

## 能動型歩行訓練器の自由歩行に及ぼす影響 — 前十字靭帯再建例への応用 —

愛知医科大学 運動療育センター

宮川博文 井上雅之 稲見崇孝

高柳富士丸 丹羽滋郎

愛知医科大学 整形外科教室

大須賀友晃 本庄宏司

愛知医科大学病院 リハビリテーション部

山本隆博

### 【はじめに】

前十字靭帯（以下 ACL）再建術後の早期荷重歩行は、筋活動量を維持し、大腿四頭筋を中心とした廃用性筋萎縮を予防するために必要である<sup>1)</sup>。一般に患肢の全荷重が許可された後、荷重した状態での膝周囲筋群、殿筋群などの筋力強化を目的に膝を曲げた状態での歩行（膝屈曲歩行）を開始し、さらに段階的に速歩を行う<sup>2)</sup>。しかしながら、歩行訓練実施に際し、患側への荷重が困難なこと、股関節、足関節を含む複合関節運動が困難なことから難渋する症例が多い。我々は安全な早期の歩行訓練を模索する過程で自己の筋力でベルトを後方へ動かす能動型歩行訓練器を用いた歩行訓練を実施し、良好な成績を得ている。本研究では能動型歩行訓練器の使用が自由歩行に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

### 【対 象】

対象は、骨付き膝蓋腱（以下 BTB）を用い関節鏡視下での ACL 再建術施行後 3 週経過した ACL 再建例男性 2 例 2 膝、女性 10 例 10 膝の計 12 例 12 膝（年齢 20.3±7.6 歳）と健常女性 5 名 5 膝（年齢 20.8±2.8 歳）である。

### 【方 法】

#### 1. 測定手順

表 1. 自由歩行時の床反力、下肢筋活動の測定手順

以下、①～④の順序で測定

#### ①歩行練習前

↓ 5分間の自由歩行練習

#### ②自由歩行練習直後

↓ 5分間の休憩後  
5分間の能動型歩行練習

#### ③能動型歩行練習直後

↓ 30分間の休憩

#### ④能動型歩行練習後30分

ACL再建例は、再建術施行後 3 週全荷重歩行開始時に ACL 用膝装具（伸展制限 0 度）を装着し、表 1 に示す測定手順に従い、①歩行練習前、② 5 分間の自由歩行練習直後、③能動型歩行練習直後に自由歩行動作の床反力、下肢筋活動をそれぞれ 2 回計測し、床反力は 2 回の平均値を算出した。尚、能動型歩行練習の効果の持続を検討するため、12 例中 8 例に対し、④能動型歩行練習終了後 30 分の測定を追加した。健常者は全員上記②を除く、①③④で ACL 再建例と同様にそれぞれ 2 回計測し、平均値を算出した。尚、能動型歩行の速度は可及的に自由歩行の速度と同一となるよう実施した。

#### 2. 能動型歩行訓練器

今回使用した能動型歩行訓練器はルイスウォー

カー（パラマウント社製）である。勾配の設定は10%とした。

### 3. 床反力測定

能動型歩行訓練が歩行能力に及ぼす影響を検討するため、床反力計（Kistler社製、200cm×50cm×2基）を用い三分力及び着力点よりストライド、歩行速度を算出した。

### 4. 筋電図測定、歩容解析

能動型歩行訓練が下肢筋活動に及ぼす影響を検討するため、筋電計（NORAXON社製Myotrace 400）を用い、ACL再建例は患側、健常者は右側の内側広筋、内側ハムストリング、腓腹筋（内側頭）、前脛骨筋の筋電図を皮膚表面双極誘導法にて導出した。サンプリング周波数は1000Hzとした。尚、ビデオカメラ（SONY DIGITAL VIDEO CAMERA RECORDER DCR-TRV22）を同期させ歩行周期における筋活動の分析、歩容の変化を検討した。

### 5. 統計処理

各種歩行練習実施前後の自由歩行におけるストライド、歩行速度の比較は対応のあるt検定を用い、有意水準は5%とした。

## 【結果】

### 1. 能動型歩行訓練器が自由歩行に及ぼす影響

#### 1) ストライド、歩行速度（表2）

表2. 各種条件での自由歩行時のストライド、歩行速度

	ストライド(m)	歩行速度(m/sec)
ACL再建例 歩行練習前	0.954±0.243	0.705±0.259
自由歩行練習直後	1.053±0.241	0.841±0.219
能動型歩行練習直後	1.237±0.189	1.044±0.225
能動型歩行練習後30分	1.186±0.180	1.033±0.229
健常者 歩行練習前	1.291±0.185	1.236±0.188
能動型歩行練習直後	1.301±0.140	1.261±0.173
能動型歩行練習後30分	1.275±0.129	1.238±0.162

