

足荷重のリアルタイム呈示による視聴覚フィードバック機構 を有した歩行訓練システムの構築

Construction of gait training system having audiovisual feedback mechanism by real-time presentation of the foot load

○ 福山慧 (大分大院) 池内秀隆 (大分大)

Kei FUKUYAMA, Oita University
Hidetaka IKEUCHI, Oita University

Abstract: In stroke hemiplegia patient rehabilitation, gait training in the parallel bars is seen in many situations. Because many patients have somatosensory decline and asomatognosia in paralysis side, they tend to walk using a non-paralyzed leg in gait training. Effective training is to apply suitable load to paralysis feet, but it isn't easy. Real-time measurement and presentation of the foot load during training is effective method to this request. In this study, we construct a gait training system having audiovisual feedback mechanism, and intend to verify the effectiveness and usefulness.

Key Words: Audiovisual Feedback, Real-time Presentation, Gait Training System

1. はじめに

脳卒中片麻痺患者におけるリハビリテーションにおいて、平行棒を使用し歩行訓練を行う場面が多くみられる。

患者は、急性期における長期間のベッド臥床により、身体の廃用が進み、筋力低下から下肢の支持性が不安定となりやすい。また、麻痺側下肢においては、身体失認や体性感覚の低下がみられるケースが多い。

以上の事から、片麻痺患者の多くは、下肢の支持性を補うべく、平行棒を使用した上肢の支持を要し、かつ、麻痺側下肢への適切な荷重が行えていない事が多く、非麻痺側優位の歩行となりやすい特徴がある。

非麻痺側下肢優位の歩行では、バランスの不良から身体の動揺が大きくなり、自立歩行に至る過程において大きな障害となりやすい。また、エネルギー効率の観点においても、非麻痺側下肢の負担が増強し、歩行耐久性の低下をもたらす事は否めない。したがって、麻痺側下肢への荷重を促し、対称性歩行の獲得を目的とする事は、自立歩行の獲得において、有効であると考えられる。

これを効果的に行うには、訓練中の足荷重のリアルタイム呈示が効果的と考えられる。

そこで、本研究では、歩行中の荷重を床反力により採取し、リアルタイムで視覚及び聴覚においてフィードバックする歩行訓練システムを構築し、その効果と有用性を検証することを目的とする。

先行研究として、杉山らは足圧センサを使い、歩行の荷重変化について聴覚を利用して訓練者にフィードバックするシステムを開発している⁽¹⁾。また、尾形らは、義足使用の訓練において、義足側への適切な荷重負荷の訓練を行うため、色距離センサ画像より得られた歩行モデルにより床反力を推定して、訓練者にフィードバックするシステムを開発中である⁽²⁾。

本報告では、足荷重のリアルタイム呈示について、床反力を可視化する事による視覚へのフィードバックシステム、及び、フォースプレートから得られる荷重変化による聴覚へのフィードバックシステムについて、途中経過と検討状況を報告する。

2. 提案する訓練システム

本訓練システムでは平行棒を用いて Fig.1 に示すような構成とする。免荷や動作補助を行う歩行訓練システムの研究開発例は増えているが、訓練者の歩行状況をリアルタイムに計測し、訓練者にフィードバックするシステムは少ない。脳卒中片麻痺患者の歩行訓練では、麻痺側下肢にも十分な荷重をかける必要があるが、これを効果的に行うには、訓練中の足荷重のリアルタイム計測・提示が必要である。

本システムはこれを可能とし、より効果的かつ安全な歩行訓練を提供できると考える。

3. ソフトウェアシステムの構築

今回、Fig.2 に示すような床反力収集・表示システムを構築した。フォースプレートにて測定された床反力データは、PCにより収集され、三方向分力および床反力作用点が算出される。USBカメラで撮影された画像をディスプレイに表示し、計測した作用点および三分力の値から、リアルタイムにオーバーレイ表示を行う。また、画面の両側に棒状のグラフを配置し、左右各足の鉛直荷重に合わせて矩形高さが上下するゲージを配置し、左右各足に加わる荷重が一目で確認できるようにする。フォースプレートは、キスラー社製 9286A を4枚使用し、Fig.1 のように配置した。訓練者は配置したフォースプレートの中央を、左右各々のフォースプレートに片足ずつ着地するように歩行する。撮影にはUSBカメラを用い、プログラムはMicrosoft Visual Studioを用いて開発した。

