

理学療法学

Physical Therapy Japan

2023
VOL. 50
No.4

●研究論文（原著）

回復期脳卒中片麻痺者における歩行補助ロボット使用時の歩行速度の変化とその関連因子
…福王寺敦子・他

1年後に骨量が低下する地域在住高齢女性の身体・生活機能の特徴
…葛迫 剛・他

BMI区分別にみた地域在住中高齢者における指輪っかテストの結果と基本チェックリストによるフレイルの関連
…谷出敦子・他

骨盤底筋群の随意収縮が子宮動脈の血行動態に与える変化
…漆川沙弥香・他

●症例研究

回復期脳卒中患者に対するエクサゲームを併用した理学療法の実行可能性
—ABAシングルケースデザインによる検証—
…武井圭一・他

●症例報告

橋出血により感覚機能と注意機能に低下を認めた症例に対して注意の外的焦点化と内的焦点化に着目した理学療法を行った経験
…佐藤佑太郎・他

●総 説

シリーズ「栄養と理学療法のポイントを考える」
連載第4回目 急性期病院での栄養と理学療法
…小川真人

シリーズ「理学療法を取り巻く社会環境の変化とニーズの再考」
連載第4回目 スポーツ領域におけるこれからの理学療法のニーズ
…廣重陽介・他

●投稿規程

理学療法学 第50巻 第4号 2023年

目 次

研究論文 (原著)

- 回復期脳卒中片麻痺者における歩行補助ロボット使用中の歩行速度の変化と
その関連因子 福王寺敦子・他・113
- 1年後に骨量が低下する地域在住高齢女性の身体・生活機能の特徴 葛迫 剛・他・122
- BMI区別にみた地域在住中高齢者における指輪っかテストの結果と
基本チェックリストによるフレイルの関連 谷出 敦子・他・129
- 骨盤底筋群の随意収縮が子宮動脈の血行動態に与える変化 漆川沙弥香・他・141

症例研究

- 回復期脳卒中患者に対するエクサゲームを併用した理学療法の実行可能性
—ABAシングルケースデザインによる検証— 武井 圭一・他・148

症例報告

- 橋出血により感覚機能と注意機能に低下を認めた症例に対して注意の外的焦点化と
内的焦点化に着目した理学療法を行った経験 佐藤佑太郎・他・155

総 説

- シリーズ「栄養と理学療法のポイントを考える」
連載第4回目 急性期病院での栄養と理学療法 小川 真人・161
- シリーズ「理学療法を取り巻く社会環境の変化とニーズの再考」
連載第4回目 スポーツ領域におけるこれからの理学療法のニーズ 廣重 陽介・他・167

- 投稿規程 175

CONTENTS Vol. 50 No. 4 2023

Research Reports (Original Article)

- Changes in Walking Speed and Their Relation to Walking Parameters during Use of a Walking Assistive Robot in Gait Exercise of Hemiplegic Stroke Patients in the Recovery Phase Fukuouji A., *et al.* • 113
- Characteristics of Physical Function and Functional Capacity among Community-dwelling Older Women Who Developed Low Bone Mass after 1 Year Katsurasako T., *et al.* • 122
- Relationship between Finger-circle Test and Frailty in Community-dwelling Middle-aged and Older Adults by Body Mass Index Category: A Cross-sectional Study Tanide A., *et al.* • 129
- Changes in Uterine Artery Hemodynamics during Voluntary Contraction of Pelvic Floor Muscles Urushikawa S., *et al.* • 141

Case Study

- Feasibility of Combining Physical Therapy with Exergames for Patients with Subacute Stroke: An ABA Single-case Design Takei K., *et al.* • 148

Case Report

- Experiences with Physical Therapy Focusing on External and Internal Focus of Attention for a Case Which Showed a Decrease in Sensory Function and Attentional Function Due to a Pontine Hemorrhage Sato Y., *et al.* • 155

Reviews

- Rehabilitation and Nutrition in Acute Care Hospital Ogawa M. • 161
- The Needs for Physical Therapy in the Field of Sports for the Future Hiroshige Y., *et al.* • 167

研究論文 (原著)

回復期脳卒中片麻痺者における歩行補助ロボット使用中的歩行速度の変化とその関連因子*

福王寺敦子^{1) #} 中西 和 正²⁾ 萩原 章 由¹⁾
松 葉 好 子¹⁾ 前 野 豊³⁾ 山 本 澄 子⁴⁾

要旨

【目的】歩行補助ロボットによる歩行練習期間の歩行速度の変化と、歩行速度の変化に関連する因子を重症度別に分析すること。【方法】対象は歩行補助ロボットを使用した歩行練習を2週間実施した回復期脳卒中片麻痺者85名。下肢の麻痺の重症度別に使用前、使用中、使用後の1日あたり歩行速度変化量を比較した。使用中の歩行速度の変化に関連する時間距離因子、股関節屈曲伸展角度と屈曲伸展時間を抽出した。【結果】Brunnstrom recovery stage IVの群のみ使用中の歩行速度変化量が使用前後と比較して増加した。使用中の歩行速度の変化には両側の股関節伸展角度の拡大と麻痺側股関節屈曲時間、非麻痺側股関節伸展時間の短縮が関連していることが示された。【結論】回復期脳卒中片麻痺者における歩行補助ロボットによる歩行練習は麻痺の重症度により使用中の歩行速度の変化が異なることが示された。歩行速度の変化と関連する時間距離因子および関節角度を明らかにした。

キーワード 回復期脳卒中片麻痺者, 歩行補助ロボット, 歩行速度

はじめに

近年、リハビリテーション領域においてロボットの導入が注目されている。脳卒中治療ガイドライン2021では「歩行ができない発症後3ヶ月以内の脳卒中患者に対して、歩行補助ロボットを用いた歩行訓練を行うことは妥当である(推奨度B, エビデンスレベル中)」とされ¹⁾、これまでも歩行補助ロボットの有効性について数多く報告されている。しかしながら、2020年に更新された脳卒中後の歩行のためのロボット支援歩行訓練に関するコクランレビューには、歩行の自立度の改善や平均歩行速

度増加の効果があるとする一方で、使用する機器や治療期間、頻度のばらつきから、結果は慎重に解釈する必要がある²⁾と記載されている。歩行補助ロボットにも様々な特徴があり、対象者の歩行能力は歩行不能例から歩行自立例まで各々違うため、機器ごとに検証が行われることが必要であり³⁾、今後の研究はロボットリハビリテーションが有効かどうかではなく、それぞれの技術がどのような対象者に、どの時期により有益なのかを明らかにし、より多くの効果を得ることができる症例を適切に特定することが重要である⁴⁻⁶⁾とされている。

歩行補助ロボットの一つであるHonda歩行アシスト(以下、歩行アシスト)は歩行運動を改善することを目的とした外骨格型ロボットであり、立脚期や遊脚期に適切な股関節の運動方向を教示する⁷⁾⁸⁾ことで歩行速度⁹⁻¹¹⁾、時間空間的対称性¹⁰⁻¹³⁾、エネルギー効率¹²⁾を改善することが報告されている。脳卒中片麻痺者への歩行速度を指標とした介入効果については先行研究⁹⁻¹²⁾で報告されているが、歩行速度の増加がより得られる下肢の麻痺の重症度について検証した報告はなされていない。

本研究では、当院で歩行アシストを使用して2週間の歩行練習を行った回復期脳卒中片麻痺者に対して、下肢の麻痺の重症度別に歩行速度の変化や時間距離因子、股

* Changes in Walking Speed and Their Relation to Walking Parameters during Use of a Walking Assistive Robot in Gait Exercise of Hemiplegic Stroke Patients in the Recovery Phase

1) 横浜市立脳卒中・神経脊椎センターリハビリテーション部
(〒235-0012 神奈川県横浜市磯子区滝頭1-2-1)

Atsuko Fukuoji, PT, Akiyoshi Hagiwara, PT, Yoshiko Matsuba, PT, MSc:
Department of Rehabilitation, Yokohama Brain and Spine Center

2) 横浜国立大学市民病院リハビリテーション部
Kazumasa Nakanishi, PT: Department of Rehabilitation, Yokohama
Municipal Citizen's Hospital

3) 横浜市立脳卒中・神経脊椎センターリハビリテーション科
Yutaka Maeno, MD: Department of Rehabilitation Medicine, Yokohama
Brain and Spine Center

4) 国際医療福祉大学大学院 福祉支援工学分野
Sumiko Yamamoto, PhD: Department of Assistive Technological Science,
International University of Health and Welfare Graduate School

E-mail: at00-fukuouji@city.yokohama.jp

(受付日 2022年8月18日/受理日 2023年4月18日)

[J-STAGEでの早期公開日 2023年6月30日]

関節角度との関連を分析し、歩行アシストによる歩行練習において下肢の麻痺の重症度により歩行速度の変化に違いが生じるのか、どのような因子が歩行速度の変化に関連するのかを明らかにすることを目的とした。

対象および方法

1. 研究デザイン

本研究のデザインは後方視的ケースシリーズ研究とした。

2. 対象

当院では理学療法士 (Physical Therapist: 以下, PT) 2名が歩行アシストの運用を担い、回復期リハビリテーション病棟に入院中の脳卒中片麻痺者に対して、歩行アシストを使用して2週間の歩行練習を行う診療枠 (以下、歩行アシスト診療枠) を設けて継続的に活用している (図1)。歩行アシスト診療枠への参加基準は、先行研究⁷⁾⁹⁾¹²⁾¹⁴⁾を参考に1) 回復期リハビリテーション病棟に入院中の脳卒中片麻痺者、2) 使用感を伝えられる、3) 歩行アシストを装着した状態で介助を受けずに二動作歩行が可能、4) 歩行アシストを装着し0.28 m/s以上の速度で歩行可能かつ7分以上の連続歩行が可能、5) 歩行アシスト使用の継続が困難となるような合併症がない、としている。除外基準は、1) ペースメーカーを装着している、2) 歩行アシストを継続して使用することに同意が得られない、としている。

上記基準を満たし2016年10月から2020年12月の期間に歩行アシスト診療枠に参加した109名のうち、退院や全身状態の変化により歩行練習を2週間継続できなかった者、歩行評価のデータが欠損している者、研究を目的としたデータの利用に同意を得られなかった者を除外した85名を本研究の対象として、後方視的に分析した。対象の基本属性を表1に示す。診療録より歩行アシスト使用開始日 (以下、開始日) の診断名、麻痺側、年齢、性別、身長、体重、発症から歩行アシスト使用開始までの期間、麻痺側下肢Brunnstrom recovery stage (以下、Br. stage)、感覚障害、歩行練習時の歩行補助具と短下肢装具使用の有無、Functional Ambulation Categories (以下、FAC) を抽出した。感覚障害は、なし、軽度、中等度、重度・脱失の4段階で表記した。

本研究はヘルシンキ宣言を遵守し、2020年度横浜市立脳卒中・神経脊椎センター倫理委員会の承認を得て実施した (研究計画番号142002341)。対象者からは自由意志による同意を得た。個人情報を含む書類は厳重に管理し、連結不可能匿名化により個人情報を保護した。なお、本研究にあたり金銭的、個人的な利害関係はない。



図1 歩行アシストを使用した歩行練習

表1 対象の基本属性 (歩行アシスト使用開始日時時点)

診断名	脳出血55名 脳梗塞30名
麻痺側	右片麻痺45名 左片麻痺40名
年齢 ^{a)}	56.0 (21-78) (歳)
性別	男性56名 女性29名
身長 ^{b)}	164.9±7.9 (cm)
体重 ^{b)}	62.1±11.1 (kg)
発症から使用開始までの期間 ^{a)}	103.0 (33-171) (日)
下肢Br. stage	III 10名 IV 44名 V 29名 VI 2名
感覚障害	なし29名 軽度21名 中等度8名 重度・脱失27名
歩行補助具の使用	あり59名 なし26名
短下肢装具の使用	あり67名 なし18名
FAC	3 35名 4 32名 5 18名

^{a)}: 中央値 (最小値-最大値), ^{b)}: 平均値±標準偏差.

Br. stage: Brunnstrom recovery stage, FAC: Functional Ambulation Categories.

3. 方法

1) 歩行評価

歩行評価は、歩行アシストによる歩行練習の開始1週前、開始日、終了日、終了1週後の4回行った。開始日は歩行アシストによる歩行練習の直前、終了日は歩行アシストによる歩行練習の終了直後に行った。計測は歩行アシストを装着した上でトルク出力なしの設定で歩行し、10 m歩行所要時間と股関節屈曲伸展角度の波形を付属タブレット (図2) に記録した。10 m歩行所要時間は、理学療法室内の50 m周回路に設けられた10 mの測定区間通過時に所要時間を付属タブレットに記録した。

歩行速度は10 m歩行所要時間を用いて算出した。歩幅、歩調、股関節屈曲伸展角度、股関節屈曲伸展時間は、内臓センサーで機器の動きに基づいて計測され付属タブレットに表示されるデータを用いた。各データの定義は表2に示す。

2) 歩行アシストの設定

歩行アシストの股関節屈曲伸展トルクの設定は、歩行

アシスト運用担当のPT 2名が歩容の変化を観察するとともに、付属タブレット画面に表示されるトルク出力なしとトルク設定時の股関節屈曲伸展角度の波形を参照し、麻痺側と非麻痺側の振幅の非対称性が減少する強さに設定した。機器のトルク出力は0 Nmから4.0 Nmまで0.1 Nm刻みで設定が可能であるが、当院では0.5 Nmごとのトルク設定とした。トルク設定は2週間の期間中も歩容に合わせて変更した。図3に症例の歩行アシスト開始日のトルクなしと、トルクありの股関節屈曲伸展角度

の波形を例示する。症例は40歳代男性、右片麻痺、下肢Br. stage IVであり、歩行アシストのトルクは右屈曲3.0 Nm、右伸展2.0 Nm、左屈曲1.5 Nm、左伸展3.0 Nmに設定した。

3) 歩行練習

歩行アシストによる歩行練習は、着脱などの付帯時間も含めて1日あたり20分間、2週間（全8-10回）行い、この期間は処方された理学療法単位のうち1単位分を歩行アシストの使用にあて、残りの単位は通常の理学療法を行なった。歩行補助具および短下肢装具の使用は通常の歩行練習と同様とした。歩行アシストを使用した歩行練習中の休憩は、症例から要望がある時のみ1回（2分以内）、座位または立位にて行った。1回あたりの歩行距離は症例ごとに異なるが、歩行練習時間は統一した。

4) 解析方法

対象を下肢Br. stage III, IV, VおよびVIの3群に分けて検討した。すべての評価結果は正規性の検定としてShapiro-Wilk検定を行い、その結果に基づいて以降の検定を選択した。統計解析には統計ソフトIBM SPSS Statistics 25.0およびRを用い、有意水準は5%とした。

(1) 下肢Br. stage別3群の身体機能と歩行能力の比較

3群間で感覚障害、歩行補助具使用の有無、短下肢装具使用の有無、FACの4項目について χ^2 検定を行い、下肢の重症度により差があるかを分析した。

(2) 歩行アシストによる歩行練習期間とその前後の歩行速度変化量の比較

測定した4回の歩行速度は、下肢Br. stage別に各期間の差を求め、使用前（開始1週前から開始日）、使用中（開始日から終了日）、使用后（終了日から終了1週後）の歩行速度変化量を算出した。さらに日数の差による影響を除くため、歩行速度変化量を日数で除した1日あたり歩行速度変化量を算出し、この1日あたり歩行速度



図2 付属タブレット画面
Honda 歩行アシストホームページから引用。

表2 付属タブレットに表示されるデータ

歩幅	計測時の歩行距離と歩数から算出、左右の平均値
歩調	計測時の歩調の平均値
股関節屈曲伸展角度	一步毎に算出する最大角度の平均値
股関節屈曲伸展時間	股関節が屈曲（または伸展）する時間の平均値

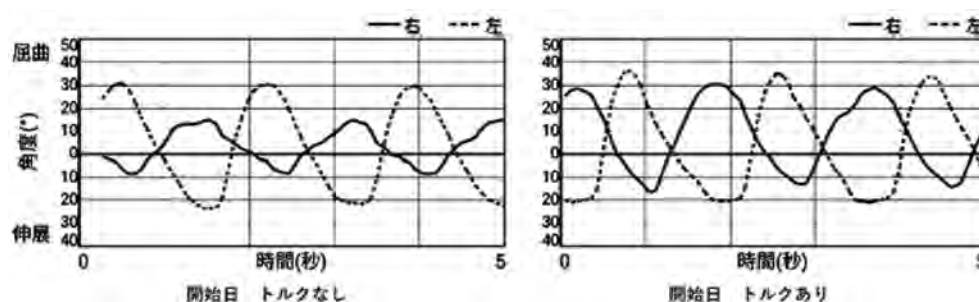


図3 トルクの有無による股関節角度波形の変化（右片麻痺）

変化量を, フリードマン検定, Bonferroniの多重比較検定¹⁵⁾を用いて比較し, 効果量を算出した。

(3) 歩行アシストによる歩行練習期間の歩行速度変化量と歩行評価項目との関係

歩行速度, 歩幅, 歩調, 股関節屈曲伸展角度, 股関節屈曲伸展時間について, 開始日と終了日の測定値の差から使用中の変化量を下肢Br. stage別に算出し, 歩行速度変化量とこれらの項目の変化量との関係を, Spearmanの順位相関係数を用いて分析した。

結 果

1. 3群間の身体機能と歩行能力の比較

歩行アシスト使用開始日における下肢Br. stage別の身体機能と歩行能力を表3に示す。下肢Br. stageによって歩行補助具および短下肢装具の使用の有無は差を認めたが, 感覚障害の重症度, FACの程度に差はなかった。なお, 2週間の歩行アシスト使用中にこれらの項目に変化はなかった。

表3 歩行アシスト使用開始日の下肢Br. stage別身体機能と歩行能力

下肢Br. stage	III (10名)	IV (44名)	V-VI (31名)	p値 ^{a)}
感覚障害 (なし/軽度/中等度/重度・脱失, 名)	3/2/2/3	13/13/3/15	13/6/3/9	0.75
歩行補助具の使用 (あり/なし, 名)	8/2	37/7	14/17	<0.01
短下肢装具の使用 (あり/なし, 名)	10/0	42/2	15/16	<0.01
FAC (3/4/5, 名)	7/3/0	20/15/9	8/14/9	0.10

a): χ^2 検定.

Br. stage: Brunnstrom recovery stage, FAC: Functional Ambulation Categories.

表4 評価日時点の時間距離因子

	下肢 Br. stage	1 週前	開始日	終了日	1 週後
速度 ^{a)} (m/s)	III	0.45 (0.36–0.49)	0.48 (0.45–0.51)	0.52 (0.47–0.60)	0.58 (0.54–0.65)
	IV	0.54 (0.44–0.65)	0.57 (0.48–0.73)	0.76 (0.63–0.92)	0.76 (0.60–0.96)
	V·VI	0.73 (0.52–0.85)	0.78 (0.64–0.91)	1.00 (0.88–1.14)	1.05 (0.88–1.20)
歩幅 ^{a)} (m)	III	0.32 (0.29–0.36)	0.36 (0.33–0.38)	0.40 (0.35–0.42)	0.42 (0.37–0.43)
	IV	0.43 (0.36–0.47)	0.42 (0.37–0.50)	0.50 (0.44–0.57)	0.49 (0.45–0.59)
	V·VI	0.48 (0.39–0.54)	0.49 (0.44–0.54)	0.54 (0.52–0.62)	0.58 (0.53–0.62)
歩調 ^{b)} (steps/min)	III	80.7±11.7	81.8±8.1	84.5±12.3	87.0±9.3
	IV	78.1±11.9	80.8±11.0	91.6±14.1	89.9±14.3
	V·VI	91.2±14.8	95.4±13.9	106.5±12.9	108.0±12.9

a): 中央値 (第1四分位-第3四分位), b): 平均値±標準偏差.

Br. stage: Brunnstrom recovery stage.

Br. stage III (n=10), Br. stage IV (n=44), Br. stage V-VI (n=31).

表5 評価日時点の股関節屈曲伸展角度 (単位:°)

	下肢 Br. stage	1 週前	開始日	終了日	1 週後
麻痺側屈曲 ^{a)}	III	10.9±3.8	13.1±4.5	12.7±6.3	14.2±5.4
	IV	17.7±6.3	17.7±6.3	20.4±6.7	20.1±6.9
	V・VI	22.4±6.3	24.1±6.2	25.2±6.1	26.4±5.6
麻痺側伸展 ^{b)}	III	9.2 (8.6–12.0)	10.3 (8.3–12.2)	13.2 (11.8–17.1)	11.2 (9.6–16.0)
	IV	9.2 (7.9–12.6)	10.3 (8.5–12.3)	13.2 (9.1–15.5)	12.3 (7.9–15.5)
	V・VI	11.5 (6.9–13.2)	9.7 (6.1–12.6)	14.9 (11.5–16.9)	12.6 (9.2–15.8)
非麻痺側屈曲 ^{a)}	III	27.2±7.4	27.0±6.7	28.3±7.8	26.5±6.6
	IV	28.3±7.2	28.5±6.6	31.8±6.8	30.7±6.6
	V・VI	30.9±6.9	30.6±5.9	32.5±5.4	32.0±6.0
非麻痺側伸展 ^{a)}	III	10.9±5.2	11.7±5.5	14.6±6.7	13.2±6.0
	IV	12.2±5.0	12.7±4.6	15.3±6.3	14.5±5.5
	V・VI	10.1±5.0	11.1±5.5	16.0±6.1	13.9±5.1

a): 平均値±標準偏差, b): 中央値 (第1四分位-第3四分位).

Br. stage: Brunnstrom recovery stage.

Br. stage III (n=10), Br. stage IV (n=44), Br. stage V-VI (n=31).

表6 評価日時点の股関節屈曲伸展時間(単位:s)

	下肢 Br. stage	1週前	開始時	終了時	1週後
麻痺側屈曲 ^{a)}	III	0.69 (0.62–0.79)	0.67 (0.64–0.77)	0.62 (0.59–0.71)	0.63 (0.61–0.69)
	IV	0.66 (0.61–0.79)	0.65 (0.62–0.76)	0.61 (0.53–0.67)	0.61 (0.53–0.69)
	V-VI	0.57 (0.46–0.65)	0.54 (0.45–0.60)	0.47 (0.41–0.55)	0.45 (0.40–0.53)
麻痺側伸展 ^{a)}	III	0.79 (0.74–0.85)	0.76 (0.70–0.81)	0.76 (0.58–0.84)	0.74 (0.71–0.82)
	IV	0.87 (0.76–1.03)	0.85 (0.76–0.96)	0.73 (0.65–0.87)	0.76 (0.65–0.91)
	V-VI	0.77 (0.69–0.95)	0.74 (0.66–0.91)	0.67 (0.58–0.74)	0.66 (0.60–0.74)
非麻痺側屈曲 ^{a)}	III	0.41 (0.38–0.47)	0.44 (0.40–0.47)	0.40 (0.38–0.49)	0.40 (0.38–0.46)
	IV	0.47 (0.42–0.54)	0.46 (0.42–0.53)	0.42 (0.39–0.49)	0.44 (0.39–0.48)
	V-VI	0.43 (0.39–0.51)	0.42 (0.38–0.48)	0.39 (0.35–0.42)	0.37 (0.34–0.42)
非麻痺側伸展 ^{b)}	III	1.04±0.20	1.02±0.17	1.01±0.20	0.97±0.16
	IV	1.07±0.22	1.01±0.19	0.89±0.20	0.92±0.22
	V-VI	0.89±0.19	0.84±0.14	0.73±0.11	0.73±0.12

^{a)}: 中央値(第1四分位–第3四分位), ^{b)}: 平均値±標準偏差.

Br. stage: Brunnstrom recovery stage.

Br. stage III (n=10), Br. stage IV (n=44), Br. stage V-VI (n=31).

表7 下肢 Br. stage 別1日あたり歩行速度変化量の比較

1日あたり歩行速度変化量 (m/s) ^{a)}			Friedman 検定	多重比較	p 値	効果量 r
Br. stage III (n=10)	使用前	0.006 (0.003–0.011)	0.74	使用前–使用中		0.15
	使用中	0.005 (0.002–0.008)		使用中–使用後		0.02
	使用後	0.006 (0.004–0.009)		使用前–使用後		0.24
Br. stage IV (n=44)	使用前	0.005 (0.001–0.011)	<0.01	使用前–使用中	<0.01	0.53
	使用中	0.013 (0.007–0.021)		使用中–使用後	<0.01	0.64
	使用後	–0.001 (–0.009–0.010)		使用前–使用後	0.60	0.29
Br. stage V-VI (n=31)	使用前	0.010 (0.001–0.016)	<0.01	使用前–使用中	0.09	0.55
	使用中	0.019 (0.016–0.024)		使用中–使用後	<0.01	0.74
	使用後	0.002 (–0.001–0.010)		使用前–使用後	0.49	0.31

^{a)}: 中央値(第1四分位–第3四分位)

Br. stage: Brunnstrom recovery stage.

2. 歩行評価項目の経時的変化

下肢 Br. stage 別の歩行アシスト開始1週前, 開始日, 終了日, 終了1週後の時間距離因子を表4に, 股関節屈曲伸展角度を表5に, 股関節屈曲伸展時間を表6に示す。時間経過に従って, 時間距離因子, 股関節屈曲伸展角度は増加, 股関節屈曲伸展時間は減少する傾向にあった。

3. 1日あたり歩行速度変化量の比較

下肢 Br. stage 別の1日あたり歩行速度変化量の比較を表7に示す。Br. stage IIIでは使用前と使用中, 使用中と使用後, 使用前と使用後のいずれの比較においても, 歩行速度の変化量に有意差を認めなかった ($p=0.74$)。Br. stage IVでは使用前と使用中 ($p<0.01$, $r=0.53$), 使用中と使用後 ($p<0.01$, $r=0.64$) に有意差を認め, 使用中のみ歩行速度変化量が増加したことが示された。Br. stage V-VIでは使用中と使用後 ($p<0.01$, $r=0.74$) に有意差を認めた。

4. 下肢 Br. stage 別の歩行アシスト使用中の歩行速度変化量と歩行評価項目との関係

表8に使用中の歩行速度変化量と歩幅変化量, 歩調変化量の関係を示す。歩行速度変化量と歩幅変化量, 歩調変化量は, Br. stage IIIはいずれの項目にも相関を認めなかった。Br. stage IVでは歩行速度変化量と歩幅変化量 ($r=0.82$, $p<0.01$) および歩調変化量 ($r=0.84$, $p<0.01$) に強い相関を認め, Br. stage V-VIでは歩行速度変化量と歩幅変化量 ($r=0.53$, $p<0.01$) および歩調変化量 ($r=0.62$, $p<0.01$) に中等度の相関を認めた。歩幅変化量と歩調変化量間は Br. stage IVのみ中等度の相関 ($r=0.46$, $p<0.01$) であった。

表9に使用中の歩行速度変化量と股関節屈曲伸展角度変化量の関係を示す。歩行速度変化量と股関節角度変化量の関係は, Br. stage IVでのみ麻痺側伸展角度変化量 ($r=0.59$, $p<0.01$) と非麻痺側伸展角度変化量 ($r=0.40$, $p<0.01$) に中等度の相関を, 非麻痺側屈曲角度変化量 ($r=0.39$, $p<0.01$) に弱い相関を認めた。

表8 使用中の歩行速度変化量, 歩幅変化量, 歩調変化量の関係

	下肢 Br. stage	値	相関係数 ^{c)}	
			歩幅変化量	歩調変化量
歩行速度変化量 (m/s) ^{a)}	III	0.06 (0.02-0.10)	0.52	0.48
	IV	0.15 (0.08-0.26)	0.82**	0.84**
	V-VI	0.22 (0.19-0.29)	0.53**	0.62**
歩幅変化量 (m) ^{a)}	III	0.04 (0.01-0.06)		-0.48
	IV	0.05 (0.02-0.09)		0.46**
	V-VI	0.09 (0.07-0.11)		-0.12
歩調変化量 (steps/min) ^{b)}	III	2.7±6.9		
	IV	10.8±8.7		
	V-VI	11.1±8.3		

^{a)}: 中央値 (第1四分位-第3四分位), ^{b)}: 平均値±標準偏差, ^{c)}: Spearmanの順位相関係数.