\*\* : p<0.01 \* : p<0.05

ストライドにおいてACL再建例は歩行練習前と自由歩行練習直後の間に、自由歩行練習直後と能動型歩行練習直後の間に有意な増加を認め、能動型歩行練習直後と能動型歩行練習後30分の間に

は有意差を認めなかった。健常者は全てに有意差は無く、能動型歩行訓練器の自由歩行への影響は認めなかった。歩行速度は、ACL再建例、健常者共にストライドと同様の結果を認めた。

### 2) 床反力

能動型歩行練習直後の自由歩行において垂直分力は二峰性の波形を示し、立脚初期の荷重能力と立脚後期の蹴り出し能力の向上を認め、前後分力は推進力、制動力のバランスが改善し、垂直、前後分力共に健常者の波形に近づく傾向を認めた。

### 3) 筋活動

図1は42歳女性ACL再建例の内側広筋、内側ハムストリングの筋活動を示す。内側広筋は歩行練習前、自由歩行練習直後では立脚初期のみ低い活動（quadriceps avoidance gait<sup>3)</sup>：大腿四頭筋抑制歩行）を認め、能動型歩行練習直後には立脚中期、遊脚後期にも活動が出現し、それに対応するよう内側ハムストリングの筋活動増加を認め、quadriceps avoidance gaitは改善した。腓腹筋は能動型歩行練習直後、立脚中期における筋活動増加を、前脛骨筋は同様に能動型歩行練習直後、遊脚後期に筋活動増加を認めた。



図1. 内側広筋と内側ハムストリングの筋活動

### 4) 歩容

ACL再建12例中9例は歩行練習前と自由歩行練習直後に踵接地（立脚初期の足関節背屈可動域0°以上の出現）、蹴り出し（遊脚後期の股関節伸展可動域0°以上の出現）を認めなかった。他の3例はこれを認めた。能動型歩行練習直後は全例踵接地、蹴り出しが可能となり、練習終了後30分においても踵接地、蹴り出しを認めた。

## 【考 察】

我々は既に、ACL再建術施行後6週の12例を対象とし、自己の努力にてベルトを後方へ移動させ歩行する能動型歩行訓練器が膝屈筋の活動を促進し、再建靭帯が脆弱な術後早期の歩行訓練に有効である可能性を報告した<sup>4)</sup>。

本研究はACL再建術後3週における能動型歩行訓練器の使用が自由歩行に及ぼす影響について検討した。その結果、ストライド、歩行速度の有意な増加及び立脚初期の踵接地、遊脚後期の蹴り出しが出現し、歩行能力における量的、質的改善を示し、健常者の歩行に近づく傾向を認めた。この改善は能動型歩行訓練器の持つ特徴(図2)によると考える。



図2. 能動型歩行訓練器の特徴

1. 両手で手摺りを把持することは、術後早期より安心して身体の正中軸を崩すことなく患側荷重が可能となる。2. 歩行周期を通じ膝屈曲位を保持することは足着地時の衝撃力を低下させ、患部への負担を軽減する。3. 歩行時のベルトを後方へ引く動作は股伸展・膝屈曲筋であるハムストリング、足底・背屈筋である腓腹筋、前脛骨筋の活動を促し、同時に正常歩行で認める踵接地、蹴り出し動作も促すと考える。訓練前認めた quadriceps avoidance gait は能動型歩行訓練器により、ハムストリングの活動量増加に伴い大腿四頭筋の活動量は増加し、改善したと考える。

今回、対象としたACL再建例は全例、BTBを用いた再建であり、ハムストリングへの侵襲がない為、術後早期から膝屈筋の高い活動が求められる能動型歩行訓練器の使用が可能で良好な結果を得たと考える。しかし症例数が少なく、本訓練器

による特徴、問題点について更に明らかにしていきたい。

## 【結 語】

ACL再建例、健常者を対象とし、動作解析装置、表面筋電図を用いて能動型歩行訓練器の使用が自由歩行に及ぼす影響を検討した。能動型歩行訓練器による歩行訓練はBTBを用いたACL再建術後早期の下肢機能訓練として安全面、機能面から有効と考える。

## 【参考文献】

- 1) 八木麻衣子他. 前十字靭帯再建術後の早期荷重歩行の影響—内側広筋の筋活動による考察—. 理学療法学2003; 30: 371-373.
- 2) 小柳磨毅他. 前十字靭帯損傷の術後リハビリテーション. 実践スポーツクリニックスポーツ外傷・障害とリハビリテーション—東京: 文光堂; 1994. p.92-99.
- 3) Andriacchi, T.P.: Dynamics of pathological motion: Applied to the anterior cruciate deficient knee. J. Biomechanics 1990; 23, Suppl: 99-105.
- 4) 宮川博文他. 前十字靭帯再建術施行例に対する能動型歩行訓練器の応用. 運動・物理療法 2009; 20: 162.