酸素摂取量から分析した松葉杖歩行と 歩行器歩行に関する分析

*Analysis Using Oxygen Consumption on Walking with
Axillary Crutches and with a Pick Up Walker*

久保 晃¹⁾ 丸山 仁司¹⁾ 松本 徹²⁾

AKIRA KUBO¹⁾, HITOSHI MARUYAMA¹⁾, TORU MATSUMOTO²⁾

¹⁾Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, International University of Health and Welfare: 2600-1 Kitakanemaru, Ohtawara city, Tochigi 324-0815, Japan. TEL +81 287-24-3018

²⁾Department of Rehabilitation, Oyama Orthopedic Surgery and Internal Medicine Clinic

Rigakuryoho Kagaku 15(1): 13-16, 2000. Submitted Sep. 16, 1999. Accepted Dec. 20, 1999.

ABSTRACT: Sixteen healthy adults (10 males and 6 females, average age; 22.8 ± 4.0 years) performed a treadmill walking with axillary crutches and a pick up walker, and their oxygen consumption, transfer efficiency, walking rate, and anaerobic threshold (AT) were measured during each walking. The speeds of the walking with axillary crutches and a pick up walker were 50% and 70% of that of a comfortable treadmill walking. Oxygen consumption during the walking with axillary crutches or a pick up walker was higher than during a comfortable treadmill walking, exceeding AT value except during the walking with axillary crutches at the speed of 50% of a comfortable treadmill walking. Transfer efficiency of the walking with a pick up walker was lower than that with axillary crutches, and walking rate of the walking with a pick up walker was higher than that with axillary crutches. This suggests that walking rate plays a role in inducing higher oxygen consumption during a treadmill walking with a pick up walker, compared with the walking with axillary crutches. These results were considered applicable to the exercise prescription aiming at physical strengthening for persons with lower limb disabilities, and to risk management for the patients with cardiovascular disorders.

Key words: pick up walker, axillary crutch, oxygen consumption

要旨: 健康成人16名(男性10名, 女性6名, 平均 22.8 ± 4.0 歳)を対象にトレッドミル上での松葉杖歩行, 歩行器歩行および通常の歩行中の酸素摂取量, 移動能率, 歩行率を測定した。松葉杖および歩行器歩行の速度は通常歩行の50%と75%の2種類とした。また, 嫌気性代謝閾値(AT)も測定した。その結果, 酸素摂取量は通常歩行に比べて松葉杖歩行, 歩行器歩行で高く, 通常歩行の50%速度の松葉杖歩行を除くとほぼAT以上となった。移動能率は松葉杖より歩行器歩行で低下し, 歩行率は松葉杖より歩行器歩行で高く, 歩行器歩行の酸素摂取量が松葉杖歩行より高くなる要因に歩行率が関与していることが示唆された。これらのことは, 下肢機能障害者の体力づくりのための運動処方や循環器疾患を有する患者のリスク管理に応用が可能と考えられた。

キーワード: 歩行器, 松葉杖, 酸素摂取量

1) 国際医療福祉大学保健学部理学療法学科: 栃木県大田原市北金丸2600-1 (〒324-0815) TEL 0287-24-3018

2) 小山整形外科内科リハビリテーション科

受付日 1999年9月16日 受理日 1999年12月20日

I. はじめに

松葉杖や歩行器は、高齢者や下肢機能障害者に対して汎用される補助具である。これまでに、松葉杖やロフトランド杖による移動中の酸素摂取量の分析がなされ^{1)~5)}、松葉杖による移動(以下、松葉杖歩行)は心血管系におよぼすストレスが大きいとされている^{1)~4)}。また、杖の握りの位置の高低によって酸素摂取量は影響を受け、至適な位置の検討が必要であると報告されている⁵⁾。

松葉杖歩行に関する報告に対して、臨床的に高齢者によく用いられる歩行器による移動(以下、歩行器歩行)についての分析は少ない。歩行器は、松葉杖に比べて支持基底面が広く、安定性に優れるという特徴がある。石倉⁶⁾は、歩行器歩行時の下肢の筋活動パターンを報告しているが、この他に、エネルギー消費や移動能率の観点でも、歩行器歩行の特徴を検討する意義があると思われる。

