体幹回旋運動のマシントレーニングが 車椅子駆動能力に及ぼす影響

—介護老人保健施設に入所中の車椅子自走者を対象に—

*Influences of the Trunk Rotation Machine Training on Wheelchair Propulsion Ability
—For the Wheelchair Self-Propulsion Subjects in a Health Care Service Facility for the Aged—*

浅井 結¹⁾ 木村 美穂¹⁾ 渡辺 和恵²⁾ 金澤 悠²⁾
三浦 尚子²⁾ 佐藤 法明²⁾ 佐々木 誠¹⁾

YUI ASAI, PTS¹⁾, MIHO KIMURA, PTS¹⁾, KAZUE WATANABE, OTR²⁾, HARUKA KANEZAWA, OTR²⁾,
NAOKO MIURA, RPT²⁾, NORIAKI SATO, CW²⁾, MAKOTO SASAKI, RPT, PhD¹⁾

¹⁾ Course of Physical Therapy, School of Health Sciences, Akita University: 1-1-1 Hondo, Akita 010-8543, Japan. TEL +81 18-834-1111

²⁾ Health Care Service Facility for The Aged, Senshuen

Rigakuryoho Kagaku 21(3): 281-285, 2006. Submitted Mar. 30, 2006. Accepted May 31, 2006.

ABSTRACT: It is desirable for an elderly resident who can self-operate a wheelchair in a welfare facility to improve and maintain control of the speed, stability and endurance in wheelchair propulsion. The purpose of this study was to clarify the effects of the improvement of trunk rotation ability on the ability of wheelchair propulsion after trunk rotation machine training for a certain period. We asked 14 residents who self-operate wheelchairs in welfare facilities to train trunk rotation movement using machine, 5 times a week for in 3 weeks. Before and after the training, the trunk rotation strength and wheelchair propulsion ability were measured, and the trunk rotation strength improved significantly. The wheelchair propulsion ability showed no changes in to and from 2.5-m propulsion time, and 6-minutes propulsion distance before and after the training, but a tendency to reduce the 5-m propulsion time was recognized. In conclusion, 3 weeks machine training for residents who self-operated wheelchairs in a welfare facility did not improve drive stability and endurance, but suggested the possibility of speeding up the to fasten the wheelchair propulsion speed by reinforcing the trunk rotation strength.

Key words: Wheelchair propulsion, Trunk rotation movement, Machine training

要旨: 介護老人保健施設で車椅子自走可能な入所者は、車椅子駆動時における走行速度、走行安定性、走行持久力の向上ならびにその能力が維持されることが望まれる。本研究の目的は、体幹回旋運動のマシントレーニングを一定期間施行した後の体幹回旋能力の向上が車椅子駆動能力に与える影響について明らかにすることである。介護老人保健施設に入所中の車椅子自走者14名を対象に、マシンを使用した体幹回旋運動のトレーニングを週5回、3週間実施した。トレーニング前後に、体幹回旋力と車椅子駆動能力の測定を行った。体幹回旋力は有意に増強した。車椅子駆動能力の変化については、2.5 m往復路駆動時間と6分間駆動距離はトレーニング前後で変化を認めなかったが、5 m駆動時間は短縮する傾向を認めた。以上より、介護老人保健施設に入所中の車椅子自走者における体幹回旋運動の3週間のマシントレーニングは、車椅子の走行安定性や走行持久性を向上させないものの、体幹回旋力を増強させることで車椅子駆動の速度を速める可能性が示唆された。

キーワード: 車椅子駆動, 体幹回旋運動, マシントレーニング

¹⁾ 秋田大学医学部保健学科理学療法専攻: 秋田県秋田市本道1-1-1 (〒010-8543) TEL 018-834-1111

²⁾ 介護老人保健施設千秋苑

I. はじめに

介護老人保健施設の入所者の中には、生活場面で車椅子を主な移動の手段としている者がいる。車椅子利用者で自走可能な入所者は、車椅子駆動時における走行速度、走行安定性、走行持久力の向上ならびにその能力が維持されることが望まれる。しかし種々の身体機能の低下により、車椅子駆動能力を維持することが困難となっている者もあり、トレーニングによる能力の向上を目指すことは重要であると考ええる。

車椅子を駆動する際には、体幹の前後傾が大きく関わっていることが示されている¹⁻¹¹⁾が、体幹を前後傾させたり、坐位姿勢を保持したりする動作には腹筋群が大きく関与している^{1,11-13)}。腹筋群の中でも腹斜筋は、上肢運動の際に共同して働き、体幹の回旋を制御していることから、ハンドリムに力を伝達する上肢の内転・屈曲方向への運動の効率に関与することが推察される。また、腹斜筋は、車椅子を片手片足で駆動するような片麻痺患者において、坐位姿勢の保持に重要な役割を担っている^{12, 13)}。