**_p<0.01

Br. stage: Brunnstrom recovery stage.

Br. stage III (n=10), Br. stage IV (n=44), Br. stage V-VI (n=31).

表9 使用中の歩行速度変化量と股関節屈曲伸展角度変化量の関係

	下肢 Br. stage	角度変化量 (°)	速度変化量 (m/s)	相関係数 ^{c)}
麻痺側屈曲角度 ^{a)}	III	-0.5±4.5	0.06 (0.02-0.10)	0.44
	IV	2.7±4.7	0.15 (0.08-0.26)	0.15
	V-VI	1.1±5.0	0.22 (0.19-0.29)	0.25
麻痺側伸展角度 ^{b)}	III	4.3 (2.2-6.0)	0.06 (0.02-0.10)	-0.36
	IV	2.0 (-1.1-5.2)	0.15 (0.08-0.26)	0.59**
	V-VI	4.0 (2.3-7.2)	0.22 (0.19-0.29)	0.01
非麻痺側屈曲角度 ^{a)}	III	1.3±4.4	0.06 (0.02-0.10)	0.48
	IV	3.3±4.5	0.15 (0.08-0.26)	0.39**
	V-VI	2.0±4.3	0.22 (0.19-0.29)	-0.09
非麻痺側伸展角度 ^{a)}	III	2.9±3.1	0.06 (0.02-0.10)	0.29
	IV	2.6±4.6	0.15 (0.08-0.26)	0.40**
	V-VI	5.0±4.4	0.22 (0.19-0.29)	0.03

^{a)}: 平均値±標準偏差, ^{b)}: 中央値 (第1四分位-第3四分位), ^{c)}: Spearmanの順位相関係数.

**_p<0.01

Br. stage: Brunnstrom recovery stage.

Br. stage III (n=10), Br. stage IV (n=44), Br. stage V-VI (n=31).

表10に使用中の歩行速度変化量と股関節屈曲伸展時間変化量の関係を示す。歩行速度変化量と股関節屈曲伸展時間変化量は、Br. stage IIIはいずれの項目にも相関を認めなかった。Br. stage IVでは麻痺側屈曲時間変化量 ($r = -0.49$, $p < 0.01$) と麻痺側伸展時間変化量 ($r = -0.52$, $p < 0.01$) に中等度の負の相関を、非麻痺側伸展時間変化量 ($r = -0.75$, $p < 0.01$) に強い負の相関を認めた。Br. stage V-VIでは麻痺側屈曲時間変化量 ($r = -0.61$, $p < 0.01$) と非麻痺側伸展時間変化量 ($r = -0.54$, $p < 0.01$) に中等度の負の相関を認めた。

考 察

本研究では、歩行アシストによる歩行練習を行った回復期脳卒中片麻痺者に対して、下肢の麻痺の重症度別に

歩行速度の変化を比較し、歩行速度の変化に関連する時間距離因子、股関節屈曲伸展角度、股関節屈曲伸展時間について分析した。

歩行速度の変化では、Br. stage IIIは歩行アシスト使用中の歩行速度変化量に有意な変化を認めなかった。この群では歩行速度が増加した症例がいる一方で変化しない症例も認めたが、症例数が10例と少なく結果に影響した可能性がある。Br. stage IIIにおける歩行速度の変化については、症例数を増やして検証することが必要であると考え。Br. stage IVでは、歩行アシスト使用前後と比較して使用中の歩行速度変化量が有意に増加した。歩行アシストを使用した歩行練習についての先行研究¹²⁾¹⁴⁾¹⁶⁾では、歩幅が小さく麻痺側の機能が低い群で歩行速度の即時変化が大きいとする報告¹⁶⁾や歩行速度が速い群よ

表10 使用中の歩行速度変化量と股関節屈曲伸展時間変化量の関係

	下肢 Br. stage	時間変化量 (s)	速度変化量 (m/s)	相関係数 ^{c)}
麻痺側屈曲時間 ^{a)}	III	-0.04 (0.00--0.07)	0.06 (0.02-0.10)	-0.34
	IV	-0.06 (-0.02--0.12)	0.15 (0.08-0.26)	-0.49**
	V-VI	-0.06 (-0.02--0.10)	0.22 (0.19-0.29)	-0.61**
麻痺側伸展時間 ^{b)}	III	-0.05 (0.22--0.11)	0.06 (0.02-0.10)	-0.22
	IV	-0.12 (-0.02--0.19)	0.15 (0.08-0.26)	-0.52**
	V-VI	-0.07 (0.00--0.13)	0.22 (0.19-0.29)	-0.33
非麻痺側屈曲時間 ^{a)}	III	-0.02 (0.02--0.04)	0.06 (0.02-0.10)	0.04
	IV	-0.04 (-0.01--0.07)	0.15 (0.08-0.26)	-0.18
	V-VI	-0.03 (0.00--0.05)	0.22 (0.19-0.29)	-0.25
非麻痺側伸展時間 ^{a)}	III	-0.01±0.13	0.06 (0.02-0.10)	-0.57
	IV	-0.12±0.13	0.15 (0.08-0.26)	-0.75**
	V-VI	-0.11±0.08	0.22 (0.19-0.29)	-0.54**

a): 中央値 (第1四分位-第3四分位), b): 平均値±標準偏差, c): Spearman の順位相関係数.

**: p<0.01

Br. stage: Brunnstrom recovery stage.

Br. stage III (n=10), Br. stage IV (n=44), Br. stage V-VI (n=31).

りも遅い群で歩行速度の変化が大きいという報告¹²⁾¹⁴⁾がなされている。本研究の結果もこれらの先行研究を支持するものであり、麻痺の後遺したBr. stage IVの症例に対して歩行アシストが麻痺肢の股関節運動を補助したことが、歩行速度変化量の有意な増加につながったと考える。Br. stage V-VIでは、使用前と使用中の歩行速度変化量に有意差がなく、これは使用前から歩行速度の変化量が大きかった (0.010 m/s) ためと考えられる。一方で、使用前と有意差はないものの使用中の歩行速度 (0.019 m/s) は増加しており、また使用中と使用後 (0.002 m/s) では歩行速度変化量に有意な減少を認めたことから、麻痺が軽度で使用前から歩行速度が増加しているBr. stage V-VIの症例に対しても、歩行アシストの使用により更なる歩行速度の増加が得られることが示唆された。

また、下肢の麻痺の重症度別に歩行速度の変化を検討する上で、交絡因子の可能性を除外する必要がある。脳卒中片麻痺者においては、感覚障害が歩行速度に影響を及ぼす可能性について論じられる¹⁷⁾¹⁸⁾ことが多いが、本研究においては下肢Br. stage別の感覚障害の重症度に差はなかったことから、感覚障害は本研究の結果に影響を及ぼす交絡因子となっていないと考える。

次に歩行アシスト使用中の歩行速度変化量と歩行評価項目の変化量との関係について考察する。歩行アシスト使用により歩行速度変化量が増加したBr. stage IV, V-VIにおいて、歩幅、歩調、股関節角度変化量、股関節屈曲伸展時間との相関を認めた。

歩行アシスト使用中の歩行速度変化量は、歩幅変化量と歩調変化量のいずれとも中等度以上の相関を認めた。歩行アシストは歩行比 (歩幅/歩調) を増大させるアル

ゴリズムが設けられ、歩幅を拡大するようアシストされると報告されている¹²⁾。しかし今回の結果からは、歩行速度の増加は歩幅だけでなく歩調についても相関があり、双方が歩行アシスト使用中の歩行速度の増加に関与していることが示された。

股関節角度変化量との関係では、歩行アシスト使用中の歩行速度変化量が有意に増加したBr. stage IVでのみ両側の股関節伸展角度が関連していた。近年、歩行の推進力の指標としてTrailing Limb Angle (以下、TLA)¹⁹⁻²¹⁾が報告されており、TLAに類似した指標として股関節伸展角度と歩行速度の関連²²⁾についても述べられている。麻痺が後遺したBr. stage IVに対して、歩行アシストの使用により麻痺側、非麻痺側股関節伸展角度が拡大することで推進力がもたらされ、歩行速度の有意な増加に繋がったことが推察される。今後これらを詳細に検証するためには、三次元動作解析装置など他の指標による検証が必要と考える。

また、歩行速度変化量の増加には、麻痺側股関節屈曲時間および非麻痺側股関節伸展時間の短縮との関連も示された。麻痺側股関節屈曲時間と非麻痺側股関節伸展時間は歩行周期の中で対を成しており、この時間は非麻痺側前の両脚支持期と非麻痺側単脚支持期 (麻痺側遊脚期) の所要時間に近似する。片麻痺者の歩行の特徴として麻痺側遊脚時間の延長があり²³⁾²⁴⁾、その改善は難しいとされている²⁵⁾²⁶⁾中で、歩行アシスト使用中の歩行速度の増加は麻痺側屈曲時間、非麻痺側伸展時間の短縮との関連が示された。歩行アシストの特性である股関節屈曲伸展運動の外的補助は、脳卒中片麻痺者特有の時間因子を変化させる可能性があると考えられた。

本研究の限界

当院では歩行アシスト診療枠の参加基準に適合する全症例に対して歩行アシストの使用を提案しており、本研究では対照群を設定していないため介入効果を論ずることはできなかった。また、歩行評価に用いたデータは付属タブレットに表示される項目に限定された。特に歩幅については歩行速度との関連が示されたが、付属タブレットに表示される歩幅は左右の平均値であり、麻痺側歩幅と非麻痺側歩幅がどのように変化したかを読み取ることはできなかった。今後は左右の歩幅や運動学、運動力学的分析を含めてより詳細な検討が必要である。

結 論

回復期脳卒中片麻痺者を対象とし、2週間の歩行アシストによる歩行練習期間の歩行速度の変化と、歩行速度の変化に関連する因子を分析した。下肢の麻痺の重症度により、歩行アシストを使用した歩行練習期間の歩行速度の変化は異なることが示され、Br. stage IVの群のみ歩行アシスト使用中の歩行速度変化量が使用前後と比較して増加した。歩行速度変化量の増加には、両側股関節伸展角度の拡大、麻痺側股関節屈曲時間と非麻痺側股関節伸展時間の短縮との関連が示唆された。

利 益 相 反

本研究に関して開示すべき利益相反はない。

謝辞：本論文のAbstract作成にあたり John Koester氏にご助言を賜りました。ここに感謝の意を表します。

文 献

- 1) 日本脳卒中学会脳卒中ガイドライン委員会：脳卒中治療ガイドライン2021. 協和企画, 東京, 2021, pp. 249-292.
- 2) Mehrholz J, Thomas S, *et al.*: Electromechanical-assisted training for walking after stroke. Cochrane database of systematic reviews. 2020; 10: CD006185.
- 3) Belda-Lois JM, Mena-del Horno S, *et al.*: Rehabilitation of gait after stroke: a review towards a top-down approach. J Neuroeng Rehabil. 2011; 8: 1-20.
- 4) Morone G, Paolucci S, *et al.*: Robot-assisted gait training for stroke patients: current state of the art and perspectives of robotics. Neuropsychiatr Dis Treat. 2017; 13: 1303-1311.
- 5) 平野 哲：脳卒中患者の歩行再建をめざしたロボットリハビリテーション. The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine. 2020; 57: 392-398.
- 6) 平野 哲, 才籐栄一, 他：脳卒中患者におけるロボット支援歩行練習 (特集 脳卒中リハビリテーション医療 update). Monthly book medical rehabilitation. 2019; 236: 60-66.
- 7) 大畑光司：歩行再建—歩行の理解とトレーニング—. 三輪書店, 東京, 2017, pp. 208-241.
- 8) 大畑光司：「歩行アシスト」を用いたリハビリテーション. Clinical Engineering. 2014; 25: 149-153.
- 9) 渡邊亜紀, 川井康平, 他：HONDA 歩行アシストの継続使用による脳卒中片麻痺者の歩行変化. 理学療法学. 2016; 43: 337-341.
- 10) Tanaka N, Matsushita S, *et al.*: Effect of stride management assist gait training for poststroke hemiplegia: a single center, open-label, randomized controlled trial. J Stroke Cerebrovasc Dis. 2019; 28: 477-486.
- 11) Jayaraman A, O'Brien MK, *et al.*: Stride management assist exoskeleton vs functional gait training in stroke: a randomized trial. Neurology. 2019; 92: e263-e273.
- 12) 岡本隆嗣, 丸田佳克, 他：回復期リハビリテーション病棟における歩行支援ロボットの活用. 日本義肢装具学会誌. 2015; 31: 91-96.
- 13) Buesing C, Fisch G, *et al.*: Effects of a wearable exoskeleton stride management assist system (SMA®) on spatiotemporal gait characteristics in individuals after stroke: a randomized controlled trial. J Neuroeng Rehabil. 2015; 12: 1-14.
- 14) 有末伊織, 田中直次郎, 他：歩行アシストロボットを用いた回復期脳卒中患者に対する歩行練習の影響—歩行速度による違い—. 理学療法科学. 2015; 30: 119-123.
- 15) 石村光資郎：SPSSによる分散分析・混合モデル・多重比較の手順. 東京図書, 東京, 2021, pp. 82-103.
- 16) Satoh Y, Yamada T, *et al.*: The immediate effect of the Honda Walking Assist Device on foot and ankle function in hemiplegic stroke patients. J Phys Ther Sci. 2020; 32: 405-409.
- 17) 島田裕之, 富井豊人, 他：脳卒中片麻痺患者における最大歩行速度と感覚障害との関連. 理学療法科学. 1995; 10: 75-79.
- 18) 石井由起子, 小川浩紀, 他：脳卒中片麻痺者の下肢の感覚障害が歩行速度に及ぼす影響. 理学療法科学. 2015; 30: 105-108.
- 19) Hsiao H, Knarr BA, *et al.*: The relative contribution of ankle moment and trailing limb angle to propulsive force during gait. Hum Mov Sci. 2015; 39: 212-221.
- 20) Hsiao H, Knarr BA, *et al.*: Mechanisms used to increase peak propulsive force following 12-weeks of gait training in individuals poststroke. J Biomech. 2016; 49: 388-395.
- 21) Hsiao H, Knarr BA, *et al.*: Mechanisms to increase propulsive force for individuals poststroke. J Neuroeng Rehabil. 2015; 12: 1-8.
- 22) 篠塚敏雄, 遠藤善弘, 他：慢性期脳卒中片麻痺者の歩行速度・非対称性と機能障害の関連性. 理学療法—臨床・研究・教育—. 2017; 24: 18-22.
- 23) Olney SJ, Richards C: Hemiparetic gait following stroke. Part I: Characteristics. Gait Posture. 1996; 4: 136-148.
- 24) Patterson KK, Parafianowicz I, *et al.*: Gait asymmetry in community-ambulating stroke survivors. Arch Phys Med Rehabil. 2008; 89: 304-310.
- 25) Patterson KK, Gage WH, *et al.*: Changes in gait symmetry and velocity after stroke: a cross-sectional study from weeks to years after stroke. Neurorehabil Neural Repair. 2010; 24: 783-790.
- 26) Patterson KK, Mansfield A, *et al.*: Longitudinal changes in post-stroke spatiotemporal gait asymmetry over inpatient rehabilitation. Neurorehabil Neural Repair. 2015; 29: 153-162.

〈Abstract〉

Changes in Walking Speed and Their Relation to Walking Parameters during Use of a Walking Assistive Robot in Gait Exercise of Hemiplegic Stroke Patients in the Recovery Phase

Atsuko FUKUOUJI, PT, Akiyoshi HAGIWARA, PT, Yoshiko MATSUBA, PT, MSc

Department of Rehabilitation, Yokohama Brain and Spine Center

Kazumasa NAKANISHI, PT

Department of Rehabilitation, Yokohama Municipal Citizen's Hospital

Yutaka MAENO, MD

Department of Rehabilitation Medicine, Yokohama Brain and Spine Center

Sumiko YAMAMOTO, PhD

Department of Assistive Technological Science, International University of Health and Welfare Graduate School

Objective: The purpose of this study was to show the change in walking speed and its relation to the change in other walking parameters in different paretic severities during the use of a walking assistive robot for hemiplegic stroke patients.

Methods: The participants were 85 patients in the recovery phase who exercised with a walking assistive robot for 2 weeks. Daily changes in walking speed before, during, and after the exercise using a walking assistive robot were compared for each severity of the lower extremity paralysis. The relationship between the change in walking speed and the changes in spatial-temporal parameters, hip flexion-extension angles and their time during use were analyzed.

Results: The change in walking speed during use was larger than other durations just in patients with Brunnstrom stage IV. Parameters that showed significant correlation coefficients with change in walking speed were increase in bilateral hip extension angles and decrease in hip flexion time on the paralyzed side and hip extension time on the nonparalyzed side.

Conclusion: It was clarified that there was a difference in walking speed change of hemiplegic stroke patients in the recovery phase with different severity of paralysis during exercise using a walking assistive robot. Spatial-temporal parameters and joint angles related to the change in walking speed were shown.

Key Words: Hemiplegic stroke patients in the recovery phase, Walking assistive robot, Walking speed

研究論文 (原著)

1年後に骨量が低下する地域在住高齢女性の 身体・生活機能の特徴*

葛 迫 剛^{1)2)#} 村 田 伸³⁾ 合 田 明 生³⁾ 中 野 英 樹³⁾
白岩加代子³⁾ 堀 江 淳³⁾ 野 中 紘 士⁴⁾

要旨

【目的】本研究は、1年後に骨量が低下した高齢女性における身体機能および生活機能の影響要因を明らかにすることを目的とした。【方法】骨量低下はTスコアが-2.5以下とし、ベースライン時点で骨量が低下していない高齢女性85名を対象とした。1年後に骨量が低下した者を骨量低下群、骨量を維持していた者を対照群として群分けし、ベースライン時点の基本属性、身体機能、基本チェックリストを比較した。【結果】骨量低下の影響要因として、Body Mass Index (以下、BMI) (オッズ比0.761, 95%信頼区間0.612-0.945)、基本チェックリストの「運動器の機能」(オッズ比1.995, 95%信頼区間1.020-3.901)が抽出された。【結論】1年後に骨量が低下する高齢者は、ベースライン時点でBMIが低いこと、「運動器の機能」が低下していることに影響を受けることが示唆された。

キーワード 高齢女性, 骨量低下, 身体機能, 生活機能

はじめに

骨粗鬆症は、低骨量と骨組織の微細構造の異常から骨強度が低下し、骨折リスクが高くなった状態である¹⁾。要介護状態の原因では、骨折・転倒は、要支援認定者、要介護認定者ともに第3位と上位を占めている²⁾。今後、高齢者の増加に伴い³⁾、骨折・転倒の増加が推測されることから、健康寿命の延伸や社会保障費の低減のためにも、脆弱性骨折の危険因子である骨量低下の予防は緊要の課題である。

骨量低下の予防には、青年期に最大骨量を増加させる

ことに加え、高齢期では骨量低下の進行を最小限に抑制することが重要とされる⁴⁾。特に女性では閉経後の骨量低下が著しくなり⁵⁾、骨折リスクも高くなる⁶⁾。骨量の経時的変化に関する先行研究では、Shephardら⁷⁾は、音響的骨評価値 (Osteosonic Index: OSI) を用いた5年間の追跡調査で、高齢男性の16.5%に対し、高齢女性の28.2%が5年後に骨粗鬆症の基準に該当したことを報告している。よって、高齢女性に対して骨量低下の前兆を早期に発見し、骨量低下を進行させる危険因子を取り除いた生活習慣の指導など予防的支援を行うことが特に重要である。

ただし、骨量低下そのものは症状がほとんどないため、骨折などの症状がなければ早期発見は難しい。骨量に関連する要因として、Krallら⁸⁾は、骨量は46~62%の割合で遺伝要因の影響を受けるが、それ以外に身体活動や栄養状態といった生活習慣を含む環境要因も重要であることを示唆している。また大久保ら⁹⁾は、運動習慣は、遺伝要因とは独立して骨量に影響することを報告している。一方で、高齢者の骨量低下と身体機能に関する先行研究では、骨量低下は筋力や歩行能力とは関連しないことが報告されている¹⁰⁾¹¹⁾。そのため、骨量の低下が生じていても身体機能の変化を自覚し難く、早期発見が困難となっていることが推察される。よって、骨量が低

* Characteristics of Physical Function and Functional Capacity among Community-dwelling Older Women Who Developed Low Bone Mass after 1 Year

1) 京都橋大学大学院健康科学研究科
Tsuyoshi Katsurasako, PT, MSc: Graduate School of Health Sciences, Kyoto Tachibana University

2) 甲賀市水口医療介護センターリハビリテーション科
(〒528-0049 滋賀県甲賀市水口町貴生川293-1)
Tsuyoshi Katsurasako, PT, MSc: Department of Rehabilitation, Koka City Minakuchi Medical Care Center

3) 京都橋大学健康科学部理学療法学科
Shin Murata, PT, PhD, Akio Goda, PT, PhD, Hideki Nakano, PT, PhD, Kayoko Shiraiwa, PT, PhD, Jun Horie, PT, PhD: Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Kyoto Tachibana University

4) 奈良学園大学保健医療学部リハビリテーション学科
Koji Nonaka, PT, PhD: Department of Rehabilitation, Faculty of Health Sciences, Naragaku University

E-mail: tysk17-katsurasako@yahoo.co.jp
(受付日 2023年2月28日 / 受理日 2023年5月24日)
[J-STAGEでの早期公開日 2023年6月30日]

下する前の段階から、骨量が低下しやすい高齢者を抽出し早期介入を行うことが重要と考えられる。

骨量の測定には、二重エネルギー X線吸収測定法や定量的超音波測定法がある¹²⁾。しかし、これらの方法は医療機関での測定や、特別な測定機器を必要とするため、地域のサロンや通いの場などの介護予防の場面では、高齢者の骨量を測定することは難しい。よって、骨量が低下する前の段階の高齢者の特徴を明らかにし、骨量が低下しやすい高齢者を早期に見極めて予防的支援を実施することが重要である。

骨量は生活習慣を含む環境要因⁸⁾¹³⁾が影響することから、日常生活の状況や口腔、栄養状態などの生活機能全般を含めた検討が必要と考えられる。生活機能と骨量の関連を検討した先行研究¹⁴⁾では、口腔機能が低下した高齢者は骨量が低下していることが報告されている。しかし、身体機能および生活機能を含めた簡便な指標によって、骨量が低下する高齢者の特徴を縦断的に検討した報告は見当たらない。簡便な指標によって骨量が低下する高齢者の身体・生活機能の特徴を明らかにすることは、骨量低下の早期発見に役立つ基礎的データとしての活用が期待できる。

本研究は、骨量が低下していない地域在住高齢女性を対象として、1年後に骨量が低下した対象者の身体および生活機能の影響要因を検討することを目的とした。

対象および方法

1. 研究デザイン

本研究のデザインは、後ろ向きコホート研究である。地域在住高齢女性を対象に、骨量が低下する前の身体機能や生活機能を評価し、1年後に骨量が低下する対象者の身体・生活機能の特徴を検討した。

2. 対象

本研究の対象は、A市の高齢者交流事業に登録している高齢者で、2018年9月と2019年9月の体力測定会に2回とも参加した高齢者153名とした。対象者の除外基準は、①65歳未満(n=1)、②Mini-mental State Examination (以下、MMSE)が23点以下(n=4)、③男性(n=30)、④ペースライン時で骨量が低下した状態の者(Tスコア-2.5以下n=31)、⑤全ての測定が実施できなかった者(n=2)とした。対象者のうち、基準を満たした85名を解析対象とした。

3. 方法

1) 骨量の評価

骨量は右踵骨を測定部位とし、定量的超音波法装置であるBenus evo (日本光電工業株式会社製)を用いて右踵骨の超音波伝搬速度 (Speed of Sound: SOS) を測定し

た¹⁵⁾。本研究では、骨量低下の基準として世界保健機構のTスコアの基準を用いた。Tスコアは若年成人の平均と比較した標準偏差であり、Tスコアが-2.5以下の者は骨粗鬆症の診断基準とされる¹⁶⁾。そのため、本研究でも、骨量の基準としてTスコアが-2.5以下を骨量低下とした。

2) 身体機能の評価

握力¹⁷⁾は、デジタル式握力計(竹井機器工業製)を使用し、示指の第2関節が直角になるように握り調整した。測定肢位は立位で、両腕を下垂した状態で、左右2回ずつ測定し、その最大値を評価値とした。

膝伸展筋力¹⁸⁾は、椅子座位にて椅子の支柱にベルトを連結し、下腿下垂位での等尺性筋力をハンドヘルドダイナモメーター(アニマ社製、 μ -Tas F-1)を使用して測定した。測定は膝関節90度屈曲位で実施し、左右2回ずつ測定し、その最大値を評価値とした。

通常歩行速度の測定は、5mの歩行路(測定区間)と両端に3mの助走路を設定して行い、通常速度で歩くよう指示し、その所要時間をデジタルストップウォッチで測定した。測定は2回行い、その最速値を評価値とした。

Timed Up and Go Test (以下、TUG)の測定¹⁹⁾は、高さ約40cmの椅子に腰かけた姿勢から立ち上がり、できるだけ速く最大努力にて前進し、3m前方に配置してある目印を折り返して再び椅子に座るまでの所要時間をデジタルストップウォッチで測定した。測定は2回行い、その最速値を評価値とした。

30秒椅子立ち上がりテスト(30-second Chair-stand Test: 以下、CS-30)の測定²⁰⁾は、高さ約40cmの椅子を使用し、両腕を胸の前で組んだ状態で腰掛けた姿勢を測定開始肢位とした。この姿勢から立ち上がり再び着座する動作を出来るだけ繰り返すように指示し、30秒間に立ち上がることが出来た回数を評価値とした。

開眼片脚立位時間の測定は、MacRaeらの方法²¹⁾を参考に、測定の上限を120秒に設定して実施した。裸足にて両手は体側につけた状態で片足を上げた時から足が着くまでの時間をデジタルストップウォッチで測定した。左右2回ずつ測定し、最長時間を評価値とした。

3) 生活機能の評価

生活機能の評価として、基本チェックリスト²²⁾を用いた。基本チェックリストは、「日常生活関連動作」5項目、「運動器の機能」5項目、「低栄養」2項目、「口腔機能」3項目、「閉じこもり」2項目、「認知機能」3項目、「抑うつ気分」5項目の7領域25項目の質問に対して「はい」、「いいえ」で回答する自記式質問紙票である。各質問項目について生活機能への問題がある場合に点数が1点加算され、点数が高いほど生活機能への問題があると評価する。本研究では生活機能の各領域に分けて点数を算出

した。

4) その他の項目

その他の項目として、年齢、身長、体重、既往歴を収集し、Body Mass Index (以下、BMI) を算出した。認知機能の評価としてMMSEを測定した。

4. 解析方法

骨量の結果より、1年後に骨量が低下した群を骨量低下群、それ以外の対象者を対照群とした。そして、ベースライン時の年齢、BMI、握力、膝伸展筋力、通常歩行速度、TUG、CS-30、開眼片脚立位時間、基本チェックリストの各領域の点数について、正規性の有無に応じて二標本t検定、Mann-Whitny U検定を用いて比較した。既往歴については χ^2 検定またはFisher直接確率計算法を用いて比較した。

