

## 高齡者における膝義足歩行の可能性についての一考察

西本哲也<sup>\*1</sup> 渡邊 進<sup>\*1</sup> 江口淳子<sup>\*2</sup> 森 明子<sup>\*2</sup> 長尾光城<sup>\*3</sup>

## 緒 言

## 1. 研究目的

近年、我が国でも欧米並に末梢循環障害に起因する高齡下肢切断者が増加してきている<sup>1)</sup>。末梢循環障害が原因で行われる切断術は、緊急に行われることが多い外傷による切断術とは違い、計画的に行われることが多く、切断端の状態は比較的良い。しかし高齡の患者の多くは種々の合併症をもち、また脊柱のアライメントの崩壊や筋力の低下、全身持久力の低下などのため義足歩行獲得に難渋することが多い。したがって義足装着訓練前に義足歩行の可能性についての予測をある程度できることが、医学的リハビリテーションにおけるゴール設定、プログラム立案のための一助となる。今回はその予備的研究として、10～20歳代と60～70歳代の健常人を対象に模擬膝義足（図1）を使用して、膝義足歩行獲得までの運動学習能力を検討し、理学療法場面における義足歩行訓練のあり方を考察する。またその結果と高齡者の特性を照合して、高齡者の膝義足歩行の可能性を考察する。

## 2. 膝義足の一般的な特徴と模擬膝義足歩行

膝義足は、膝関節離断、大腿極長断端、下腿極短断端などに処方される<sup>2)</sup>。大腿義足の四辺形ソケットでは主に坐骨結節で体重支持を行うが、膝義足では一般的に断端末で体重支持をする。またソケットが長く、健側の生理的な膝関節の位置と高さを合致させるため、4節リンク膝継手が有用である<sup>3)</sup>。2重ソケット、ソフトインサートなどの工夫により、大腿骨の内・外側顆がソケット内で覆われるため適合もよく、自己懸垂能力もある。しかし内外側顆を含むためにソケットの左右径が大きくなり外観に影響する。それにソケットが長くターンテーブルが取り付けにくいので、床上での坐位は困難である。歩行機能の面では、大腿切断よりも断端が長く、股関節の拘縮も起こりにくいので膝義足の方が優れていると言えるだろう。

今回使用した模擬膝義足は右足用である。坐骨支持機構があり大腿切断用としても使用できるが、今回は被験者への適合の難易度を考慮して、膝義足用として実験に使用した。

模擬膝義足ではソケットに膝関節を95度屈曲して大腿と下腿を挿入する。体重支持部は膝蓋骨部と下腿の前面であり、脛骨粗面部が主たる支持部である。大腿部と下腿部の固定ベルトにより自己懸垂能力も備えている。歩行動作時に作用する筋は、膝義足患者とほとんど同様であるが、膝義足患者は切断術により筋の処理をされているので、筋張力は正常よりも低下していると考えられる。すなわち模擬膝義足は、主な体重支持部と初期屈曲角、筋張力の相違はあるが、概ね膝義足歩行をシュミレーションできる<sup>4)</sup>ものであると言えるだろう。

## 対象と方法

10～20歳代と60～70歳代で、運動器系に問題のない健常者45名を対象とし、以下の実験を行った。各被験者には研究の目的をよく理解してもらい、十分に準備体操を行ってから実施した。

## (実験1)

10～20歳代の男性39名（以下、若年者群）を無作為に以下の3群（13名ずつ）に分け、右足に模擬膝義足を装着して二足独立歩行獲得を目標に訓練を行った。模擬膝義足の長さのアライメント設定は経験年数5年以上の理学療法士が行い、被験者に適合させた。

