乗馬シミュレータを用いた運動介入が大学生の 歩行能力に及ぼす影響

*Effect of Exercise Using a Horse-Riding Simulator on Walking Ability
of University Students*

三谷 保弘¹⁾

YASUHIRO MITANI, RPT, PhD¹⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation Sciences, Faculty of Allied Health, Kansai University of Welfare Sciences: 3-11-1 Asahigaoka, Kashiwara, Osaka 582-0026, Japan. TEL+81 72-978-0088 E-mail: mitani@fuksi-kagk-u.ac.jp

Rigakuryoho Kagaku 28(2): 189-193, 2013. Submitted Sep. 7, 2012. Accepted Oct. 26, 2012.

ABSTRACT: [Purpose] In this study, we investigated the effect of exercise using a horse-riding simulator on the walking ability of university students. [Subjects] The subjects were 29 healthy university students. [Method] The subjects were randomly divided into two groups, an exercise group and a control group. The exercise group was composed of 14 subjects who performed exercise using a horse-riding simulator. The control group was composed of 15 subjects who did not perform the exercise. The intervention period was 4 weeks. Before and after the intervention period, the 10-m walking test was conducted. [Result] In the exercise group, the post-intervention values of the 10-m walking time and step length at maximal pace were significantly improved relative to their pre-intervention values. [Conclusion] The results indicate that exercise using a horse-riding simulator was effective at improving some of the characteristics of walking ability of university students.

Key words: horse-riding simulator, walking ability, exercise intervention

要旨: 〔目的〕乗馬シミュレータを用いた運動介入が大学生の歩行能力に及ぼす影響について検討することである。〔対象〕健康大学生 29 名とした。〔方法〕対象者を乗馬シミュレータによる運動を行う群 (14 名) と行わない群 (15 名) の 2 群に無作為に割り付けた。介入期間は 4 週間とした。各群において介入期間の前後に実施された 10 m 歩行テストの各測定値を比較した。〔結果〕運動を行った群では、最大歩行での歩行時間の短縮と歩行率の増大が認められた。〔結語〕乗馬シミュレータを用いた運動介入は、大学生の歩行能力の一部を改善させる。

キーワード: 乗馬シミュレータ, 歩行能力, 運動介入

¹⁾ 関西福祉科学大学 保健医療学部 リハビリテーション学科:大阪府柏原市旭ヶ丘3-11-1 (〒582-0026) TEL 072-978-0088

受付日 2012年9月7日 受理日 2012年10月26日

I. はじめに

平成10年～22年にかけての文部科学省による新体力テストの得点の推移を見ると、合計点は女性の25～29歳と男女の35～39歳の期間に低下を示していることから、過去に比べ比較的若い年代において体力が低下していることが理解できる。どの年代においても運動・スポーツの実施頻度が高い者ほど体力の水準が高く維持されていることを考慮すると、比較的若い年代に認められる体力の低下は、運動習慣が過去に比べて軽減していることに起因していると考えられる。実際、20～30歳代において運動・スポーツを全く実施していない人の割合は、過去に比べて増加傾向にあるとされている¹⁾。これらのことから、比較的若い年代における運動習慣の不足とそれに伴う体力の低下は、深刻な状況にあると言える。

このような問題が顕在化している我が国では、若い年代に対して新たな運動介入方法を提唱しその効果を検討する必要がある。欧米では、乗馬がリハビリテーションの手段として古くから用いられている。その理由の一つは、馬が歩くことにより生じる揺れが身体各部の筋活動や協調的な身体運動を誘発させ、運動機能を向上させることができると考えられているからである^{2,3)}。我が国でリハビリテーションの手段として乗馬を用いることは容易ではないが、乗馬の動きの一部を再現させるために開発された乗馬シミュレータは、乗馬と同様の運動機能向上の効果をj得る手段として期待されている^{4,5)}。乗馬シミュレータはフィットネス機器として家庭にも普及されつつあり、リハビリテーションの手段としてだけでなく日常的に運動を実施する機会が少ない者においても、運動機能を維持、向上するための効果的手段としての可能性を持っている。乗馬シミュレータを用いた運動介入により、体幹筋力および膝関節屈曲・伸展筋力の増大や閉眼片足立ち時間の向上を示すとの報告はすでに散見される³⁻⁵⁾。しかし、この運動介入が、若年成人に対する動作能力にどのような影響を及ぼすかについては十分な検討がなされていない。