入所者の中には車椅子の背もたれにもたれかかった、骨盤を後傾しての坐位をとっている者もあり、このような入所者は力の伝達が非効率的であると考えられる。腹筋群の強化によって、こういった姿勢を改善させ、体幹の前後傾をコントロールさせることで、車椅子の駆動能力が向上するのではないかと考えた。

そこで今回、体幹回旋運動のマシーントレーニングを一定期間施行した後の体幹回旋能力の向上が車椅子駆動能力に与える影響について明らかにすることを目的に、トレーニング前後で体幹回旋力と車椅子5 m駆動時間、車椅子2.5 m往復路駆動時間、車椅子6分間駆動距離を測定し、これらの変化を検討した。

II. 対象と方法

対象者は介護老人保健施設千秋苑に入所中の車椅子自走者のうち、本人ならびに家族に研究の趣旨を説明し、家族から同意書への署名が得られ、本人の協力が最後まで得られた14名（男性9名、女性5名）である（表1）。対象者の主な診断名は片麻痺12名、両側片麻痺1名、変形性関節症1名、平均年齢は78.9歳、発症後経過期間8.4年、要介護度は1～5、平均で3.1、Barthel index 48.2点、HDS-R 17.3点、車椅子駆動方法は片手片足駆動8名、両手駆動5名、両足駆動1名であった。また、主な診断名以外に基づく運動障害を合併している者は2名であった。

体幹回旋運動のトレーニング風景を図1に示した。トレーニング方法として、HUR社製ツイストリハブを使用し、ボルグスケール11（楽である）の運動強度にて、「1, 2」の掛け声に合わせて一方に体幹を回旋するように下半身をひねり、「3, 4」の掛け声に合わせて正面に戻る運動を左右交互に行わせた。左右各10回を1セットとし、計3セットの運動を1日1回行わせ、週5回、3週間の計15回リアル実施した。

トレーニング前後に、体幹回旋力と車椅子駆動能力の測定を行った。体幹回旋力の測定には、マシンに備え付けの筋力測定器PERFORMANCE RECORDER 9200（HUR社製）を用いた（図2）。これは、マシン後部でストレインゲージの一端をマシンの不動部に、他の一端をマシンの回旋可動部に、可動部の左右回旋0°で接続し、体幹の回旋運動に伴うマシン可動部の接続部から生じる牽引力・圧縮力を1 kg単位で表示するものである。アイソメトリックテストにて左右それぞれ3回計測し、最大値の左右平均を代表値とした。車椅子駆動能力のうち車椅子5 m駆動時間の測定では、3 mの助走路を設け、5 mの距離を最大限の努力で車椅子をこいでもらい、ストップ

表1 対象者の特徴

診断・障害名	片麻痺 12 名、両側片麻痺 1 名、変形性関節症 1 名
年齢	78.9 ± 7.5 (60 ~ 89) 歳
性別	男性 9 名、女性 5 名
発症後経過期間	8.4 ± 8.8 (1.75 ~ 33.0) 年
要介護度	3.1 ± 1.1 (1 ~ 5)
Barthel index	48.2 ± 19.6 (10 ~ 80) 点
HDS-R	17.3 ± 7.5 (4 ~ 29) 点
車椅子の駆動方法	片手片足駆動 8 名、両手駆動 5 名、両足駆動 1 名
運動障害合併の有無	有り 2 名 (変形性関節症 1 名、パーキンソン症候群 1 名) 無し 12 名

平均値 ± 標準偏差 (範囲)

ウォッチで時間を計測した。測定は3回行い、最短時間を代表値とした。車椅子2.5 m往復路駆動時間の計測では、スタート地点から2.5 mの折り返し地点にカラーコーンを置き、そのコーンを回ってもとの位置に戻って来てもらった。測定は3回行い、最短時間を代表値とした。車椅子6分間駆動距離は、6分間車椅子をこいでもらいその距離を測定した。また、車椅子駆動能力の測定の際、体幹の運動や駆動姿勢を観察した。