本研究の目的は、トレッドミル上の松葉杖歩行、歩行器歩行および通常の歩行中の酸素摂取量を比較し、運動強度および移動能率の観点から、3種類の歩行にどのような違いがあるかを検討することである。

II. 対象と方法

1. 対 象

対象は健康成人16名、男性10名、女性6名で、年齢は平均 22.8 ± 4.0 歳、身長は平均 165.4 ± 7.5 cm、体重は平均 59.3 ± 9.3 kgである。

2. 方 法

1) 松葉杖および歩行器歩行

対象者は、歩き慣れた幅180 cmの大学内廊下50 mを通常の速度で歩き、その歩行所要時間から歩行速度を導き出した。歩き出しの加速と歩き終わりの減速を考慮し、50 mの前後3 mずつ助歩行路を設定した。対象者の廊下歩行速度の平均は、4.1 km/hであった。その速度から、以前報告した⁷⁾トレッドミル上速度への変換式、 $y(\text{km/h}) = 0.65x(\text{km/h}) + 0.04$ (x :廊下歩行速度、 y :トレッドミル上歩行速度)に代入し、対応するトレッドミル上での速度を決定した(以下、通常歩行)。

求めた通常歩行速度でトレッドミル上での歩行練習を施行した。その後、通常歩行速度の50%と75%の2通りの速度で、松葉杖と歩行器の2種類の補助具を用いて、右下肢を免荷した状態で、4パターンの歩行を練習し

た。松葉杖は足外前方15 cmにチップの部分置き、腋窩2横指の高さとし、握りは大転子の高さで長さを調整した。歩行器の握りの位置は大転子の高さとした。

トレッドミル上で3分間の安静坐位をとり、まず、通常歩行を4分間施行した。その後、右下肢免荷で通常歩行の50%速度歩行4分間、75%速度歩行4分間の補助具を使用した歩行を施行した。松葉杖歩行と歩行器歩行の順序はランダムにし、松葉杖歩行と歩行器歩行の間には5分間の坐位の休憩を入れた。

使用器械は、呼気ガス分析装置(ミナト医科学社製エアロモニタAE-280S)により酸素摂取量、モニター心電計により心拍数、不整脈を連続的に監視し、各4分間の歩行の終了前1分間の酸素摂取量、歩行率を測定した。これらをもとに安静坐位の酸素摂取量を基準とした時の各歩行条件との比(Met)、通常歩行での酸素摂取量を基準とした時の比、体重1 kgを100 m移動するのに必要な酸素摂取量を移動能率として求めた。また、松葉杖および歩行器の歩行速度と酸素摂取量の関係も求めた。トレッドミルはWoodway社製車椅子用トレッドミルSPR-7050(ベルト幅90 cm、長さ165 cm)、松葉杖は木製標準型松葉杖(1.6 kg)、歩行器はwalkerette型(2.6 kg)である。

2) 体力(有酸素作業能力)の測定

先述の呼気ガス分析装置およびトレッドミルを使用して、嫌気性代謝閾値(以下AT)を日を変えて測定した。ATの測定は、聖マリアンナ医科大学トレッドミルラング負荷プロトコルにて実施し、原則としてV-slope法で求めた。

3) 統計的検討

対応のあるt検定を用い、危険率5%未満を有意とした。

III. 結 果

各条件での酸素摂取量、安静坐位の酸素摂取量を基準とした時の各歩行条件との比(Met)、通常歩行での酸素摂取量を基準とした時の比、移動能率および歩行率を表1に示す。

酸素摂取量では、安静坐位で約5 ml/min·kg、通常歩行で約11 ml/min·kg、50%松葉杖歩行で約17 ml/min·kg、75%松葉杖歩行で約20 ml/min·kg、50%歩行器歩行で約20 ml/min·kg、75%歩行器歩行で約29 ml/min·kgと75%歩行器歩行の酸素摂取量が高値を示した。また、ATは約21 ml/min·kgであった。

