

報告

## 光フィードバック装置を用いた歩行器歩行練習の効果 — 足部クリアランスの改善を目的として —

桂下 直也<sup>1)</sup>, 山崎 裕司<sup>2)</sup>, 神谷 高志<sup>1)</sup>, 千葉 直之<sup>1)</sup>, 遠藤 晃祥<sup>3)</sup>, 太田 誠<sup>3)</sup>

### The effect of walker exercise on light feedback device

Naoya Katsurashita<sup>1)</sup>, Hiroshi Yamasaki<sup>2)</sup>, Takashi Kamiya<sup>1)</sup>  
Naoyuki Chiba<sup>1)</sup>, Teruyoshi Endo<sup>3)</sup>, Makoto Ota<sup>3)</sup>

#### 要 旨

歩行器歩行において足部クリアランスが不良な対象者6名(女性5名, 男性1名, 平均年齢79.5歳)に対し光フィードバック装置を用いた歩行訓練を実施し, その効果について検証した。

まず, 通常の歩行器歩行において側方からのビデオ画像から足部クリアランスが確保される股関節屈曲角度を設定した。次いで, 10mの歩行器歩行において開始時, 5m通過時にセラピストが『脚を高く挙げてください』という口頭指示のもと歩行器歩行訓練を行った。最後に, 光フィードバック装置を歩行器に取り付け, 適切な股関節屈曲角度が得られた場合にLEDが発光する状態で歩行器歩行を10m行った。その後, ビデオ画像より, 足部クリアランスが目標高に達した回数を数え, 全歩数に対する達成率を算出した。

その結果, 全症例において光フィードバック装置を用いた歩行訓練後, 達成率に有意な改善(介入前 $31.2 \pm 8.7\%$ , フィードバック $82.7 \pm 13.2\%$ :  $p < 0.05$ )を認めた。

以上のことから, 光フィードバック装置を用いた歩行訓練は, 即時的に足部クリアランスを確保させる上で有用なものと考えられた。

#### 【はじめに】

理学療法場面でよく見られる通常の歩行練習場面では, セラピストが口頭指示によって足部クリアランスや歩隔, 歩幅等を制御する。このような時, ほとんどのセラピストは経験側から標的行動, つまり足尖と床との距離, 歩隔, 歩幅を決定し, 指導している。その為, 対象者が努力したとしても標的行動に到達できたのか否かを明確にフィードバックする

ことが困難である。例えば, 対象者が足を高く挙げる努力を続けたとしても, セラピストが賞賛や注目などの強化刺激を与えなければ, その行動は消去されていく<sup>1)</sup>。したがって, セラピストは, 標的行動を明確にするとともに, 適切な行動に対して即時的に強化刺激が与えられるよう配慮すべきと考えられる。

本研究では, 歩行中の足部クリアランスを改善さ

1) 医療法人社団明日佳桜台江仁会病院 リハビリテーション科  
Department of Rehabilitation, Sakuradai Kouzinkai Hospital

2) 高知リハビリテーション学院 理学療法学科  
Department of Physical Therapy, Kochi Rehabilitation Institute

3) 専門学校日本福祉リハビリテーション学院 理学療法学科  
Department of Physical Therapy, Nihon Welfare and Rehabilitation School

せることを目的として、光フィードバック装置によって即時的に適切な行動に強化刺激を与えることを可能にした装置を開発・使用し、その効果を検証した。

【対象】

当院整形外科病棟に入院中の6名（女性5名，男性1名，平均年齢79.5歳）であった。疾患の内訳ならびに、測定時点での運動機能，移動能力は表1に示した。対象者には本研究の内容と目的を説明し，同意を得たのちに実験を行った。

各症例とも歩行器歩行の練習中にあり，歩行器の使用方法についての理解や歩行中の股関節屈曲角度を調節することには問題がなかった。いずれの対象者も，病棟における歩行器歩行中に足先の引きずりをみとめ，わずかの段差でもつまづきによって転倒の危険性があった。