I群：模擬膝義足歩行訓練に対して、全く歩行指導をしなかったグループ（平均19.4歳）。

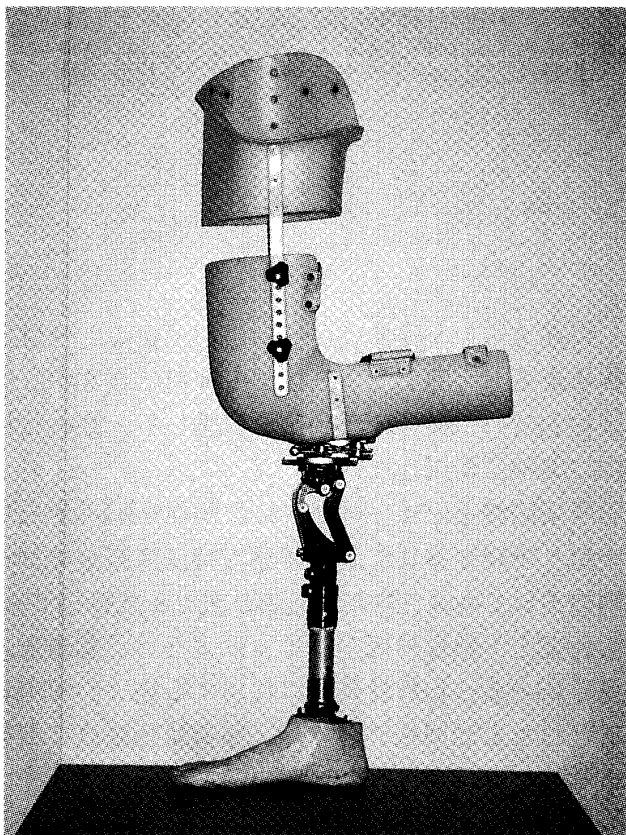
II群：模擬膝義足訓練中に歩行指導をしたグループ（平均19.9歳）。

III群：模擬膝義足訓練前に膝義足歩行のメカニズム<sup>5)</sup>について説明をし、訓練中にも歩行指導をしたグループ（平均21.6歳）。

まず平行棒内歩行（図2）から始め、徐々に二足独立歩行へと移行させ、安定して歩くことができる

\*1 川崎医療福祉大学 医療技術学部 リハビリテーション学科 理学療法専攻 \*2 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 リハビリテーション  
\*3 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科  
(連絡先) 西本哲也 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

A



B

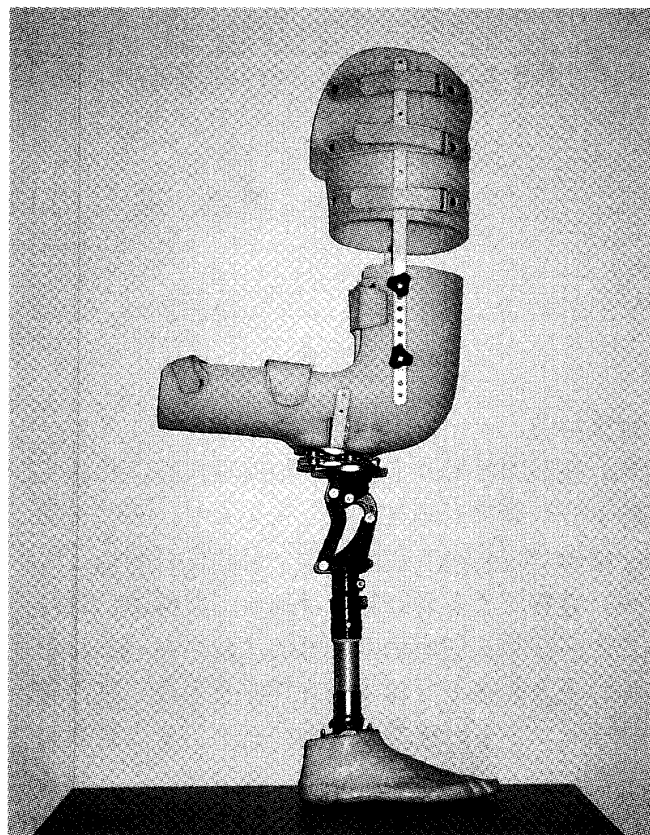


図1 模擬膝義足

ソケットは調節式（高さ、周計）で、大腿部と下腿部に調節ベルトがある。大腿切断用としても使用できる。膝継手は4節リンク膝継手で足部はシアトル足である。膝継手上部にはアジャスタブルカップリングがありアライメントを調節できる。