各測定値のトレーニング前後の比較のために、対応のあるt検定を行った。

III. 結 果

各測定値のトレーニング前後の比較を表2に示した。測

定値は、平均値±標準偏差で表した。

体幹回旋力は、トレーニング前の 11.0 ± 4.8 kgからトレーニング後の 18.1 ± 5.5 kgへと有意に増強した ($p < 0.001$)。

車椅子駆動能力の変化については、2.5 m往復路駆動時間と6分間駆動距離はトレーニング前後で変化を認めなかった。しかし、5 m駆動時間はトレーニング前の 11.7 ± 5.9 秒からトレーニング後の 10.0 ± 4.6 秒へと、統計的に有意ではないものの、短縮する傾向を認めた ($p = 0.051$)。全例ともに、車椅子の背もたれにもたれているか背中がわずかに離れる程度の体幹運動範囲しか認めなかった。また、片手片足駆動をしていた者は左右非対称的な姿勢になりがちであった。これらの体幹運動や駆動姿勢の特徴は、観察した上ではトレーニング前後で大きな変化を認めなかった。

IV. 考 察

本研究では、マシンを使用した体幹回旋運動のトレーニングによる体幹回旋力の増強が車椅子駆動能力を向上させるか否かを検証するために、体幹回旋力、車椅子5 m駆動時間、車椅子2.5 m往復路駆動時間、車椅子6分間駆動距離を、トレーニング前後で測定し比較検討した。

本研究における対象者は、比較的高齢であり（平均78.9歳、最高齢者89歳）、発症後経過期間も長い者（平均8.4年、最長33年）が少なからずいた。要介護度も1の1名、2の3名を含む平均3.1の対象者群であった。介護老人保健施設における比較的高齢で、発症後の経過が長く、介護の必要度が高い者であっても、3週間程度のマシーントレーニングによって、体幹回旋力が有意に増強することが示された。

図1 体幹回旋運動のトレーニング風景

筋力測定器の構成

マシン後方での接続および測定値表示

図2 トレーニングマシンに備え付けの筋力測定器

表2 各測定値のトレーニング前後の比較

	トレーニング		p 値
	前	後	
体幹回旋力 (kg)	11.0 ± 4.8	18.1 ± 5.5	<0.001
車椅子 5 m 駆動時間 (sec)	11.7 ± 5.9	10.0 ± 4.6	0.051
車椅子 2.5 m 往復路駆動時間 (sec)	30.1 ± 18.0	26.9 ± 21.0	0.215
車椅子 6 分間駆動距離 (m)	122.5 ± 62.5	133.8 ± 60.2	0.353
平均値±標準偏差			
t 検定			

車椅子駆動のバイオメカニクスに関する研究が多くなされている一方で、高齢者における車椅子駆動の力の伝達についての利用可能な情報は皆無に等しい¹⁴⁾。今回我々は、車椅子駆動能力の指標として、車椅子の走行速度、走行安定性、走行持久力を採用した。この中で、車椅子5 m駆動時間は短縮傾向を認め、車椅子走行速度が増す傾向を示し得た。車椅子駆動時の体幹の前傾位の程度ならびに前後傾の運動範囲には個人差がある^{1, 7, 15)}ものの、おおよそ0~15°の運動範囲角度とする報告^{1, 4-8, 10)}が多い。また、車椅子の走行速度が増すと体幹の前傾角度が増すこと、前後傾運動範囲内の最大加速度が増すことが示されている^{2, 9)}。更に、駆動速度が増すとハンドリムに触れて力の伝達をするpush phaseの90%まで体幹の動きが観察され、上半身の重量を利用してより大きな力を発生させることが示唆されている⁹⁾。今回の入所者では、車椅子の背もたれにもたれているか背中がわずかに離れる程度の体幹運動範囲しか認めず、トレーニングによっても運動範囲角度が大きく増したり、前傾の加速度が増したり、上半身の自重を利用するようになったりした者は少なかったと考える。push phaseで体幹が、上肢でハンドリムをこぐ反作用として後方へ押しやられる³⁾こと、車椅子の常用者は非使用者よりも体幹の前後傾が少ない⁴⁾ことが示されている。これらは、体幹の前傾を力の伝達の効率化に活用することに加えて、push phaseにおいて体幹が後方へ押しやられないでいられることの重要性を示唆しているものと考え。体幹を前傾するため、あるいは前傾位を保つためには、体幹屈筋群の求心性収縮¹¹⁾、腹筋の使用¹⁾が大切な役割を果たしている。また特に、片手片足駆動をしていた者は全員片麻痺患者であり、健常者が主に脊柱起立筋を使用して坐位を保持するのに対して、片麻痺患者では骨盤が後傾して麻痺側肩甲帯が後方に引かれるのを防ぐために腹斜筋を過剰に使用する^{12, 13)}、非対称的な姿勢になりがちな者が多かった。今回のマシントレーニングによって、体幹運動や駆動姿勢の観