【方法】

1．目標クリアランス高の設定

10m × 1 回の歩行器歩行において 0m（開始時），

5m 通過時にセラピストが『脚を高く挙げてください』という口頭指示をした際の歩行動作を撮影記録した。次に，撮影した際の動画から，十分な足部クリアランスが得られる左右それぞれの大腿遠位部到達高を歩行器側部に装着した大腿遠位部到達高測定器を目安に決定した。

2．口頭指示における歩行器歩行練習（介入前）

次に，再度10m × 1 回の歩行器歩行を実施し，先程と同様に 0m，5m 通過時にセラピストが口頭指示を行い，歩行器歩行練習を撮影記録した。画像から設定した左右それぞれの目標クリアランス高に達した回数を数え，全歩数に対する達成率を算出した。

3．光フィードバック装置のある歩行器を用いた際の歩行練習（介入）

口頭指示による歩行終了後，光フィードバック装置のある歩行器での歩行を撮影記録した。なお，対象者には，歩行開始前に『脚を挙げると目の前の光が点灯します。光が点灯するまで脚を高く持ち上げて歩いてください』という説明を行い10m × 1 回の歩行器歩行を実施した。撮影後，介入前と同様に

表1 対象者のプロフィール

症例	一般情報	身体機能・能力・認知面
A	女性・81歳 左大腿骨頸部骨折 (術後50日)	MMT 上肢4/下肢4 ROM 体幹，両股，膝伸展制限 感覚 問題なし 基本動作 両手を膝に着くことで立ち上がり可能 歩行 T-cane 歩行監視レベル 院内 ADL 歩行器で自立・入浴のみ軽介助 HDS-R 28/30
B	女性・79歳 左大腿骨頸部骨折 (術後22日)	MMT 上肢4/下肢4 ROM 体幹，両股，膝伸展制限 感覚 問題なし 基本動作 片手手すり立ち上がり可能 歩行 歩行器監視 院内 ADL 車椅子レベル，トイレ，入浴に介助 HDS-R 19/30
C	女性・76歳 左上腕骨骨折・両膝 OA (術後92日)	MMT 上肢4/下肢4 ROM 左肩関節制限，両股・膝伸展制限 感覚 問題なし 基本動作 両手を膝に着くことで立ち上がり可能 歩行 T-cane 歩行監視 院内 ADL 歩行器で自立 入浴のみ軽介助 HDS-R 20/30
D	女性・79歳 脳梗塞・左上腕骨骨折 左大腿骨骨折 (術後1年以上)	MMT 上肢5/下肢4 ROM 左股関節軽度伸展制限 感覚 問題なし 基本動作 両手を膝に着くことで立ち上がり可能 歩行 T-cane 自立 院内 ADL T-cane で自立 入浴のみ軽介助 HDS-R 24/30
E	男性・90歳 変形性腰椎折 両膝 OA	MMT 上肢4/下肢4 ROM 問題なし 感覚 問題なし 基本動作 片手手すり立ち上がり可能 歩行 歩行器監視 院内 ADL 車椅子レベル 入浴のみ軽介助 HDS-R 28/30
F	女性・72歳 両膝 OA	MMT 上肢4/下肢4 ROM 問題なし 感覚 問題なし 基本動作 両手を膝に着くことで立ち上がり可能 歩行 T-cane 自立 院内 ADL 歩行器で自立 入浴のみ軽介助 HDS-R 25/30

全歩数に対する達成率を算出した。

統計的手法としては、ウィルコクソンの符号付順位和検定を用い、危険率5%を有意水準とした。

我々が作成した光フィードバック装置は、レーザーポインター（東心社製 TLP-78）、CDS センサ使用光スイッチ（梅澤無線電機社製 UK2023）、高輝度緑色 LED、E-12ねじ込み式12V（梅澤無線電機社製 ZXS-L1212G）を使用して作成した。この装置は CDS センサの受光部がレーザー光を感光している状態からレーザー光が遮光された際に電源が ON となり、高輝度緑色 LED が点灯するようになっている（図1）。