安静坐位を基準とした運動強度(Met)と通常歩行を基準とした運動強度は、75%歩行器歩行が約6 Metsと最大

表1 各条件での酸素摂取量, 安静座位および通常歩行との比, 移動能率, 歩行率

条 件	酸素摂取量 (ml/min・kg)	安静座位 (Met)	通常歩行 (倍)	移動能率 (ml/100m・kg)	歩行率 (steps/min)
安静座位	4.7±0.8				
通常の歩行速度	10.8±1.2	2.4±0.5		24.1±3.8	102.6±7.6
50%松葉杖歩行	16.6±2.7	3.7±0.8	1.5±0.2	73.7±14.2	35.9±7.0
75%松葉杖歩行	20.2±3.0	4.5±1.0	1.9±0.3	60.1±11.2	42.8±8.0
50%歩行器歩行	20.4±2.9	4.5±1.1	1.9±0.3	90.3±12.6	42.6±5.4
75%歩行器歩行	28.6±4.3	6.4±1.6	2.7±0.4	84.5±13.0	52.3±6.8
A T	20.7±3.2				

表2 50%および75%速度での松葉杖および歩行器歩行の比較

	松葉杖	歩行器	有意差
酸素摂取量 (ml/min・kg)			
通常歩行の50%	16.6±2.7	20.4±2.9	p<0.01
通常歩行の75%	20.2±3.0	28.6±4.3	p<0.01
移動能率 (ml/100m・kg)			
通常歩行の50%	73.7±14.2	90.3±12.6	p<0.01
通常歩行の75%	60.1±11.2	84.5±13.0	p<0.01
歩行率 (steps/min)			
通常歩行の50%	35.9±7.0	42.6±5.4	p<0.01
通常歩行の75%	42.8±8.0	52.3±6.8	p<0.01

で通常歩行の約3倍の強度に達していた。

移動能率は, 通常歩行で約24 ml/100m・kg, 50%松葉杖歩行で約74 ml/100m・kg, 75%松葉杖歩行で約60 ml/100m・kg, 50%歩行器歩行で約90 ml/100m・kg, 75%歩行器歩行で約85 ml/100m・kgとなった。

歩行率は, 通常歩行で約103 steps/min, 50%松葉杖歩行で約36 steps/min, 75%松葉杖歩行で約43 steps/min, 50%歩行器歩行で約43 steps/min, 75%歩行器歩行で約52 steps/minであった。

通常歩行の50%および75%速度での松葉杖歩行および歩行器歩行の比較を表2に示す。対応する酸素摂取量, 移動能率, 歩行率のすべてにおいて松葉杖歩行と歩行器歩行の間に有意な差を認めた(p<0.01)。

50%および75%速度での松葉杖歩行および歩行器歩行の速度と酸素摂取量の関係を図1に示す。白丸の松葉杖歩行では, 相関係数は $r=0.49$ であった。一方, 黒丸の歩行器歩行では相関係数 $r=0.82$ と高い相関を認めた。

IV. 考 察

本研究では, 歩行補助具を用いた場合, 通常歩行より酸素摂取量が高くなった。この結果は, 先行研究¹⁾⁻³⁾を支持するものである。今回, 通常歩行の50%に速度を落としても松葉杖歩行や歩行器歩行の酸素摂取量は通常歩行の酸素摂取量より有意に高かった。これは, 移動能率にも反映している。いずれの速度条件および補助具においても通常歩行の移動能率の2倍以上の値を示した。特に75%松葉杖歩行を除くと3倍以上になり, 速度を50%や75%に減じてても一定の距離を歩行するのに多くの酸素が必要になることが明らかとなった。

