

足関節自動運動の現状分析とより効果的な運動を目指した運動検知手法の検討

杉浦 樹† 眞坂 美江子† 石井 桂輔‡

帝京大学理工学部情報電子工学科† 帝京大学医学部救急医学講座‡

1. はじめに

深部静脈血栓症は、これまでわが国においては発生頻度が低い疾患と考えられていたが、生活習慣の欧米化や高齢者の増加、治療方法の高度化、本症に対する認識の向上などに伴い、以前と比較して発生数が増加したとされる。

深部静脈血栓症の理学予防法のうち、最も効果が高いのは足関節運動と言われている。足関節運動をはじめとする関節運動の手法には、他動運動と自動運動がある。両者を比較すると、足関節運動は、自動運動の方が高い深部静脈血栓症の予防効果があると報告されている^[1]が、現在開発されている足関節運動支援装置の対象は他動運動のみである。また、他動運動支援装置においては、運動周期や角度を変化させた際の深部静脈血栓症の予防効果について詳細な議論がされており、特定の周期および角度で足関節運動を実施することで、予防効果が高まることが実証されている。しかし、現状自動運動を支援する装置は、存在しないため、運動方法は統一されていない。以上のことから、足関節自動運動を正しく実施することができれば、深部静脈血栓症の予防効果をさらに高められる可能性がある。そこで本研究は、足関節自動運動の実態を調査し、情報システムにより、より効果的な運動を支援するため、どのような情報を収集し、どのようなフィードバックを対象者に与えるべきかを検討した。

2. 足関節運動

足関節運動とは、図1のように足首を軸として足を底屈、背屈する運動である。足首の曲げ伸ばしを繰り返すことにより、腓腹筋とヒラメ筋が収縮して血流を促進し血栓を予防する。表1に、他動運動における既往研究を整理する。既往研究によると足関節運動を効果的に実施するためには、底背屈の周期と角度が重要なポイントであるということが分かる。そこで本研究

Grasping of self-ankle movement and Examination of the exercise detection algorithm

†Sugiura Itsuki, Masaka Mieko · Teikyo University Graduate School of Science & Engineering Department of Information & Electronic Engineering

‡Ishii Keisuke · Department of Orthopaedic Surgery Teikyo University School of Medicine

は、「運動周期」と「角度」に注目し、対象者の運動を妨げることなく、上記の運動データを収集する方法を検討した。

3. 足関節運動の現状把握

図2は、現状の足関節自動運動を想定し、システム等を使用せずに、特定被験者が足関節自動運動を40秒間行った結果である。ベッド上半座位で足関節の底背屈運動を行っている様子を、側面からビデオカメラで撮影した後、画像解析ソフトにより最大底屈・背屈角度とその時刻を計測した。他動運動における既往研究によると、足関節運動は、1分間に50回(1回あたりの運動時間1.2秒)の周期で底背屈角度差20度が最も効果的と想定されるが、図2の1回あたりの運動時間は、1.3~1.9秒、底背屈角度は、25~40度と大きな隔たりがあることが分かる。



図1. 足関節運動

表1. 他動運動における既往研究

項目	指標	参考文献
運動周期	右足の足関節運動を一秒間に1回のペースで20回行わせ、これを3セット実施 Deoxy-Hbの有意な減少を確認した	森 明子他 ^[1]
	高齢者10名に対し運動速度を、40,50,60,70,80回/minに変化させて血流速度を測定 50回/minのみ、安静時に対して5%有意な上昇が得られた	川名 俊和他 ^[2]
	足関節の底背屈を1回として、50回/分 連続50回を1セット実施 大腿静脈血流速度の上昇を確認した	木村 悠人 ^[3]
角度	最大底背屈、20、30度にて1回/秒の底背屈運動を20回実施 20度の底背屈で、Oxy-Hb, Deoxy-Hbの値に5%有意な変動が見られた	由利 静香他 ^[4]
	座位にて測定、自然下垂を0度として背屈5度、10度、20度で血流量を比較 背屈10、20度では、同等の血流量の上昇が得られた	青田 洋一 ^[5]

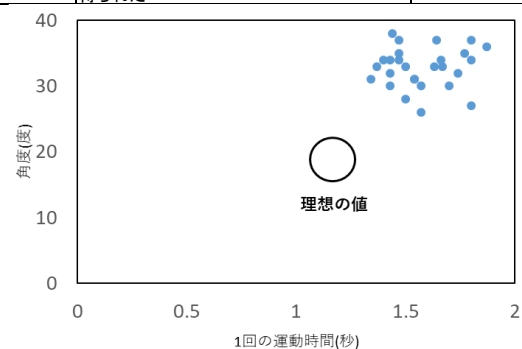


図2. 現状の足関節運動

4. システム構成

このように、現在行われている足関節自動運動は、最適な運動ができているとは言い難い。そこで本研究は、足関節運動時の底背屈角度およびその周期を情報システムにより計測し、被験者にフィードバックを与えることで、より効果的な運動の支援を試みる。情報システムは、加速度角速度センサを搭載した小型無線多機能センサ(TSND151 ATR-Promotions 社製)とタブレット端末で構成する。小型無線多機能センサで収集した値からタブレット端末内で底背屈角度を計算し、画面上に表示することで被験者に運動情報をフィードバックする。本研究は帝京大学倫理委員会での承認を得て実施している。

