

令和元年6月14日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01473

研究課題名（和文）体幹の重心移動速度に着目した，歩行機能改善のためのコンバインドエクササイズの開発

研究課題名（英文）Development of Combined Exercise for Improving Walking Ability Focusing on Trunkal Weight Shift Speed

研究代表者

淵岡 聡 (Fuchioka, Satoshi)

大阪府立大学・総合リハビリテーション学研究科・教授

研究者番号：30290381

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：歩行速度を維持向上させる介入手段として，体幹の側方への素早い反復運動と立脚中期の前方への体重移動速度を向上させるコンバインドエクササイズの開発を目的に研究を実施した。結果，椅子に腰掛けた姿勢で両手を横に伸ばし，体幹の側方移動を素早く反復するSeated Side Tappingの至適条件は，指尖と目標物との距離を10cmとする方法が有効であることを明らかにできた。

一方，立脚期の前方移動速度を向上させる有効な手段は見い出せず，歩行時に他動的に体重移動を制御する方法の開発が必要であると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歩行は将来の健康状態を予測する有用な健康指標であり，歩行速度向上は健康寿命延伸に役立つと考えられる。座位での体幹側方反復運動（Seated Side Tapping：SST）及び歩行の立脚中期に体重を前方に素早く移動させる能力が歩行速度と強く関連していることから，本研究ではSST速度と立脚中期の体重前方移動速度を早めるためのトレーニング法開発を目的とした。結果，SST速度を高速化するための運動方法は考案できたが，歩行時体重前方移動速度の高速化手段の開発には至らなかった。今後は歩行時のリズムカルな体重移動を補助する装置を開発し，歩行速度の向上により健康寿命の延伸に貢献するために研究を継続する。

研究成果の概要（英文）：As an intervention means to maintain and improve walking speed, research was carried out for the purpose of development of combined exercise to improve the speed of rapid repetitive movement to the side of trunk and forward weight transfer at the midstance phase during walking. As a result, the optimal condition of Seated Side Tapping is to set the distance between the finger tip and the target to 10 cm. It proved that the method was effective. On the other hand, no effective means to improve the forward movement speed in stance phase was found, and it was thought that the development of a method to control weight transfer passively while walking was necessary.

研究分野：運動療法学

キーワード：重心移動

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

これまで、自立生活を営む地域在住高齢者を対象に、Seated Side Tapping (以下、SST) テストと歩行能力との関連を明らかにし、生活関連動作の低下兆候を測定しうる可能性があることを報告してきた。SST テストは座位で実施でき、転倒リスクを最小限に抑えられるため、歩行能力が低下した対象者にも安全に実施でき、より広い対象者層に対応できる。また、高齢者の要支援状態への移行防止や要介護度の悪化防止を目的として運動介入が行われているが、高齢者施設においては、入所者の身体機能に差があるため、安全性を考慮して座位での運動が選択されることが多い。しかし、座位姿勢での運動介入によって立位での移動能力向上や転倒予防効果を証明した研究はまだない。

一方、歩行時の立脚側の足底を後足部、中足部、前足部の3領域の足圧中心軌跡分析から、中足部の足圧中心移動速度のみが歩行速度と強く相関しており、立脚中期の重心移動速度を向上させることができれば、歩行速度向上の有効な手段となる可能性が示唆された。

以上より、体幹の側方移動を反復する SST と、歩行における立脚中期に素早く重心を前方移動させるトレーニングを組み合わせることにより、ADL 能力や生命予後にまで関連のある歩行速度を有効に向上させる運動介入方法の開発に結びつくと考え、本研究の着想に至った。

### 2. 研究の目的

座位姿勢で体幹の側方移動を素早く反復する動作 (SST) と、歩行時の立脚中期の足圧中心移動速度が歩行速度を規定していることから、「身体重心を素早く移動させる能力が歩行速度を向上させる」と仮説し、体幹の側方重心移動速度を向上させる介入と、立脚中期の前方への重心移動速度を向上させる介入を組み合わせたコンバインドエクササイズを開発することを本研究の目的とし、歩行速度向上効果について検証した。

