流値として測定プローブ内のSDカードに保存する。血流増加率は運動前後の測定で簡単に確認でき、測定時間は任意で設定可能である。血流増加率以外に拍動の変化も観察できる。



図2 ハンドヘルド型皮膚血流測定試作装置

4. 研究成果

(1) 本システムを用いて、人差指の指先の血流を測定した。安定時、輪ゴムを使用しての止血時、輪ゴムを外した直後、それぞれの場合の測定結果を図3の(a)–(c)に示す。グラフは y 軸が血流評価量、x 軸が時間を示している。またそれぞれの平均血流値と、安定時の平均血流値を基準とした増加率を表 1 に示す。

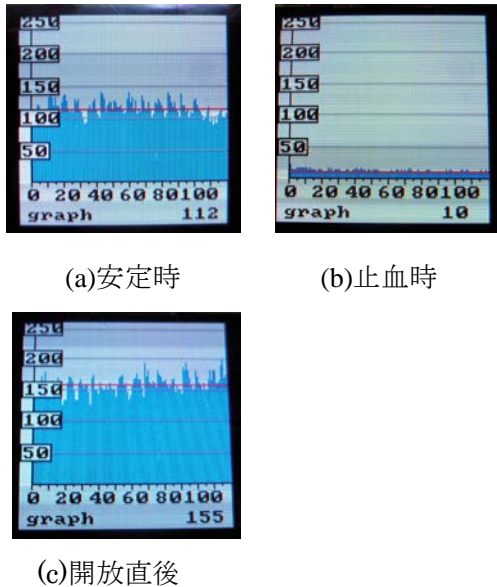


図 3 血流値測定結果

表 1 血流値比較

状態	平均血流値 [AU]	増加率 [%]
安定時	112	---
止血時	10	-91
開放直後	155	38

図 3、表 1 より安定時に対して止血時の血流値が低くなることと、開放直後の血流値が安定時より高くなることを確認した。本研究で設計・製作した制御基板を使用して血流評価を行った結果、皮膚内の血流変動を捉えていることを確認した。

(2) 開発したシステムを用いて、実際に高齢者の運動前と運動後の血流測定実験を行った。運動実験測定風景を図 4 に示す。



図 4 運動実験測定風景

運動前後の手首の血流値を 5 秒間測定し、それぞれの血流値の比較を図 5 に示す。被験者は比較的健康的な高齢者 3 名で、高齢者の運動不足解消に効果があるとされているパワーリハビリテーション運動用の器具を用いて実験を行った。運動は下半身の全体に負荷をかける器具を用いて、1 分間に 10 回程度の反復運動を 3 回行った。運動強度は被験者の申告により過度の負担にならない程度とした。図 5 より被験者全員の運動直後の血流値は運動前に比べて高くなっていることが分かる。

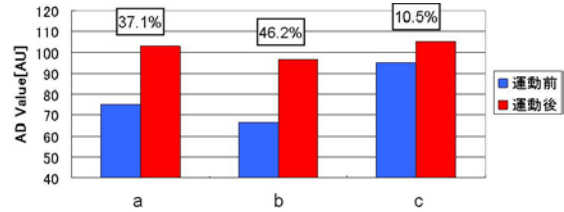


図 5 高齢者運動実験血流値比較

(3) 本研究で開発したシステムによって、高齢者の運動による血流値の変化を観察することができた。運動効果の有効性を長期にわたって観察し、高齢者自身の運動能力の向上と血流値の変動を照らし合わせて、その有効性を確認することができた。また運動前後の血流を測定するに当たり、測定面積が極端に狭くなったため同じ場所を測定し難くなった。今後どのようにして同じ場所を素早く測定するか検討を行う必要がある。血流値の変動を観察することが高齢者の健康増進のための運動量を示す指標になると期待される。

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 2 件)

- ① Min-Chul Lee, Naoki Konishi and Hitoshi Fujii, Development of a handheld blood flow measurement system using laser speckle flowgraphy, *Optical Review*, 査読有, Vol.22, No.2, 2015, pp.308-314
DOI: 10.1007/s10043-015-0062-0
- ② Ki-Ok Cho, Min-Chul Lee and Myungjin Cho, Three-dimensional photon counting double-random-phase encryption with occlusion layers, *Journal of Information Display*, 査読有, Vol.15, No.3, 2014, pp.127-133
DOI: 10.1080/15980316.2014.950351

[学会発表] (計 9 件)

- ① Min-Chul Lee, Takaaki Mori and Naoki Konishi, Development of the portable blood flow measurement system for the aged, *International Conference on ICT*

Convergence 2014, 2014.10.22, Busan, Korea, 査読有

- ② Min-Chul Lee, Jae-Young Jang, Donghak Shin and Byung-Gook Lee, Free-view visualization of 3D objects using computational integral imaging, The 14th International meeting on Information Display, 2014.08.26, Daegu, Korea, 査読有
- ③ Min-Chul Lee, Jae-Young Jang, Donghak Shin, and Byung-Gook Lee, Computational integral imaging reconstruction with different viewing direction, The Optical Society of Korea Summer Meeting 2014, 2014.08.25, Jeju, Korea, 査読有
- ④ Myungjin Cho, Donghak Shin and Min-Chul Lee, 3D display system by the combined use of axially distributed image sensing and integral imaging technique, DHIP2013, 2013.11.18, Daejeon ETRI, Korea, 査読有
- ⑤ Takumi Shibata, Min-Chul Lee, and Naoki Konishi, Development of the portable blood flow measurement system using laser speckle flowgraphy, International Conference on ICT Convergence 2013, 2013.10.14, Jeju, Korea, 査読有
- ⑥ Takumi Shibata, Min-Chul Lee, and Naoki Konishi, Development of handheld blood flow measurement system, ITC-CSCC 2013, 2013.06.30, Yeosu, Korea, 査読有
- ⑦ Satoshi Kozai, Min-Chul Lee and Naoki Konishi, Development of system for image analysis of the photosynthetic efficiency, ITC-CSCC 2013, 2013.06.30, Yeosu, Korea, 査読有
- ⑧ 柴田 拓弥、李 旻哲、森 敬晃、小西 直樹、携帯型血流測定システムの開発、応用物理学会春季学術講演会、2013.03.13 神奈川
- ⑨ 森 敬晃、李 旻哲、柴田 拓弥、小西 直樹、ハンドヘルド型皮膚血流測定装置の外部記憶インターフェースの開発、応用物理学会春季学術講演会、2013.03.13 神奈川

[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：
出願年月日：
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

李 旻哲 (LEE, MinChul)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・助教

研究者番号：60363397

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：