この装置を歩行器に取り付け、歩行時に脚を持ち上げた際に大腿遠位部でレーザー光が遮光されるよう設定した（図2）。レーザー光が遮光されるとアームに付けた LED が点灯し、歩行器使用者が確認できるようにになっている（図3）。

#### 【結果】

全ての症例において介入中、達成率の向上が見られた（図4）。平均達成率は、介入前 $31.2 \pm 8.7\%$ 、介入中 $82.7 \pm 13.2\%$ であった（ $p < 0.05$ ）。

#### 【考察】

本研究の対象者は、下肢を挙上するために必要な筋力や関節可動域、あるいは認知機能に問題はなかった。当初、口頭指示によって歩行器歩行練習中の足部クリアランスを確保することは十分可能であると予想された。しかし、画像によって評価すると口頭指示だけでは十分な足部クリアランスは確保されなかった。このような状況に対し我々は、足部クリアランスを保つため、大腿遠位部の挙上位置がフィードバックできる装置を開発し、歩行器歩行練習に導入した。その結果、即時的かつ飛躍的に達成率は改善した。

何故、口頭指示によって行われていた練習場面では、標的行動が出現しなかったのであろう。この介入では、決められた時点（開始時、5m通過時点）



図1 光フィードバック装置のセンサー構造

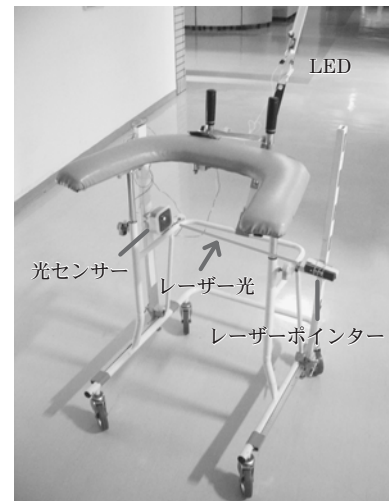


図2 光フィードバック装置を取り付けた歩行器

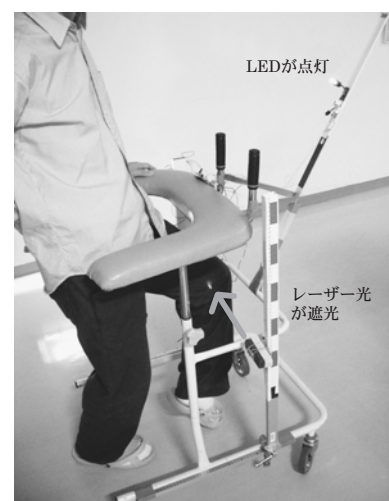


図3 大腿部挙上によるセンサー光の遮光

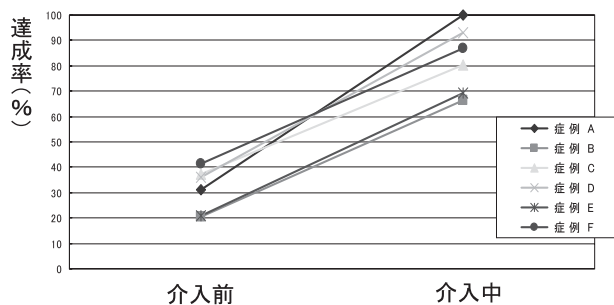


図4 達成率の変化

で「高く上げて下さい」という指示を出したため、大腿部の挙上程度とは無関係に指示が出されていた。つまり、行動分析でいうと大腿部を高く上げるという適切な行動に強化刺激が与えられることも、逆に低いときにそれを指摘することも無かった。対象者の方にとっては、どの程度上げればよいのか、どの程度上がっているのかがまったくフィードバックされていない状況であった。行動の出現頻度を上げるためには、その行動が出現した場合に強化刺激が与えられる必要がある。また、どの程度頑張ればよいのかという見通しがあったほうがその行動は出現しやすい<sup>2,3)</sup>。このため口頭指示による介入では、達成率が低値を示したものと考えられた。