次に、従属変数を1年後の骨量低下の有無、独立変数は単変量解析で有意差を認めた項目、交絡因子は年齢、高脂血症、糖尿病、心疾患を採用して強制投入法による二項ロジスティック回帰分析を行った。なお、多重共線性を考慮するため独立変数間での相関分析をSpearmanの順位相関係数およびPearsonの積率相関係数を用いて解析し、相関係数の絶対値が0.7未満であった変数を投入した。二項ロジスティック回帰分析で抽出された生活機能の変数については、各質問項目について χ^2 検定またはFisher直接確率計算法を行った。統計解析にはSPSS Statistics Ver. 28.0 (IBM) を使用し有意水準は5%とした。

5. 研究倫理

本研究は京都橘大学の研究倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号18-26)。事前に本研究の目的・趣旨と内容を書面と口頭で説明し同意の得られた者を対象者と

し、ヘルシンキ宣言に基づく倫理的配慮を十分行った。

結 果

本研究では地域在住高齢者153名が対象となり、除外基準に該当しなかった85名が解析対象となった(図1)。1年後の骨量低下の有無により2群に群分けした結果、骨量低下群は36名、対照群は49名であった。

骨量低下群と対照群の年齢、BMI、身体機能、生活機能を比較した結果を表1に示す。2群を比較した結果、BMI、通常歩行速度、基本チェックリストの「運動器の機能」と「低栄養」の得点で有意な差を認めた($p<0.05$)。その他の項目には有意差は認められなかった。

1年後に骨量が低下する高齢者の身体および生活機能の影響要因を検討するに先立ち、単変量解析で有意な差を認めた項目について相関係数の絶対値が0.7以上となる変数は認めなかった。このため、BMI、通常歩行速度、「運動器の機能」、「低栄養」を独立変数として二項ロジスティック回帰分析を行った結果、BMI(オッズ比0.761, 95%信頼区間0.612-0.945)、「運動器の機能」(オッズ比1.995, 95%信頼区間1.020-3.901)が抽出された(表2)。モデル χ^2 検定の結果は $p=0.006$ で有意であり、Hosmer-Lemeshowの検定結果は、 $p=0.963$ と良好な適合度を示した。

さらに、抽出された生活機能の項目について、各質問項目の χ^2 検定の結果を表3に示す。骨量低下群は、対照群と比べて「階段昇降」と「転倒不安感」で有意に得点率が高かった($p<0.05$)。

考 察

本研究は、地域在住の高齢女性を対象として、1年後に骨量が低下した対象者の身体機能および生活機能の影響要因を明らかにすることを目的とした。ベースライン

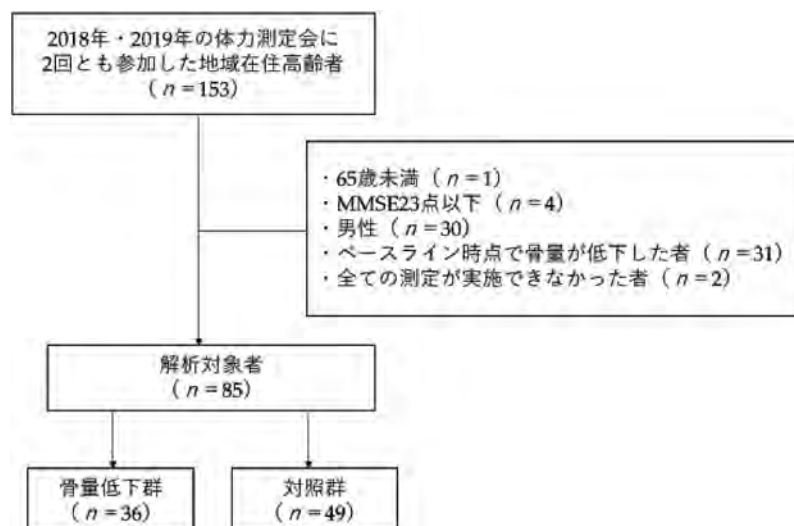


図1 対象者選定のフローチャート

表1 ベースライン時の2群間の各変数の比較結果

	全体 (N=85)	骨量低下群 (n=36)	対照群 (n=49)	p 値
年齢(歳)	74.4±5.1	74.9±5.0	73.9±5.2	0.384
既往歴				
高脂血症	11 (12.9)	5 (13.9)	6 (12.2)	0.823
糖尿病	5 (5.9)	3 (8.3)	2 (4.1)	0.646
関節リウマチ	2 (2.4)	0 (0)	2 (4.1)	—
脳血管疾患	0 (0)	0 (0)	0 (0)	—
心疾患	5 (5.9)	2 (5.6)	3 (6.1)	0.645
BMI (kg/m ²)	21.5±3.0	20.5±2.9	22.3±2.9	0.005
骨量 (T-score)	-1.6±0.7	-1.5±0.8	-1.7±0.7	0.274
s-SOS (m/s)	1586.7±19.2	1588.6±19.7	1585.2±18.8	0.413
握力 (kg)	24.3±4.0	23.5±4.4	24.9±3.6	0.121
膝伸展筋力 (kgf)	20.2±4.7	19.1±4.2	20.9±5.0	0.083
通常歩行速度 (m/s)	1.48±0.19	1.42±0.18	1.52±0.18	0.016
TUG(秒)	5.6±0.7	5.8±0.7	5.5±0.8	0.081
片脚立位時間(秒)	40.1±38.8	39.8±40.1	40.3±38.2	0.581
CS-30(回)	22.6±5.3	21.3±5.2	23.5±5.2	0.058
基本チェックリスト				
日常生活関連動作(点)	0.2±0.5	0.1±0.3	0.2±0.5	0.604
運動器の機能(点)	1.1±1.0	1.5±0.9	0.8±1.0	0.002
低栄養(点)	0.2±0.4	0.3±0.6	0.1±0.3	0.030
口腔機能(点)	0.7±0.8	0.9±0.9	0.6±0.6	0.085
閉じこもり(点)	0.2±0.4	0.2±0.4	0.2±0.4	0.663
認知機能(点)	0.3±0.6	0.4±0.6	0.3±0.5	0.411
抑うつ気分(点)	0.7±1.0	0.8±1.0	0.6±0.9	0.285

既往歴は人数(%). その他は平均±標準偏差を表記.

年齢, BMI, 骨量, 握力, 膝伸展筋力, 通常歩行速度, TUGは二標本t検定.

既往歴は χ^2 検定もしくはFisher直接確率計算法. その他の項目はMann-Whitney U検定.

BMI: Body Mass Index. s-SOS: Standardized speed of sound. TUG: Timed up & go test. CS-30: 30-second chair-stand test.

時点で骨量低下が認められない地域在住の高齢女性を対象に、1年後に骨量が低下した群(骨量低下群)と骨量を維持していた群(対照群)に分け、年齢、BMI、身体機能、生活機能から骨量低下に影響する要因を検討した。その結果、BMIと「運動器の機能」が抽出された。本研究の結果から、1年後に骨量が低下した高齢女性は、対照群と比べてベースライン時のBMIが有意に低く、「運動器の機能」が低下していることが示された。

BMIは、骨量低下に影響する要因として抽出された。BMIは栄養状態の指標とされており²³⁾、先行研究において、閉経後の女性の骨量とBMIが相関することが報告されている¹³⁾²⁴⁾²⁵⁾。一方、基本チェックリストの「低栄養」は、単変量解析では有意な差を認めたものの、多変量解析では影響要因として抽出されなかった。基本チェックリストの「低栄養」の質問は2項目あり、BMIが「18.5 kg/m²未満」と「半年間の体重減少の有無」を問う形式となっている。本研究では、BMIが18.5 kg/m²未満の者は、ほぼ骨量低下群であったが、その該当者は少なく、骨量低下群のBMIの平均値は20.5±2.9 kg/m²であった。骨量はBMIと相関し、BMIが低いほど骨量が低くなる¹³⁾²⁴⁾²⁵⁾。そのため、BMIが18.5 kg/m²未満に該当しな

くても、BMIが低い傾向にある者は、骨量が低下するリスクが高いことが推察された。

基本チェックリストの「運動器の機能」は、骨量低下に影響する要因として抽出され、「運動器の機能」の各質問項目の比較では、骨量低下群は対照群より「階段昇降」と「転倒不安感」で有意に生活機能が低下していた。骨量を維持するうえで荷重負荷による機械的刺激が重要であり、日常生活における階段昇降と骨強度は関連することが報告されている²⁶⁾²⁷⁾。基本チェックリストは実践状況を評価する形式になっており²²⁾、階段昇降で手すり等を使っている者は、手すりなしで階段昇降を行う者よりも日常的に骨に加わる衝撃負荷が少なくなり、骨量が低下するリスクが高まると考えられる。転倒不安感については、本研究では外出頻度や閉じこもり等では両群で有意差を認めなかったことから、転倒不安感がある者は、階段昇降などで手すり等を使用する可能性が高まったものと推察した。

身体機能は、骨量低下とは関連しないことが既に報告されており¹⁰⁾¹¹⁾、本研究結果においても、握力や片脚立位保持時間、TUG、CS-30には有意な差を認めなかった。ただし、通常歩行速度は単変量解析でのみ有意差を

表2 二項ロジスティック回帰分析の結果

独立変数	Model 1		Model 2	
	オッズ比 (95% 信頼区間)	p 値	オッズ比 (95% 信頼区間)	p 値
BMI	0.809 (0.663–0.986)	0.036	0.761 (0.612–0.945)	0.014
通常歩行速度	0.365 (0.016–8.219)	0.526	0.643 (0.023–17.684)	0.794
運動器の機能	1.902 (1.016–3.560)	0.044	1.995 (1.020–3.901)	0.043
低栄養	1.263 (0.318–5.009)	0.740	1.377 (0.301–6.292)	0.680

BMI: Body Mass Index.

Model 1: 未調整.

モデル χ^2 検定: $p=0.002$ Hosmer–Lemeshow の検定: $p=0.232$. 判別の中率: 70.6%

Model 2: 年齢, 糖尿病, 高脂血症, 心疾患を交絡因子として投入.

モデル χ^2 検定: $p=0.006$ Hosmer–Lemeshow の検定: $p=0.963$. 判別の中率: 71.8%

表3 運動器の機能の各質問項目の比較

質問項目	骨量低下群 (n=36)	対照群 (n=49)	p 値
階段を手すりや壁をつたわずに昇っていますか (いいえ)	16 (44.4)	11 (22.4)	0.031
椅子に座った状態から何もつかまらずに立ちあがっていますか (いいえ)	2 (5.6)	1 (2.0)	0.385
15分くらい続けて歩いていますか (いいえ)	4 (11.1)	3 (6.1)	0.331
この1年間に転んだことがありますか (はい)	7 (19.4)	4 (8.2)	0.115
転倒に対する不安は大きいですか (はい)	25 (69.4)	24 (49.0)	0.047

人数(%)を表記. χ^2 検定もしくはFisher直接確率計算法.

認めた。地域在住の高齢女性を対象とした先行研究では、骨量は歩幅と弱い相関があることが報告されている²⁸⁾。歩行速度の低下は、歩幅と歩行率が影響する²⁹⁾ことから、本研究において、通常歩行速度に有意差を認めたものと推察した。

本研究の結果、BMIと基本チェックリストの「運動器の機能」が影響要因として抽出された。これらの指標は、特別な測定機器を必要とせず、簡便で非侵襲的に実施できる評価である。また基本チェックリストは、高齢者の生活状況を把握する評価ツールとして、全国の市町で活用されている³⁰⁾。そのため、介護予防の場面では、行政や地域包括支援センターなどと連携し基本チェックリストを利用することで、骨量低下の早期発見につなげることが可能となり得る。今後は、BMIと「運動器の機能」の低下から、骨量が低下しやすい高齢者を抽出し、栄養状態や骨への機械的刺激を考慮した運動の支援の必要性が示唆された。

本研究においては、いくつかの限界が考えられる。第一に、今回の対象者は地域活動に参加する活動的な高齢女性であり、他の高齢者への一般化は限定的であることに留意する必要がある。第二に、骨量低下に影響する要因として、年齢、高脂血症、糖尿病、心疾患を交絡因子とした。しかし、その他に甲状腺機能亢進症やステロイド服用の有無、飲酒等の嗜好的要因、ホルモンの影響は考慮できていない。第三に、骨量低下の影響要因として身体・生活機能を中心に検討したが、その他に客観的指標を用いた歩幅や身体活動量、ビタミンDやカルシウム

の栄養因子については検討できていない。今後はより大規模な調査によって対象者の範囲を拡大するとともに、交絡因子や他の影響する要因を含めた検討が必要である。

結 論

本研究は、1年後に骨量が低下する地域在住の高齢女性の身体および生活機能の影響要因を明らかにすることを目的とした。その結果、ベースライン時点でBMIが低く、「運動器の機能」が低下していることが骨量低下に影響することが示された。これらの指標は、簡便で特別な測定機器を必要としないため、地域在住高齢女性における骨量低下の早期発見につなげる有用な評価手段となり得る。

利 益 相 反

本研究において、開示すべき利益相反はない。

謝辞：本研究の実施にあたり、ご協力いただきました対象者の皆様、地域包括支援センターの皆様に心より感謝申し上げます。

文 献

- 1) Kanis JA, Kanis JA; WHO Study Group: Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: Synopsis of a WHO report. *Osteoporos Int.* 1994; 4: 368–381.
- 2) 厚生労働省. 2019年国民生活基礎調査の概況. <https://www.>

- mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa19/dl/14.pdf (2023年1月27日引用)
- 3) 内閣府. 令和4年版高齢社会白書. https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2022/zenbun/pdf/1s1s_01.pdf (2023年1月27日引用)
 - 4) 高橋栄明: 整形外科医の立場から—骨粗鬆症の予防と治療を中心に—. 理学療法学. 2007; 34: 364–369.
 - 5) 斉藤好子, 井上怜子, 他: 骨粗鬆症とリスクファクター (閉経前群と閉経後群の比較). 健康医学. 1996; 11: 73–77.
 - 6) Yoo JI, Ha YC: Review of epidemiology, diagnosis, and treatment of osteosarcopenia in Korea. J Bone Metab. 2018; 25: 1–7.
 - 7) Shephard RJ, Park H, *et al.*: Objective longitudinal measures of physical activity and bone health in older Japanese: The Nakanajo Study. J Am Geriatr Soc. 2017; 65: 800–807.
 - 8) Krall EA, Dawson-Hughes B: Heritable and life-style determinants of bone mineral density. J Bone Miner Res. 1993; 8: 1–9.
 - 9) 大久保寛之, 中田由夫, 他: 運動習慣と骨関連遺伝子多型が中高年者の超音波骨指標に及ぼす影響. 体力科学. 2009; 58: 421–430.
 - 10) Kapuś O, Gába A, *et al.*: Relationships between bone mineral density, body composition, and isokinetic strength in postmenopausal women. Bone Rep. 2020; 12: 100255.
 - 11) Falsarella GR, Coimbra IB, *et al.*: Influence of muscle mass and bone mass on the mobility of elderly women: an observational study. BMC Geriatr. 2014; 14: 13.
 - 12) 藤原佐枝子: 骨量測定・骨粗鬆症検診による骨折・骨粗鬆症予防のエビデンス. 日本衛生学雑誌. 2003; 58: 338–346.
 - 13) 内田和宏, 友納美恵子, 他: 地域在宅高齢者の骨密度と栄養摂取, 生活習慣等との関連について—久山町における栄養疫学研究—. 栄養学雑誌. 2003; 61: 307–315.
 - 14) 南部泰士, 佐々木 希, 他: 秋田県南部前期高齢者女性の介護予防基本チェックリストと骨密度の関連. 日農医誌. 2011; 60: 76–84.
 - 15) Krieg MA, Barkmann R, *et al.*: Quantitative ultrasound in the management of osteoporosis: The 2007 ISCD official positions. J Clin Densitom. 2008; 11: 163–187.
 - 16) WHO Scientific Group: Prevention and management of osteoporosis. World Health Organ Tech Rep Ser. 2003; 921: 1–164.
 - 17) Abe T, Yaginuma Y, *et al.*: Associations of sit-up ability with sarcopenia classification measures in Japanese older women. Interv Med Appl Sci. 2016; 8: 152–157.
 - 18) Bohannon RW: Test-retest reliability of hand-held dynamometry during a single session of strength assessment. Phys Ther. 1986; 66: 206–209.
 - 19) Podsiadlo D, Richardson S: The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. J Am Geriatr Soc. 1991; 39: 142–148.
 - 20) Nakatani T, Nadamoto M, *et al.*: Validation of a 30-sec chair-stand test for evaluating lower extremity muscle strength in Japanese elderly adults. Jpn Soc Phys Educ. 2002; 47: 451–461.
 - 21) MacRae PG, Lacourse M, *et al.*: Physical performance measures that predict faller status in community-dwelling older adults. J Orthop Sports Phys Ther. 1992; 16: 123–128.
 - 22) 厚生労働省ホームページ. 介護予防のための生活機能評価に関するマニュアル (改訂版). 「介護予防のための生活機能評価に関するマニュアル」分担研究班, 鈴木隆雄. 2009. <http://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1c.pdf> (2023年1月27日引用)
 - 23) 厚生労働省ホームページ. 栄養改善マニュアル (改訂版), 介護予防 マニュアル分担研究班, 杉山みち子. 2009; 1–81. https://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1e_0001.pdf (2023年1月27日引用)
 - 24) 上山恵子, 坂本裕子, 他: 男女別高齢者の骨強度と生活要因の関連. 日本食生活学会誌. 2005; 16: 18–26.
 - 25) 長瀬博文, 林 宏一, 他: 超音波式踵骨骨量測定装置を用いた骨量とその関連要因についての横断的研究. 日本公衛誌. 1999; 46: 799–810.
 - 26) Pescatello LS, Murphy DM, *et al.*: Daily physical movement and bone mineral density among a mixed racial cohort of women. Med Sci Sports Exerc. 2002; 34: 1966–1970.
 - 27) 谷口義昭, 中井雄貴, 他: 地域在住高齢者における骨量低下と階段使用頻度との関連性. 地域理学療法学. 2022; 1: 18–23.
 - 28) Hyuntae P, Sungjin P, *et al.*: Walking characteristics and bone mineral density in community-dwelling elderly women: A cross-sectional study. Journal of Physical Education and Medicine. 2003; 4: 11–19.
 - 29) 徳田哲男: 老人の歩行. 人間工学. 1997; 15: 219–222.
 - 30) 厚生労働省ホームページ. 介護予防・日常生活圏域ニーズ調査実施の手引き. <https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12301000-Roukenkyoku-Soumuka/0000138620.pdf> (2023年1月27日引用)

〈Abstract〉

**Characteristics of Physical Function and Functional Capacity among
Community-dwelling Older Women Who Developed Low Bone Mass after 1 Year**

Tsuyoshi KATSURASAKO, PT, MSc

Graduate School of Health Sciences, Kyoto Tachibana University

Tsuyoshi KATSURASAKO, PT, MSc

Department of Rehabilitation, Koka City Minakuchi Medical Care Center

Shin MURATA, PT, PhD, Akio GODA, PT, PhD, Hideki NAKANO, PT, PhD, Kayoko SHIRAIWA, PT, PhD, Jun HORIE, PT, PhD

Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Kyoto Tachibana University

Koji NONAKA, PT, PhD

Department of Rehabilitation, Faculty of Health Sciences, Naragakuen University

Objective: This study aimed to determine the factors affecting physical and functional capacity in older women who developed low bone mass after 1 year.

Methods: Low bone mass was defined as a T-score ≤ -2.5 , and 85 older women who had not lost bone mass at baseline were included in the study. They were divided into two groups: those who lost bone mass at 1 year and those who maintained bone mass as the control group, and their basic attributes, physical function, and Kihon Checklist at baseline were compared.

Results: Body Mass Index (BMI) (odds ratio 0.761, 95% confidence interval 0.612–0.945) and the categories in the Kihon Checklist of “motor function” (odds ratio 1.995, 95% confidence interval 1.020–3.901) were identified as factors affecting bone mass loss.

Conclusion: The results suggest that older women who lose bone mass after 1 year are influenced by lower BMI and lower “motor function” at baseline.

Key Words: Older women, Low bone mass, Physical function, Functional capacity

研究論文 (原著)

BMI区分別にみた地域在住中高齢者における指輪っかテストの結果と基本チェックリストによるフレイルの関連*

谷出 敦子^{1)2)#} 吉田 司²⁾ 渡邊 大輝²⁾³⁾ 中湯 崇²⁾⁴⁾ 山田 陽介²⁾
澤田 奈緒美²⁾⁵⁾ 岡林 恵⁶⁾ 島田 秀和⁶⁾ 西 信雄⁷⁾ 宮地 元彦²⁾³⁾

要旨

【目的】Body Mass Index (以下, BMI) 区分別に指輪っかテストの結果とフレイルとの関連を明らかにすること。【方法】大阪府摂津市および阪南市在住の中高齢者を対象に実施した無記名式郵送調査の回答者8,319人を対象とした。指輪っかテストは, 下腿最大周囲長と対象者自身の両手の母指, 示指で作る輪の長さの比較から, 短周囲長群, 等周囲長群, 長周囲長群に分類した。フレイルは基本チェックリストを用いて評価した。多変量解析にて指輪っかテストの結果とフレイルの関連を検討した。【結果】フレイル該当割合は, 短周囲長群26.6%, 等周囲長群16.6%, 長周囲長群19.9%であった。なかでも高BMIかつ短周囲長群の39.4%がフレイルに該当し, 等周囲長群に比べて有意に高く(オッズ比2.51), 身体面, 精神心理面, 社会面の幅広い下位領域の低下が確認された。【結論】指輪っかテストで短周囲長群に該当する肥満者は, フレイル該当割合が有意に高い可能性が示唆された。

キーワード 下腿周囲径, 指輪っかテスト, フレイル, サルコペニア, 肥満

はじめに

我が国の平均寿命は延伸し続けている一方で, 平均寿命と健康寿命の差である「日常生活に制限のある」期間は男性が8.73年, 女性が12.06年(2019年)であり¹⁾, 更なる健康寿命の延伸が求められている²⁾。本邦における要介護および要支援の原因は, 認知症, 脳血管疾患に次いで, 高齢による衰弱つまりフレイルが多い³⁾。フレイルは「加齢に伴う予備能力低下のため, ストレスに対する回復力が低下した状態」と定義され⁴⁾, 要介護状態に至る前段階として位置づけられる⁵⁾。一方で, フレイルは健康な状態へと改善することが可能な可逆性を有する⁶⁾。フレイルの者は非フレイルの者と比較して要介護認定⁷⁾や死亡リスクが高い⁸⁾ことや, フレイルは高齢者のみならず中年者にも3.0%–18.1%の該当者がいる⁹⁾¹⁰⁾ことを考えると, 中高齢者においてフレイルの予防や改善は健康寿命延伸のための重要な課題の一つである²⁾。

フレイルの診断方法は, Friedら¹¹⁾のPhenotype model(表現型モデル)とRockwoodら¹²⁾のAccumulated deficit model(欠損累積モデル)の2つが主要であるが, 統一された基準はなく20以上の評価法が存在する¹³⁾。このうち基本チェックリスト(Kihon Checklist: 以下, KCL)は,

* Relationship between Finger-circle Test and Frailty in Community-dwelling Middle-aged and Older Adults by Body Mass Index Category: A Cross-sectional Study

1) 地方独立行政法人東京都健康長寿医療センター研究所東京都介護予防・フレイル予防推進支援センター
(〒173-0004 東京都板橋区板橋3-9-7板橋センタービルディング8階)
Atsuko Tanide, PT, MSc: The Tokyo Metropolitan Support Center for Preventative Long-term and Frail Elderly Care, Tokyo Metropolitan Institute for Geriatrics and Gerontology
2) 国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所国立健康・栄養研究所身体活動研究部
Atsuko Tanide, PT, MSc, Tsukasa Yoshida, PhD, Daiki Watanabe, RD, PhD, Takashi Nakagata, PhD, Yosuke Yamada, PhD, Naomi Sawada, PHN, Motohiko Miyachi, PhD: Department of Physical Activity Research, National Institute of Health and Nutrition, National Institutes of Biomedical Innovation, Health and Nutrition
3) 早稲田大学スポーツ科学学術院スポーツ科学部
Daiki Watanabe, RD, PhD, Motohiko Miyachi, PhD: Faculty of Sport Sciences, Waseda University
4) 順天堂大学大学院医学研究科スポーツロジセンター
Takashi Nakagata, PhD: Center of Sportology, Juntendo University Graduate School of Medicine
5) 摂津市保健福祉部
Naomi Sawada, PHN: Department of Health and Welfare, Settsu city local Government
6) 大阪府健康医療部
Megumi Okabayashi, RD, Hidekazu Shimada, MD: Department of Public Health and Medical Affairs, Osaka Prefectural Government
7) 国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所国立健康・栄養研究所国際栄養情報センター
Nobuo Nishi, MD, PhD: International Center for Nutrition and Information, National Institute of Health and Nutrition, National Institutes of Biomedical Innovation, Health and Nutrition

E-mail: tanide@tmig.or.jp
(受付日 2023年2月2日/受理日 2023年6月7日)
[J-STAGEでの早期公開日 2023年7月28日]

さまざまな機能障害の集積を評価する欠損累積モデルの評価原理に類似し、身体的、精神心理的、社会的側面を包含している¹⁴⁾。元は介護予防の観点から「近い将来に介護が必要となる危険の高い高齢者」を抽出する方法として開発された¹⁵⁾が、フレイル評価法の一つとして妥当性が示され¹⁵⁾、近年広く一般的に用いられている¹⁴⁾。欠損累積モデルにて判定したフレイルは、表現型モデルに比べてより高い死亡リスクを予測することが報告されている¹⁶⁾。

フレイル発生の背景には多面的な要因が相互に影響しあい、中核としてサルコペニアがある¹⁷⁾。サルコペニアは「加齢による骨格筋量の低下と筋力もしくは身体機能の低下」であり¹⁸⁾、握力などの筋力、歩行速度などの身体機能、および骨格筋量の組み合わせにて判定される¹⁸⁾¹⁹⁾が、スクリーニングとして「指輪っかテスト」がある²⁰⁾。指輪っかテストは、対象者自身の両手の母指と示指同士で輪を作り下腿最大膨隆部に当てはめて、下腿部よりも指輪っかが大きい小さいかを比べる。体組成計や握力計などの測定機器が不要で判定が簡易なため、自己評価が可能である。指輪っかテストの判定に影響を与える下腿周囲径は、中高齢者において生体電気インピーダンス法や二重エネルギー X線吸収法で測定された四肢骨格筋量 (Appendicular Skeletal Muscle Mass: 以下, ASM) を身長²の二乗で補正した ASM/m²と正の相関 (r=0.73-0.81) があることが報告されている²¹⁾。

フレイルの発生は、サルコペニアなどの「身体的問題」に加え、認知機能障害や抑うつなどの「精神心理的問題」、および独居や閉じこもりなどの「社会的問題」によって活動が制限され、悪循環が加速する¹⁷⁾。これらのことから、フレイルは様々な要因と関連するため各要因について調査する必要があるが、フレイルの中核をなすサルコペニアを評価する指輪っかテストがフレイルおよびその下位領域とどのように関連するかよくわかって

いない。Asian Working Group for Sarcopenia 2019¹⁸⁾では、骨格筋量を Body Mass Index (以下, BMI) で調整して用いることが奨励されており、サルコペニアの検討には BMI の考慮が求められる。加えて BMI とフレイル該当割合は U 字の関係を示し²²⁾、BMI は低くても高くてもフレイル該当割合が高く、フレイルの検討においても BMI の考慮が必要である。そこで本研究では、BMI 区分別に指輪っかテストとフレイルの関連を明らかにし、さらに指輪っかテストと KCL 下位尺度の各領域との関連を検討することを目的とした。サルコペニアはフレイルの中核であることより¹⁷⁾、我々は、指輪っかテストで下腿より指輪っかの方が大きく、BMI が高いまたは低い者ではフレイル該当割合が高いという仮説を立てた。