そこで本研究では、健康な大学生を対象に乗馬シミュレータを用いた運動介入を一定期間実施し、最も基本的な動作能力の一つである歩行能力に及ぼす影響を検討することを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、整形外科的および神経学的症状を有さない健康な大学生29名とした。対象者を乗馬シミュレータを用いた運動介入を行う群(運動群)14名(男性8名、女性6名、年齢 20.4 ± 0.9 歳)と、行わない群(対照群)15名(男性

6名、女性9名、年齢 20.3 ± 1.0 歳)の2群に無作為に割り付けた。

対象者には本研究の目的および方法を書面と口頭にて十分に説明し、研究参加に対する同意を得た。なお、本研究の実施については四條畷学園大学倫理委員会の承認を得た(承認番号21-5)。

2. 方法

運動群には、乗馬シミュレータ(JOBA EU6414, 松下電工社製)による運動を1回15分、週3回実施した。介入期間は4週間とした。対象者には、乗馬シミュレータの揺れに対して身体を平衡を保持するように指示した。このとき、足は付属の蹬の上に置き上肢は自然に下垂させ、目の高さに位置する前方の印を注視するものとした。乗馬シミュレータの揺れの速さは、対象者ごとに漸次増強させた。乗馬シミュレータの揺れの速さを上げる条件は、揺れに対して十分に対応できており異常な運動が誘発されていないこと(理学療法士による目視での確認)、恐怖心がないこと、腰背部などに疼痛が生じていないこととした。なお、今回使用した乗馬シミュレータの動きは、前後の水平運動、前後の傾斜運動、左右の傾斜運動の3要素を組み合わせたものである。また、揺れの速さは9段階(約3.6秒周期～約1.4秒周期)に設定可能であり、最終的には対象者全員が最も速い揺れ(約1.4秒周期)での実施が可能となった。一方、乗馬シミュレータの揺れの効果を検証する運動群に対して、対照群には背もたれのない椅子での安静座位を1回15分、週3回実施した。介入期間は運動群と同じく4週間とした。なお、介入期間中は両群ともに通常の生活を行うこととし、特別な運動を実施しないように指示した。

両群ともに、介入期間の前後に10 m歩行テストを実施した。10 m歩行テストは、10 mの計測区間の前後に3 mの助走区間を設けた合計16 mの歩行路を用意し、計測区間を歩行するのに要した時間をストップウォッチにて計測するものである。また、同時に計測区間を歩行するのに要した歩数をカウントし、これらの値から得られる歩行率と歩幅を算出した。歩行条件として、自然歩行と最大歩行を設定した。それぞれの条件下で得られた3回の測定値の平均を代表値とした。

介入前(ベースライン)の運動群と対象群の身体属性と歩行テストにおける各測定値の比較には、Shapiro-Wilk検定による正規性の有無に従い、身長、体重、最大歩行の歩行時間と歩行率はWelchの検定を、その他の項目には対応のないt検定を用いた。各群の介入前後での測定値の比較には、測定値の正規性の有無に従い、運動群における最大歩行の歩行時間と歩行率はWilcoxonの符号付き順位検定を、その他の項目には対応のあるt検定を用いた。いずれも有意水準は5%未満とした。統計解析にはSPSS 12.0J for Windowsを使用した。

III. 結 果

介入前（ベースライン）の身体属性と歩行テストにおける全ての測定値に、運動群と対象群との間で有意差が認められなかった（表1）。

運動群では、最大歩行における10 mの歩行時間が介入前に比べて介入後に有意な短縮が認められた。また、最大歩行での歩行率は介入前に比べて介入後に有意な増大が認められた。その他の測定項目には有意差が認められなかった。一方、対照群では全ての測定項目において介入前後の測定値に有意差が認められなかった（表2）。

