

## 前十字靭帯再建例に対する能動型歩行訓練器の効果 —自由歩行に及ぼす影響を運動力学的に検討—

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 丹羽滋郎

青木記念病院 整形外科

大須賀友晃

愛知医科大学病院 リハビリテーション部

山本隆博

愛知医科大学 整形外科

本庄宏司

### 【はじめに】

前十字靭帯(以下ACL)再建術後の早期歩行訓練は下肢の荷重機能,可動域,体幹バランスの維持,改善のため,また,下肢筋群を中心とした筋萎縮,固有知覚(proprioception)の低下を最小限にするためにも重要である.この早期歩行訓練の問題点としてQuadriceps Avoidance<sup>1)</sup>,膝関節周囲筋萎縮に伴う荷重時の膝崩れ<sup>2)</sup>等が挙げられ,安全面,機能面を考慮した歩行訓練メニューの作成,実施が重要である.我々は安全で機能的な術後早期の歩行訓練を模索する過程で,手摺りを把持し身体を正中位に保ちながら自家筋力で床面ベルトを後方へ動かす自力(以下能動型)歩行訓練器による歩行訓練を実施し,早期の歩容改善を得ている.本研究では,1.ACL再建例に対する能動型歩行訓練器の使用が自由歩行に及ぼす影響,2.能動型歩行訓練器がACL再建例の膝関節動揺性に及ぼす影響を検討した.

### 【対象】

骨付き膝蓋腱(以下BTB)を用い関節鏡視下ACL再建術施行後3週(全荷重歩行開始時)経過した26例26肢(男性6例,女性20例,年齢 $23.2\pm 9.6$ 歳)と健常者5例5肢(女性5例,年齢 $20.8\pm 2.8$ 歳)を対象とした.尚,ACL再建例は無作為に能動型歩行訓練器を用いた能動群13例(男性3例,女性10例,年齢 $21.8\pm 9.2$ 歳)と用いなかった自由群13例(男性3例,女性10例,年齢 $24.7\pm 10.2$ 歳)の2群に分類した.

### 【方法】

#### 1. 床反力測定

床反力はKistler社製床反力計(200cm×50cm×

2基)を用い,再建術施行後3週的全荷重歩行開始時にACL用膝装具(伸展制限0度)を装着し,自由歩行における垂直分力,前後分力を測定した.測定は①歩行訓練前,②5分間の自由歩行訓練直後,③5分間の介入歩行訓練直後にそれぞれ2回実施し,平均値を算出した.尚,介入歩行訓練は能動群においてパラマウント社製自力歩行器ルイスウォーカー(勾配10%)を使用し能動型歩行訓練を,自由群は再度自由歩行訓練を実施した.能動群における能動型歩行の速度は可及的に②の自由歩行の速度と同一となるよう実施した(図1).床反力の分析は垂直分力において立脚初期と後期のピーク値及びピーク到達時間を,前後分力において制動力と推進力のピーク値及びピーク到達時間を求めた(図2).各種歩行訓練実施前後の自由歩行における床反力の比較は一元配置分散分析を行った後,多重比較としてTukey検定を行い,危険率5%未満を有意水準とした.

図1. 床反力の測定手順

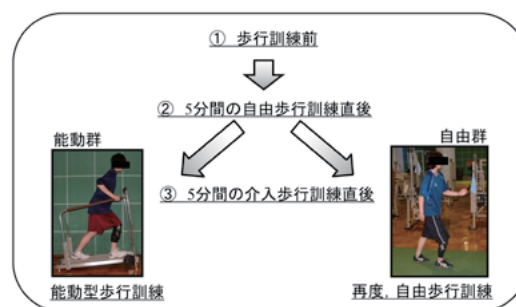
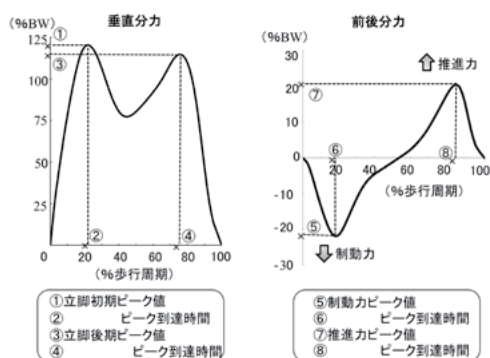


図 2. 床反力の分析



## 2. 膝関節動揺性測定

膝関節動揺性の測定は今回の対象の内、術後 3～12 週の 10 週間において能動型歩行訓練を継続して週 2 日以上実施出来た 8 症例で行った。測定項目は Med-Metric 社製 KT1000 Arthrometer を用い、術後 3 ヶ月 (能動型歩行訓練終了時) における Manual Max 健患差 (mm) を調査した。

### 【結果】

#### 1. 各種歩行訓練前後の自由歩行時床反力

垂直分力において能動群は歩行訓練前に比べ能動型歩行訓練直後で立脚初期ピーク到達時間の有意な短縮を認めた (表 1)。前後分力においても能動群は歩行訓練前に比べ能動型歩行訓練直後で制動力及び推進力ピーク値の有意な増加を認めた (表 2)。以上の結果は、能動型歩行訓練の実施により、垂直分力、前後分力共に健常者の値に近づくものであった。自由群は垂直分力、前後分力共に有意な変化を認めなかった。

表 1. 床反力 (垂直分力)