対象および方法

1. 対象

大阪府摂津市および阪南市を対象地域とし、地域在住の中高齢者を対象に無記名式郵送調査を実施した。各市の担当者が、性・年齢階級 (40 歳代から 10 歳刻みと 90 歳以上) 別人口構成に応じて、小学校区ごとに 1,000 人を無作為に抽出した。摂津市は全 10 小学校区の 10,000 人 (10×1,000 人)、阪南市は全 8 小学校区の 8,000 人 (8×1,000 人) を郵送調査の対象とした。研究の詳細は、先行論文にて説明している⁹⁾。摂津市の郵送調査では 5,809 人 (58.1%)、阪南市郵送調査では 4,801 人 (60.0%) から回答を得た。そのうち、年齢・性別および KCL の回答に欠損があった者、指輪っかテストの回答に欠損や重複があった者を分析から除外した。また、KCL 生活機能低下は新規要介護の予測因子である²³⁾ことから、すでに要介護・要支援の認定を受けている者は分析から除外した。分析対象は摂津市郵送調査が 4,689 人 (46.9%)、阪南市郵送調査が 3,630 人 (45.4%) で計 8,319 人 (46.2%) であった (図 1)。



図1 分析対象者のフロー

2市の特徴として、摂津市は府庁所在地である大阪市に隣接し宅地面積割合が高く、阪南市は北は大阪湾に面し南部は山脈地帯である。高齢化率²⁴⁾・要介護認定率²⁵⁾は全国(28.7%・18.7%, いずれも2020年時点)と比べて摂津市では低く(26.0%・18.5%), 阪南市では高い(33.4%・20.1%)。人口増減率²⁶⁾は摂津市では増加(2015年と比較して2020年は+2.88%)し、阪南市では減少(-5.57%)している。

2. 倫理的配慮

本研究の計画時に、国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所の国立健康・栄養研究所研究倫理審査委員会に申請し(健栄89, 2018年12月3日), 自治体事業で市の担当者以外が住民情報を扱わないことと、無記名式郵送調査で対応表が存在しないことより、審査不要と判断された⁹⁾。摂津市郵送調査ならびに阪南市郵送調査とも、調査票発送時に、調査目的および対象者の選定、調査票の返送をもって調査への参加の同意とすることを記載した書面を同封し、調査票の返送をもって研究参加への同意を得たとみなした。

3. 調査項目

1) フレイルの評価

本研究では、KCLを用いてフレイルを評価した。KCLは、25項目の質問に対して「はい」または「いいえ」で回答する自記式質問票である。質問項目は7領域(手段的日常生活動作(Instrumental Activities of Daily Living: 以下, IADL), 運動器の機能, 低栄養状態, 口腔機能, 閉じこもり, 認知機能, 抑うつ気分)から構成され、フレイルと生活機能低下の判定が可能である¹⁴⁾¹⁵⁾。KCLによるフレイル評価は、表現型モデルに基づく評価法であるCardiovascular Health Study(以下, CHS)基準¹¹⁾やフレイルの多面的側面を含むEdmonton Frail Scale(EFS)²⁷⁾との依存的妥当性が報告される²⁸⁾。フレイルのカットオフ値は、CHS基準のフレイルに対し受信者動作曲線を用いて関連性を検討した先行研究において、7点であった(感度76.2%, 特異度79.9%)¹⁵⁾。

本研究では、自己申告の身長と体重を含む全25項目を調査した。フレイル評価は、全25項目の質問のうち7項目以上該当をフレイルと判定した¹⁵⁾。下位尺度(IADL, 運動器の機能, 低栄養状態, 口腔機能, 閉じこもり, 認知機能, 抑うつ気分)と生活機能低下の判断基準は、厚生労働省の選定基準¹³⁾¹⁵⁾に準じて以下の通り設定した。IADLの質問5項目のうち3項目以上該当をIADL低下, 運動器機能の質問5項目のうち2項目以上該当を運動器機能の低下, 低栄養に関する質問2項目のうち2項目該当を低栄養状態, 口腔機能の質問3項目のうち2項目以上該当を口腔機能の低下, 閉じこもりに関す

る質問2項目のうち「週に1回以上は外出していますか」に「いいえ」と回答した場合を閉じこもり, 認知機能の質問3項目のうち1項目以上該当を認知機能の低下, 抑うつに関する質問5項目のうち2項目以上該当を抑うつ気分とした。生活機能は、抑うつに関する質問を除く20項目のうち10項目以上該当を生活機能低下とし、本稿では下位尺度として扱った。

2) 指輪っかテスト

調査票に測定方法を図示し、測定方法の説明は「両手の親指どうし、人差し指どうしをくっつけて指輪っかを作ります。ふくらはぎの一番太い部分の太さ(周囲径)と指輪っかの大きさを比較します。」とした。判定は「指輪っかの方が大きい」, 「指輪っかとふくらはぎの太さがだいたい同じくらい」, 「ふくらはぎの方が太い」の3つのうちいずれか一つを選択させた。本稿では、指輪っかの方が大きい(隙間がある)を短周囲長群, 指輪っかとふくらはぎの太さがだいたい同じくらい(ちょうど囲める)を等周囲長群, ふくらはぎの方が太い(囲めない)を長周囲長群とした。

指輪っかテストは、高齢者、中高齢者でそれぞれ、サルコペニアとの依存的妥当性が確認されている。高齢者では、骨格筋量, 筋力, 歩行速度にて判定されたサルコペニアと指輪っかテストの関連が報告され、サルコペニアの有病率は長周囲長群を基準として、等周囲長群で2.4倍, 短周囲長群では6.6倍高かった²⁰⁾。中高齢者における指輪っかテストの結果は、骨格筋質量指数に基づいて判定された低骨格筋量との妥当性が確認されている(受信者動作曲線の曲線下面積: 0.666)²⁹⁾。

3) 基本情報

基本情報は、年齢, 性別, BMI, 飲酒, 睡眠, 喫煙, 家族構成, 経済状況, 運動習慣, 短期記憶, 歩行速度の低下, 食事回数, 主観的体力, 主観的健康感, フレイル認知度を調査した。BMIは、KCLにて取得した自己申告の身長と体重から算出した。

4. 統計解析

全対象者および調査地区(摂津市または阪南市)ごとに、基本情報, KCL, 指輪っかテストの人数と割合を記述した。基本情報のうち、年齢は40歳代, 50歳代, 60歳代, 70歳代, 80歳以上の5階級に分類し、BMIは18.5 kg/m²未満, 18.5 kg/m²以上25.0 kg/m²未満, 25.0 kg/m²以上30.0 kg/m²未満, 30.0 kg/m²以上に分類した²⁹⁻³¹⁾。飲酒(なし, あり), 睡眠(良好, 不良), 喫煙(喫煙歴なし, 前喫煙, 喫煙), 家族構成(同居, 独居), 経済状況(ゆとりあり, 苦しい), 運動習慣(あり, なし), 短期記憶(問題なし, 問題), 歩行速度(低下なし, 低下), 食事回数(3回以上, 2回, 1回), 主観的体力(自信あり, 不安), 主観的健康感(健康, 不健康), フレイル認知度

(認知, 認知なし)の分類の定義は, 表1および表2の脚注に示す。基本情報の欠損値は, Rのmiceパッケージによる連鎖方程式による多重代入法にて補完して分析をした³²⁾。加えて, 本研究対象者と日本人中高齢者(低BMI 7.3%, 中BMI 64.1%, 高BMI 28.6%)³³⁾のBMI構成割合を比較するために, BMI区分別割合について, χ^2 検定を行った。

次に, BMI区分別かつ指輪っかテスト群別の対象者特性を検討するために, BMIを3区分(低BMI: <18.5 kg/m², 中BMI: 18.5–24.9 kg/m², 高BMI: ≥25.0 kg/m²)に分類し, 各区分の短周囲長群, 等周囲長群, 長周囲長群の基本情報の人数と割合を記述し, 年齢, 性別, 飲酒, 睡眠, 喫煙, 家族構成, 経済状況, 運動習慣, 短期記憶, 歩行速度, 食事回数, 主観的体力, 主観的健康感, フレイル認知度の該当割合について χ^2 検定を行った。

指輪っかテストの結果とフレイルおよびKCL下位尺度の関連を検討するために, 従属変数にフレイルならびにKCL下位尺度の該当の有無, 説明変数に指輪っかテストを投入した多重ロジスティック回帰分析を用いて, 等周囲長群を基準としたオッズ比を算出した。3つのモデルにて分析し, モデル1の調整因子は年齢, 性別, 調査地区, モデル2ではモデル1に加え飲酒, 喫煙, 睡眠, 家族構成, 経済状況, 運動習慣, 短期記憶, 歩行速度, 食事回数, 主観的体力, 主観的健康感, フレイル認知度とし, モデル3はモデル2に加えBMIを調整した。これらの変数は, 先行研究を参考にして選択した³¹⁾³⁴⁾³⁵⁾。これは本研究にて取得したすべての因子であり, いずれもカテゴリ変数として投入した。オッズ比算出後, 指輪っかテスト3群間の傾向性を検討するため, Rのmultcompパッケージのglht関数を使用した線形傾向検定を行った³⁶⁾。

BMI区分別の指輪っかテストの結果とフレイルおよび下位尺度の関連を検討するために, 低BMI, 中BMI, 高BMIごとに, 従属変数にフレイルならびに下位尺度の該当の有無, 説明変数に指輪っかテストを投入した多重ロジスティック回帰分析を用いて, 等周囲長群を基準としたオッズ比を算出した。調整因子は上述のモデル2と同様(年齢, 性別, 調査地区, 飲酒, 喫煙, 睡眠, 家族構成, 経済状況, 運動習慣, 短期記憶, 歩行速度, 食事回数, 主観的体力, 主観的健康感, フレイル認知度)とし, いずれもカテゴリ変数として投入した。低栄養は, 判定項目の2項目のうち1項目がBMIであることから, 本解析では除外した。統計処理にはR software version 4.1.1 (R Development Core Team)を用い, 有意水準は両側検定で5%とした。

結 果

1. 対象者の特性

表1に, 対象者の特性を示す。全対象者の年齢カテゴリ別割合は, 40歳代20.1%, 50歳代19.7%, 60歳代26.6%, 70歳代26.9%, 80歳代以上が6.7%で, 女性の割合は51.6%, BMI区分別割合は, 高BMI 25.8%, 中BMI 67.9%, 低BMI 6.3%であった。KCLによるフレイル該当割合は19.2%, 下位尺度の該当割合は生活機能低下3.3%, IADL低下9.0%, 運動器機能の低下9.9%, 低栄養状態0.9%, 口腔機能の低下15.4%, 閉じこもり4.6%, 認知機能の低下33.5%, 抑うつ気分18.9%であった。指輪っかテストにおける短周囲長群, 等周囲長群, 長周囲長群の該当人数(割合)は, それぞれ1,047名(12.6%), 3,798名(45.6%), 3,474名(41.8%)であった。本研究対象集団と日本人中高齢者のBMI区分別割合に, 有意な差は認められなかった($p=0.248$)。

2. BMI区分別かつ指輪っかテスト群別(9群)の対象者特性

表2に, BMI区分別かつ指輪っかテスト群別での対象者特性を示す。9群間の年齢カテゴリ別該当割合には, 有意な差が認められた。性別では, 低BMIで女性の割合が高かった。

3. 多変量解析による指輪っかテストの結果とKCLの関連

表3に, KCLによるフレイルならびにKCL下位尺度の該当に対する, 指輪っかテスト3群の多変量調整済みオッズ比を示す。モデル2では, 「フレイル」「生活機能低下」「IADL低下」「低栄養状態」は, 等周囲長群と比べて短周囲長群でオッズ比が有意に高く, 「運動器機能の低下」は, 等周囲長群と比べて長周囲長群においてオッズ比が高かった。BMIを調整したモデル3では, 「フレイル」(オッズ比: 1.34, 95%信頼区間: 1.09–1.64)と「IADL低下」(オッズ比: 1.38, 95%信頼区間: 1.08–1.76)が, 等周囲長群に比べて短周囲長群でオッズ比が有意に高かった。「生活機能低下」「IADL低下」は, 下腿よりも指輪っかの方が大きいほどオッズ比が高い傾向であった(それぞれ, P for trend=0.040, 0.002)。

4. 多変量解析によるBMI区分別の指輪っかテストの結果とKCLの関連

表4に, BMI区分別のKCLによるフレイルならびに下位尺度の該当に対する, 指輪っかテスト3群の多変量調整済みオッズ比を示す。フレイル該当割合がもっとも高いのは高BMIかつ短周囲長群で(39.4%), もっとも低いのは中BMIかつ等周囲長群であった(15.3%)。年齢などの交絡因子を調整後も, 高BMIでは等周囲長群に比べ

表1 対象者の特性^a

		全体 n = 8,319	調査地区	
			摂津市 n = 4,689	阪南市 n = 3,630
年齢(歳)				
	40-49	1,668 (20.1%)	1,015 (21.6%)	653 (18.0%)
	50-59	1,641 (19.7%)	910 (19.4%)	731 (20.1%)
	60-69	2,216 (26.6%)	1,220 (26.0%)	996 (27.4%)
	70-79	2,241 (26.9%)	1,244 (26.5%)	997 (27.5%)
	≧80	553 (6.7%)	300 (6.5%)	253 (7.0%)
性別				
	女性	4,290 (51.6%)	2,455 (52.4%)	1,835 (50.6%)
	男性	4,029 (48.4%)	2,234 (47.6%)	1,795 (49.4%)
BMI (kg/m ²)				
	<18.5	523 (6.3%)	303 (6.5%)	220 (6.0%)
	18.5≦BMI<25	5,651 (67.9%)	3,117 (66.5%)	2,534 (69.8%)
	25≦BMI<30	1,790 (21.5%)	1,058 (22.6%)	732 (20.2%)
	≧30	355 (4.3%)	211 (4.4%)	144 (4.0%)
飲酒 ^b	飲酒なし	4,326 (52.0%)	2,395 (51.0%)	1,931 (53.2%)
睡眠 ^c	良好	6,229 (74.9%)	3,428 (73.1%)	2,801 (77.1%)
喫煙 ^d	喫煙歴なし	4,288 (51.6%)	2,303 (49.1%)	1,985 (54.7%)
	前喫煙者	2,573 (30.9%)	1,450 (30.9%)	1,123 (30.9%)
家族構成 ^e	同居	7,342 (88.3%)	4,111 (87.7%)	3,231 (89.0%)
経済状況 ^f	ゆとりあり	4,687 (56.3%)	2,522 (53.8%)	2,165 (59.6%)
運動習慣 ^g	習慣あり	4,571 (54.9%)	2,512 (53.6%)	2,059 (56.7%)
短期記憶 ^h	問題なし	7,685 (92.4%)	4,298 (91.7%)	3,387 (93.3%)
歩行速度 ⁱ	低下なし	5,638 (67.8%)	3,143 (67.0%)	2,495 (68.7%)
食事回数 ^j	3回以上	7,255 (87.2%)	4,031 (86.0%)	3,224 (88.8%)
	2回	986 (11.9%)	601 (12.8%)	385 (10.6%)
主観的体力 ^k	自信あり	4,584 (55.1%)	2,469 (52.6%)	2,115 (59.3%)
主観的健康感 ^l	健康	6,892 (82.9%)	3,803 (81.2%)	3,089 (85.1%)
フレイル認知度 ^m	認知	2,319 (27.9%)	1,037 (22.1%)	1,282 (35.3%)
基本チェックリスト				
	フレイル	1,599 (19.2%)	947 (20.2%)	652 (18.0%)
	生活機能低下	278 (3.3%)	166 (3.5%)	112 (3.1%)
	IADL低下	748 (9.0%)	449 (9.6%)	299 (8.2%)
	運動器機能の低下	826 (9.9%)	475 (10.1%)	351 (9.7%)
	低栄養状態	76 (0.9%)	46 (1.0%)	30 (0.8%)
	口腔機能の低下	1,278 (15.4%)	738 (15.7%)	540 (14.9%)
	閉じこもり	385 (4.6%)	234 (5.0%)	151 (4.2%)
	認知機能の低下	2,786 (33.5%)	1,613 (34.4%)	1,173 (32.3%)
	抑うつ気分	1,575 (18.9%)	926 (19.7%)	649 (17.9%)
指輪っかテスト				
	短周期長	1,047 (12.6%)	603 (12.9%)	444 (12.2%)
	等周期長	3,798 (45.6%)	2,178 (46.4%)	1,620 (44.6%)
	長周期長	3,474 (41.8%)	1,908 (40.7%)	1,566 (43.2%)

SD: Standard Deviation (標準偏差), BMI: Body Mass Index, IADL: Instrumental Activities of Daily Living (手段的日常生活動作)

^a 欠損値は多重代入法にて補完し、値は人数(%)とした。欠損値を有した対象者の人数は下記の通りである。:

飲酒20名; 睡眠13名; 喫煙4名; 家族構成114名; 経済状況63名; 運動習慣16名; 短期記憶15名; 歩行速度20名; 食事回数162名; 主観的体力19名; 主観的健康感13名; フレイル認知度29名

^b 飲酒は「ほぼ毎日飲む」「時々飲む」「ほとんど飲まない」「もともと飲まない」のうち、「ほとんど飲まない」「もともと飲まない」を飲酒なしとした。^c 睡眠は、睡眠で休養が「十分とれている」「まあまあとれている」「あまりとれていない」「まったくとれていない」のうち、「十分とれている」「まあまあとれている」を良好とした。^d 喫煙は「ほぼ毎日吸う」「時々吸う」「吸っていたがやめた」「もともと吸っていない」のうち、「もともと吸っていない」を喫煙歴なし、「吸っていたがやめた」を前喫煙者とした。^e 家族構成は、一人暮らしか否かに「はい」「いいえ」のうち、「いいえ」を同居とした。^f 経済状況は「苦しい」「やや苦しい」「ややゆとりがある」「ゆとりがある」のうち、「ややゆとりがある」「ゆとりがある」をゆとりありとした。^g 運動習慣は、ウォーキングなどの運動を週1回以上しているかに「はい」「いいえ」のうち、「はい」を習慣ありとした。^h 短期記憶は、5分前のことが思い出せるかに「はい」「いいえ」のうち、「はい」を問題なしとした。ⁱ 歩行速度は、以前と比べて歩行速度が遅くなったと感じるかに「はい」「いいえ」のうち、「いいえ」を低下なしとした。^j 食事回数は間食を除く1日の食事回数とし「3回以上」「2回」「1回」に分類した。^k 主観的体力は「非常に自信がある」「まあまあ自信がある」「少し不安である」「大いに不安である」のうち、「非常に自信がある」「まあまあ自信がある」を自信ありとした。^l 主観的健康感「とても健康」「まあまあ健康」「あまり健康でない」「健康でない」のうち、「とても健康」「まあまあ健康」を健康とした。^m フレイル認知度は、フレイルを「よく知っている」「少し知っている」「聞いたことがある」「知らない」のうち、「知らない」以外を認知とした。

表2 BMI区分別かつ指輪っかテスト群別の対象者特性^a

		BMI<18.5 kg/m ² (n=523)			18.5-24.9 kg/m ² (n=5,651)			BMI≥25.0 kg/m ² (n=2,145)			p 値 ^b
指輪っかテスト		短周囲長群 (n=238)	等周囲長群 (n=235)	長周囲長群 (n=50)	短周囲長群 (n=715)	等周囲長群 (n=3,017)	長周囲長群 (n=1,919)	短周囲長群 (n=94)	等周囲長群 (n=546)	長周囲長群 (n=1,505)	
年齢(歳)											
40-49		42 (17.6)	51 (21.7)	9 (18.0)	97 (13.6)	605 (20.1)	400 (20.8)	9 (9.6)	94 (17.2)	361 (24.0)	<0.001
50-59		35 (14.7)	60 (25.5)	7 (14.0)	97 (13.6)	578 (19.2)	410 (21.4)	14 (14.9)	98 (17.9)	342 (22.7)	
60-69		63 (26.5)	63 (26.8)	11 (22.0)	165 (23.1)	852 (28.2)	493 (25.7)	22 (23.4)	138 (25.3)	409 (27.2)	
70-79		72 (30.3)	47 (20.0)	17 (34.0)	270 (37.8)	794 (26.3)	506 (26.4)	39 (41.5)	167 (30.6)	329 (21.9)	
≥80		26 (10.9)	14 (6.0)	6 (12.0)	86 (12.0)	188 (6.2)	110 (5.7)	10 (10.6)	49 (9.0)	64 (4.3)	
性別											
女性		168 (70.6)	181 (77.0)	38 (76.0)	351 (49.1)	1,695 (56.2)	962 (50.1)	28 (29.8)	231 (42.3)	636 (42.3)	<0.001
飲酒 ^c	飲酒なし	152 (63.9)	135 (57.4)	34 (68.0)	359 (50.2)	1,535 (50.9)	976 (50.9)	49 (52.1)	263 (48.2)	803 (53.4)	<0.001
睡眠 ^d	良好	170 (71.4)	177 (75.3)	44 (88.0)	542 (75.8)	2,326 (77.1)	1,449 (75.5)	74 (78.7)	419 (76.7)	1,028 (68.3)	<0.001
喫煙 ^e	喫煙歴なし	129 (54.2)	155 (66.0)	33 (66.0)	342 (47.8)	1,602 (53.1)	1,015 (52.9)	33 (35.1)	252 (46.2)	727 (48.3)	<0.001
	前喫煙者	56 (23.5)	46 (19.6)	8 (16.0)	237 (33.1)	907 (30.1)	575 (30.0)	43 (45.7)	192 (35.2)	509 (33.8)	
家族構成 ^f	同居	206 (86.6)	212 (90.2)	42 (84.0)	622 (87.0)	2,659 (88.1)	1,699 (88.5)	84 (89.4)	490 (89.7)	1,328 (88.2)	0.761
経済状況 ^g	ゆとりあり	120 (50.4)	147 (62.6)	30 (60.0)	414 (57.9)	1,746 (57.9)	1,133 (59.0)	47 (50.0)	280 (51.3)	770 (51.2)	<0.001
運動習慣 ^h	習慣あり	104 (43.7)	128 (54.5)	26 (52.0)	417 (58.3)	1,683 (55.8)	1,166 (60.8)	49 (52.1)	270 (49.5)	728 (48.4)	<0.001
短期記憶 ⁱ	問題なし	225 (94.5)	216 (91.9)	45 (90.0)	640 (89.5)	2,817 (93.4)	1,768 (92.1)	88 (93.6)	507 (92.9)	1,379 (91.6)	0.037
歩行速度 ^j	低下なし	152 (63.9)	181 (77.0)	36 (72.0)	462 (64.6)	2,173 (72.0)	1,365 (71.1)	48 (51.1)	333 (61.0)	888 (59.0)	<0.001
食事回数 ^k	3回以上	203 (85.3)	209 (88.9)	46 (92.0)	616 (86.1)	2,638 (87.5)	1,688 (88.0)	83 (88.3)	477 (87.3)	1,295 (86.0)	0.707
	2回	31 (13.0)	25 (10.6)	4 (8.0)	89 (12.4)	354 (11.7)	212 (11.0)	11 (11.7)	67 (12.3)	193 (12.8)	
主観的体力 ^l	自信あり	100 (42.0)	117 (49.8)	31 (62.0)	406 (56.8)	1,757 (58.2)	1,130 (58.9)	44 (46.8)	277 (50.7)	722 (48.0)	<0.001
主観的健康感 ^m	健康	170 (71.4)	197 (83.8)	44 (88.0)	571 (80.0)	2,610 (86.5)	1,647 (85.8)	69 (73.4)	441 (80.8)	1,143 (75.9)	<0.001
フレイル認知度 ⁿ	認知	72 (30.3)	75 (31.9)	20 (40.0)	190 (26.6)	869 (28.8)	558 (29.1)	27 (28.7)	129 (23.6)	379 (25.2)	0.011

BMI: Body Mass Index, SD: Standard Deviation (標準偏差)

^a 欠損値は多重代入法にて補完し、値は人数(%)とした。^b χ^2 検定にて、BMI区分別かつ指輪っかテスト群別の9群間の比較を行った。^c 飲酒は「ほぼ毎日飲む」「時々飲む」「ほとんど飲まない」「もともと飲まない」のうち、「ほとんど飲まない」「もともと飲まない」を飲酒なしとした。^d 睡眠は、睡眠で休養が「十分とれている」「まあまあとれている」「あまりとれていない」「まったくとれていない」のうち、「十分とれている」「まあまあとれている」を良好とした。^e 喫煙は「ほぼ毎日吸う」「時々吸う」「吸っていたがやめた」「もともと吸っていない」のうち、「もともと吸っていない」を喫煙歴なし、「吸っていたがやめた」を前喫煙者とした。^f 家族構成は、一人暮らしか否かに「はい」「いいえ」のうち、「いいえ」を同居とした。^g 経済状況は「苦しい」「やや苦しい」「ややゆとりがある」「ゆとりがある」のうち、「ややゆとりがある」「ゆとりがある」をゆとりありとした。^h 運動習慣は、ウォーキングなどの運動を週1回以上しているかに「はい」「いいえ」のうち、「はい」を習慣ありとした。ⁱ 短期記憶は、5分前のことが思い出せるかに「はい」「いいえ」のうち、「はい」を問題なしとした。^j 歩行速度は、以前と比べて歩行速度が遅くなったと感じるかに「はい」「いいえ」のうち、「いいえ」を低下なしとした。^k 食事回数は間食を除く1日の食事回数とし「3回以上」「2回」「1回」に分類した。^l 主観的体力は「非常に自信がある」「まあまあ自信がある」「少し不安である」「大いに不安である」のうち、「非常に自信がある」「まあまあ自信がある」を自信ありとした。^m 主観的健康感「とても健康」「まあまあ健康」「あまり健康でない」「健康でない」のうち、「とても健康」「まあまあ健康」を健康とした。ⁿ フレイル認知度は、フレイルを「よく知っている」「少し知っている」「聞いたことがある」「知らない」のうち、「知らない」以外を認知とした。

て短周囲長群は、フレイル、生活機能低下、IADL低下、運動器機能の低下、抑うつ気分のオッズ比が有意に高かった。低BMIでは、等周囲長群に比べて短周囲長群では、閉じこもりのオッズ比が有意に高かった。

考 察

本研究では、大阪府摂津市および阪南市の地域在住中高齢者を対象に、BMI区分別に、指輪っかテストの結果とKCLによるフレイルならびに下位尺度との関連を検討した。フレイルの該当割合は、指輪っかテスト3群のうち短周囲長群でもっとも高かった。なかでも高BMIでは、短周囲長群94名のうち37名(39.4%)がフレイルに該当し、多変量解析による結果から短周囲長群は等周囲長群と比べて約2.5倍フレイル該当割合が高いことが

明らかとなった。我々が知る限り、フレイル評価法の一つであるKCLとサルコペニアのスクリーニングである指輪っかテストの関連を直接的に検証した初めての研究である。中高齢者において、指輪っかテストで短周囲長群に該当する肥満者ではフレイルである可能性が高く、肥満者でフレイルをスクリーニングする必要性が示唆された。

本研究対象集団のBMI区分別割合は、低BMIが6.3%、中BMIが67.9%、高BMIが25.8%であり、日本人中高齢者と有意な差は認められなかった。KCLによるフレイル該当割合は19.2%で、BMI区分別では低BMI 27.5%、中BMI 16.9%、高BMI 23.3%であった。先行研究では、石川県の地域在住中高齢者を対象とした研究でKCLによるフレイル該当割合は27.3%²³⁾、京都府亀岡市の地域在