IV. 考 察

今回、乗馬シミュレータを用いた運動介入により、最大歩行における歩行時間の短縮と歩行率の増大が認められた。歩行率は歩行速度を決定する因子であることから⁹⁾、歩行率の増大が歩行時間の短縮に影響を及ぼしたものと考えられる。効率的な歩行を獲得するためには、体幹運動が重要であるとされている。例えば、歩行時に起立位を保持するためには、骨盤の前傾に対して腰椎の伸張が、骨盤後傾に対して腰椎の屈曲が生じなければならない¹⁰⁾。また、歩行において体幹が前方に屈曲するのを防ぎ同時に左右への動揺を抑制するためには、背筋群が活動しなければならないとされている¹¹⁾。このように、体幹機能は歩行時の身体動揺を抑制し効率的な歩行を獲得するために重要である。また、西森らによると歩行速度が速くなることにより骨盤および体幹の回旋角度が増大したと報告している¹²⁾。したがって、歩行速度を速くさせるためには、骨盤および体幹の回旋運動を大きくかつ素早く行う必要があり、これらのことから体幹機能が歩行能力に関係していることが理解できる。乗馬シミュレータ上での骨盤運動は、1周期につき前傾と後傾がそ

れぞれ2回、側方傾斜と左右回旋がそれぞれ1回ずつ生じる¹³⁾。これは、1歩行周期に生じる骨盤運動の回数と同様である。また、シミュレータへの騎乗時には分節的でリズムカルな体幹運動が生じるとされている¹³⁾。これは、シミュレータの揺れに対して身体の動揺を抑制するためのものであると考えられる。さらに、シミュレータに騎乗時の背筋群の活動は、左前方傾斜運動時に右背筋群で、右前方傾斜運動時に左背筋群で大きくなる⁷⁾。これは、前記と同様に、乗馬シミュレータの揺れに対して身体の動揺を抑制するためのものである。これらのことから、乗馬シミュレータを用いた運動介入により誘発された体幹筋の活動と体幹運動が体幹機能を向上させ、これが歩行能力の向上につながったと考えられる。今後、乗馬シミュレータを用いた運動介入が健常大学生の歩行能力を向上させる理論的背景を明らかにするため、運動

表1 介入前（ベースライン）における運動群と対照群の身体属性と歩行テストの各測定値

	運動群	対照群
年齢(歳)	20.4 ± 0.9	20.3 ± 1.0
身長(cm)	164.5 ± 10.9	163.4 ± 7.9
体重(kg)	57.3 ± 8.1	59.8 ± 11.7
10 m歩行テスト(自然歩行)		
時間(秒)	7.7 ± 1.2	7.7 ± 1.2
歩数(歩)	15.1 ± 1.9	15.1 ± 2.2
歩行率(歩/分)	117.9 ± 9.5	117.8 ± 6.7
歩幅(m)	0.672 ± 0.088	0.677 ± 0.097
10 m歩行テスト(最大歩行)		
時間(秒)	4.2 ± 1.0	4.3 ± 0.8
歩数(歩)	11.8 ± 1.7	12.2 ± 1.7
歩行率(歩/分)	174.2 ± 38.8	174.8 ± 30.2
歩幅(m)	0.863 ± 0.120	0.834 ± 0.122

Mean ± S.D.

表2 介入期間前後における歩行テストの各測定値

	運動群		対照群	
	介入前	介入後	介入前	介入後
10 m歩行テスト(自然歩行)				
時間(秒)	7.7 ± 1.2	7.7 ± 1.0	7.7 ± 1.2	8.0 ± 1.2
歩数(歩)	15.1 ± 1.9	15.1 ± 1.7	15.1 ± 2.2	15.4 ± 2.1
歩行率(歩/分)	117.9 ± 9.5	118.6 ± 8.9	117.8 ± 6.7	116.1 ± 8.0
歩幅(m)	0.672 ± 0.088	0.668 ± 0.075	0.677 ± 0.097	0.661 ± 0.088
10 m歩行テスト(最大歩行)				
時間(秒)	4.2 ± 1.0	3.8 ± 0.9**	4.3 ± 0.8	4.2 ± 0.5
歩数(歩)	11.8 ± 1.7	11.9 ± 1.5	12.2 ± 1.7	12.2 ± 1.4
歩行率(歩/分)	174.2 ± 38.8	191.9 ± 37.6*	174.8 ± 30.2	175.0 ± 26.2
歩幅(m)	0.863 ± 0.120	0.853 ± 0.110	0.834 ± 0.122	0.828 ± 0.102

Mean ± S.D.