対応する速度の松葉杖歩行と歩行器歩行との比較では, 酸素摂取量, 移動能率, 歩行率のすべての項目で有

図1 松葉杖および歩行器歩行における速度と酸素摂取量の関係

意な差が認められた。松葉杖歩行に比べ歩行器歩行の酸素摂取量と歩行率は高く、移動能率は低くなった。

酸素摂取量では、75%歩行器歩行では平均28.6 ml/min・kgとATの20.7 ml/min・kgをはるかに超えており、かなり強い負荷であることが判明した。ATとほぼ同値を示したのは、50%歩行器歩行時の20.4 ml/min・kgと75%松葉杖歩行時の20.2 ml/min・kgであった。AT値より低かったのは50%松葉杖歩行であった。これらの結果は、下肢機能障害患者のフィットネスの維持・向上のための運動処方、あるいは循環器疾患を有する患者のリスク管理にあたって、歩行補助具をどのように選択すべきかなど応用が図れると思われる。しかし、今回の検討では、酸素摂取量が主体で心血管系へおよぼす血圧の影響が考慮されていない。歩行補助具の使用により、上肢へ等尺性筋収縮の要素が加わり、血圧の上昇が予測される。松葉杖歩行では、通常の歩行より有意に血圧が上昇すると指摘⁴⁾されており、歩行器歩行でも松葉杖歩行と同様の変化が生じると推測され、これらを踏まえた研究をさらに進める必要がある。

歩行率も松葉杖歩行に比べて歩行器歩行で有意に高く、これには両者の動作パターンの相違が影響したと考えられる。松葉杖では上肢で振り出した杖の位置より身体が前方へ推進される、いわゆる前型パターンで移動可能であるが、歩行器では身体が握りの位置と同じか、あるいは後方となる、いわゆる揃い型、後ろ型パターンになるために生じたと解釈できる。

一方、50%歩行器歩行と75%松葉杖歩行の歩行率が、ともにほぼ43 steps/minと同じで、また先に述べた酸素摂取量でも、50%歩行器歩行と75%松葉杖歩行は、ほぼ20 ml/min・kgと近似していた。したがって、運動強度では50%歩行器歩行には75%松葉杖歩行が対応し、同一の速度で歩行器歩行の酸素摂取量が高くなる要因に歩行率が関与していることが示唆された。

松葉杖歩行および歩行器歩行の速度と酸素摂取量の関係において、松葉杖歩行では相関係数は $r=0.49$ と歩行器歩行より低かった。松葉杖歩行は歩行器歩行より支持基底面が狭いために安定性に欠け、動作の習熟性が要求さ

れる。したがって、松葉杖歩行ではバランスを要求され、同一の速度に対する酸素摂取量に個人差が大きくなると解釈できる。歩行器歩行では相関係数 $r=0.82$ と高い相関を認め、歩行器歩行の速度から酸素摂取量の推定が可能と考えられる。このことは、健康成人集団の歩行器を用いた歩行速度に対応する酸素摂取量の小さなばらつきの存在の中に、速度変化にともなう運動パターンの一貫性が含まれていることを示唆している。しかし、松葉杖や歩行器を用いたトレッドミル上歩行のような日常馴染みのない動作では、動作の反復により習熟が進むにつれて、スキルが向上し、運動に要するエネルギーの減少が起ること(motor skillの発現)が知られている⁸⁾。今回、トレッドミル上での松葉杖歩行や歩行器歩行の練習量の管理は厳密でなく、被験者の主体性を尊重したため、スキルのより要求される松葉杖歩行における練習が不十分で相関係数が低くなった可能性も否定できない。

文 献

- 1) Patterson R, Fisher SV: Cardiovascular stress of crutch walking. Arch Phys Med Rehabil, 62: 257-260, 1981.
- 2) Fisher SV, Patterson R: Energy cost of ambulation with crutches. Arch Phys Med Rehabil, 62: 250-256, 1981.
- 3) Bhambhani Y, Clarkson H: Acute physiologic and perceptual responses during three modes of ambulation: walking, axillary crutch walking, and running. Arch Phys Med Rehabil, 70: 445-450, 1989.
- 4) Minamiguchi N, Kurosawa K, Shiomi T: Physiological responses during non-weight-bearing ambulation using axillary crutches. J Phys Ther Sci, 4: 31-34, 1992.
- 5) Smith TR, Enright S: Metabolic evaluation of the criteria used to fit elbow crutches by measurement of oxygen consumption. Arch Phys Med Rehabil, 77: 70-74, 1996.
- 6) 石倉 隆: 歩行器歩行の下肢筋活動パターンについて. 総合リハ, 26(7): 679-682, 1998.
- 7) 久保 晃: トレッドミルの歩行速度の知覚について. 運動生理, 6(1): 33-38, 1991.
- 8) 丸山仁司: 運動生理学の基礎知識と具体的研究法. 理学療法科学, 18(3): 349-353, 1991.