表3 多変量ロジスティック回帰分析を用いた指輪っかテストの結果とKCLによるフレイル・下位尺度の関連^a

		指輪っかテスト			p for trend ^e
		短周囲長群	等周囲長群	長周囲長群	
フレイル					
	n (%)	279 (26.6%)	629 (16.6%)	691 (19.9%)	0.187
ORs (95%CI)	モデル 1 ^b	1.70 (1.44–2.00)	1.00 (Ref)	1.25 (1.11–1.42)	<0.001
	モデル 2 ^c	1.47 (1.21–1.78)	1.00 (Ref)	1.10 (0.95–1.26)	0.004
	モデル 3 ^d	1.34 (1.09–1.64)	1.00 (Ref)	1.10 (0.95–1.28)	0.074
下位尺度					
生活機能低下					
	n (%)	65 (6.2%)	103 (2.7%)	110 (3.2%)	0.008
ORs (95%CI)	モデル 1 ^b	2.06 (1.48–2.84)	1.00 (Ref)	1.21 (0.92–1.60)	0.001
	モデル 2 ^c	1.53 (1.06–2.19)	1.00 (Ref)	0.96 (0.71–1.29)	0.011
	モデル 3 ^d	1.38 (0.94–2.01)	1.00 (Ref)	0.91 (0.66–1.25)	0.040
IADL 低下					
	n (%)	127 (12.1%)	313 (8.2%)	308 (8.9%)	0.094
ORs (95%CI)	モデル 1 ^b	1.50 (1.19–1.88)	1.00 (Ref)	0.96 (0.81–1.13)	<0.001
	モデル 2 ^c	1.36 (1.07–1.72)	1.00 (Ref)	0.94 (0.78–1.12)	0.002
	モデル 3 ^d	1.38 (1.08–1.76)	1.00 (Ref)	0.92 (0.76–1.11)	0.002
運動器機能の低下					
	n (%)	135 (12.9%)	323 (8.5%)	368 (10.6%)	0.884
ORs (95%CI)	モデル 1 ^b	1.33 (1.07–1.66)	1.00 (Ref)	1.41 (1.20–1.66)	0.611
	モデル 2 ^c	1.07 (0.84–1.36)	1.00 (Ref)	1.23 (1.03–1.47)	0.256
	モデル 3 ^d	1.15 (0.89–1.48)	1.00 (Ref)	1.06 (0.88–1.28)	0.538
低栄養状態					
	n (%)	46 (4.4%)	24 (0.6%)	6 (0.2%)	<0.001
ORs (95%CI)	モデル 1 ^b	7.03 (4.28–11.81)	1.00 (Ref)	0.29 (0.11–0.66)	<0.001
	モデル 2 ^c	6.22 (3.75–10.57)	1.00 (Ref)	0.25 (0.09–0.58)	<0.001
	モデル 3 ^d	1.46 (0.81–2.66)	1.00 (Ref)	1.09 (0.35–2.94)	0.557
口腔機能の低下					
	n (%)	200 (19.1%)	564 (14.8%)	514 (14.8%)	0.020
ORs (95%CI)	モデル 1 ^b	1.23 (1.02–1.47)	1.00 (Ref)	1.03 (0.90–1.18)	0.061
	モデル 2 ^c	1.06 (0.88–1.29)	1.00 (Ref)	0.94 (0.82–1.08)	0.206
	モデル 3 ^d	1.05 (0.86–1.28)	1.00 (Ref)	0.98 (0.85–1.13)	0.488
閉じこもり					
	n (%)	62 (5.9%)	155 (4.1%)	168 (4.8%)	0.876
ORs (95%CI)	モデル 1 ^b	1.31 (0.95–1.77)	1.00 (Ref)	1.25 (1.00–1.57)	0.776
	モデル 2 ^c	1.11 (0.80–1.51)	1.00 (Ref)	1.16 (0.92–1.46)	0.766
	モデル 3 ^d	1.08 (0.77–1.49)	1.00 (Ref)	1.16 (0.91–1.47)	0.686
認知機能の低下					
	n (%)	380 (36.3%)	1,222 (32.2%)	1,184 (34.1%)	0.969
ORs (95%CI)	モデル 1 ^b	1.20 (1.04–1.38)	1.00 (Ref)	1.06 (0.96–1.17)	0.099
	モデル 2 ^c	1.10 (0.94–1.27)	1.00 (Ref)	1.01 (0.91–1.12)	0.275
	モデル 3 ^d	1.12 (0.96–1.31)	1.00 (Ref)	1.05 (0.94–1.16)	0.405
抑うつ気分					
	n (%)	252 (24.1%)	661 (17.4%)	662 (19.1%)	0.142
ORs (95%CI)	モデル 1 ^b	1.45 (1.22–1.71)	1.00 (Ref)	1.11 (0.98–1.25)	0.002
	モデル 2 ^c	1.20 (0.99–1.45)	1.00 (Ref)	0.93 (0.81–1.07)	0.011
	モデル 3 ^d	1.18 (0.97–1.44)	1.00 (Ref)	0.96 (0.83–1.11)	0.055

KCL : Kihon Checklist (基本チェックリスト), IADL : Instrumental Activities of Daily Living (手段的日常生活動作), ORs : Odds Ratios, CI : Confidence Intervals, Ref : Reference

^a 各尺度の該当人数(%)と、等周囲長群を基準としたオッズ比(95%信頼区間)を示した。

太字は、統計的に有意(p<0.05)であることを示す。

^b モデル1 : 年齢, 性別, 調査地区

^c モデル2 : モデル1+飲酒, 睡眠, 喫煙, 家族構成, 経済状況, 運動習慣, 短期記憶, 歩行速度, 食事回数, 主観的体力, 主観的健康感, フレイル認知度

^d モデル3 : モデル2+BMI

^e 該当割合は、Cochran-Armitageにて短周囲長群, 等周囲長群, 長周囲長群の傾向を検証した。

オッズ比は、linear-trend testにて短周囲長群, 等周囲長群, 長周囲長群の傾向を検証した。

表4 多変量ロジスティック回帰分析を用いたBMI区分別の指輪っかテストの結果とKCLによるフレイル・下位尺度の関連^a

		指輪っかテスト			P for trend ^b
		短周期長群	等周期長群	長周期長群	
低BMI ^c (n=523)		n=238	n=235	n=50	
フレイル	n (%)	80 (33.6)	52 (22.1)	12 (24.0)	
	ORs ^d	1.21 (0.69–2.10)	1.00 (Ref)	1.42 (0.49–3.89)	0.757
下位尺度					
生活機能低下	n (%)	22 (9.2)	12 (5.1)	1 (2.0)	
	ORs ^d	0.53 (0.15–1.83)	1.00 (Ref)	0.02 (0.00–0.39)	0.033
IADL低下	n (%)	25 (10.5)	10 (4.3)	5 (10.0)	
	ORs ^d	1.71 (0.69–4.48)	1.00 (Ref)	2.64 (0.56–11.19)	0.531
運動器機能の低下	n (%)	23 (9.7)	24 (10.2)	4 (8.0)	
	ORs ^d	0.47 (0.22–1.00)	1.00 (Ref)	0.53 (0.12–1.94)	0.868
口腔機能の低下	n (%)	48 (20.2)	35 (14.9)	7 (14.0)	
	ORs ^d	0.88 (0.50–1.55)	1.00 (Ref)	0.69 (0.23–1.84)	0.641
閉じこもり	n (%)	23 (9.7)	5 (2.1)	3 (6.0)	
	ORs ^d	3.29 (1.19–10.80)	1.00 (Ref)	1.91 (0.31–9.83)	0.464
認知機能の低下	n (%)	78 (32.8)	71 (30.2)	15 (30.0)	
	ORs ^d	1.04 (0.68–1.60)	1.00 (Ref)	1.25 (0.60–2.51)	0.620
抑うつ気分	n (%)	63 (26.5)	46 (19.6)	10 (20.0)	
	ORs ^d	1.03 (0.60–1.77)	1.00 (Ref)	1.31 (0.49–3.23)	0.619
中BMI ^c (n=5,651)		n=715	n=3,017	n=1,919	
フレイル	n (%)	162 (22.7)	461 (15.3)	333 (17.4)	
	ORs ^d	1.24 (0.97–1.58)	1.00 (Ref)	1.17 (0.98–1.40)	0.665
下位尺度					
生活機能低下	n (%)	33 (4.6)	69 (2.3)	45 (2.3)	
	ORs ^d	1.27 (0.77–2.06)	1.00 (Ref)	0.92 (0.60–1.39)	0.221
IADL低下	n (%)	83 (11.6)	252 (8.4)	146 (7.6)	
	ORs ^d	1.24 (0.93–1.64)	1.00 (Ref)	0.84 (0.67–1.05)	0.013
運動器機能の低下	n (%)	89 (12.4)	222 (7.4)	168 (8.8)	
	ORs ^d	1.22 (0.90–1.64)	1.00 (Ref)	1.21 (0.96–1.53)	0.956
口腔機能の低下	n (%)	137 (19.2)	440 (14.6)	287 (15.0)	
	ORs ^d	1.11 (0.88–1.39)	1.00 (Ref)	1.02 (0.86–1.21)	0.512
閉じこもり	n (%)	31 (4.3)	118 (3.9)	88 (4.6)	
	ORs ^d	0.83 (0.53–1.25)	1.00 (Ref)	1.21 (0.91–1.62)	0.085
認知機能の低下	n (%)	261 (36.5)	980 (32.5)	638 (33.2)	
	ORs ^d	1.09 (0.91–1.31)	1.00 (Ref)	1.01 (0.89–1.15)	0.418
抑うつ気分	n (%)	157 (22.0)	501 (16.6)	333 (17.4)	
	ORs ^d	1.14 (0.90–1.44)	1.00 (Ref)	1.01 (0.85–1.20)	0.341
高BMI ^c (n=2,145)		n=94	n=546	n=1,505	
フレイル	n (%)	37 (39.4)	116 (21.2)	346 (23.0)	
	ORs ^d	2.51 (1.44–4.36)	1.00 (Ref)	1.00 (0.76–1.32)	<0.001
下位尺度					
生活機能低下	n (%)	10 (10.6)	22 (4.0)	64 (4.3)	
	ORs ^d	2.46 (1.00–5.73)	1.00 (Ref)	0.97 (0.57–1.71)	0.023
IADL低下	n (%)	19 (20.2)	51 (9.3)	157 (10.4)	
	ORs ^d	2.35 (1.23–4.36)	1.00 (Ref)	1.12 (0.79–1.61)	0.013
運動器機能の低下	n (%)	23 (24.5)	77 (14.1)	196 (13.0)	
	ORs ^d	1.89 (1.00–3.51)	1.00 (Ref)	1.01 (0.72–1.41)	0.037
口腔機能の低下	n (%)	15 (16.0)	89 (16.3)	220 (14.6)	
	ORs ^d	0.78 (0.40–1.43)	1.00 (Ref)	0.87 (0.65–1.16)	0.721
閉じこもり	n (%)	8 (8.5)	32 (5.9)	77 (5.1)	
	ORs ^d	1.31 (0.52–2.95)	1.00 (Ref)	0.92 (0.59–1.46)	0.395
認知機能の低下	n (%)	41 (43.6)	171 (31.3)	531 (35.3)	
	ORs ^d	1.68 (1.05–2.69)	1.00 (Ref)	1.15 (0.92–1.44)	0.094
抑うつ気分	n (%)	32 (34.0)	114 (20.9)	319 (21.2)	
	ORs ^d	1.92 (1.10–3.33)	1.00 (Ref)	0.84 (0.64–1.12)	0.002

KCL : Kihon Checklist (基本チェックリスト), BMI : Body Mass Index, IADL : Instrumental Activities of Daily Living (手段的日常生活動作), ORs : Odds Ratios, Ref : Reference

^a 各尺度の数値は、人数(%)と等周期長群を基準としたオッズ比(95%信頼区間)を示した。太字は、統計的に有意(p<0.05)であることを示す。共変量はモデル2(年齢、性別、調査地区、飲酒、喫煙、家族構成、経済状況、主観的健康感、主観的体力、食事回数、睡眠、運動習慣、歩行速度、短期記憶、フレイル認知度)とした。

^b linear-trend testにて、短周期長群、等周期長群、長周期長群のオッズ比の傾向を検証した。

^c 低BMI : <18.5kg/m², 中BMI : 18.5–24.9kg/m², 高BMI : ≥25.0kg/m²

^d ORsの括弧内は、95%信頼区間を示す。

住高齢者では男性が30.8%、女性が33.3%³⁷⁾、BMI区分別では $<18.5 \text{ kg/m}^2$ は55.5%、 $18.5\text{--}19.9 \text{ kg/m}^2$ は37.7%、 $20.0\text{--}22.4 \text{ kg/m}^2$ は34.2%、 $22.5\text{--}24.9 \text{ kg/m}^2$ は32.6%、 $25.0\text{--}27.4 \text{ kg/m}^2$ は34.3%、 $\geq 27.5 \text{ kg/m}^2$ は49.2%²²⁾などが報告されている。フレイルの該当割合は年齢とともに増加する³⁸⁾ことから、対象者の約半数が65歳未満であった本研究では、先行研究に比べて該当割合が少なかったと考える。

KCL下位尺度のうちIADLは、交絡因子の調整後においても指輪っかテストとの関連が認められ、短周囲長群ではIADL低下の者が多かった。日本人高齢者を対象としたTanimotoらの横断研究において、サルコペニアでは非サルコペニアと比べて、IADL低下が男性で7.05倍、女性で5.04倍であったことが報告されている³⁹⁾。指輪っかテストが、IADL低下と関連していたことはこれらと同様の結果であった。一方で、KCL下位尺度のIADLは、「能力」ではなく「実行状況」を評価するものである。IADL能力と実行状況の乖離は、性別や家族構成の影響を受けることが報告されている⁴⁰⁾。本研究ではこれらの因子を調整したが、今後は能力を判定するIADL指標での検討も必要かもしれない。

BMIは身長と体重から簡便に算出され、総脂肪量と正の相関関係があることから、肥満の判定など広く活用されている⁴¹⁾。高BMIと低・中BMIの違いは、肥満か否かである²⁹⁾。日本人中高齢者における自己申告BMIと実測値には強い相関関係があり(相関係数 $r=0.96$)、非対面調査においても有用な指標であることが示されている⁴²⁾。しかしながらBMIの限界として、脂肪量と除脂肪量の相対的な組成は反映せず、除脂肪量とは相関が認められないことが挙げられる⁴³⁾。一方で、指輪っかテストの判定に影響を与える下腿周囲径は、中高齢者において身長で補正した四肢骨格筋量と正の相関があることが報告されており²¹⁾、指輪っかテストの短周囲長群では骨格筋量が低い可能性が示唆される。実際に指輪っかテストの短周囲長群は、サルコペニアである可能性が高いことが確認されている²⁰⁾。これらのことより、高BMIかつ短周囲長群と低・中BMIかつ短周囲長群の違いは、サルコペニア肥満かサルコペニア単独であると考えられる。サルコペニア肥満は、体脂肪蓄積と骨格筋量減少の両者を併せもつ状態⁴⁴⁾であり、サルコペニア単独に比べて要介護リスクや歩行障害のリスクが高い⁴⁵⁾。また、フレイルや日常生活動作、IADL障害をきたしやすい⁴⁶⁾ことが報告され、本研究はこれらを支持する結果であった。本研究では、高BMIかつ短周囲長群は「生活機能低下」「運動器機能の低下」「認知機能の低下」「抑うつ気分」など、身体面のみならず、精神心理面、社会面に含まれる下位尺度においても低下が認められた。フレイルサイクル¹⁷⁾により多面的な影響が生じたことが

考えられるが、本研究は横断研究であり因果関係の検討には至らないため、今後縦断的な検討が必要である。

本研究の強みは、対象者を層化抽出法にてランダムに選定したことで、40歳代から70歳代までの年齢層に大きな偏りがないことである。加えて、単一コホートではなく人口構成などの特徴の異なる2市での調査であることから、要介護・要支援認定を受けていない地域在住中高齢者で一般化できる可能性がある。

一方で、本研究の結果の解釈にあたり、以下の限界点を考慮することが必要である。第1に方法論的限界として、KCLの妥当性は65歳以上のみで確認されているため、65歳未満のフレイルを正確に判定できていない可能性がある。本研究対象者の年齢とKCL得点には、有意な正の相関関係があり($r=0.11$, $p<0.001$)、中年者においても有効な指標である可能性を確認したが、中年者では質問の捉え方などが高齢者と異なることが考えられ、慎重な解釈が必要である。今後は、中年および高齢者のどちらでも使用できるフレイル指標の開発が必要である。第2に、本研究は横断研究であり、因果関係について言及できない。第3に、本研究は対象者を層化抽出法にてランダムに選定したが、回収率は摂津市58.1%、阪南市60.0%であり、本結果が集団全体の特性をどの程度代表しているか不明瞭である。対象者は一般集団よりも健康意識が高いなどの選択バイアスが含まれていることが考えられる。第4に、本研究は自記式調査であり、自己申告による過大または過小評価や想起バイアスなどの系統誤差を含む可能性がある。第5に、指輪っかテストは下腿浮腫の影響を受け、浮腫を有する者では誤分類が生じている可能性がある。本研究では、浮腫の影響を排除しきれていないため、地域在住中高齢者が指標として用いる際には留意を促す必要がある。第6に、本研究ではKCL下位尺度のうち低栄養については検討できていない。低栄養については、評価項目にBMIが含まれない評価指標を用いた検討が必要である。最後に、本研究ではフレイルとの関連が報告されている多数の因子を調整したが、交絡因子を完全に除去することができていない可能性がある。

以上のような限界を有するものの、フレイルの予防や改善が望まれる中で、指輪っかテストで短周囲長の者はフレイルの該当割合が高く、高BMIに限るとその傾向がより著明であることが確認された。本研究の意義は、測定が簡易で自己評価が可能な指輪っかテストとBMIを組み合わせて用いることで、高BMIかつ短周囲長の者はフレイルの可能性が高いことを報告した点である。これにより、中高齢者が自身で簡便にフレイルのモニタリングができるかもしれない。理学療法の分野において、地域における介護予防や自治体でのフレイル普及啓発事業の一つとして活用できる可能性がある。

結 論

大阪府摂津市および阪南市在住の中高齢者を対象に、BMI区別に指輪っかテストの結果とKCLによるフレイル該当割合の関連を調査した結果、高BMIかつ短周囲長群ではフレイル該当割合が高く、身体面のみならず、社会的、精神心理的側面の下位尺度における低下の割合が高いことが示唆された。本研究結果より、肥満者においてフレイルをスクリーニングする必要性が確認された。さらに、指輪っかテストで短周囲長に該当する者のうち、高BMIと中・低BMIの者ではフレイルに関連する下位領域が異なる可能性が確認され、今後より詳細な検討が必要である。

利 益 相 反

本研究に関連して開示すべき利益相反はない。本研究は「大阪府健康格差の解決プログラム促進事業（フレイル）業務」の一部として実施し⁹⁾、調査の実施主体は摂津市および阪南市、大阪府、国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所である。

謝辞：本研究にご尽力いただいた摂津市、阪南市、および大阪府の職員の皆さま、ならびに本研究へ参加いただきました住民の皆さまに深く感謝いたします。

文 献

- 厚生労働省ホームページ. 健康寿命の令和元年値について. <https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000872952.pdf> (2022年12月30日引用)
- 厚生労働省ホームページ. 健康寿命延伸プラン. <https://www.mhlw.go.jp/content/12601000/000514142.pdf> (2022年9月21日引用)
- 厚生労働省ホームページ. 令和元年国民生活基礎調査の概況. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa19/dl/05.pdf> (2022年10月24日引用)
- 荒井秀典：フレイル診療ガイド2018年度版. ライフサイエンス出版, 東京, 2018, pp. 4-8.
- 厚生労働省ホームページ. 高齢者の特性を踏まえた保健事業ガイドライン 第2版. https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000204952_00001.html (2022年10月10日引用)
- Trevisan C, Veronese N, *et al.*: Factors influencing transitions between frailty states in elderly adults: The progetto Veneto anziani longitudinal study. *J Am Geriatr Soc.* 2017; 65: 179-184.
- Makizako H, Shimada H, *et al.*: Impact of physical frailty on disability in community-dwelling older adults: A prospective cohort study. *BMJ Open.* 2015; 5: e008462.
- Vermeiren S, Vella-Azzopardi B, *et al.*: Gerontopole Brussels Study group: Frailty and the prediction of negative health outcomes: A meta-analysis. *J Am Med Dir Assoc.* 2016; 17: 1163.e1-1163.e17.
- 吉田 司, 渡邊大輝, 他：大阪府摂津市および阪南市における働く世代からのフレイル該当割合ならびにその関連要因. *日本公衛誌.* 2021; 68: 525-537.
- Hanlon P, Nicholl BI, *et al.*: Frailty and pre-frailty in middle-aged and older adults and its association with multimorbidity and mortality: A prospective analysis of 493737 UK Biobank participants. *Lancet Public Health.* 2018; 3: e323-e332.
- Fried LP, Tangen CM, *et al.*: Cardiovascular Health Study Collaborative Research Group: Frailty in older adults: Evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2001; 56: M146-M156.
- Rockwood K, Stadnyk K, *et al.*: A brief clinical instrument to classify frailty in elderly people. *Lancet.* 1999; 353: 205-206.
- Dent E, Kowal P, *et al.*: Frailty measurement in research and clinical practice: A review. *Eur J Intern Med.* 2016; 31: 3-10.
- Sewo Sampaio PY, Sampaio RA, *et al.*: Systematic review of the Kihon Checklist: Is it a reliable assessment of frailty? *Geriatr Gerontol Int.* 2016; 16: 893-902.
- Watanabe D, Yoshida T, *et al.*: Validation of the Kihon Checklist and the frailty screening index for frailty defined by the phenotype model in older Japanese adults. *BMC Geriatr.* 2022; 22: 478.
- Kulminski AM, Ukraintseva SV, *et al.*: Cumulative deficits better characterize susceptibility to death in elderly people than phenotypic frailty: Lessons from the cardiovascular health study. *J Am Geriatr Soc.* 2008; 56: 898-903.
- Walston J, Fried LP: Frailty and the older man. *Med Clin North Am.* 1999; 83: 1173-1194.
- Chen LK, Woo J, *et al.*: Asian working group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *J Am Med Dir Assoc.* 2020; 21: 300-307.e2.
- Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, *et al.*: Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2: Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing.* 2019; 48: 16-31.
- Tanaka T, Takahashi K, *et al.*: “Yubi-wakka” (finger-ring) test: A practical self-screening method for sarcopenia, and a predictor of disability and mortality among Japanese community-dwelling older adults. *Geriatr Gerontol Int.* 2018; 18: 224-232.
- Kawakami R, Miyachi M, *et al.*: Cut-offs for calf circumference as a screening tool for low muscle mass: WASEDA’S health study. *Geriatr Gerontol Int.* 2020; 20: 943-950.
- Watanabe D, Yoshida T, *et al.*: Kyoto-Kameoka Study Group: A U-shaped relationship between the prevalence of frailty and body mass index in community-dwelling Japanese older adults: The Kyoto-Kameoka study. *J Clin Med.* 2020; 9: 1367.
- 浜崎優子, 森河裕子, 他：介護予防事業対象者選定における生活機能検査の参加状況と要介護状態発生との関連. *日本公衛誌.* 2012; 59: 801-809.
- e-Stat. 国勢調査／令和2年度国勢調査／人口等基本集計（表2-7-1）. https://www.e-stat.go.jp/stat-search/database?statdisp_id=0003445162 (2023年4月9日引用)
- 厚生労働省ホームページ. 令和2年度介護保険事業状況報告. <https://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/osirase/jigyoo/20/index.html> (2023年4月9日引用)
- e-Stat. 国勢調査／令和2年度国勢調査／人口等基本集計（表1-1）. https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?stat_infid=000032142402 (2023年4月9日引用)
- Rolfson DB, Majumdar SR, *et al.*: Validity and reliability of the Edmonton frail scale. *Age Ageing.* 2006; 35: 526-529.
- Satake S, Senda K, *et al.*: Validity of the Kihon Checklist for assessing frailty status. *Geriatr Gerontol Int.* 2016; 16: 709-715.
- Watanabe D, Yoshida T, *et al.*: Factors associated with sarcopenia screened by finger-circle test among middle-aged and older adults: A population-based multisite cross-sectional survey in Japan. *BMC Public Health.* 2021; 21: 798.
- 日本老年医学会：高齢者肥満症 診療ガイドライン2018. *日老医誌.* 2018; 55: 464-538.
- Blaum CS, Xue QL, *et al.*: The association between obesity and the frailty syndrome in older women: The women’s health and aging studies. *J Am Geriatr Soc.* 2005; 53: 927-934.

- 32) Serne JA, White IR, *et al.*: Multiple imputation for missing data in epidemiological and clinical research. *BMJ*. 2009; 338: b2393.
- 33) 厚生労働省ホームページ. 令和元年国民健康・栄養調査. <https://www.mhlw.go.jp/content/000710991.pdf> (2022年2月25日引用)
- 34) Teo N, Gao Q, *et al.*: Social Frailty and Functional Disability: Findings from the Singapore longitudinal ageing studies. *J Am Med Dir Assoc*. 2017; 18: 637.e13–637.e19.
- 35) Peterson MJ, Giuliani C, *et al.*: Health, Aging and Body Composition Study Research Group: Physical activity as a preventative factor for frailty: The health, aging, and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2009; 64: 61–68.
- 36) Hothorn T, Bretz F, *et al.*: Simultaneous inference in general parametric models. *Biom J*. 2008; 50: 346–363.
- 37) Yamada Y, Nanri H, *et al.*: Prevalence of frailty assessed by Fried and Kihon Checklist indexes in a prospective cohort study: Design and demographics of the Kyoto-Kameoka longitudinal study. *J Am Med Dir Assoc*. 2017; 18: 733.e7–733.e15.
- 38) Collard RM, Boter H, *et al.*: Prevalence of frailty in community-dwelling older persons: A systematic review. *J Am Geriatr Soc*. 2012; 60: 1487–1492.
- 39) Tanimoto Y, Watanabe M, *et al.*: Association between sarcopenia and higher-level functional capacity in daily living in community-dwelling elderly subjects in Japan. *Arch Gerontol Geriatr*. 2012; 55: e9–e13.
- 40) 鈴木直子, 牧上久仁子, 他: 地域在住高齢者のIADLの「実行状況」と「能力」による評価の検討—基本チェックリストと老研式活動能力指標から—. *日老医誌*. 2007; 44: 619–626.
- 41) Wellens RI, Roche AF, *et al.*: Relationships between the body mass index and body composition. *Obes Res*. 1996; 4: 35–44.
- 42) Nakagata T, Yoshida T, *et al.*: Weight over-reporting is associated with low muscle mass among community-dwelling Japanese adults aged 40 years and older: A cross sectional study. *J Physiol Anthropol*. 2022; 41: 19.
- 43) Garn SM, Leonard WR, *et al.*: Three limitations of the body mass index. *Am J Clin Nutr*. 1986; 44: 996–997.
- 44) 日本肥満学会: 肥満症診療ガイドライン2016. ライフサイエンス出版, 東京, 2016, pp. 13–15.
- 45) Baumgartner RN: Body composition in healthy aging. *Ann N Y Acad Sci*. 2000; 904: 437–448.
- 46) Hirani V, Naganathan V, *et al.*: Longitudinal associations between body composition, sarcopenic obesity and outcomes of frailty, disability, institutionalisation and mortality in community-dwelling older men: The Concord Health and Ageing in Men Project. *Age Ageing*. 2017; 46: 413–420.

〈Abstract〉

**Relationship between Finger-circle Test and Frailty in Community-dwelling Middle-aged and Older Adults
by Body Mass Index Category:
A Cross-sectional Study**

Atsuko TANIDE, PT, MSc

The Tokyo Metropolitan Support Center for Preventative Long-term and Frail Elderly Care, Tokyo Metropolitan Institute for Geriatrics and Gerontology

Atsuko TANIDE, PT, MSc, Tsukasa YOSHIDA, PhD, Daiki WATANABE, RD, PhD, Takashi NAKAGATA, PhD,
Yosuke YAMADA, PhD, Naomi SAWADA, PHN, Motohiko MIYACHI, PhD

Department of Physical Activity Research, National Institute of Health and Nutrition, National Institutes of Biomedical Innovation, Health and Nutrition

Daiki WATANABE, RD, PhD, Motohiko MIYACHI, PhD

Faculty of Sport Sciences, Waseda University

Takashi NAKAGATA, PhD

Center of Sportology, Juntendo University Graduate School of Medicine

Naomi SAWADA, PHN

Department of Health and Welfare, Settsu city local Government

Megumi OKABAYASHI, RD, Hidekazu SHIMADA, MD

Department of Public Health and Medical Affairs, Osaka Prefectural Government

Nobuo NISHI, MD, PhD

International Center for Nutrition and Information, National Institute of Health and Nutrition, National Institutes of Biomedical Innovation, Health and Nutrition

Objective: To examine the relationship between the finger-circle test and frailty by body mass index (BMI) category.