立脚初期		歩行練習前	自由歩行直後	介入歩行直後
①ピーク値 (%BW)	能動群	99.6±4.4	99.2±3.7	98.6±4.7
	自由群	98.1±3.7	98.2±4.4	99.3±5.2
②ピーク到達時間 (%gait cycle)	能動群	43.9±7.8	38.7±6.7	35.5±6.7
	自由群	37.5±8.6	33.8±7.4	32.5±6.1
立脚後期		歩行練習前	自由歩行直後	介入歩行直後
③ピーク値	能動群	97.5±6.2	99.5±4.7	98.0±5.2
	自由群	98.9±5.3	100.0±4.8	100.1±7.1
④ピーク到達時間	能動群	68.6±5.6	70.3±3.7	72.1±3.9
	自由群	69.3±4.2	69.8±3.4	69.8±3.5

\* : p<0.05

表 2. 床反力 (前後分力)

制動力		歩行練習前	自由歩行直後	介入歩行直後
⑤ピーク値 (%BW)	能動群	-6.2±2.5	-7.9±2.5	-8.9±2.7
	自由群	-7.8±3.2	-8.6±3.8	-9.7±3.6
⑥ピーク到達時間 (%gait cycle)	能動群	22.5±5.2	22.7±5.5	23.7±3.4
	自由群	22.6±3.5	21.0±3.0	22.2±3.3
推進力		歩行練習前	自由歩行直後	介入歩行直後
⑦ピーク値	能動群	11.2±5.4	14.1±5.7	16.7±4.7
	自由群	13.2±5.5	15.2±5.1	15.3±4.9
⑧ピーク到達時間	能動群	80.8±4.7	82.7±3.6	83.6±2.9
	自由群	82.3±2.0	82.5±1.7	81.8±2.7

\* : p<0.05

#### 2. 能動型歩行訓練の膝関節動揺性への影響

術後 3-12 週において能動型歩行訓練を継続して週 2 日以上実施出来た 8 症例の術後 3 ヶ月における KT1000 Manual Max 健患差 (mm) の平均は  $-0.13 \pm 1.76$  ( $-3 \sim 2$ ) であり、全例 2mm 以下であった。

### 【考察】

我々は術後早期の ACL 再建例を対象とした先行研究において、能動型歩行訓練が膝屈曲筋の活動を促し、再建靭帯が脆弱な術後早期の歩行訓練に安全で有効であることを報告した<sup>3)</sup>。今回は能動型歩行訓練器の使用が自由歩行に及ぼす影響を運動力学的に検討すると共に、能動型歩行訓練が膝関節動揺性に及ぼす影響について検討した。

5 分間の能動型歩行訓練の実施により、垂直分力における立脚初期ピーク到達時間の短縮、前後分力における制動力ピーク値の増大を認めた。この結果は立脚初期の荷重支持能力の向上によるものと考えられる。また、前後分力における推進力ピーク値の増大は立脚後期の蹴り出し能力の向上によるものと考えられる。以上の歩行能力向上は能動型歩行訓練器の特徴であるベルトを後方へ引く動作様式が股関節伸展筋、膝関節屈曲筋、足関節底・背屈筋を中心に活動を促し、正常歩行で認める踵接地、蹴り出し動作を促したと考える。

能動型歩行訓練器が膝関節動揺性に及ぼす影響について Bach 等は KT1000 Arthrometer による Manual Max 左右差が 3mm 以上である場合、ACL 損傷の可能性があると報告している<sup>4,5)</sup>。今回、能動型歩行訓練器を継続して週 2 日以上実施した ACL 再建例の術後 3 ヶ月における健患差は全例 2mm 以下であったことから能動型歩行訓練器は ACL 術後早期の訓練として安全と考える。

ACL 再建術後の歩行訓練について小柳は患肢の全荷重が許可された後、膝を曲げた状態での歩行 (膝

屈曲歩行), さらに段階的に速歩を指導すると報告している<sup>6)</sup>. また, 八木は ACL 再建術後の早期荷重歩行は, 特に術側の筋活動量を維持する上で重要と報告している<sup>7)</sup>. しかしながら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等から歩行訓練実施に際し, 難渋する症例が多い. 本研究結果より, 膝屈曲歩行の前段階として能動型歩行訓練器による歩行訓練は 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.

今後, 膝屈筋腱を用いた再建例についても検討を進め, 本訓練器の特徴, 問題点について明らかにしていきたい.

### 【結語】

ACL 再建例及び健常者を対象とし, 床反力計, KT1000 Arthrometer を用いて能動型歩行訓練器の使用が自由歩行, 膝関節動揺性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) Andriacchi, T.P.: Dynamics of pathological motion: Applied to the anterior cruciate deficient knee. *J. Biomechanics*; 23 (Suppl) :99-105, 1990.
- 2) 福林徹 : ACL 損傷による giving way のメカニズムと対策 . *Journal of Athletic Rehabilitation* : 9-13, 2002.
- 3) 宮川博文ほか : 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* 20:162, 2009.
- 4) Bach, B.R. : Arthrometric evaluation of knees that have a torn anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg*; 72 (9) :1299-306, 1990.
- 5) Daniel, D.M. : Instrumented measurement of anterior knee laxity in patients with acute anterior cruciate ligament disruption. *Am J Sports Med*; 13 (6) :401-7, 1985.
- 6) 小柳磨毅ほか : 実践スポーツクリニクススポーツ外傷・障害とリハビリテーション—前十字靭帯損傷の術後リハビリテーション:92-99 文光堂, 東京, 1994.

- 7) 八木麻衣子ほか : 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* 30 : 371-373, 2003.