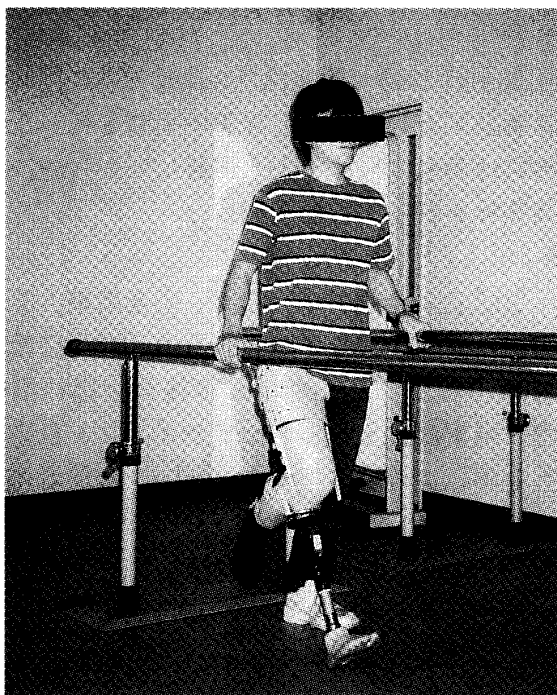


図2 平行棒内歩行訓練

ようになるまで訓練を行った。安定したかどうかの基準は、10メートルを転倒せずに2回連続で15秒以内で歩行可能な状態になり、なおかつ経験年数5年以上の理学療法士が歩容に安全性があると判断した場合であった。歩行獲得までに要した時間と、その時の10メートルあたりの時間を測定し、各群間によ

る比較を行った。比較には Wilcoxon の符号付順位和検定を用い、有意水準は5%とした。尚、訓練途中での休憩は被験者の意志で随時とらせ、休憩をした時間も歩行獲得時間に含めた。

（実験2）

60～70歳代（平均70.5歳）の6名（男性4名、女性2名；以下、高齢者群）を対象に実験1のII群と同じ条件で訓練を行った。但し歩行獲得の基準として、10メートル歩行時間は15秒以内に限定しなかった。また90分を超えた場合は歩行訓練を終了し、未獲得とした。

（実験3）

実験1の被験者の中から無作為に抽出した1名について、模擬膝義足歩行訓練前後の歩行時の床反力を測定し、その特徴を比較した。床反力の測定にはアニマ社製フォースプレートを使用した。

測定は、ほぼ定常歩行状態である3歩目（左足）から5秒間測定した。

## 結 果

（実験1）

表1に結果を示した。I群とII群、I群とIII群の間にそれぞれ有意差があった。各群間で10メートル歩行時間は有意差がなかった。

表1 若年者群の歩行獲得時間と10m 速度 (平均)

分類	対象数	平均年齢	歩行獲得時間 (分)	10m速度 (秒)
I 群	13	19.4	25.0±8.77	11.4±2.2
II 群	13	19.9	15.8±4.7	12.3±1.5
III 群	13	21.6	16.3±9.6	11.9±1.8

表2 高齢者群の歩行獲得時間と10m 速度

対象者	年齢	性別	歩行獲得時間 (分)	10m 速度 (秒)
A	66	M	61	19.5
B	68	F	未獲得	—
C	76	M	80	22.9
D	73	F	65	18.1
E	70	M	未獲得	—
F	70	M	22	15.4

表3 床反力の結果

		(訓練前)		(訓練後)	
		義足側	健側	義足側	健側
垂直分力 (%)		94.1	112.3	103.1	105.2
側方分力 (%)	内向き	8.8	13.0	11.8	9.6
	外向き	0.02	3.7	0.7	0.9
前後分力 (%)	制動力	11.1	7.7	2.6	10.1
	推進力	6.7	12.2	7.7	5.0