### 3. 研究の方法

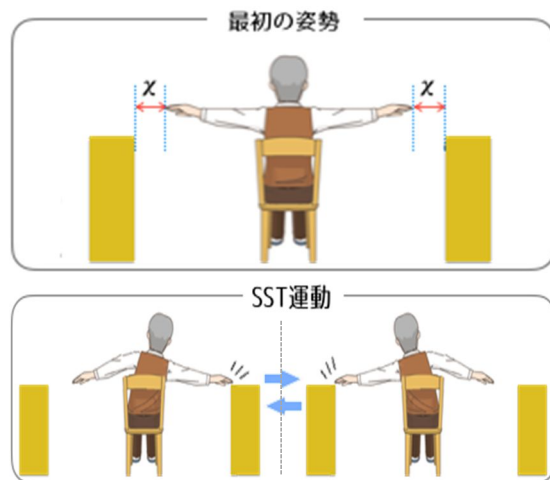


図1. SST 運動

コンバインドエクササイズとは、(1)歩行速度と強い関連がある「体幹の素早い反復運動能力」の向上、(2)歩行周期において最も歩行速度と関連の高い「立脚中期の前方重心移動速度」の向上、の2点を目的とする運動介入手段であり、まず(1)(2)の至適条件について検証した。

(1)については、体幹の素早い反復運動は、我々が考案した SST を運動介入手段として準用した。SST は椅子に腰掛けて両手を側方に水平挙上した指尖からさらに 10cm 遠方に目標物を置き、左右交互に素早く目標物をタップ(押下)する運動であり、10 回のタップに要する時間を計測するのが SST テストである(図1)。今回は指尖と目標物の距離を 5cm、10cm、20cm と異なる条件で 2 ヶ月間の運動介入を実施し(順に 5cm 群、10cm 群、20cm



図2. 股関節補助装具

群とした)、介入前後の変化率によって効果を検証した。

(2)については、遊脚側下肢を素早く振り出す方法と対側下肢の push off を素早く行う方法の比較分析から、歩行速度の向上にあまり効果が見られないことがわかった。このため、歩行動作と立脚中期の重心移動速度との関連を三次元動作解析により詳細に分析した後、歩行中に股関節屈曲を補助する装具を作成し(図2)、遊脚初期の股関節屈曲をアシストすることによりステップ長延長と遊脚速度向上により歩行速度向上効果を検証した。

### 4. 研究成果

(1)「体幹の素早い反復運動能力向上」のための至適運動条件検索においては、5cm 群、10cm 群、20cm 群ともに SST および反復横跳びの成績は有意に向上し、10cm 群、20cm 群では反復横跳びとの有意な関連が認められたが、3 群間に有意な介入効果の差は認められなかった(図3)。自覚的運動強度では 20cm 群が最も「辛い」運動であり、高齢者への適応を想定した場合、10cm 群の条件が至適条件であることが明らかとなった。

(2)「立脚中期の前方重心移動速度向上」のための方策については、装具の股関節補助力が上方へ作用したため、ステップ長の延長を得ることができず、股関節屈曲補助力の強さや方向を長時間にわたって調

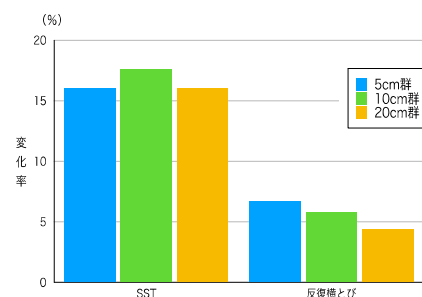


図3. SST 運動の介入効果 (変化率)