Methods: Data was collected from 8,319 people who participated in an anonymous mail survey conducted on middle-aged and older adults living in Settsu City and Hannan City, Osaka Prefecture. Frailty was assessed using the Kihon Checklist. The finger-circle test was conducted by comparing the circumference of the calf with that of the finger circle, and the results were used to classify participants into a “bigger,” “just-fit,” or “smaller” group. BMI was calculated from self-reported height and weight. Multivariate analysis was used to examine the relationship between the finger-circle test and frailty as well as the frailty subdomain by BMI category.

Results: The prevalence of frailty was 19.2%. In the finger-circle test, 12.6% were in the smaller, 45.6% in the just-fit, and 41.8% in the bigger groups. The smaller group had a higher prevalence of frailty than the bigger and just-fit groups. Of the overweight and obese, 39.4% of those with smaller group was found to have frailty, and the smaller group had a prevalence of frailty approximately 2.5 times higher than that of the just-fit group in the multivariate analysis with decline in the subdomains of physical, psychological, and social aspects.

Conclusion: In middle-aged and older adults, the obese and the smaller of finger-circle test group had a significantly higher prevalence of frailty, suggesting the necessary of frailty screening in the obese.

Key Words: Calf circumference, Finger-circle test, Frailty, Sarcopenia, Obesity

研究論文 (原著)

骨盤底筋群の随意収縮が子宮動脈の血行動態に与える変化*

漆川沙弥香^{1) #} 森 明子²⁾ 日高正巳²⁾ 永井宏達²⁾
佐久間 香²⁾ 坂口 顕²⁾ 福井淳史³⁾

要旨

【目的】月経痛の一因は子宮筋の過剰収縮による虚血とされ、運動による循環動態の改善が期待される。そこで本研究では骨盤底筋群の随意収縮が子宮動脈の血行動態に与える変化を検証した。【方法】20-45歳の健康成人女性に対し、骨盤底筋群の随意収縮による子宮動脈の血行動態の変化を超音波画像診断装置で計測した。メインアウトカムは時間平均最大流速、時間平均平均流速、サブアウトカムは拍動係数、抵抗係数、骨盤底挙上率とした。計測は月経～増殖期、分泌期に実施し随意収縮前後の差を解析した。また、時間平均平均流速の随意収縮前後の変化量と骨盤底挙上率の相関を調べた。【結果】随意収縮前後で時間平均平均流速の主効果を認めた ($p=0.023$)。時間平均平均流速の変化量と骨盤底挙上率に相関はなかった。【結論】骨盤底筋群の随意収縮は子宮動脈の時間平均平均流速を増大した。骨盤底挙上率は収縮力を表す指標ではないため相関がなかった。

キーワード 月経痛、運動療法、骨盤底筋群、子宮動脈、血行動態

はじめに

月経は生命を繋ぐための大切な機能である一方、痛みにより日常生活に支障をきたし、女性の生活の質を低下させることがある。日本産婦人科学会では「月経期間中に月経に随伴して起こる病的症状」を月経困難症と定義し、下腹痛、腰痛、腹部膨満感、嘔気、頭痛、疲労・脱力感、食欲不振、いらいら、下痢および抑うつ¹⁾の順に多くみられる¹⁾としている。月経困難症による痛みは「月経痛」と表現され¹⁾、その割合は諸外国で70.6-85.7%²⁾³⁾、日本では73.3-92.0%⁴⁻⁶⁾との報告がある。なかでも原発性月経困難症 (Primary Dysmenorrhea: 以下、PD) は「骨盤に識別可能な病理学的変化がない場合に起こる下腹部の痙攣性疼痛」と定義され⁷⁾、原因は

「子宮内膜から放出されるプロスタグランジン (Prostaglandin: 以下、PG) の産生量増加がもたらす子宮筋の過剰収縮による虚血」とされている⁷⁾⁸⁾。月経痛が労働に与える影響は深刻で、薬を服用しても会社を休む者が2.8%、薬を服用すれば仕事ができる者が25.8%であり、約30.0%の女性労働者に影響が出ていると報告されている⁹⁾。経済産業省の調査¹⁰⁾では月経随伴症状による1年間の経済損失が4,911億円と試算されており、その対策は急務である。

現在、国内外で行われているセルフケアは安静 (43.6-58.0%)、鎮痛薬の服用 (36.0-48.0%)、保温 (8.0-32.5%) が上位を占めている⁵⁾¹¹⁻¹³⁾。しかし、鎮痛薬は消化器症状などの副作用が懸念され、経済的負担も大きい⁸⁾。また、安静と保温は“凌ぐ”要素が強く、月経痛を積極的に緩和する方法とは言えない。そこで、副作用や経済的負担がなく、かつ疼痛緩和効果を示すセルフケアとして運動が挙げられる。運動による疼痛緩和効果の機序としては、 β エンドルフィンの放出による鎮痛作用¹⁴⁾、エンドカンナビノイドを介した鎮痛作用¹⁵⁾¹⁶⁾、抗炎症性サイトカインによる鎮痛作用¹⁷⁾が報告されている。一方、十分に検証はされていないが子宮動脈の血行動態の改善による疼痛緩和が考えられている¹⁸⁻²¹⁾。

有効性が報告されている運動様式としては、1回約

* Changes in Uterine Artery Hemodynamics during Voluntary Contraction of Pelvic Floor Muscles

1) LUTIS

(〒810-0074 福岡市中央区大手門1-4-15)

Sayaka Urushikawa, PT MSc: LUTIS

2) 兵庫医科大学リハビリテーション学部

Akiko Mori, PT, PhD, Masami Hidaka, PT, PhD, Koutatsu Nagai, PT, PhD, Kaoru Sakuma, PT, PhD, Akira Sakaguchi, PT, PhD: School of Rehabilitation, Hyogo Medical University

3) 兵庫医科大学産科婦人科

Atsushi Fukui, MD, PhD: Department of Obstetrics and Gynecology, Hyogo Medical University

E-mail: sayaka.urushikawa@lutis.org

(受付日 2023年3月7日/受理日 2023年6月22日)

[J-STAGEでの早期公開日 2023年8月4日]

45-60分、週3回以上定期的に行う運動²²⁾で、その代表的な運動に有酸素運動^{23) 24)}、ストレッチング¹⁸⁻²⁰⁾、体幹(コア)の強化運動²¹⁾があるが、月経期のみを実施する局所の運動は考案されていない。そこで、本研究は月経痛に対する運動を考案するためのターゲット筋として骨盤底筋群に着目し、骨盤底筋群の随意収縮が子宮動脈の血行動態に与える変化を検証することとした。骨盤底筋群を支配する内陰部動脈は子宮動脈とともに内腸骨動脈から分枝する血管であり、骨盤内で隣接した解剖学的位置関係にある。よって、子宮動脈の血行動態に変化を与える可能性が高いと判断した。

対象および方法

1. 研究対象者および研究デザイン

研究対象者は、2021年2月より11月までの期間中にリクルートされた20-45歳の月経を有する健康成人女性とし、本研究の説明を受け研究参加への同意を得た者とした。除外基準は、器質的婦人科疾患(子宮筋腫による症状、4cm以上のチョコレート嚢胞)がある者、経口避妊薬や鎮痛薬などの月経に関する薬を服用している者、月経不順がある者、婦人科疾患による手術歴がある者、性交経験がない者とした。研究デザインは前後比較研究とした。

2. 倫理的配慮

すべての研究対象者に研究の主旨と方法および研究参加の有無により不利益が生じないことを説明し、書面にて同意を得た。なお、本研究は、兵庫医療大学倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号:第20023号、第20023-2号)。

3. アウトカム

メインアウトカムは、時間平均最大流速(Time Averaged Maximum Velocity: 以下, TAm_{ax})、時間平均平均流速(Time Averaged Mean Velocity: 以下, TAm_{ean})とした。TAm_{ax}は各時相の最大血流速度を時間平均して求めた値であり、単位時間当たりの平均血流速度をみる

指標とされ²⁵⁾、月経周期における子宮動脈の血行動態を表す指標としても使用されている²⁶⁾。TAm_{ean}は各時相の平均血流速度を時間平均して求めた値であり、単位時間当たりの血管内の速度分布を考慮して求められる²⁵⁾ことから、平均血流量をみる指標として使用されている²⁷⁾。

サブアウトカムは、拍動係数(Pulsatility Index: 以下, PI値)、抵抗係数(Resistance Index: 以下, RI値)、骨盤底挙上率とした。PI値は「(収縮期最大速度-拡張末期血流速度)/時間平均最大血流速度」、RI値は「(収縮期最大速度-拡張末期血流速度)/収縮期最大速度」の計算式で求められる。いずれも血管の抵抗性をみる指標であり、月経周期においても使用され^{28) 29)}、子宮動脈の血管抵抗性が高いことで灌流が低下することが示されている。

4. 実施の流れ

1) 研究全体の流れ(図1)

研究対象者は子宮動脈の血行動態計測の少なくとも1か月前から基礎体温の記録を取っていただき、月経~増殖期ならびに分泌期を予測し、子宮動脈の血行動態の計測日を決定した。計測1回目の2週間後に2回目を実施し、月経の一周期内で計測を完了した。

基礎体温の測定には婦人用電子体温計(OMRON社, MC-652LC)を使用した。基礎体温の測定に並行して骨盤底筋群の随意収縮練習を実施した。子宮動脈の計測は、計測に習熟した1名の産科婦人科医師によって行い、ホルモン値による血行動態の周期性変化を考慮³⁰⁾して月経~増殖期に1回、分泌期に1回計測した。いずれの期から行うかについてはランダムとした。

2) 骨盤底筋群の随意収縮練習

骨盤底筋群の随意収縮練習の実施にあたり、正確に随意収縮が行えているかを確認するために骨盤底挙上量を計測した。計測には超音波画像診断装置(HITACHI, Noblus)を使用し、プローブはコンベックス型式で経腹法にて実施した。画像表示モードはBモードで中心周波数は3.5 MHzとした。測定肢位はできるだけ検診台上に近い状態を想定し、膝立背臥位から股関節を45度開排

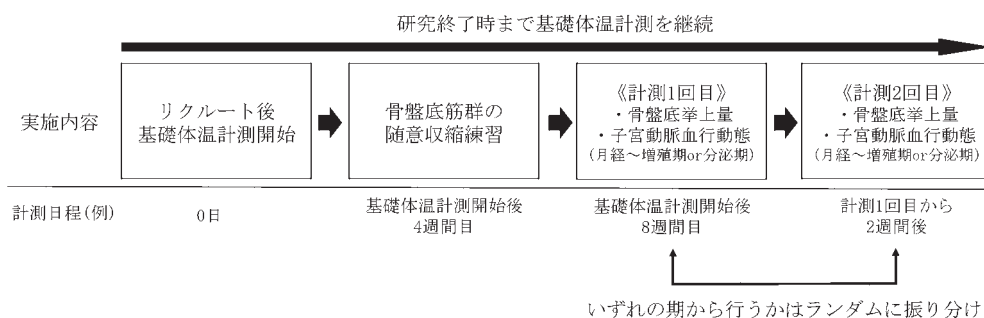


図1 研究全体の流れ

基礎体温記録をもとに月経~増殖期ならびに分泌期を予測し、子宮動脈に対する血行動態計測の実験日程を決定した。

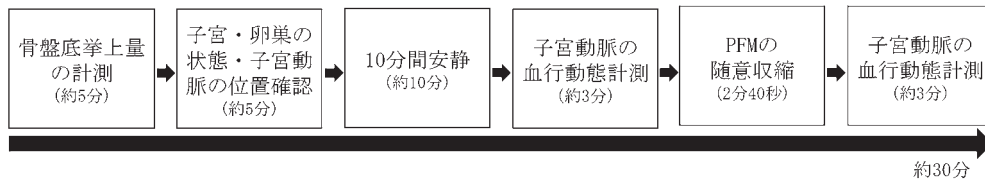


図2 子宮動脈計測の流れ
PFM: Pelvic Floor Muscles.

した肢位で実施した。

骨盤底筋群の随意収縮は遅筋と速筋を考慮し、先行研究³¹⁾をもとに「6秒保持（最大随意収縮）-2秒休憩-3回速い収縮-6秒休憩」×8セットを実施し、2分40秒で完了するものとした。収縮は「お腹・お尻・内ももの力を抜いて腔を閉めて引き上げてください」と口頭指示し、メトロノームのカウントに合わせて収縮を促した。随意収縮の際には、大殿筋や腹筋群、股関節内転筋群の過剰な収縮が出現していないかを確認しながら実施した。

随意収縮練習の流れは、まず超音波画像診断装置により骨盤底挙上量を計測し、次に遅筋と速筋それぞれの収縮学習を行った。続いて「6秒保持-2秒休憩-3回速い収縮-6秒休憩」の一連の流れを収縮学習した。その後、再度骨盤底挙上量の計測を行い、さらに体表からも会陰腱中心の触診を行うことで骨盤底の挙上を確認した。骨盤底筋群の収縮感覚が掴めた後、一連の随意収縮を8セット連続して実施し再度骨盤底挙上量を計測して終了した。

3) 子宮動脈計測の流れ（図2）

子宮動脈の計測は、まず事前に練習した骨盤底筋群の働きを確認するために骨盤底挙上量の計測を行った。次に子宮（子宮内膜）・卵巣の状態を確認し、基礎体温記録から予測した時期と相違がないかを裏付けた。また、あわせて除外基準に当たる病変がないかを確認した。続いて10分間の安静をとり、安静時の子宮動脈の血行動態の計測を行った後に事前学習した骨盤底筋群の随意収縮運動を実施した。骨盤底筋群の随意収縮を行った直後に再度子宮動脈の血行動態を計測し終了とした。

(1) 骨盤底挙上量の計測

骨盤底挙上量の計測には超音波画像診断装置（GE, Voluson S8 touch）を使用した。プローブはコンベックス型式で経腹法にて実施した。画像表示モードはBモードで周波数帯域は4.3-5.3 MHzであった。計測プロトコルはWhittakerら³²⁾の手技に則った。研究対象者に計測1時間前に排尿を終了させ、そこから500 mLの水を飲水し、膀胱に尿を充填させた。尿を充填した状態でプローブを臍より10 cm下方で恥骨結合の上部にあて、頭側へ60度傾斜させて膀胱下端部を描出した。骨盤底筋群を随意収縮した時の膀胱下端部の挙上をもって収縮の確認を行い、最大随意収縮時の膀胱下端部の挙上量を計測した（図3）。挙上量の計測は、膀胱上端部から下端部まで



図3 骨盤底挙上量の計測

PFM: Pelvic Floor Muscles. 白線は、安静時の膀胱下端部とPFM随意収縮時の膀胱下端部の位置を示す。矢印は、PFM随意収縮時の膀胱下端部の挙上量を示し、この値を骨盤底挙上量とした。

の距離を3回計測した平均値を算出した。また、膀胱容量による影響を除外するために挙上率（挙上量／安静時の膀胱上端部-下端部の距離）を参考値とした。

(2) 子宮動脈の計測

子宮動脈の計測には超音波画像診断装置（GE, Voluson S8 touch）を使用した。プローブは4Dマイクロコンベックス型式で経陰法にて実施した。画像表示モードはD（ドブラ）モードで周波数帯域は4.1-10.0 MHzであった。計測は検診台上にて実施し、傾斜角度は床面に対し15度、股関節の開排角度は外転45度とした。

子宮動脈の描出方法は、まず腔よりプローブを挿入し前腔円蓋に当て、その後、右側の腔円蓋へプローブを移動させ内子宮口レベルで右子宮動脈を描出した。続いて同様の操作を左側も実施した³³⁾。子宮動脈を描出後、安定した波形が得られたタイミングで画面を静止した。記録されたTAm_{max}, TAm_{mean}, PI値, RI値の波形は3波分を自動トレースして各値の3波の平均値を自動で算出²⁸⁾³⁴⁾し、左右の値においても先行研究³⁰⁾³⁵⁾に基づき平均値を出した。

5. サンプルサイズの推定

研究対象者数は、事前にG*power version 3.1.9.7（Heinrich-Heine-University, free software）を用いて計算した。骨盤底筋群の随意収縮前後ならびに月経時期を2要因とした二元配置分散分析に必要なサンプル数を効果量0.14、有意水準0.05、検出力0.8で算出したところ、10名以上

必要と計算された。

6. 統計学的解析

各検定に先立ちShapiro-Wilk検定を用いて正規性の確認を行った結果、全ての水準において正規性が確認された。骨盤底筋群の随意収縮前後ならびに月経時期を2要因として、TAm_{max}, TAm_{mean}, PI値, RI値の違いについて二元配置分散分析を用いて調べた。TAm_{max}およびTAm_{mean}における骨盤底筋群の随意収縮前後の変化量と骨盤底挙上率の関係について、ピアソンの相関係数を用いて調べた。解析には改変Rコマンダー 4.0.2を使用し、有意水準は5%とした。

結 果

1. 解析対象者数と基本属性ならびに月経状況

解析対象者数を図4に示す。研究対象者数は13名で、除外となった5名を除く8名が解析対象となった。基本属性は、年齢 31.1 ± 2.5 歳、BMI 20.1 ± 1.3 kg/m²、初経年齢 12.4 ± 2.0 歳、出産経験はあり、なしともに4名であった。月経状況について、すべての者が正常月経周期、正常持続日数であった。月経の規則性は、毎月一定が6名、時々不規則が2名であり、経血量は普通が7名、多い者が1名であった。

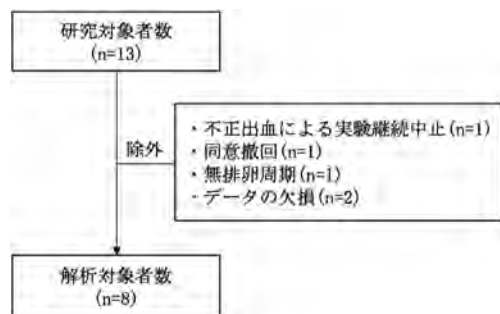


図4 解析対象者数

2. 骨盤底筋群の随意収縮が子宮動脈の血行動態に与える変化

各月経時期における随意収縮前後の値ならびに二元配置分散分析の結果を表1に示す。TAm_{max}について、月経～増殖期の随意収縮前が 10.4 ± 4.4 cm/s, 随意収縮後が 12.2 ± 4.9 cm/s, 分泌期の随意収縮前が 11.4 ± 4.2 cm/s, 随意収縮後が 11.4 ± 3.8 cm/sであり、月経～増殖期において随意収縮前と比較して随意収縮後に上昇した。TAm_{mean}について、月経～増殖期の随意収縮前が 4.6 ± 2.7 cm/s, 随意収縮後が 5.9 ± 3.5 cm/s, 分泌期の随意収縮前が 4.9 ± 1.8 cm/s, 随意収縮後が 5.8 ± 2.4 cm/sであり、いずれの時期も随意収縮前と比較して随意収縮後に上昇した。

随意収縮前後と月経時期を2要因とした二元配置分散分析の結果は、全ての値において交互作用は認めなかった。TAm_{max}について、随意収縮前後 ($p=0.058$) と月経時期 ($p=0.930$) に主効果はみられなかった。TAm_{mean}について、月経時期による主効果はなかった ($p=0.862$)、随意収縮前後による主効果がみられ ($p=0.023$)、骨盤底筋群の随意収縮によりTAm_{mean}が有意に増加した。PI値・RI値について、随意収縮前後、月経時期ともに主効果はみられなかった。

3. TAm_{max}およびTAm_{mean}の変化量と骨盤底挙上率の関係

骨盤底挙上率について、月経～増殖期は12.7%, 分泌期は17.7%であった。

TAm_{max}の変化量と骨盤底挙上率の関係について、月経～増殖期 ($r=0.347$, $p=0.400$)、分泌期 ($r=-0.198$, $p=0.639$) ともに相関関係を認めなかった。TAm_{mean}の変化量と骨盤底挙上率の関係について、月経～増殖期 ($r=0.555$, $p=0.153$)、分泌期 ($r=-0.280$, $p=0.503$) ともに相関関係を認めなかった。

考 察

本研究は、月経痛に対する運動療法を考案するための基礎研究として、骨盤底筋群の随意収縮が子宮動脈の血行動態に与える変化を検証した。その結果、骨盤底筋群

表1 各月経時期における随意収縮前後の値ならびに二元配置分散分析の結果 (n=8)

測定項目	各月経時期における随意収縮前後の値				随意収縮前後と月経時期を2要因とした二元配置分散分析		
	随意収縮前		随意収縮後		交互作用	要因	
	月経～増殖期	分泌期	月経～増殖期	分泌期		随意収縮前後	月経時期
Time Averaged Maximum Velocity (cm/s)	10.4 ± 4.4	11.4 ± 4.2	12.2 ± 4.9	11.4 ± 3.8	0.138	0.058	0.930
Time Averaged Mean Velocity (cm/s)	4.6 ± 2.7	4.9 ± 1.8	5.9 ± 3.5	5.8 ± 2.4	0.553	0.023*	0.862
Pulsatility Index	2.6 ± 0.6	2.8 ± 1.0	2.3 ± 0.7	2.6 ± 0.8	0.71	0.133	0.339
Resistance Index	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.625	0.241	0.095

各月経時期における随意収縮前後の値は、平均値±標準偏差を記載。
二元配置分散分析の結果はp値を記載。

*: $p < 0.05$.

の随意収縮により子宮動脈のTAm_{mean}が有意に上昇した。

1. 骨盤底筋群の随意収縮によるTAm_{max}およびTAm_{mean}の変化

PDによる痛みの原因は「子宮内膜から放出されるPGの産生量増加がもたらす子宮筋の過剰収縮による虚血」とされている⁷⁾⁸⁾ことから、運動療法でこの痛みに対処するためには運動により筋収縮が起こることで筋ポンプ作用が働き、血管の循環動態が改善することが期待される。

TAm_{max}は、単位時間当たりの平均血流速度をみる指標²⁵⁾とされており、また、血流速度は一般的に血行の力学的側面をみるものとされている³⁶⁾。よって、TAm_{max}の上昇は子宮動脈の血流速度の増大に繋がり、虚血の緩和により疼痛軽減に寄与すると解釈できる。しかし、骨盤底筋群の随意収縮前後における主効果はなかった。辻岡ら³⁷⁾によると血流速度は血管内の圧力に影響を受けるとされている。本研究対象者の血管抵抗性を表す安静時PI値は月経～増殖期2.6、分泌期2.8であり、これは先行研究³⁸⁾の増殖期3.0、分泌期2.9と比較すると低い値となる。したがって、本研究対象者の血管抵抗性が低いことが血流速度に変化を与えなかったものと考えた。

TAm_{mean}は血管内の速度分布を考慮して求められる²⁵⁾ことから血流量を表す指標とされている²⁷⁾。一般的に血流量は「エネルギーを得るための酸素や栄養物などの運搬の側面がある」と言われている³⁷⁾。このことから、TAm_{mean}の上昇は子宮動脈の血流量増大に繋がり、酸素供給が行われることで疼痛緩和に寄与すると解釈できる。今回、TAm_{mean}は随意収縮前後で主効果がみられ、骨盤底筋群の随意収縮により有意に増加する結果となった。よって、骨盤底筋群の随意収縮は子宮動脈の血流量の増大につながり、虚血状態にある血管に酸素を供給することで月経痛の緩和に寄与する可能性があるとし唆された。さらに、骨盤底筋群は子宮動脈に隣接する内陰部動脈に支配される。子宮動脈、内陰部動脈は内腸骨動脈から分枝する血管であり、骨盤内で隣接した解剖学的位置関係にある。よって、骨盤底筋群に筋収縮が起こることで隣接する子宮動脈の血流量に変化が生じたと考える。

2. 骨盤底筋群の随意収縮によるPI値およびRI値の変化

血管抵抗性を示すPI値・RI値は、骨盤底筋群の随意収縮前後ならびに月経時期における主効果はなかった。今回の研究対象者の安静時PI値は月経～増殖期2.6、分泌期2.8であり、安静時RI値は月経～増殖期0.8、分泌期0.9であった。2000年のDmitrovic³⁸⁾の報告による健常成人女性のPI値は増殖期3.0、分泌期2.9であり、2003年のDmitrovicら²⁹⁾の報告によるRI値は増殖期0.9、分泌期0.8であった。Dmitrovic³⁸⁾によるとPD者のPI値は3.3と月経周期を通して高いことが報告されており、月経痛を有す

るものは子宮収縮力が高いことから血管抵抗性が高くなることが考えられる。したがって、今回は健常成人女性を対象としたことから血管抵抗値が平均的であったことが、血管抵抗性に変化を与えなかったものと考えた。

3. TAm_{mean}の変化量と骨盤底挙上率

血流速度の増加率と筋力の間には正の相関があるという先行研究³⁹⁾をもとに、骨盤底筋群の随意収縮前後で差がみられたTAm_{mean}の変化量と骨盤底挙上率に相関があることを予測したが相関はなかった。この要因として、経腹超音波検査での骨盤底挙上率が骨盤底筋群の筋力を直接的に表すものではないことを考えた。骨盤底筋群は浅層から深層まで三層構造で構成されており、収縮の際には肛門や陰の穴を引き上げるだけでなく閉じる要素も必要になる。経腹法による超音波検査は、膀胱底下端部の変位量を測定しており、「リフト」の側面を評価するために推奨されている⁴⁰⁾ことから、「穴を閉じる力」は反映されていない。よって、骨盤底挙上率だけでは骨盤底筋群の収縮力を表しているとは言えず、相関がなかったと推察した。

4. 本研究の限界と今後の展望

本研究の限界は、骨盤底筋群以外の筋収縮が入る可能性が完全には排除できない点にある。子宮動脈の周辺には大殿筋や梨状筋など股関節周期筋群を支配する動脈が走行しており、それらの筋群の筋収縮が起こることで子宮動脈の血行動態に変化を与える可能性が考えられる。今回は、できるだけその影響を排除できるように測定肢位への配慮や、股関節周囲筋群の筋収縮が起こらないように確認しながら実施していたが、完全に排除することは難しいと考えている。

本研究では、少数の健常成人女性を対象として骨盤底筋群の随意収縮が子宮動脈の血行動態に与える変化を検証した結果、子宮動脈の血流量増大を得た。今後は、月経痛を有する対象者でサンプル数を増やした検証へ発展させていく必要がある。

結 論

月経痛に対する運動療法を考案するための基礎研究として骨盤底筋群の随意収縮が子宮動脈の血行動態に与える変化を検証した。その結果、骨盤底筋群の随意収縮により子宮動脈の血流量を示す指標であるTAm_{mean}が有意に上昇した。これにより、子宮動脈の血流量の増大が起こることで酸素供給が行われ、虚血による月経痛の緩和につながる可能性が示された。また、本研究において実施した骨盤底筋群の随意収縮は2分40秒で完了し、全身運動を伴わずに臥位でも実施可能なことから月経期にも取り入れやすい。よって今後は、月経痛を有する女性に