察では変化が明確にされない程度に、骨盤後傾位であった姿勢が改善され、車椅子駆動の際に体幹の前後傾がわずかに増した者、体幹の前傾方向への筋作用を高めることができた者、左右対称姿勢に近づいた者などがいたために、走行速度が速くなる傾向がみられたのではないかと考える。

走行安定性については、両手駆動や両足駆動では左右の肢の力の発現程度のバランス、片手片足駆動では方向を微細に修正する脚の巧緻的な使用が求められるため、トレーニングで得られた体幹回旋力の増強に伴う姿勢の修正などのみでは、向上しなかったものと考え。車椅子駆動によって疲労に至った場合に体幹の前後傾が増すことが示されており⁵⁾、また、体幹を10°以上前傾させる群は上肢筋の疲労の代償作用が働いていると考えられる⁹⁾とされている。走行持久力については、前述したようにトレーニングによって前傾角度の大きな増加がなく上半身の自重を活用するようにならなかったであろうこと、3週間という比較的短いトレーニング期間であったために四肢の疲労を補填するまでの体幹作用に至らなかったこと、直進するような走行安定性も向上しなかったであろうことから、改善を期待するにはより長期のトレーニング期間を要するものと考えられる。

以上、介護老人保健施設に入所中の車椅子自走者における体幹回旋運動の3週間のマシントレーニングは、車椅子の走行安定性や走行持久性を向上させないものの、体幹回旋力を増強させることで車椅子駆動の速度を速める可能性が示唆された。今後は対象者、トレーニング期間を増やしての検討が必要であると考え。

引用文献

- 1) Sanderson DJ, Sommer HJ: Kinematic features of wheelchair propulsion. J Biomechanics, 1985, **18**(6): 423-429.
- 2) Veeger HEJ, van der Woude LHV, Rozendal RH: Wheelchair propulsion technique at different speeds. Scand Rehab Med, 1989,

- 21(4): 197-203.
- 3) Hughes CJ, Weimar WH, Sheth PN, et al.: Biomechanics of wheelchair propulsion as a function of seat position and user-to-chair interface. *Arch Phys Med Rehabil*, 1992, **73**(3): 263-269.
- 4) Veeger HEJ, Lute EMC, Roeleveld K, et al.: Differences in performance between trained and untrained subjects during a 30-s sprint test in a wheelchair ergometer. *Eur J Appl Physiol*, 1992, **64**(2): 158-164.
- 5) Rodgers MM, Gayle GW, Figoni SF, et al.: Biomechanics of wheelchair propulsion during fatigue. *Arch Phys Med Rehabil*, 1992, **75**(1): 85-93.
- 6) Vanlandewijck YC, Spaepen AJ, Lysens RJ: Wheelchair propulsion efficiency: movement pattern adaptations to speed changes. *Med Sci Sports Exerc*, 1994, **26**(11): 1373-1381.
- 7) Bednarczyk JH, Sanderson DJ: Kinematics of wheelchair propulsion in adults and children with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*, 1994, **75**(12): 1327-1334.
- 8) Rao SS, Bontrager EL, Gronley JK, et al.: Three-dimensional kinematics of wheelchair propulsion. *IEEE Trans Rehabil Eng*, 1996, **4**(3): 152-160.
- 9) Rodgers MM, Keyser RE, Gardner ER, et al.: Influence of trunk flexion on biomechanics of wheelchair propulsion. *J Rehabil Res Dev*, 2000, **37**(3): 283-295.
- 10) Goosey VL, Campbell IG, Fowler NE: Effect of push frequency on the economy of wheelchair racers. *Med Sci Sports Exerc*, 2000, **32**(1): 174-181.
- 11) Guo L-Y, Su F-C, Wu H-W, et al.: Mechanical energy and power flow of the upper extremity in manual wheelchair propulsion. *Clin Biomech*, 2003, **18**(2): 106-114.
- 12) 富田昌夫, 佐藤房郎, 宇野 潤: 片麻痺の体幹機能. *PTジャーナル*, 1991, **25**(2): 88-94.
- 13) 佐藤房郎: 片麻痺の体幹運動と筋活動. *理学療法学*, 1994, **21**(8): 464-469.
- 14) Aissaoui R, Arabi H, Lacoste M, et al.: Biomechanics of manual wheelchair propulsion in elderly: system tilt and back recline angles. *Am J Phys Med Rehabil*, 2002, **81**(2): 94-100.
- 15) van der Helm FCT, Veeger HEJ: Quasi-static analysis of muscle forces in the shoulder mechanism during wheelchair propulsion. *J Biomech*, 1996, **29**(1): 39-52.