5. 足関節運動の検知方法

本システムは、運動周期及び移動角度を、以下の手法で検出する。小型無線多機能センサには、加速度センサと角速度センサが搭載されており、クオータニオン値を出力することができる。小型無線多機能センサから出力されるクオータニオン値を w, x, y, z とすると、底屈方向のオイラー角 P は、(1)式で算定できる。

$$P = \sin^{-1}(2wy - 2xz) \quad (1)$$

本システムは、タブレット端末を有するため、運動周期は、端末内のタイマーにより計測することが可能である。

6. 実験結果

作成した情報システム使用/未使用の2条件において足関節運動を実施した結果を図3、平均および分散を表2、3に表す。被験者は、20代の男女3名である。図中青色が情報システム未使用時、オレンジ色が情報システム使用時である。今回目標とする運動の理想値を図中に○印で示す。情報システム使用/未使用時の1回あたりの運動時間および底背屈角度を比較すると、運動周期は、すべての被験者において情報システム

表2. システム使用/未使用時の運動周期

被験者	平均(単位: 秒)		分散	
	未使用	使用	未使用	使用
A	1.57	1.19	2.21E-02	7.95E-03
B	1.01	1.22	7.56E-03	2.15E-02
C	1.62	1.19	2.39E-02	7.98E-03

表3. システム使用/未使用時の底背屈角度

被験者	平均(単位: 度)		分散	
	未使用	使用	未使用	使用
A	33.25	20.25	14.75	5.61
B	37.7	29.37	16.53	8.32
C	41.35	17.78	4.01	11.16

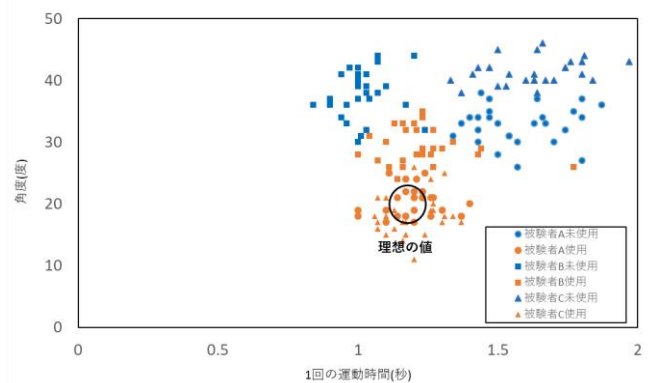


図3. 運動時間と角度

の利用により理想値(1.2秒)に近い値となっていることが確認できる。一方底背屈角度は、情報システム未使用時に比べて使用時のほうが理想値(20度)に近い値とはなっているが、被験者により大きなばらつきがみられる。

7. まとめ

本研究は、情報システムを用いることにより、より効果的な足関節自動運動を促すことを目的とし、現状の足関節自動運動の分析と効果的な運動を促すための運動検知及び情報のフィードバック法について検討した。底背屈角度を足部に装着したセンサから収集し、角度および適切なタイミングを与えることにより、理想的な運動周期および運動角度に近づけることができた。しかし今回行った実験は、数名の被験者のみであり、被験者により情報システムの使用効果にも差異があることから、精度の向上を目指したさらなる改善が必要である。

■参考文献

- [1] 森明子, 国安勝司, 藤田大輔, 渡邊進: 足関節底背屈運動が腓腹筋の血行動態に及ぼす影響について, 川崎医療福祉学会誌, Vol15, No.1, pp.163-167, 2008
- [2] 川名俊和, 江上健, 原田聡美, 内田学: 高齢者における足関節底背屈運動の至適運動速度の検討, 理学療法基礎系 23, P3-006
- [3] 木村悠人: 深部静脈血栓症予防法の検討, 九州理学療法士・作業療法士合同学会誌, 2009 巻, 第31回九州理学療法士・作業療法士合同学会, セッション ID 225, p.225, 2009
- [4] 由利静香他, 武石陽子, 中村康香, 跡上富美, 吉沢富予子: 女性の足関節底背屈運動が腓腹筋の血行動態に及ぼす影響, リンパ浮腫管理の研究と実践 LYMPH RAP, Vol.5, No.1, pp.9-17, 2017
- [5] 青田洋一: 深部静脈血栓症を予防するためのCPMを駆使した椅子の開発, 科学研究費助成事業(科学研究費補助金)研究成果報告書