## (実験2)

表2に結果を示した。

未獲得者が6名中2名(男性1名, 女性1名)であった。

獲得可能であった被験者の獲得時間と10メートル歩行時間は, かなり個人差があった。

## (実験3)

図3の(1)に訓練前, (2)に訓練後の床反力を示した。また表3には床反力の各分力の最大値(体重の百分率)を示した。

訓練前は両脚接地期が長く, 義足側の立脚相が不安定であることがわかる。

訓練後の各分力に注目すると, 垂直分力{図3-(2)-A}では両側とも立脚期の時間が短縮されている。非義足側(左側: 以下, 健側)は, 立脚期のピークが初期と中期と後期の3相性になっている。義足側は立脚期のピークが初期と後期の2相性になっており, 正常歩行に近いものである。

側方分力{図3-(2)-B}をみると, 均等ではないが内向きの力が交互に出現し, ピーク値もほぼ同等なので, 概ね歩容が安定してきている。

前後分力{図3-(2)-C}をみると, 訓練後に健側の推進力が減少し, 制動力が増加している。逆に義足側の推進力は増えているが, 制動力が減少している。訓練前よりは義足側に体重を移動できるようにはなっているが, 矢状面においては正常の歩容とはかなり異なっていることを示している。

## 考 察

## 1. 歩行訓練中の口頭指示の重要性

実験1の結果, I群よりもII, III群の歩行獲得時間が有意に短縮されていることから, 口頭指示の重要性が示唆された。宮本<sup>6)</sup>は運動の企画や意図と運動結果や感覚フィードバックとを照合することが, 運動学習の成立に不可欠であり, 一種の認知過程であるとしている。この実験ではそれに加えて口頭指示により被験者の中にフィードフォワード的なマニュアル(より具体的な想起スキーマ<sup>7)</sup>)が存在したことが, 運動学習の成立を時間的に短縮することができた原因だと思われる。つまり運動学習などの一種の認知過程において, そのパフォーマンスを経験したことがないものにとっては, 方法論のアドバイスが重要な役割を果たすと考えられる。

義足歩行は, 切断端の残存筋力によりソケットを介して能動的に義足を操作し歩行する作業である。切断端の機能は正常の四肢の機能とは異っている。つまり義足歩行は「歩く」という行為における認知過程の再構築を必要とされるものである。理学療法士は, 下肢切断患者のリハビリテーションにおいて, 切断者の(断端を含めた)機能向上と義足の適合, アライメント修正, 歩行を中心とした義足装着訓練などを業務<sup>8)</sup>とする。義足歩行訓練ではこの認知過程の構築を促し, 実用性のある歩行を早期に獲得するために適切なアドバイスを与える必要があるだろう。

また今回の実験1のIII群では口頭指示に加えて, 歩行訓練前の講義も行ったが, その特異的な効果はなかった。訓練前に膝義足歩行の運動学的なメカニズムを知ることは, 口頭指示だけよりも運動学習過程を促通するという仮説により実験を行ったが, 結果は得られなかった。このことは, 運動学習における認知過程の構築の中で, 口頭指示と訓練前講義はほとんど同じ役割をもっていることを示唆するものである。つまり両者とも方法論のアドバイスの一つであり, 具体的な想起スキーマとしてフィードフォワード的作用をするものと考えられる。今後, 訓練前講義だけをした群を条件に加え, 新たに実験を行う必要性がある。

## 2. 義足歩行獲得の条件

## (1) 床反力の結果からの検討

実験3の結果より, 訓練後の歩容は訓練前よりも安定しているが, やはりまだ義足側の立脚期が正常歩行より短い。垂直分力と前後分力を照合すると, この原因は義足側の立脚期の踵接地から立脚中期までが短いからであることが示唆される。踵接地にみ