*: p<0.05, **: p<0.01

介入前後の体幹筋力の測定や乗馬シミュレータに騎乗時と歩行時の筋電図解析および動作解析などの生体力学的な解析が必要であろう。また、運動介入の効果はシミュレータの揺れの速さに影響されることが十分に考えられる。今回の研究では、乗馬シミュレータの揺れの速さを対象者ごとに漸次増強させたところ、最終的には全ての対象者が最も速い揺れ（約1.4秒周期）での実施が可能となったが、そこに至る過程は対象者ごとに異なる。したがって、今後はシミュレータの揺れの速さが介入効果に及ぼす影響についても検討したい。また、運動実施時間や頻度、期間が介入効果に及ぼす影響についても併せて検討し、より効果的な介入方法について追求していきたいと考える。

今回、運動介入により最大歩行における歩幅の増大は認められなかった。健康男性を対象とした最大歩行時の歩幅の決定要因について年齢、身長、体重、膝伸展筋力を独立変数とした逐次重回帰分析により検討した報告では、歩幅の決定要因は膝伸展筋力と体重であるとしている¹⁴⁾。つまり、対象者の体重が同じであれば、歩幅を決定する要因は膝伸展筋力ということになる。健康者24名（平均年齢48歳）を対象とした乗馬シミュレータを用いた運動介入により膝関節の伸展および屈曲筋力が増大したとの報告⁶⁻⁸⁾があるが、主として体幹筋の活動と体幹運動を誘発させるシミュレータの揺れは、今回の対象である健康な大学生には膝関節の伸展筋力を増大させるまでの運動負荷とはならず、歩幅の増大に影響を及ぼさなかったのではないかと考えられる。また、一般的に歩行速度が速くなるに伴い歩幅と歩行率が増大するが、これらは直線的に増大するのではなく、歩幅に比べて歩行率の関与が次第に大きくなるとされている¹⁵⁾。つまり、歩幅を増大させて歩行速度を速くさせることには限界があり、その限界点以降は歩幅を維持させつつ歩行率を増大させていることが推察される。したがって、今回、乗馬シミュレータを用いた運動介入により最大歩行での歩行時間の短縮が認められたが、その要因として歩幅に比べて歩行率の関与が大きかったことが考えられる。

今回、乗馬シミュレータを用いた運動介入により自然歩行の各測定項目には有意差が認められなかった。谷川らは、陸上競技者と一般人との自然歩行を比較したところ、歩幅や歩行率、足部の接地時間、下肢関節角度に有意差が認められなかったと報告している¹⁶⁾。つまり、健康成人においては身体能力に関わらず自然歩行では一定の歩容を示すものと考えられる。自然歩行とはエネルギーコストが最小になる歩行のことであり、歩行速度や歩幅、歩行率が変化することでエネルギーコストが増大するとされている¹⁷⁾。つまり、健康成人における自由歩行はエネルギーコストの面からも最適歩行であり、乗馬シミュレータによる運動介入により身体機能が向上したとしても有意な変化を示さなかったと考える。