整したが、歩行速度の向上効果が得られないことを確認した。これらを踏まえ、歩行時の骨盤回旋速度を向上させることにより歩行速度向上を目指したが、歩幅および歩行速度とも、装具装着により有意に減少した。歩行中の運動学的解析によると、骨盤前傾が増大し、股関節屈曲角度が増加、伸展角度が減少しており、装具による屈曲補助力が遊脚時に下肢を前方へ振り出す力としてではなく、大腿部を上方へ引き上げる力として作用してしまったことによる結果と考えられた。引き続き、遊脚初期の股関節屈曲補助とともに、膝関節伸展に対する補助力を働かせることで、大腿部を上方へ引き上げる力を分散させ、極端な股関節屈曲を助長せずにステップ長の延長につながる可能性に着目し、下腿の近位部にベルトを装着してゴムベルトの張力を膝伸展方向に働かせるように調整したが、良好な結果は得られなかった。股関節屈曲と膝関節伸展に対する補助力はタイミングをずらして、独立して作用するような装置の開発が必要と考えられた。その後も装具の股関節屈曲補助力の調整やゴムベルトの固定位置の変更などを行い、股関節屈曲補助力の適正化を測ったが、ステップ長の延長や遊脚速度の高速化に有効な条件の発見には至らず、結果として立脚中期の重心前方移動速度の有意な高速化は得られなかった。

しかし、歩行動作中の詳細な運動分析の結果から、以下の2点が確認された。まず、歩行中に骨盤前傾が増強すると遊脚側の股関節屈曲角度が減少すること、次に、歩行中の側方への重心移動振幅が小さいほど歩幅が大きくなる傾向がなること、である。前者より、骨盤前傾を増強させずに股関節屈曲補助力を作用させることができれば、遊脚側の振り出し幅が増大し、歩幅の延長につながる可能性がある。しかし、股関節屈曲補助力を増加させると骨盤前傾の増強を引き起こすことから、今回の装具による補正では限界があるため、新たな構造の装具を開発する必要がある。後者からは立脚期における骨盤の側方移動、すなわち左右方向への骨盤の変位を抑制することができれば、前方への体重移動がスムーズに生じる可能性が示唆された。今後は本研究の成果を活用し、歩行時に他動的に体重移動を制御する方法の開発に着手し、歩行速度の向上によって健康寿命の延伸に貢献することを目指して研究を継続する予定である。

#### <参考文献>

Satoshi Fuchioka, Akira Iwata, Yumi Higuchi, Mari Miyake, Seiji Kanda, Toshimasa Nishiyama. The Forward Velocity of the Center of Pressure in the Midfoot is a Major Predictor of Gait Speed in Older Adults. *International Journal of Gerontology*, Vol.9, 2015, 119-122

Satoshi Fuchioka, Akira Iwata, Yumi Higuchi, Mari Miyake, Seiji Kanda, Toshimasa Nishiyama. A modified seated side tapping test in which the arms are crossed also reflects gait function in community-dwelling elderly. *J Phys Ther Sci*, Vol.29,2017, 1598-1602

#### 5. 主な発表論文等

##### [雑誌論文](計5件)

米津 亮, 黒澤千尋, 島津尚子, 鈴木智高, 岩田 晃, 淵岡 聡. 足関節底屈運動制限下における歩行蹴り出し時の中足指節関節背屈角度より歩きやすい短下肢装具開発のための予備研究, 神奈川県立保健福祉大学誌, 査読有, 15巻, 2018, 15-20  
<http://id.nii.ac.jp/1358/00000038/>

Satoshi Fuchioka, Akira Iwata, Yumi Higuchi, Mari Miyake, Seiji Kanda, Toshimasa Nishiyama. A modified seated side tapping test in which the arms are crossed also reflects gait function in community-dwelling elderly. *J Phys Ther Sci*, 査読有, Vol.29,2017, 1598-1602