光フィードバック装置を使用した歩行器歩行練習では、標的行動として足部クリアランスの確保に十分な大腿部の挙上高を明確に定義・伝達し、大腿の挙上確保された場合、同じタイミングで毎回・確実なフィードバック（強化刺激の提示）を可能にした（図5）。その結果、即時的に達成率は向上した。歩行中の大腿部の挙上を確実に得るためには、対象

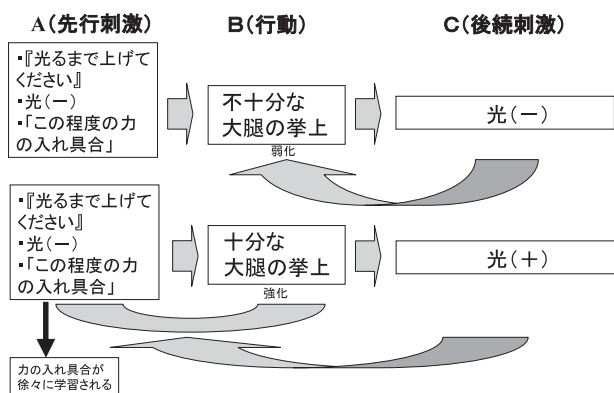


図5 介入後のABC分析

者の中に、「この程度の上げ具合」、「力の入れ具合」なら、「大腿は十分に挙上するはず」というような身体イメージを学習してもらう必要がある。先行研究から、動作を学習するには成功体験が重要なことが明らかとなっており<sup>4,5)</sup>、このことが光フィードバック装置を使用した歩行器歩行練習の効果につながったものと推察された。理学療法士にとって、対象者の身体機能や認知機能を的確に評価し、それらの改善によって基本動作能力の改善を追及していくことは当然のことであるが、今回のように標的行動を明確にし、適切な行動に強化刺激を配置することによって治療効果を高め得ることも忘れてはならないであろう。

今回の光フィードバック装置は、安価な上に、設置場所を変えることでさまざまな身体部位の運動結果をフィードバックすることが可能である。今後は、臨床応用を重ねることでその汎用性や有用性を高めていきたい。

最後に、本研究の限界について述べる。当然のことながら、光刺激を除去すれば大腿部の十分な挙上は徐々に得られなくなる。本研究では、光刺激のフェイディング過程が設定されておらず、この問題に対して今後の検討が必要である。次に、正常歩行では足部クリアランスは大腿部の挙上運動だけでなく、膝関節の屈曲、足関節の背屈など多様な因子で決定されている。したがって、どの部位の運動をフィードバックしたときに、もっとも効率よく足部クリアランスが改善できるかについても検討が必要である。さらに、今回は視覚へのフィードバック装置のみであったため、対象者によっては一点を凝視してしまうという歩行への悪影響が観察された。よって、今後は聴覚フィードバック装置の導入なども考慮する必要がある。

【結語】

歩行器歩行において足部クリアランスが不良な対象者に対して光フィードバック装置を用いた歩行訓練を実施し、その効果について検証した。全症例において光フィードバック装置を用いた歩行訓練後に

有意な改善が認められたことから，光フィードバック装置を用いた歩行訓練は，足部クリアランスを確保させる上で有用なものと考えられた．

【謝辞】

今回の研究にあたりご協力して下さったすべての患者様へ感謝いたします．

【文献】

- 1) 山本淳一：理学療法における応用行動分析学の基礎 [ 1 . 理論と技法 ]. PT ジャーナル35 : 59-64 , 2001 .
- 2) 山本淳一：理学療法における応用行動分析学の基礎 [ 2 . 技法の展開 ]. PT ジャーナル35 : 135-142 , 2001 .
- 3) 山崎裕司，長谷川輝美・他：理学療法における応用行動分析学 [ 3 . 治療場面への応用 ]. PT ジャーナル35 : 219-225 , 2001 .
- 4) Hiroto DS, Seligman MEP : Generality of learned helplessness in man. Journal of Personality and Social Psychology 31 : 311-327, 1975 .
- 5) 山崎裕司，中村明香：身体的ガイドを用いた箸操作練習－箸操作技能と学習効果の関係－高知リハビリテーション学院紀要 8 : 39-42 , 2007 .