若い時から高齢期まで継続して運動を実践してきた者は、運動・スポーツに対して積極的な態度を有しているが、若いときに運動を実践していなかった者は高齢になって日常的に運動を実施することは難しい¹⁸⁾。また、筋力、柔軟性、俊敏性の各体力指標は、過去に運動習慣のない者に比べて過去および現在ともに定期的かつ継続的に運動を実施している者では良好な成績である¹⁹⁾。これらのことから、若い年代からの継続的な運動習慣が体力を維持するためにも重要である。乗馬シミュレータを用いた運動介入は、全ての体力指標を向上させる手段とはいえないが、本研究の結果に示されたように歩行能力向上の効果を持っている。20歳以上のスポーツ非実施者の運動・スポーツをしなかった理由として、「なんとなく機会がないから」が最も多く、「仕事が忙しいから」、「自由時間がないから」、「めんどうだから」、「手近に施設や場所がないから」といった消極的なものが続く²⁰⁾。その点で、乗馬シミュレータは家庭にも普及されつつあり、場所と時間を選ぶことなく比較的容易に実施できることから、若い世代における運動介入方法の一つとして有望である。

引用文献

- 1) 文部科学省：平成22年度体力・運動能力調査結果の概要及び報告書について。 http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1311808.htm（閲覧日2012年8月22日）。
- 2) 三田勝己，慶野裕美：障害者乗馬。 *Journal of Clinical Rehabilitation*, 1999, 8(9): 870-871.
- 3) All AC, Loving GL, Crane LL: Animals, horseback riding, and implications for rehabilitation therapy. *Journal of Rehabilitation*, 1999, 65(3): 49-57.
- 4) Shinomiya Y, Wang S, Ishida K, et al.: Development and muscle strength training evaluation for horseback riding therapeutic equipment. *Journal of Robotics and Mechatronics*, 2002, 14(6): 597-603.
- 5) 四宮葉一：筋力訓練用具へのロボット技術応用。 *リハビリテーション医学*, 40(3): 185-195.
- 6) 石田健司，木村哲彦，王 碩玉・他：高齢者の平衡機能に関する乗馬シミュレータの有用性。 *厚生労働省精神・神経疾患研究委託費による14年度研究報告集*, 2003: 134-135.
- 7) 石田健司，木村哲彦，王 碩玉・他：乗馬ロボット・家庭用「ジョウバ」の有用性。 *運動・物理療法*, 2006, 17(1): 17-23.
- 8) 石田健司，木村哲彦，王 碩玉・他：家庭用乗馬ロボット“ジョウバ”の有用性—筋力増強効果・平衡機能効果の側面から—。 *関節外科*, 2006, 25(6): 40-44.
- 9) 中村隆一，斎藤 宏： *臨床運動学* 第2版。医歯薬出版，東京，1995，pp207-255.
- 10) 江口淳子，森 明子，渡邊 進：歩行時における脊柱起立筋活動—健康若年者と健康高齢者の比較—。 *川崎医療福祉学会誌*, 2002, 12(2): 385-388.
- 11) 中村隆一，斎藤 宏： *基礎運動学* 第4版。医歯薬出版，東京，

- 1994, pp310-336.
- 12) 西森 隆, 伊藤 章: 歩行と走行の移動速度変化における骨盤と体幹回旋運動の相互相関分析. 理学療法学, 2006, 33(6): 318-323.
- 13) 三谷保弘, 松澤恵美, 小林敦郎・他: 簡易型乗馬シミュレータに騎乗時の身体運動解析. 理学療法科学, 2008, 23(3): 395-402.
- 14) 伊東 元, 長崎 浩, 丸山仁司・他: 健常男子の最大速度歩行時における歩行周期の加齢変化. 日本老年医学会雑誌, 1989, 26(4): 347-352.
- 15) 大道 等: 歩行の運動分析. Jap J Sports Sci, 1984, 3(8): 573-588.
- 16) 谷川 聡, 島田一志, 岩井浩一・他: 競技者と一般人の走および歩動作の特徴. 体育学研究, 2008, 53: 75-85.
- 17) 長崎 浩: 自由歩行の安定性限界. バイオメカニズム学会誌, 2006, 30(3): 115-118.
- 18) 谷口幸一: 高齢者の運動行動と心理. 臨床スポーツ医学, 2000, 17(3): 269-276.
- 19) 津下一代: 「運動不足」の健康への害. Modern Physician, 2000, 20(12): 1451-1455.
- 20) 山口泰雄: 運動・スポーツの阻害因子と対策. 臨床スポーツ医学, 1996, 13(11): 1221-1226.