対する検証が望まれる。

利益相反

開示すべき利益相反はない。

謝辞：本研究にご協力賜りました研究対象者のみなさまに深謝いたします。

文 献

- 日本産婦人科学会：産科婦人科用語集・用語解説集 改定第4版. 日本産婦人科学会(編), 日本産科婦人科学会事務局, 東京, 2018, pp. 60–61.
- Armour M, Parry K, *et al.*: The prevalence and academic impact of dysmenorrhea in 21,573 young women: A systematic review and meta-analysis. *J Womens Health (Larchmt)*. 2019; 28: 1161–1171.
- Potur DC, Bilgin NC, *et al.*: Prevalence of dysmenorrhea in university students in Turkey: Effect on daily activities and evaluation of different pain management methods. *Pain Manag Nurs*. 2014; 15: 768–777.
- 齋藤千賀子, 西脇美春：月経パターンと月経時の不快症状及び対処行動との関係. 山形保健医療研究. 2005; 8: 53–63.
- 今野真紀, 八代利香, 他：大学生の月経に対するイメージとセルフケア 日本と韓国の比較. 母性衛生. 2009; 49: 628–636.
- 佐久間夕美子, 叶谷由佳, 他：若年女性の月経前期および月経期症状に影響を及ぼす要因—看護学生と専門学生における生活習慣, 保健行動の比較—. 日本看護研究学会雑誌. 2008; 31: 25–36.
- Coco AS: Primary dysmenorrhea. *Am Fam Physician*. 1999; 60: 489–496.
- Marjoribanks J, Ayeleke RO, *et al.*: Nonsteroidal anti-inflammatory drugs for dysmenorrhea. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015; 7: CD001751.
- 財団法人女性労働協会. 働く女性の健康に関する実態調査. 2004. https://www.bosei-navi.mhlw.go.jp/common/pdf/0_5_3.pdf (2023年1月18日引用)
- 経済産業省. 健康経営における女性の健康の取り組みについて. 2019. https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/healthcare/downloadfiles/josei-kenkou.pdf (2023年1月18日引用)
- Armour M, Parry K, *et al.*: Self-care strategies and sources of knowledge on menstruation in 12,526 young women with dysmenorrhea: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2019; 14: e0220103.
- 野田洋子：女子学生の月経の経験 第1報月経の経験の経時的推移. 女性心身医学. 2003; 8: 53–63.
- Banikarim C, Chacko MR, *et al.*: Prevalence and impact of dysmenorrhea on Hispanic female adolescents. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2000; 154: 1226–1229.
- Howlett TA, Tomlin S, *et al.*: Release of beta endorphin and met-enkephalin during exercise in normal women: Response to training. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1984; 288: 1950–1952.
- Koltyn KF, Brellenthin AG, *et al.*: Mechanisms of exercise-induced Hypoalgesia. *J Pain*. 2014; 15: 1294–1304.
- Raichlen DA, Foster AD, *et al.*: Exercise-induced endocannabinoid signaling is modulated by intensity. *Eur J Appl Physiol*. 2013; 113: 869–875.
- Leung A, Gregory NS, *et al.*: Regular physical activity prevents chronic pain by altering resident muscle macrophage phenotype and increasing interleukin-10 in mice. *Pain*. 2016; 157: 70–79.
- Fallah F, Mirfeizi M: How is the quality and quantity of primary dysmenorrhea affected by physical exercises? A study among Iranian students. *Int J Women's Health Reprod Sci*. 2018; 6: 60–66.
- Tabari NM, Shirvani MA, *et al.*: Comparison of the effect of stretching exercises and mefenamic acid on the reduction of pain and menstruation characteristics in primary dysmenorrhea: A randomized clinical trial. *Oman Med J*. 2017; 32: 47–53.
- Patel NS, Tanna T, *et al.*: Effect of active stretching exercises on primary dysmenorrhea in college going female students. *Indian J Physiother Occup Ther*. 2015; 9: 72–76.
- Saleh HS, Mowafy HE, *et al.*: Stretching or core strengthening exercises for managing primary dysmenorrhea. *J Womens Health Care*. 2016; 5: doi: 10.4172/2167-0420.1000295.
- Armour M, Ee CC, *et al.*: Exercise for dysmenorrhea. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019; 9: CD004142.
- Arora A, Yardi S, *et al.*: Effect of 12-weeks of aerobic exercise on primary dysmenorrhea. *Indian J Physiother Occup Ther*. 2014; 8: 135–140.
- Kannan P, Chapple CM, *et al.*: Effectiveness of a treadmill based aerobic exercise intervention on pain, daily functioning, and quality of life in women with primary dysmenorrhea: A randomized controlled trial. *Contemp Clin Trials*. 2019; 81: 80–86.
- 日本超音波医学会用語・診断基準委員会, 頸動脈超音波診断ガイドライン小委員会. 超音波による頸動脈病変の標準的評価法2017. jsum0515, GUIDELINE. https://www.jsum.or.jp/committee/diagnostic/pdf/jsum0515_guideline.pdf (2023年3月3日引用)
- Sladkevicius P, Valentin L, *et al.*: Blood flow velocity in the uterine and ovarian arteries during menstruation. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 1994; 4: 421–427.
- 早期動脈硬化研究会ホームページ. <https://www.imt-ca.com/contents/j16.html> (2023年1月18日引用)
- Celik H, Gurates B, *et al.*: Severity of pain and circadian changes in uterine artery blood flow in primary dysmenorrhea. *Arch Gynecol Obstet*. 2009; 280: 589–592.
- Dmitrovic R, Peter B, *et al.*: Severity of symptoms in primary dysmenorrhea—a doppler study. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2003; 107: 191–194.
- Steer CV, Campbell S, *et al.*: Transvaginal colour flow imaging of the uterine arteries during the ovarian and menstrual cycles. *Hum Reprod*. 1990; 5: 391–395.
- Bø K, Talseth T, *et al.*: Single blind, randomised controlled trial of pelvic floor exercises, electrical stimulation, vaginal cones, and no treatment in management of genuine stress incontinence in women. *BMJ*. 1999; 318: 487–493.
- Whittaker JL, Teyhen DS, *et al.*: Rehabilitative ultrasound imaging: Understanding the technology and Its Applications. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2007; 37: 434–449.
- Papageorgiou AT, To MS, *et al.*: Repeatability of measurement of uterine artery pulsatility index using transvaginal color Doppler. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2001; 18: 456–459.
- Dickey RP, Hower JF: Effect of ovulation induction on uterine blood flow and estradiol and progesterone concentrations in early pregnancy. *Hum Reprod*. 1995; 10: 2875–2879.
- 中塚幹也, 羽原俊宏, 他：子宮動脈血流と不育症. 産婦人科治療. 2001; 82: 548–551.
- 梶谷文彦：血流計測. 日本バイオレ・オロジー学会誌 (B&R). 1989; 3: 13–21.
- 辻岡克彦, 小笠原康夫, 他：血流と血流速度分布計測のME. *BME*. 1990; 4: 21–29.
- Dmitrovic R: Transvaginal color doppler study of uterine blood flow in primary dysmenorrhea. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2000; 79: 1112–1116.
- Tsuda K, Takahira N, *et al.*: Intense triceps surae contraction

- increases lower extremity venous blood flow. *Prog Rehabil Med.* 2017; 2: 20170009.
- 40) Chehrezaei M, Arab AM, *et al.*: Assessment of pelvic floor mus-

cle contraction in stress urinary incontinent women: Comparison between transabdominal ultrasound and perineometry. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* 2009; 20: 1491–1496.

〈Abstract〉

Changes in Uterine Artery Hemodynamics during Voluntary Contraction of Pelvic Floor Muscles

Sayaka URUSHIKAWA, PT, MSc

LUTIS

Akiko MORI, PT, PhD, Masami HIDAKA, PT, PhD, Koutatsu NAGAI, PT, PhD, Kaoru SAKUMA, PT, PhD,
Akira SAKAGUCHI, PT, PhD

School of Rehabilitation, Hyogo Medical University

Atsushi FUKUI, MD, PhD

Department of Obstetrics and Gynecology, Hyogo Medical University

Objective: Ischemia due to excessive contraction of the uterine muscles is a cause of menstrual pain. Therefore, exercise can be expected to improve circulatory dynamics. In this study, we evaluated changes in uterine artery hemodynamics induced by the voluntary contraction of the pelvic floor muscles.

Methods: We measured the hemodynamic changes in uterine arteries caused by voluntary contraction of the pelvic floor muscles in healthy adult women aged 20–45 years using an ultrasound imaging system. The primary outcomes were the time averaged maximum velocity and time averaged mean velocity. The secondary outcomes were the pulsatility index, resistance index, and pelvic floor elevation rate. Measurements were taken during the menstrual, proliferative, and secretory phases. Furthermore, differences before and after voluntary contractions were analyzed. The correlation between the change in time averaged mean velocity before and after voluntary contractions and pelvic floor elevation rate was also assessed.

Results: A main effect of time averaged mean velocity was observed between before and after voluntary contraction ($p=0.023$). The time averaged mean velocity revealed no correlation with the pelvic floor elevation rate.

Conclusions: Voluntary contraction of the pelvic floor muscles increases the time averaged mean velocity of the uterine artery. Pelvic floor elevation rate was not correlated because it is not a measure of contractility.

Key Words: Menstrual pain, Exercise therapy, Pelvic floor muscles, Uterine artery, Hemodynamics

症例研究

回復期脳卒中患者に対するエクサゲームを併用した 理学療法の実行可能性*

—ABA シングルケースデザインによる検証—

武井圭一^{1) #} 菅波美穂²⁾ 森田新平²⁾

要旨

【目的】回復期脳卒中患者に対するリングフィットアドベンチャー (Ring Fit Adventure : RFA) によるエクサゲーム (Exergame : EG) を併用した理学療法の実行可能性を検証した。【方法】80歳代男性の脳梗塞例に、A期を通常理学療法、B期をEGトレーニングと通常理学療法としてABAシングルケースデザインを行った。測定は、心理的指標としてPhysical activity enjoyment scale, 認知的指標として反応時間, Stroop color-word interference test, 身体的指標として30秒椅子立ち上がりテスト, Berg balance scale (BBS), Timed up & go testとした。【結果】BBSは、全期間で改善し、B期において最も大きく改善した。【結論】回復期脳卒中患者に対するRFAによるEGは、従来の理学療法によるバランス改善の効果を促進するプログラムとして理学療法に併用できる可能性が示唆された。

キーワード 脳卒中, エクサゲーム, 理学療法

はじめに

近年、身体運動とビデオゲームを組み合わせたエクサゲーム¹⁾ (Exergame : 以下, EG) を用いた運動が、さまざまな分野において適用されている。EGは、モーションキャプチャ技術によってプレイヤーの身体運動を通じて、画面内のアバターを操作するビデオゲームであり¹⁾、対象者はゲームシナリオとの相互作用の中で身体運動を反復する。これは、ゲームの要素を取り入れる“ゲーミフィケーション”²⁾として、運動の楽しさ、動機付けを向上する心理効果、およびアドヒアランスの向上が期待される³⁾。さらに、EGは即時の視覚的・聴覚的フィードバックを与えることで、認知課題と運動課題を同時に負荷する二重課題トレーニング⁴⁾として、認知効果⁵⁾、バランスや歩行を改善する身体効果⁶⁾が報告されてい

る。これまでに、小児⁷⁾⁸⁾だけでなく、高齢者に対しても良好な心理効果⁹⁾、および認知症予防¹⁰⁾、転倒予防¹¹⁾の効果が報告されている。また、脳卒中¹²⁾¹³⁾・パーキンソン病¹⁴⁾¹⁵⁾・多発性硬化症¹⁶⁾¹⁷⁾を含む神経疾患、運動器疾患¹⁸⁾、循環器疾患¹⁹⁾、がん²⁰⁾のように多岐にわたる疾患のリハビリテーション (以下, リハ) に適用されている。

EGのゲーミフィケーション、二重課題の特性は、脳卒中後の使用依存的な神経の可塑的变化²¹⁾²²⁾、しばしば運動障害と認知障害を併存する障害像に対して回復を促進する要素となり得る⁵⁾。実際に、発症から6ヶ月以上経過した慢性期脳卒中者に対するEGの効果を検証したメタ分析では、上下肢運動機能、バランス、歩行能力、日常生活活動を改善することが報告されている²³⁾。一方で、急性期・亜急性期の脳卒中患者に対するEGの効果は、介入研究の不足により明らかになっていない²⁴⁾。また、多様な障害を呈する脳卒中者に対して、心理・認知・身体的側面へ複雑な影響を及ぼすEGを適用した際に、どのような反応が得られるのか予測が困難なことは、EGの臨床適用を制限する。

リハに適用されているEGは、荷重センサーにより足圧中心点を検出するNintendo Wii Fit (任天堂)、赤外線カメラにより対象者の動きを検出するXbox Kinect (Mic-

* Feasibility of Combining Physical Therapy with Exergames for Patients with Subacute Stroke: An ABA Single-case Design

1) 東京保健医療専門職大学リハビリテーション学部理学療法学科 (〒135-0043 東京都江東区塩浜2-22-10)

Keiichi Takei, PT, PhD: Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation, Tokyo Professional University of Health Sciences

2) 塩味病院リハビリテーション科
Miho Suganami, ST, Shinpei Morita, PT: Department of Rehabilitation, Shiomi Hospital

E-mail: takei.k@tpu.ac.jp

(受付日 2023年3月8日/受理日 2023年6月22日)

[J-STAGEでの早期公開日 2023年7月21日]

rosoft) のようなコンシューマーゲームが多く用いられている²⁵⁾。2019年には、加速度センサー・ジャイロセンサーを用いたNintendo Switchのリングフィットアドベンチャー(任天堂, Ring Fit Adventure: 以下, RFA)が開発されている。EGは、センサーの小型化、多様化に伴い、よりダイナミックで多様な身体運動が可能になり、かつコンシューマーゲームであれば安価に導入することができる。しかし、これまでにRFAを回復期脳卒中患者のリハビリに適用した報告はない。

そこで、本研究は脳卒中患者に対してRFAを用いたEGトレーニングを理学療法に併用した際の心理・認知・身体的側面に対する包括的な影響、さらにEGの実行性を示す定性的指標を調査するため、シングルケースデザインを適用する。これにより、回復期脳卒中患者に対するRFAの実行可能性を検証することを目的とした。

対象および方法

1. 対象

対象は、84歳の男性、診断名は脳梗塞、第36病日にリハビリ継続のため回復期リハビリ病棟へ入棟した。発症時の頭部Magnetic Resonance Imaging (MRI) を図1に示した。研究期間は、第77病日から第119病日であった。研究開始時の評価では、認知機能はMini mental state examinationで25点であった。右片麻痺はBrunnstrom recovery stageで上肢V・手指V・下肢V、筋緊張は右下腿三頭筋、ハ

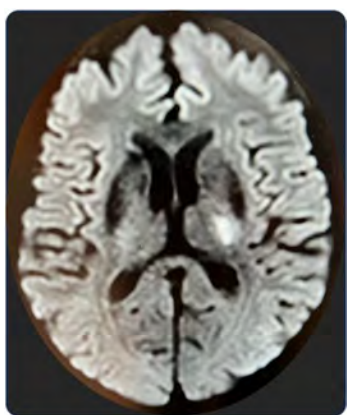


図1 発症時の頭部MRI (拡散強調画像)
左視床に高吸収域、前頭葉の萎縮を認める。

ムストリングスに軽度亢進、感覚は右上下肢で表在・深部感覚が軽度鈍麻であった。非麻痺側筋力は、徒手筋力テストにて上下肢4以上であった。Functional Independence Measureは68点、病棟内移動手段はサークル型歩行器(速度制御機能付き)を使用して自立であった。理学療法は、屋外歩行自立を目標に、筋力トレーニング、バランス練習、歩行練習を中心に実施した。

2. 介入方法

本研究のプロトコルを図2に示した。研究デザインは、ABA型シングルケースデザインを用いた。A期を基礎水準期として通常理学療法を行い、B期を操作導入期としてEGトレーニングと通常理学療法を実施した。A・B期ともに介入時間は1時間/日であり、介入頻度は6日/週、各介入期間を2週間とした。

A1, A2期は、通常理学療法としてストレッチ、筋力トレーニング、バランス練習、歩行練習を実施した。B期は、下肢筋力トレーニング、バランス練習としてEGトレーニングを併用した。EGには、Nintendo switchのRFAを使用した。RFAは、加速度センサー・ジャイロセンサーを内蔵した輪型のリングコン(両手で把持する輪状のコントローラー)と左大腿部のレッグセンサーを用いて、対象者の身体運動をゲーム画面内のアバターが再現する。ゲーム画面は、プロジェクターを用いて壁に投射した(図3)。EGトレーニングは、RFAの運動プログラムを任意に選択可能なカスタムモードを用い、バランス練習として立位での上肢課題、かつ下肢筋力トレーニングとしてスクワット運動、立位ステップ運動で構成した6つのプログラムとした(表1)。なお、理学療法士の監視のもとすべて立位で実施し、スクワット、スクワットホッピングは、転倒予防のため前方に歩行器を設置して支持物として使用した。実施順序は、EGトレーニング後に通常理学療法を実施した。

3. 測定項目

EGの実行性の指標として、有害事象(転倒、疼痛、気分不快の発生)の有無、および表1に示したEGトレーニングのゲームシナリオからの逸脱運動を観察した。逸



図2 研究プロトコル

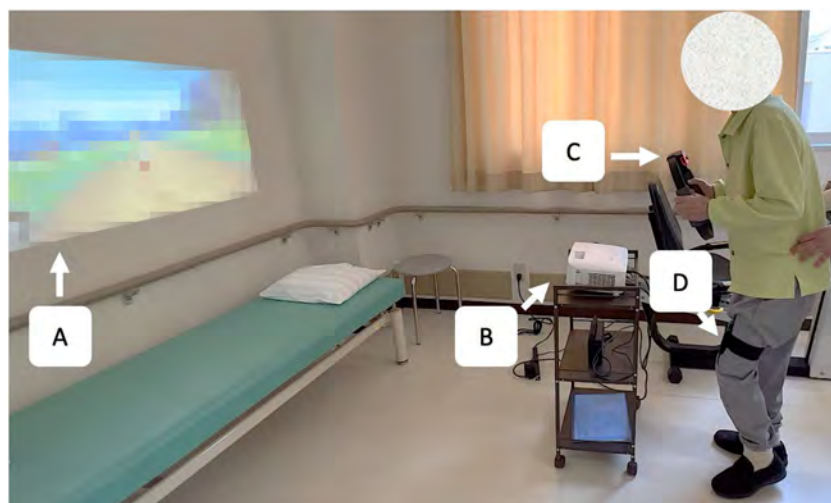


図3 エクサゲームトレーニング（ジョギング）の実施環境

エクサゲームには、Nintendo SwitchのRing fit adventure（任天堂）を使用。A：壁に投映したゲーム画面，B：Nintendo Switch（任天堂）と接続したプロジェクター，C：リングコン，D：レッグセンサー。

表1 エクサゲームトレーニングの内容

名称	身体運動	ゲームシナリオ
サゲテプッシュ	上肢運動	画面の指示に従い、リングコンの面を床と平行に構え、両上肢でリングコンを押し込む。リングコンに加える力を点数化してフィードバックする。14回。
リングアロー	上肢運動	画面の指示に従い、リングコンを前方で縦に構え、弓を引くようにリングを前後に引っ張る。リングコンに加える力を点数化してフィードバックする。20回（10回実施後に、上肢の前後を入れ替える）。
スクワット	スクワット	画面の指示に従い、しゃがみ込み、立ち上がりを反復する。しゃがみ込みの深さ、立ち上がりの速度を点数化してフィードバックする。10回。
スクワットホッピング	スクワット	対象者がしゃがんだ状態から立ち上がった際に、画面内ではアバターがジャンプし、上空で左右に流れるコインを獲得するゲーム。多くのコインを獲得するためにスクワットを反復する。加えて、左右に流れるコインが頭上にきた際にアバターがジャンプするように、対象者が立ち上がるタイミングを合わせる課題、および対象者が深くしゃがむとアバターは高くジャンプするため、上空のコインの高さに応じてしゃがむ深さを調整する課題を付加する。難易度は初級とした。
ジョギング	ステップ運動＋上肢運動	サイレントモードに設定することで、対象者が歩く速さでステップ運動を反復すると、画面内ではアバターが走行し、ゴールまで移動するゲーム。コースの途中でリングコンを操作して「扉を開ける」、「段差を越える」ような上肢課題を付加する。コースはイチノイ地とした。
ボックスブレイク	上肢運動	対象者がリングコンを押し込むことで、画面内ではリングから空気砲が発射され、前方に積み重なった木箱を壊すゲーム。時間内に多くの木箱を壊すために上肢運動を反復する。加えて、空気砲を当てるために画面内の木箱の方向にリングコンの向きを上下左右に調整する課題を付加する。難易度は初級とした。

脱運動は、複数の課題を付加された際に生じる傾向がある。具体例として、スクワットホッピングではしゃがむ深さの調整困難、立ち上がるタイミングの調整困難、ジョギングではコース途中で追加される上肢課題の遂行困難、緩徐な前進等が報告されている²⁶⁾。

心理的指標として先行研究⁹⁾²⁷⁾を参考にPhysical activity enjoyment scale（以下、PACES）²⁸⁾²⁹⁾を用いた。PACESは、身体活動の楽しさを評価するために開発された18項目からなる質問紙評価法である。各項目は1-7のリッカート尺度であり、126点を満点とした合計点を求め、得点が高いほど楽しい状態を表す。本研究では、

“過去2週間の理学療法”に対する回答を求めた。

認知的指標は、先行研究³⁰⁾³¹⁾を参考に精神運動速度を採用し、かつ短期間の反復測定による学習効果の影響が少ない反応時間³²⁾（Reaction time：以下、RT）とStroop color-word interference test³³⁾（以下、ST）とした。RT、STの測定には、心理学実験ソフトPsycoPy³⁴⁾を用いた。RTは、座位での視覚刺激に対する反応として、前方に置いたノート型パソコンの画面に白塗りのサークルが表示されたら、できるだけ早くスペースキーを押すよう指示した。刺激提示のインターバルは、2-4秒のランダムとし、12回の計測結果の平均を代表値とした。刺

激提示前に応答した場合、および反応までに1,000ミリ秒以上要した場合を誤反応としてカウントした。STは、RTと同様のパソコン画面に異なる色で描かれた赤・青・緑・黄の4つの漢字のいずれかをランダムに提示し、レターカラーを答える課題とした。漢字が表示されたら、できるだけ早くレターカラーごとに指定したキーボードのボタンを押すよう指示した。24回の応答時間の平均を代表値とした。誤った回答および10秒以内に応答困難であった回数を誤反応としてカウントした。

身体的指標として、下肢筋力を評価する30秒椅子立ち上がりテスト³⁵⁾ (30-second chair stand test: 以下, CS30)、バランス能力を評価するBerg balance scale³⁶⁾ (以下, BBS)、歩行能力を評価するTimed up & go test³⁷⁾ (以下, TUG)を用いた。

測定時期は、A1期・B期・A2期の各開始日の介入を実施する直前とした(測定①-③)。また、A2期終了時の測定としてA2期終了の翌日の介入直前に測定した(測定④)。なお、心理的指標の測定時期は、測定②-④とした。

4. 分析

各測定結果の時系列プロットを作成し、各期における介入前後の変化量を目視にて比較した。解析には、Microsoft Excel for Mac (Microsoft)を用いた。

5. 倫理的配慮

本研究は、東京保健医療専門職大学倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号: TPU-21-036)。対象者には、事前に研究概要を説明し、書面にて同意を得た上で実施した。

結 果

対象者は、EGトレーニング、通常理学療法ともに研究期間のすべてのプログラムを遂行し、有害事象はなかった。EGトレーニングのゲームシナリオからの逸脱運動をスクワットホッピング、ジョギングにおいて認め

た。スクワットホッピングでは、アバターを高くジャンプさせるために対象者は深くしゃがむ設定だが、本症例は立ち上がり後に上方に伸び上がるように踵挙上、体幹伸展する逸脱運動を認めた。ジョギングでは、コースの途中で追加される上肢課題が遂行困難であった。

各測定項目の結果を表2、各期の変化を図4に示した。心理的指標のPACESは、すべての期間において126点であった。

認知的指標の結果、RTはA1期が最も速く、かつ誤反応を認めた。また、B期・A2期においてRTは遅延傾向であった。STは、各測定内のばらつきを示す標準偏差に対して、平均値の変化は小さく、A1期・B期・A2期ともに遂行時間に明らかな変化を認めなかった。誤反応は、A1期に大きく減少した。

身体的指標の結果、BBSは全期間で改善傾向であり、B期において最も大きく改善した。CS30は全期間で改善傾向であり、A1期に最も大きく改善し、B期・A2期は同程度の改善であった。TUGはA1期・B期で改善傾向であり、A1期に最も大きく改善し、A2期で遅延傾向であった。

考 察

本研究は、RFAによるEGを併用した理学療法の心理・認知・身体的影響を調査することで、回復期脳卒中患者に対するRFAの実行可能性を検証した。その結果、身体的指標のBBSにおいて全期間で改善傾向、B期に最も改善した。このことから、RFAによるEGトレーニングは、従来の理学療法のバランス改善の効果を促進するプログラムとして併用できる可能性が示唆された。

心理的指標であるPACESは、すべての測定時期において満点であり、EG併用による楽しさを高める効果を認めなかった。これまでに、PACESを用いてEGによる楽しさ向上が報告されているが²⁷⁾、今回は天井効果を認めた。今後は従来の理学療法において楽しさ、動機付けが低い症例に対する心理効果の検証が必要である。

表2 各測定時期における心理的・認知的・身体的指標の結果

項目	測定時期			
	測定①	測定②	測定③	測定④
RT (ミリ秒, 平均±SD)	305±39	290±71	365±56	399±81
RT 誤反応(回)	0	2	0	0
ST (秒, 平均±SD)	4.39±1.69	4.37±1.55	4.82±2.09	4.10±1.43
ST 誤反応(回)	9	0	0	2
CS30(回)	6	10	11	12
BBS(点)	38	41	47	50
TUG(秒)	29.7	19.4	15.4	17.6
PACES(点)	NA	126	126	126

RT: Reaction time, ST: Stroop color-word interference test, CS30: 30-second chair stand test, BBS: Berg balance scale, TUG: Timed up & go test, PACES: Physical activity enjoyment scale, SD: Standard deviation, NA: Not applicable.

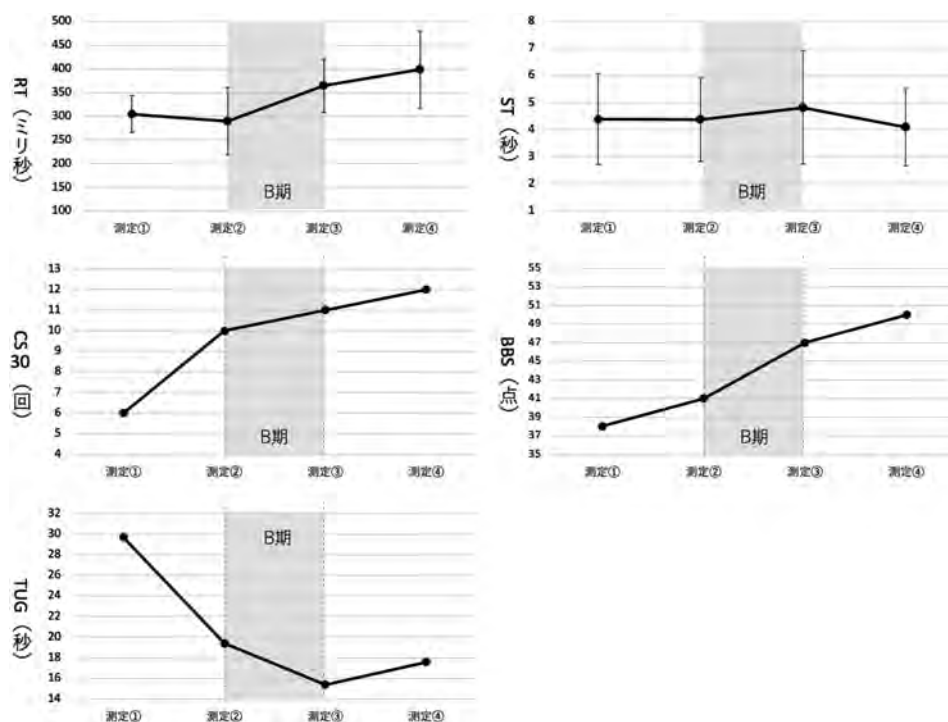


図4 各期における認知・身体的指標の変化

RT・STは、マーカーが平均値、エラーバーが標準偏差を示す。RT: Reaction time, ST: Stroop color-word interference test, CS30: 30-second chair stand test, BBS: Berg balance scale, TUG: Timed up & go test.

