

下肢手術患者を対象とした下肢伸展挙上運動支援システムの開発

薄井和希[†] 眞坂美江子[†] 田口大輔[‡] 石井桂輔^{‡‡}

帝京大学理工学部情報電子工学科[†] 帝京大学医療技術学部柔道整復学科[‡]

帝京大学医学部救急医学講座^{‡‡}

1.はじめに

下肢手術後、多くの患者はベッド上で生活することとなり、筋力が低下する。特に下肢筋力の低下は、日常生活の低下をきたし、症状が進行すると、支援や介護が必要となりうる。早期離床、早期歩行は、深部静脈血栓症予防のためにも有効といわれている。よって、下肢手術患者にとって歩行に必要な筋力の強化・維持を目的としたリハビリテーションは重要である。

歩行のための筋力強化として、仰向けのまま膝をまっすぐ上げる下肢伸展挙上運動^[1]があげられる。患者の多くは、病院で指定されたリハビリテーション時間以外に、病室内で自主的に下肢伸展挙上運動を実施している。本研究は、患者が病室内で自主的に行う下肢伸展挙上運動をより効果的に実施するための支援システムを開発した。本稿では、構築した下肢伸展挙上運動支援システムの要件とシステム概要について述べる。

2.下肢伸展挙上運動

下肢伸展挙上運動(SLR)は簡便で、安全性にも優れており臨床現場のみならず、ホームエクササイズとしても用いられている大腿四頭筋および殿筋の筋力強化運動の一つである。下肢伸展挙上運動は仰臥位の状態で膝をまっすぐにしたまま上に挙げる運動である。しかし、臨床的に大腿四頭筋の筋力低下を認める症例においては、膝関節軽度屈曲位での下肢挙上運動となっていることが指摘されている。

また、筋力強化を目的とした運動は疲労が大きい場合、運動を自主的に行わせる場合には、疼痛および易疲労性等状態を十分に考慮し、経時的に訓練方法を変えていくことが重要と言わ

れている。

本研究は、上記に配慮し患者が病室内で下肢伸展挙上運動を効果的に行うためには、どのような支援システムが有効であるかを検討した。

3.システム要件

下肢伸展挙上運動支援システムに必要な要件を以下にまとめる。

①下肢伸展挙上運動は1日2、3回程度取り組む必要である^[2]。通常病院で定められたリハビリテーションは、1日1回であるため、患者が定められた時間以外にも病室内において1人で適切な運動を行えるシステムを目指す。

②前述した通り、下肢伸展挙上運動は膝を伸ばしていること、股関節の角度を維持することが重要であり、正しい姿勢で運動ができていない場合、効果が落ちる。そこで患者が自分の姿勢を瞬時に確認することが出来る機能を搭載する。

③運動の辛さから、早めに切り上げてしまう者や、運動を行っていないのに、行ったと虚偽に報告を行ってしまう者もいる。運動状況を記録し、患者の運動能力にあった目標を立てて運動の継続を支援する。

4.システム構成

本システムは、病室内の限られたスペースで使用することに配慮し、タブレット端末と加速度・角速度センサを搭載した小型無線多機能センサで構成する。患者はベッド上でタブレットを手に持ち、画面の指示に従って運動を実施する。図1にシステム使用例を示す。



図1 システム使用例

Development of lower limb extension elevation exercise support system for lower limb surgery patients

[†]Kazuki Usui, Mieko Masaka · Department of Information & Electronic Engineering Teikyo University School of Science & Engineering

[‡]Daisuke Taguti · Department of Judo Therapy Teikyo University School of Faculty of Medical Technology

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

4.1. 下肢運動の検知

歩行に必要な筋力強化のために下肢伸展挙上運動を実施するには、膝をまっすぐに伸ばし、股関節を 15 度程度屈曲することが重要である。本支援システムは、膝上に装着した小型無線多機能センサの床面との角度により、股関節の屈曲角度を検知するとともに、膝上と足首付近に装着したセンサの床面との角度差により、膝の伸展を判断する。

5. 運動支援機能

ここでは、本システムのメインである運動支援機能について記載する。小型無線多機能センサとタブレット端末は、Bluetooth で接続されており、各センサの角度情報は、タブレット端末に 20ms 間隔で逐次送信されている。タブレット端末では、各センサから取得した角度情報をもとに股関節の屈曲角度および膝の伸展を判断する。

図 2 が運動支援機能実施中のタブレット端末に表示される画面イメージである。初期画面ではキャラクターが左端で待機しており、センサが股関節の屈曲を検知するとキャラクターが右方向に移動する。キャラクターが右端に到達すると、背景画像が変わり、キャラクターが左端に戻って、再度移動を開始する。背景を変化させることで視覚的刺激を与え、運動への怠惰を軽減させることが目的である。また、膝が十分に伸展していない場合や、股関節の屈曲角度が不適切である場合、運動の効果が落ちてしまうため、センサが膝の曲がりや、股関節の角度が 15 度よりも、やや低めもしくは高めであることを検知した場合、画面上部に注意を出し、キャラクターの移動速度が落ちる。これにより、患者は運動の誤りを把握でき、適切な位置角度に修正できるような設計としている。

運動は足を上げて、一定時間保持したのち、床におろすことを繰り返す。そのため、角度が 0 度付近になると、キャラクターはその場にとどまり、運動を再度検知すると動き始める。

怠惰が生じやすい運動を継続させるためには、ゴールを明確に示すことが重要である。設定された目標時間に対応する位置には、旗が表示される。画面上に設置されている旗に触れると、画面遷移を行い、結果等を表示し、運動を終了する。

設定された時間によりゴールとなる旗が、複数枚目の背景に表示されることがあるため、画面上に進行の度合いを示すバーで表示し目標を明確にしている。



図 2 画面仕様

6. おわりに

本研究は、下肢手術後の筋力強化の一つである下肢伸展挙上運動のより効果的な筋力強化運動を提供することを目的とした支援システムについてその要件を検討しシステムを開発した。

病室内の限られたスペースで使用することに配慮し、タブレット端末と加速度・角速度センサを搭載した小型無線多機能センサでシステムを構成した。

運動支援機能を実装し、視覚的な刺激を与えることで、運動への怠惰を軽減させ、さらに画面上に現在の進捗、注意を出すことで、運動がどのくらい出来ているか、正しくできているかを患者が瞬時に把握できるようにした。今後は、システムを健常者に使用いただき、その利用効果を検証する予定である。

参考文献

- [1] 眞田祐太朗、小柳磨毅、越野八重美、中江徳彦、野谷優、尾田香苗、北林優惟、近藤夢芽、中道貴衣菜：上肢支持の有無がフロントブリッジ運動の大腿四頭筋活動に及ぼす影響、2018
- [2] 平山敦子他：変形性膝関節症の筋力増強訓練方法について、第28回日本理学療法士学会誌第20巻、p130、1993