## (1) 訓練前

## (2) 訓練後

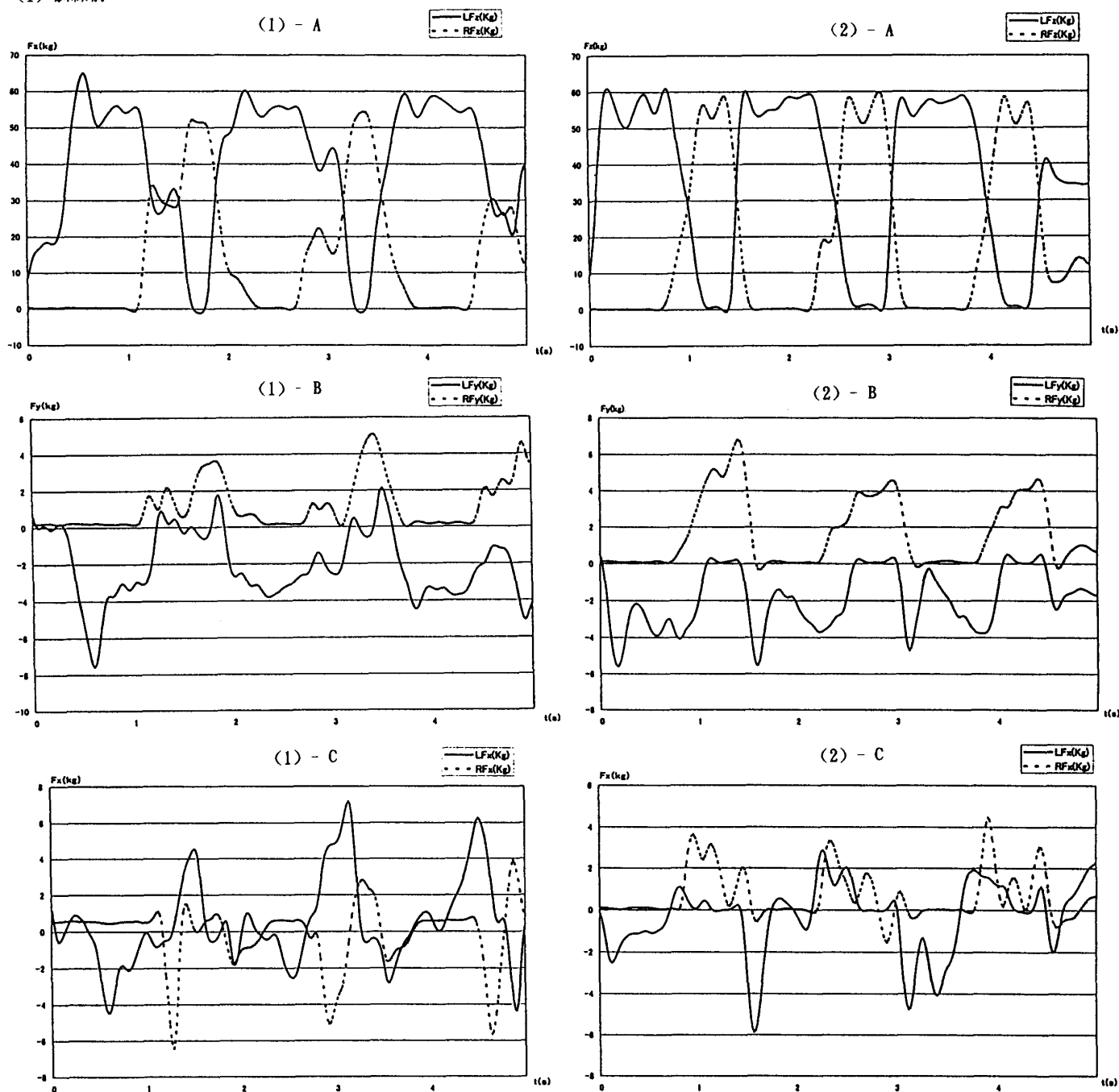


図3 模擬膝義足歩行の床反力パターン

られる制動力が義足側では少ないのである。逆に健側では義足を振り出すために立脚中期に踏ん張るので、垂直分力でピーク値が3相性になり、前後分力では制動力が大きくなっている。このことにより立脚期が長くなっていると考えられる。被験者は条件をクリアし歩行獲得となったが、歩容の面では改善の余地がある。特に義足側の立脚期での筋収縮の学習と、体幹と下肢のアライメントを改善する必要があると思われる。それができると同時に健側の筋収縮のタイミングが正常歩行に近づくと思われる。つまり安全性、スピード、持久性が向上し、実用的になるにはもう少し時間が必要である。