DOI : 10.1589/jpts.29.1598

Ogaya S, Iwata A, Higuchi Y, Fuchioka S. The association between intersegmental coordination in the lower limb and gait speed in elderly females. *Gait Posture*, 査読有, Vol.48, 2016, 1-5

DOI : 10.1016/j.gaitpost.2016.04.018

Satoshi Fuchioka, Akira Iwata, Yumi Higuchi, Mari Miyake, Seiji Kanda, Toshimasa Nishiyama. The Forward Velocity of the Center of Pressure in the Midfoot is a Major Predictor of Gait Speed in Older Adults. *International Journal of Gerontology*, 査読有, Vol.9, 2015, 119-122

DOI : 10.1016/j.ijge.2015.05.010

Ogaya S, Naito H, Iwata A, Higuchi Y, Fuchioka S, Tanaka M. Toe-Out Gait Decreases the Second Peak of the Medial Knee Contact Force. *Journal of applied biomechanics*, 査読有, Vol.31, 2015, 275-280

DOI : 10.1123/jab.2014-0310

##### [学会発表](計10件)

A.Iwata, Y.Sano, H.Wanaka, S.Yamamoto, Y.Yano, Y.Higuchi, S.Fuchioka. THE DIFFERENT IMPROVEMENT TRENDS BETWEEN GAIT SPEED AND QUADRICEPS STRENGTH EARLY AFTER TKA, GSA

2018 Annual Scientific Meeting, 2018

DOI: 10.1093/geroni/igy023.1119

Y Higuchi, H Matsumoto, C Matsubara, N Morimoto, R Ishida, T Masuda, A Iwata, S Fuchioka. SITTING TRUNK EXERCISES FOR OLDER ADULTS TO IMPROVE BALANCE AND MOBILITY: A PILOT STUDY, GSA 2018 Annual Scientific Meeting, 2018

DOI: 10.1093/geroni/igy023.1149

井上 純爾, 大重 努, 向井 陵一郎, 岩田 晃, 淵岡 聡. 下肢の筋力発生率と負荷量の異なる素早い運動課題との関係, 第 52 回日本理学療法学会大会, 2017

DOI: 10.1589/rika.32.279

古川 啓介, 淵岡 聡. ステップ長延長に伴う歩行速度増大と、股関節屈曲・足関節底屈パワー比との関連, 第 52 回日本理学療法学会大会, 2017

DOI: 10.14900/cjpt.2016.0452

米津 亮, 鈴木 淳也, 山縣 学, 齋藤 聡佳, 大橋 由佳, 小栢 進也, 淵岡 聡. 中足指節関節の背屈運動を再現できる短下肢装具が痙直型片麻痺児 1 症例の歩行の対称性に及ぼす影響, 第 52 回日本理学療法学会大会, 2017

<https://confit.atlas.jp/guide/event/jspt52/subject/P-SK-02-2/classlist>

小栢進也, 淵岡 聡. 高齢者における歩行能力と下肢運動連動性との関連性, 第 51 回日本理学療法学会大会, 2016

<https://confit.atlas.jp/guide/event/jspt51/subject/P-KS-40-3/date?cryptold=>

古川啓介, 淵岡 聡. ステップ長延長による歩行速度変化が股関節・足関節パワー比に与える影響, 第 71 回日本体力医学会大会, 2016

古川啓介, 淵岡 聡. ステップ長もしくはケイデンス増大による速歩時の股関節屈曲/足関節底屈パワー比変化, 保健医療学学会第 7 回学術集会, 2016

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名: 樋口 由美

ローマ字氏名: Higuchi Yumi

所属研究機関名: 大阪府立大学

部局名: 総合リハビリテーション学研究所

職名: 教授

研究者番号 (8 桁): 60312188

研究分担者氏名: 岩田 晃

ローマ字氏名: Iwata Akira

所属研究機関名: 大阪府立大学

部局名: 総合リハビリテーション学研究所

職名: 准教授

研究者番号 (8 桁): 90382241

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。