Fig.3 に実行中の画面を示す。サンプリング周波数は10Hzで、画面上で、リアルタイムに訓練者の身体の動きや床反力の大きさや変化の様子を確認することができた。

4. 歩行訓練における現場の課題と対策

現在、リハビリテーション施設で行われている脳卒中片麻痺患の歩行訓練としては、歩行中の姿勢を評価するために鏡を使用することが一般的である。

しかしながら、鏡は設置した角度によって身体像が変異しやすく、照明の強さによって見え辛くなる事もあり、訓

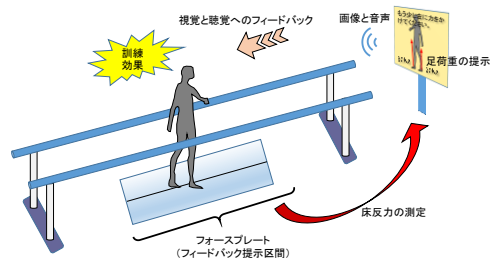


Fig. 1 Overview of the training system

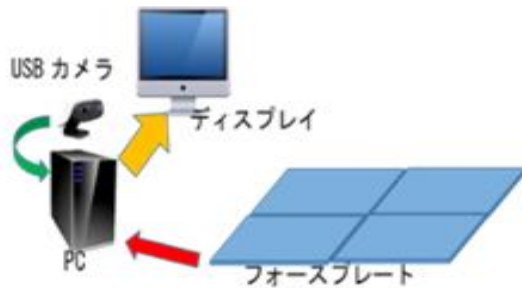


Fig. 2 Structure of the system

練を行うまでの環境設定において、時間を要すると共に場所を選ぶ必要があることが問題として指摘される。

この点に関して、本訓練システムでは、カメラを介してディスプレイに表示する事から、身体像が変異する事はなく、照明の強さも自由に設定することが可能である事から、以上に示すような問題点を解決できると考えられる。

また、歩行中の荷重の評価に関しては、現場では主に体重計を使用する事が一般的である。しかしながら、体重計ではスタティックな荷重状況は把握できても、歩行のようなダイナミックな動きにおいては、足底接地した際の荷重の把握は困難なケースが多いと共に、セラピストの注意が患者から逸れる事から、急な躓きに対応できずに、訓練中の転倒が生じてしまう問題も指摘される。

この点に関して、本訓練システムでは、フォースプレートを介してディスプレイに表示する事から、セラピストは患者の足元に注意を払うことなく全身状態を把握でき、訓練中の転倒を未然に防ぐ事ができると考えている。

定量的な評価を患者にフィードバックする事で、動作の修正を行い、再度定量的な評価結果を呈示しその利得を提供することが、患者の運動学習とモチベーションの維持につながると考えている。

5. 視覚情報によるフィードバックシステムについて

ディスプレイでの身体像の出力は、鏡像の画面表示も行えるようになってきている。これにより、使用者は自身の身体イメージを把握でき、自己修正をかける事ができると考える。

ディスプレイの両側に設けた矩形のゲージに関しては、身体機能の向上に合わせて、左右下肢の荷重率と立脚時間の2つに切り変える事が出来るシステムを検討している。

麻痺側下肢の支持性が低い段階では、麻痺側下肢の荷重を非麻痺側下肢の支持で補う為、荷重率の呈示が有効と考えられる。訓練効果としては、徐々に非麻痺側下肢による補助が減り、麻痺側下肢への全荷重が行えるようになる事を想定している。

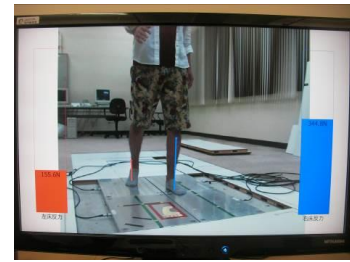


Fig. 3 Screen running

最終段階では、左右対称性の歩行の獲得を目的とし、非麻痺側下肢と麻痺側下肢の立脚時間を呈示する事が有効と考えられる。訓練効果としては、安定した独歩の獲得に至る事を想定している。

6. 聴覚情報によるフィードバックシステムについて

歩行訓練中のフィードバックとして、初期の段階では、患者自身がディスプレイを見て判断する余裕はないと考えられる。また、歩行速度の向上に伴い、視覚情報よりも聴覚情報の方が有効となる研究結果も報告されている⁽¹⁾。

そこで効果音による聴覚へのフィードバックも必要であると考えた。

杉山らの先行研究では、聴覚へのフィードバックについて、「超過状態」「適切状態」「弱荷重状態」の3つの荷重状態に分けて、音量の増減と弱荷重状態から適切状態に至る際のサブコールにより、フィードバックを行うシステムとしている。これは骨折等の骨関節系疾患を対象としているため、再骨折のリスクを考慮した設定となっている。

しかしながら、今回我々が対象としている疾患は、脳卒中中等の脳血管系疾患である事から、複雑な呈示を行うことで、注意や認知面の問題から混乱が生じてしまい、予測される効果が得られない可能性が考えられる。

また、今回の対象は、骨関節系においては身体上問題のない患者としている為、「超過状態」を知らせる必要はなく、適切状態時のみ把握すればよい為、「到達音」のみ出力すればよい事となる。

したがって、今回我々が提案する聴覚へのフィードバックシステムとしては、麻痺側下肢の荷重が目標とする荷重に到達した際に、「到達音」を鳴らすシンプルなシステムとして検討している。

7. 今後の展開について

今後は、歩行路を作成する為、平行棒内にフォースプレート4枚を離隔して設置し、その上に3m程の長さの合板を取り付け、3歩行周期分の測定が行えるよう設定する。

次の段階として、本システムをリハビリテーション施設(別府リハビリテーションセンター)に設置し、本センターの了承のもとで、対象患者の歩容の変化に関するデータ収集を行い、本システムが脳血管疾患の歩行訓練に対して、どのような変化をもたらすかを検証していく予定である。

謝辞

本研究はJSPS科研費15K01464の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) 杉山圭介：リハビリテーションにおける荷重調節訓練支援システムの検討，信学全大，D-7-43，1999.
- (2) 尾形邦裕：色距離画像センサを用いた床反力可視化による義足荷重訓練支援システム測，LIFE2014生活支援医療福祉工学系学会連合大会2014.