## (2) 恐怖感の排除

実験1, 2より, 若年者群では全員が短時間(最大44分; III群のうちの1名)で模擬義足歩行を習得しているのに対して, 高齢者群では6名中2名が90分の制限時間内で未獲得であった。II群と同じく口頭指示を与えたにもかかわらず獲得率は低かった。未獲得の2名は, 最後まで転倒の恐怖感とれなかったことを表明している。前述の運動認知過程の構築のためには, この恐怖感は明らかに阻害因子となっている。今回の実験では, 若年者群でも最初は恐怖感をもっていた被験者が多かった。しかし運動感覚のフィードバックの繰り返しにより慣れが生じ, 恐怖感は徐々に消えていった。つまり運動学習により恐怖感は徐々に認知過程の中に統合されるが,

高齢者群ではその進行が時間的に遅いことが示唆された。

今回、高齢者群の2名の被験者が恐怖感を排除できなかった原因は、身体の平衡反応、つまり立ち直り反応や咄嗟の時の保護伸展反応の衰えと、その経験あるいは思い込みであると考えられる。模擬膝義足歩行では膝折れによる転倒が一番のリスクである。それに対する恐怖感が緊張感を生み、筋が反動的収縮の遅延をおこし、また転倒しそうになるという悪循環が生じるのである。これでは運動認知過程の構築が滞ることになる。この悪循環から抜けきれない者は、おそらく動作獲得を諦めてしまうだろう。

義足歩行獲得のためには、運動感覚のフィードバックの繰り返しにより、認知スキーマ<sup>9)</sup>を成熟させる必要がある。恐怖感はそのための一番の阻害因子である。理学療法の訓練場面では恐怖感の強い患者に対して、転倒に対する安全性を配慮した上で歩行訓練をすることが大切である。一般的に平行棒や杖、歩行器を用いるが、二足独立歩行へ移行するときは理学療法士が介助あるいは近位監視で行うことが多い。それでも安全性・安定性が獲得できない場合は杖や歩行器などの日常的な使用<sup>10)</sup>が余儀なくされるだろう。

### 3. 高齢者における膝義足歩行の可能性

若年者群と比較して、高齢者群では歩行獲得率も低く、獲得時間も多く要した。この原因は運動学習能力が低いことと、阻害因子が多いことである。

運動学習能力が低い原因は、加齢による筋力、筋持久力、心肺機能の低下や、立ち直り反応、保護伸展反応の低下、そして運動感覚の低下<sup>11)</sup>が考えられる。また高齢者に特有の阻害因子として、心理的な要因(恐怖感の多さや根気の低下)、円背などの身体構築学的な問題、種々の既往、合併症などが考えられる。その上臨床では手術後の安静臥床による廃用性症候群の問題も加わり、阻害因子は多岐にわたることが予測できる。

今回の実験で的高齢者群は円背もなく、特に疾病の問題もなかった。それにもかかわらず若年者群と

比較して歩行獲得率、歩行獲得時間、10メートル歩行速度の結果は良くなかった。つまり高齢者の膝義足歩行獲得の可能性は若年者よりも遥かに困難であることが予想されるのである。

今回の研究結果から、臨床の理学療法場面で高齢者に膝義足歩行を獲得させるための方法論として次の6点が挙げられる。

- 1) 廃用症候群や理学療法により生じる合併症(誤用、過用症候群)を起こさない。
- 2) できるだけ恐怖感を感じさせない環境で歩行訓練を進める。
- 3) 適切な口頭指示を行い、膝義足歩行のメカニズムを理解してもらう。
- 4) 身体構築学的問題がある場合は、義足のアライメント設定・調整に留意する。また一般的に、転倒防止のために膝軸を後方へ位置させるなど、安全性を重視した設定が望ましい。あるいは荷重ブレーキ機能<sup>12)</sup>のついた4節リンク膝継手が望ましい。
- 5) 術前より、模擬義足を用いて歩行訓練を行う。
- 6) 若年者よりは義足歩行訓練に要する時間が多くなるということを理解してもらう。

基本的には以上の点に留意して理学療法を行うことが望ましいと思われるが、高齢者には、痴呆や重い合併症、心肺機能の著しい低下など特異的で除去困難な問題点が幾つかある。移動手段としてゴールをどのレベルに設定するかは、医師を中心としたリハビリテーションチームのカンファレンスにより決定される<sup>13)</sup>ことが多いが、理学療法士としては、患者の義足歩行獲得の可能性をある程度予測した上で、適切なゴール設定についての意見を投じることを求められる。高齢者に対する義足歩行訓練の経験を積んで結果を報告し、高齢者の特性や義足のパーツの工夫についてさらに研究を重ねることが今後の課題である。

この研究は平成9年度川崎医療福祉大学総合研究費の助成を受けて行った。

## 文 献

- 1) 米満弘之(1991) 高齢化時代における下肢血行障害 義足の問題点. リハビリテーション医学, **28**(9), 691-693.
- 2) 丸野紀子, 栢森良二, 九里達夫, 田中 繁, 三上真弘(1993) 膝義足処方例の成績. 日本義肢装具学会誌, **8**(特別号), 205-206.
- 3) 小嶋 功, 中川昭夫(2000) 膝義足. 川村次郎, 竹内孝仁編, 義肢装具学, 第2版, 医学書院, 東京, pp107-110.
- 4) 神田昭光, 西原一嘉, 小山憲路, 川村次郎(1993) 模擬義足 一主に有用性と応用例の紹介-. 日本義肢装具学会誌, **8**(特別号), 183-184.

- 5) 川村次郎(1995)義足歩行の原理 ―義足でなぜ歩けるのか?―. リハビリテーション医学, **32**(3), 168-172.
- 6) 宮本省三(1994)認知運動療法の理論と実際. 理学療法学, **21**(2), 160-167.
- 7) 藤原勝夫(1991)予測的姿勢制御. 理学療法ジャーナル, **25**(4), 265-272.
- 8) 澤村誠志(1988)義肢装具クリニック. 澤村誠志編, 義肢学, 初版, 医歯薬出版株式会社, 東京, pp13-18.
- 9) 伊藤政展(1989)身体運動の制御と学習における運動プログラムとスキーマの役割. 体育の科学, **39**, 607-614.
- 10) 小嶋 功, 長倉裕二, 大藪弘子, 小田邦彦, 山下隆昭, 中川昭夫, 幸 幹夫, 中島咲哉, 澤村誠志(1994)高齢下肢切断者の現状と今後の課題 ―理学療法士からみた問題点―. 日本義肢装具学会誌, **9**(特別号), 27-28.
- 11) 福井罔彦, 前田真治(1992)老人のリハビリテーション, 第4版, 医学書院, 東京, pp2-6
- 12) 大藪弘子, 町田勝広, 高瀬 泉(1998)高齢者・小児・スポーツ用義足. 理学療法ジャーナル, **32**(6), 446-448.
- 13) 三宅恵美子, 神内拓行, 本多まり, 石田 暉(1995)高齢下肢切断患者の義足適応についての一考察. 総合リハビリテーション, **23**(1), 81.

(平成12年12月12日受理)

## A Study on the Possibility of Knee Prosthetic Gait in the Aged

Tetsuya NISHIMOTO, Susumu WATANABE, Atsuko EGUCHI, Akiko MORI and Mitsushiro NAGAO

(Accepted Dec. 12, 2000)

Key words : PROSTHESIS, GAIT, ELDERLY PEOPLE

Correspondence to : Tetsuya NISHIMOTO Department of Restorative Science, Faculty of Medical Welfare  
Kawasaki University of Medical Welfare  
Kurashiki, 701-0193, Japan  
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.10, No.2, 2000 423-428)