認知的指標の結果、EG併用によるRT・STを短縮する効果を認めなかった。EGは認知機能と運動機能を同時に負荷することから認知効果も期待されており⁴⁾、脳卒中者を対象にEGトレーニング後の精神運動速度を調査した研究では、精神運動速度が向上したことを報告している³⁾。しかし、脳卒中患者を対象に認知効果を検証した研究は少なく、明らかではない³⁸⁾。今回、RTのA1期の結果は先行研究³⁹⁾で報告されている70歳代健常高齢者の平均反応時間よりも速く、かつ誤反応を認めた。通常、RTの速さと正確さはトレードオフの関係にあり⁴⁰⁾、本症例はA1期における正確さを損なう状態からの回復過程として、B期以降に健常高齢者の平均付近へ推移し、正確性が向上したと考えられた。STは、遂行時間からは顕著な変化はなかったが、誤反応からはA1期に改善を認めた。これらのことから、RT・STを短縮する効果は認めず、経過の中で正確性の向上を認めたが、EG併用の効果を示唆する一定の傾向はなかったと考えられた。

身体的指標の結果、前述のBBSの変化からEG併用によりバランス改善を促進する可能性が示唆された。これまでにEGのバランス能力に対する効果の報告⁴¹⁻⁴³⁾は多く、本研究の結果と一致する。RFAによるEGトレーニングは、Wii Fit⁴⁴⁾のように荷重センサーを用いて足圧中心点を調整するEGとは異なるが、立位での上肢課題、ステップ運動、スクワットが支持基底面内に足圧中心点を留めるバランス練習として機能したと考えられ

た。加えて、先行研究ではEGのゲームシナリオとの相互作用が対象者の注意の焦点を身体内部から外部へ誘導することで姿勢制御の自動化を促進すること⁴⁵⁾⁴⁶⁾、視覚的・聴覚的フィードバックを受けながら多くの感覚機能を刺激することがバランス能力向上の要因として考察されている⁴⁴⁾。これらのことから、足圧中心点を制御する機器以外であっても、EGを併用した理学療法は、従来の理学療法のバランス能力に対する効果を促進する可能性が示唆された。CS30・TUGは、A1期に大きく改善したが、CS30はB期・A2期の改善幅は同等、TUGはA2期が遅延傾向だったことから、通常理学療法と比較してEG併用による明らかな効果の促進、阻害はなかったと考えられた。

本研究の限界について以下に述べる。本研究で検証したEGの認知的影響は、バランス練習、下肢筋力トレーニングとして選定したEGを対象にした。これまでに、二重課題下では一方、または両方の課題成績が低下する二重課題干渉が報告されており⁴⁷⁾、今回認めたゲームシナリオからの逸脱運動は、二重課題干渉として生じたことが考えられた。今後は、ゲームシナリオごとの認知負荷の特徴、およびゲームシナリオからの逸脱運動をもとに適切な認知負荷量を考慮したEGトレーニングの設定が必要である。また、本症例は脳卒中の回復段階にあり、自然回復の影響を排除できていないことを考慮する必要がある。今後は、測定値の変動を考慮するためにも、各期の測定回数を増加して検証する必要がある。

結 論

本研究は、RFAによるEGを併用した理学療法の心理・認知・身体的影響をシングルケースデザインで調査し、回復期脳卒中患者に対するRFAの実行可能性を検証した。本研究の結果、身体的指標のBBSにおいて全期間で改善傾向であり、EGを併用した期間に最も大きな改善を認めた。このことから、回復期脳卒中患者に対するRFAによるEGトレーニングは、従来の理学療法のバランス改善の効果を促進するプログラムとして併用できる可能性が示唆された。

利 益 相 反

本研究において開示すべきCOIはない。

謝辞：本研究の遂行にあたり、ご協力いただいた医療法人山柳会塩味病院の稲生実枝先生、およびリハビリテーション科スタッフの皆様深く感謝いたします。

文 献

- Perez-Marcos D: Virtual reality experiences, embodiment, videogames and their dimensions in neurorehabilitation. *J Neuroeng Rehabil.* 2018; 15: 113.
- Sardi L, Idri A, *et al.*: A systematic review of gamification in e-health. *J Biomed Inform.* 2017; 71: 31–48.
- Huber SK, Held JPO, *et al.*: Personalized motor-cognitive exergame training in chronic stroke patients—A feasibility study—. *Front Aging Neurosci.* 2021; 13: 730801.
- Wang RY, Huang YC, *et al.*: Effects of exergame-based dual-task training on executive function and dual-task performance in community-dwelling older people: A randomized-controlled trial. *Games Health J.* 2021; 10: 347–354.
- Mura G, Carta MG, *et al.*: Active exergames to improve cognitive functioning in neurological disabilities: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2018; 54: 450–462.
- Chen SC, Lin CH, *et al.*: Feasibility and effect of interactive telerehabilitation on balance in individuals with chronic stroke: A pilot study. *J Neuroeng Rehabil.* 2021; 18: 71.
- Foley L, Maddison R: Use of active video games to increase physical activity in children: A (virtual) reality? *Pediatr Exerc Sci.* 2010; 22: 7–20.
- LeBlanc AG, Chaput JP, *et al.*: Active video games and health indicators in children and youth: A systematic review. *PLoS One.* 2013; 8: e65351.
- Kamnardsiri T, Phirom K, *et al.*: An interactive physical-cognitive game-based training system using Kinect for older adults: Development and usability study. *JMIR Serious Games.* 2021; 9: e27848.
- Abd-Alrazaq A, Alhuwail D, *et al.*: The effectiveness of serious games in improving memory among older adults with cognitive impairment: Systematic review and meta-analysis. *JMIR Serious Games.* 2022; 10: e35202.
- Chen Y, Zhang Y, *et al.*: Comparison between the effects of exergame intervention and traditional physical training on improving balance and fall prevention in healthy older adults: A systematic review and meta-analysis. *J Neuroeng Rehabil.* 2021; 18: 164.
- Gelineau A, Perrochon A, *et al.*: Measured and perceived effects of upper limb home-based exergaming interventions on activity after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2022; 19: 9112.
- Chan KGF, Jiang Y, *et al.*: Effects of exergaming on functional outcomes in people with chronic stroke: A systematic review and meta-analysis. *J Adv Nurs.* 2022; 78: 929–946.
- Garcia-Agundez A, Folkerts AK, *et al.*: Recent advances in rehabilitation for Parkinson's Disease with Exergames: A Systematic Review. *J Neuroeng Rehabil.* 2019; 16: 17.
- Shahhar AZM, Qasheesh M, *et al.*: Effectiveness of Nintendo Wii on balance in people with parkinson's disease: A systematic review. *J Lifestyle Med.* 2022; 12: 105–112.
- De Angelis M, Lavorgna L, *et al.*: Digital Technology in Clinical Trials for Multiple Sclerosis: Systematic Review. *J Clin Med.* 2021; 10: 2328.
- Calafiore D, Invernizzi M, *et al.*: Efficacy of virtual reality and exergaming in improving balance in patients with multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis. *Front Neurol.* 2021; 12: 773459.
- Collado-Mateo D, Merellano-Navarro E, *et al.*: Effect of exergames on musculoskeletal pain: A systematic review and meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports.* 2018; 28: 760–771.
- Blasco-Peris C, Fuertes-Kenneally L, *et al.*: Effects of Exergaming in patients with cardiovascular disease compared to conventional cardiac rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2022; 19: 3492.
- Tough D, Robinson J, *et al.*: The feasibility, acceptability and outcomes of exergaming among individuals with cancer: A systematic review. *BMC Cancer.* 2018; 18: 1151.
- Nudo RJ, Wise BM, *et al.*: Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct. *Science.* 1996; 272: 1791–1794.
- Nudo RJ, Milliken GW, *et al.*: Use-dependent alterations of movement representations in primary motor cortex of adult squirrel monkeys. *J Neurosci.* 1996; 16: 785–807.
- Lee HS, Park YJ, *et al.*: The effects of virtual reality training on function in chronic stroke patients: A systematic review and meta-analysis. *BioMed Res Int.* 2019; 2019: 7595639.
- Chen L, Lo WL, *et al.*: Effect of virtual reality on postural and balance control in patients with stroke: A systematic literature review. *BioMed Res Int.* 2016; 2016: 7309272.
- Skjæret N, Nawaz A, *et al.*: Exercise and rehabilitation delivered through exergames in older adults: An integrative review of technologies, safety and efficacy. *Int J Med Inform.* 2016; 85: 1–16.
- Takei K, Morita S, *et al.*: Safety, feasibility, and acceptability of physiotherapy combined with strength training using active video games for older patients with musculoskeletal conditions. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2022; 24: 1–7.
- Hung JW, Chou CX, *et al.*: Randomized comparison trial of balance training by using exergaming and conventional weight-shift therapy in patients with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014; 95: 1629–1637.
- Kendzierski D, DeCarlo KJ: Physical activity enjoyment scale: Two validation studies. *J Sport Exerc Psychol.* 1991; 13: 50–64.
- ベス H. マーカス, リーアン H. フォーサイス: 行動科学を活かした身体活動運動支援—活動的なライフスタイルへの動機付け—. 下光輝一, 中村好男, 他(訳), 大修館書店, 東京, 2006, pp. 71–73.
- Karssemeijer EGA, Aaronson JA, *et al.*: The quest for synergy between physical exercise and cognitive stimulation via exergaming in people with dementia: A randomized controlled trial. *Alzheimers Res Ther.* 2019; 11: 3.
- Maillot P, Perrot A, *et al.*: Effects of interactive physical-activity video-game training on physical and cognitive function in older

- adults. *Psychol Aging*. 2012; 27: 589–600.
- 32) 大久保街亜：反応時間分析における外れ値の処理. 専修人間科学論集 心理学篇. 2011; 1: 81–89.
 - 33) Scarpina F, Tagini S: The stroop color and word test. *Front Psychol*. 2017; 12: 557.
 - 34) Peirce JW: PsychoPy—Psychophysics software in Python—. *J Neurosci Methods*. 2007; 162: 8–13.
 - 35) Lyders Johansen K, Derby Stistrup R, *et al.*: Absolute and relative reliability of the timed ‘Up & Go’ test and ‘30second chair-stand’ test in hospitalised patients with stroke. *PLoS One*. 2016; 11: e0165663.
 - 36) Berg K, Wood-Dauphinee S, *et al.*: The balance scale: Reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scand J Rehabil Med*. 1995; 27: 27–36.
 - 37) Podsiadlo D, Richardson S: The timed “Up & Go”: A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991; 39: 142–148.
 - 38) Huber SK, Knols RH, *et al.*: Motor-cognitive intervention concepts can improve gait in chronic stroke, but their effect on cognitive functions is unclear: A systematic review with meta-analyses. *Neurosci Biobehav Rev*. 2022; 132: 818–837.
 - 39) 村地悌二, 中西孝雄, 他：加齢による視覚単純反応時間の変化. *日本老年医学会雑誌*. 1965; 2: 8–12.
 - 40) Wickelgren WA: Speed-accuracy tradeoff and information processing dynamics. *Acta Psychol (Amst)*. 1977; 41: 67–85.
 - 41) Bower KJ, Clark RA, *et al.*: Clinical feasibility of the Nintendo Wii™ for balance training post-stroke: A phase II randomized controlled trial in an inpatient setting. *Clin Rehabil*. 2014; 28: 912–923.
 - 42) Barcala L, Grecco LA, *et al.*: Visual biofeedback balance training using Wii Fit after stroke: A randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci*. 2013; 25: 1027–1032.
 - 43) Rajaratnam BS, Gui Kaien J, *et al.*: Does the inclusion of virtual reality games within conventional rehabilitation enhance balance retraining after a recent episode of stroke? *Rehabil Res Pract*. 2013; 2013: 649561.
 - 44) Liu H, Xing Y, *et al.*: Effect of Wii Fit exercise with balance and lower limb muscle strength in older adults: A meta-analysis. *Front Med (Lausanne)*. 2022; 9: 812570.
 - 45) Wulf G, McNeven N, *et al.*: The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *Q J Exp Psychol A*. 2001; 54: 1143–1154.
 - 46) Ghai S, Ghai I, *et al.*: Effects of dual tasks and dual-task training on postural stability: A systematic review and meta-analysis. *Clin Interv Aging*. 2017; 12: 557–577.
 - 47) Pashler H: Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychol Bull*. 1994; 116: 220–244.

〈Abstract〉

Feasibility of Combining Physical Therapy with Exergames for Patients with Subacute Stroke: An ABA Single-case Design

Keiichi TAKEI, PT, PhD

Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation, Tokyo Professional University of Health Sciences

Miho SUGANAMI, ST, Shinpei MORITA, PT

Department of Rehabilitation, Shiomi Hospital

Objective: This study aimed to evaluate the feasibility of physical therapy combined with an exergame (EG) called Ring Fit Adventure (RFA; Nintendo) in a patient with subacute stroke.

Methods: An ABA single-case design was implemented for a male patient in his 80s who had a subacute cerebral infarction, with each period lasting 2 weeks. The A phase was the baseline period, which included 1 h of regular physical therapy per session, while the B phase included 1 h of EG training with RFA and regular physical therapy per session. Psychological measures were assessed using the physical activity enjoyment scale, while cognitive measures were assessed using reaction time and the stroop color–word interference test. Additionally, physical measures were assessed using the 30-second chair stand test, Berg Balance Scale (BBS), and timed up-and-go test.

Results: The BBS showed improvement in all phases, with the greatest improvement observed during the B phase.

Conclusion: The effectiveness of conventional physical therapy may be promoted by combining it with EG using RFA in patients with subacute stroke for improving balance.

Key Words: Stroke, Exergame, Physical therapy

症例報告

橋出血により感覚機能と注意機能に低下を認めた症例に 対して注意の外的焦点化と内的焦点化に着目した 理学療法を行った経験*

佐藤佑太郎^{1) #} 松田 涼¹⁾ 石川直人¹⁾ 山田尚幸¹⁾ 松田直樹²⁾

要旨

【目的】橋出血による感覚機能と注意機能に低下を認めた1症例に対し、注意の内的焦点化 (Internal focus of attention: 以下, IFA) と外的焦点化 (External focus of attention: 以下, EFA) に着目した理学療法の有効性を確認することとした。【症例紹介】橋出血により重度の感覚機能と注意機能低下を認めた1例とした。回復期入棟時 (30病日)～84病日までは臥位での右下肢筋出力向上トレーニング, EFAによる教示を意識した立位荷重練習, 歩行練習を主体に実施した。84～124病日では, IFAによる教示を意識したバランス練習や課題特異的な動作練習を主体に実施した。感覚・注意機能, バランス・歩行機能は改善し, 屋外歩行自立を獲得し自宅退院となった。【結論】感覚・注意機能低下を認める症例に対しては, 介入初期はEFAによる教示を中心に行い, 注意・感覚機能の改善に伴いIFAによる教示を用いた介入の実施が有効である可能性が示された。

キーワード 感覚機能低下, 注意機能低下, 内的焦点化, 外的焦点化, 運動学習

はじめに

脳卒中者に対する理学療法において, 効果的に運動学習を促すことは重要な課題である。運動学習を促すための介入方法として, 運動に対する言語的な教示を行うことは一般的な方法であるが, 教示方法には自己の身体へ注意を向けさせる内的焦点化 (Internal focus of attention: 以下, IFA) と, 身体外部へ注意を向けさせる外的焦点化 (External focus of attention: 以下, EFA) がある¹⁾。健常者を対象とした運動学習と注意の焦点化における報告²⁾³⁾では, EFAがIFAと比べ認知的な要求が

少ない点から即時的な運動学習に有効であることが示されている。また, IFAは運動パフォーマンス時に自己の身体の一部に注意を向ける教示が加わるため, 効果的かつ効果的な運動が阻害されるデメリットが指摘されている⁴⁾。しかし, 脳卒中者のような意識障害, 神経学的, 神経心理学的等多様な症状を呈する症例には, 必ずしもEFAによる介入が有効ではなく, IFAが有効となる場合を臨床上では多く経験する。

脳卒中者に対して, EFAとIFAの運動学習効果に着目した先行研究では, EFAはIFAと比較して歩行速度や座位バランス向上に寄与した⁵⁾⁶⁾とする報告がある一方で, IFAはEFAと比較し立位でのバランス向上や下肢の運動機能向上に関連すること⁷⁾⁸⁾も報告されており, リハビリテーション介入手法としての優位性には一定の見解を得ていない。Piccoliらの運動学習と注意の焦点化に関するシステマティックレビュー⁹⁾でも, EFAとIFAのどちらが有効かについては結論に至っていないと報告されている。Kalらは, 対象者の注意機能が低下している場合には認知的負荷が少ないEFAが有効であり, 感覚機能が低下している場合はIFAによる介入がより効果的である可能性に言及している⁷⁾。このため, 症状や障害

* Experiences with Physical Therapy Focusing on External and Internal Focus of Attention for a Case Which Showed a Decrease in Sensory Function and Attentional Function Due to a Pontine Hemorrhage

1) 医療法人脳神経研究センター新さっぽろ脳神経外科病院リハビリテーション科
(〒004-0051 北海道札幌市厚別区厚別中央1条6丁目2-10)
Yutaro Sato, PT, Ryo Matsuda, PT, Naoto Ishikawa, PT, Naoyuki Yamada, PT: Department of Rehabilitation, Neuroscience Research Center Shin Sapporo Neurosurgical Hospital

2) 北海道文教大学医療保健科学部リハビリテーション学科理学療法専攻
Naoki Matsuda, PT, MSc: Major of Physical Therapy, Department of Rehabilitation, Faculty of Healthcare and Science, Hokkaido Bunkyo University

E-mail: ys0510ys.yutaro@gmail.com
(受付日 2023年1月26日/受理日 2023年6月1日)
[J-STAGEでの早期公開日 2023年7月21日]

が日々変化する脳卒中者においては、対象者の状態に応じて注意の焦点化を選択し、運動学習を促していくことが有効であると推察される。しかし、対象者の状態に応じてEFAとIFAの切り替えが有効であったとする症例報告は筆者らが知る限りでは存在しない。今回、橋出血により感覚・注意機能の低下を主体とした症状を呈した症例に対して、機能回復に応じてEFAとIFAを段階的に適応した結果、バランス・歩行機能が大きく向上した経験をえたので報告する。

症例紹介

60歳代男性。X年、右半身に感覚機能低下を伴う運動障害出現し当院に救急搬送され、橋出血診断となり入院となった。本人のニーズは「自分で歩けるようになりたい」であった。病前ADLは全般自立しており、認知機能も良好であった。病前は活動的であり毎日1~2時間程散歩を行っていた。急性期治療後、第30病日に当院回復期病棟入棟し、リハビリテーションを実施した。理学療法の頻度は週に7回、実施時間は1日40~60分であった。なお、報告に際し、本症例には十分な説明を行い同意を得た。

1. 初期評価

1) 神経放射線学的評価

脳画像上、橋の網様体、横橋線維や内側毛帯まで出血が及んでいた。橋背部を主体とした出血であったため、意識障害や感覚機能低下、運動失調等による体幹や両上下肢近位筋の協調的な運動や無意識下における姿勢制御能の低下が脳画像より示唆された。錐体路の損傷は軽度であることが予想され、損傷に伴う運動麻痺は軽度と予測された(図1)。出血量はABC/2method¹⁰⁾より3 mLと推定され、Huangらの報告¹¹⁾から本症例の予後は良好であると判断された。

2) 神経学的評価

回復期病棟入棟直後の初回評価時において右下肢に明らかな運動麻痺は認めず、Fugl-Meyer Assessment (以下、FMA) の下肢運動項目は合計29点であり、協調性の項目のみで減点を認めた。Manual Muscle Testing (MMT) は下肢全般5であった。感覚機能の評価はFMAの感覚機能評価¹²⁾¹³⁾と荷重下での膝関節位置覚評価¹⁴⁾を実施した。FMA感覚機能評価の表在感覚は大腿・下腿1点、足底0点であった。深部感覚は股関節1点、膝関節0点、足関節0点、拇趾0点であり、表在覚・深部覚ともに重度鈍麻を認めた。足底の感覚機能は脱失レベルであった。荷重下での膝関節位置覚評価は、両手すりを把持した状態で閉眼し左右均等に荷重支持を行い、スクワット位にて膝関節が各45°、60°、90°屈曲位になるように指示し、目標角度との誤差を計測する方法で評価した。測定はランダムに各3回ずつ実施し目標位置へ到達後4秒間その状態を支持した後、ゴニオメーターにて測定を実施した。各動作25~35°程度の誤差を認め、荷重下での膝関節位置覚も重度鈍麻している状態であった。その他、右下肢全体に痺れを認めた。運動失調の評価であるScale for the Assessment and Rating of Ataxia (以下、SARA)¹⁵⁾は15.5点であり四肢・体幹に運動失調を認めた(表1)。

3) 神経心理学的評価

Glasgow Coma Scale (GCS) はE3, V3, M5, Mini Mental State Examination (以下、MMSE) は20点で、短期記憶で低下を認めた。Trail Making Test (以下、TMT) part A, Bは、注意機能低下により実施は困難であった。

4) 姿勢、歩行、バランス評価

静的立位姿勢は右側荷重優位であり、手すりを把持しなければ骨盤の右側方偏移が強く、右側方に傾倒するために介助を要する状態であった。静的立位の下肢荷重量は右側39.2 kg、左側24.0 kgであった。「身体を真っ直ぐにしたまま右足に体重をのせてください」とIFAを用いた

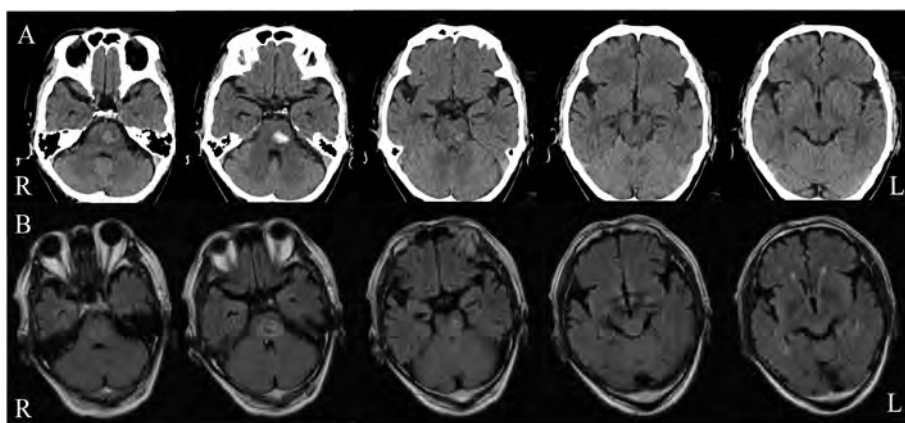


図1 発症時のCT画像とFLAIR像
A: CT画像, B: FLAIR画像.

表1 理学療法評価の経過

評価項目	30病日	63病日	84病日	124病日
FMA 下肢合計	29	30	32	32
FMA 股関節／膝関節／足部 合計	28	28	28	28
FMA 協調性／スピード 合計	1	2	4	4
FMA 感覚機能評価				
感覚合計	2	6	8	11
触覚：大腿・下腿	1	1	2	1
：足底	0	1	1	2
位置覚：股関節	1	1	2	2
：膝関節	0	1	1	2
：足関節	0	1	1	2
：拇趾	0	1	1	2
SARA	15.5	10.5	6.5	3.5
立位荷重感覚(°)*				
45	+35	+15	+10	0
60	+30	+15	+10	+5
90	-25	-15	-15	-5
CWS (m/sec.)	0.7 [※]	0.6	0.8	1.2
TUG com (sec.)	22.4 [※]	18.6	13.3	7.7
BBS	7	37	53	56
Mini-BESTest 合計	不可	9	22	28
Mini-BESTest 反応的姿勢制御 合計	—	1	4	6
代償的な修正ステップ：前方	—	1	2	2
：後方	—	0	1	2
：側方	—	0	1	2
MMSE	20	28	27	29
TMT part A (秒)	不可	88	53	50
TMT part B (秒)	不可	不可	190	120

FMA: Fugl-Meyer Assessment, SARA: Scale for the Assessment and Rating of Ataxia, CWS: Comfortable Walking Speed, TUG com: Timed Up and Go Test Comfortable, BBS: Berg Balance Scale, Mini-BESTest: Mini-balance Evaluation Systems Test, MMSE: Mini Mental State Examination, TMT: Trail Making Test.

*：目標角度からの誤差 ((+)目標角度過大 (-)目標角度過小).

※：介助で実施.

教示を行っても骨盤の右側偏移は改善せず右側に傾倒し介助を要した。一方で右側に配置した壁を利用し「壁に近づいてください」「壁から離れてください」のようにEFAを利用した重心移動を誘導すると骨盤の右側方偏移による姿勢不良は出現せず、動作は見守りで可能であった。

歩行は右初期接地時における股関節内転接地（以下、内転接地）とそれに伴う右荷重応答期から立脚中期にかけて骨盤の右側方偏移が出現するため右側方へ傾倒し、歩行には介助を要した。歩行時の内転接地を修正する目的で「右足を外側に着くように」とIFAを利用した場合、歩容改善には至らなかった。一方で、足元に配置した目印⁵⁾（以下、足跡パッド）を利用しEFAを利用した歩行練習では「足跡パッドを踏むように」と教示すると内転接地は即時的に修正した（図2）。このように荷重立位、歩行場面共にIFAと比較しEFAによる教示が即時的に姿勢・歩容改善を認める傾向であった。

歩行機能の評価は、対象者が日常的に使用している靴

や補装具を用い、Comfortable Walking Speed（以下、CWS）を実施した。バランス機能評価はMini-balance Evaluation Systems Test（以下、Mini-BESTest）¹⁶⁾、Berg Balance Scale（以下、BBS）¹⁷⁾、Timed Up and Go Test Comfortable（以下、TUG com）¹⁸⁾を実施した。測定は各検査に十分な経験を有している担当理学療法士1名が行った。CWS, TUG com, 中間評価時の片脚立位保持、動的関節制動訓練（dynamic joint control training：以下、DYJOCボード）の保持時間の測定は2回ずつ実施し、2回の平均値を採用した。また、歩行自立の判断には、SARA, Mini-BESTest, BBS, TUG comの歩行自立のカットオフ値¹⁹⁻²¹⁾を満たし、セラピストや病棟看護師と相談の下、問題ないと判断した場合に自立とした。各評価項目の経過を表1に示す。

治療方針と経過

1. 初期治療方針（30～63病日）

介入初期の本症例の問題点を荷重立位時の姿勢不良と

歩行時の内転接地と考え、その要因は下肢の感覚機能や注意機能の低下によるものと推察した。先行研究⁷⁾では、感覚機能が低下している症例に対してはIFAによる介入が有効であると報告されているが、本症例の立位姿勢や歩行の評価では、IFAによる立位姿勢・歩容の修正が困難であった。これは、本症例の感覚機能が重度鈍麻しているに加えて、注意機能も重度に低下を認めているために、自己身体への注意の焦点化が困難であったと考えた。このため、意識的な運動制御がより少ないEFAが介入初期の本症例には有効であると考え、EFAを利用した治療プログラムを立案した(図2)。また、EFAを利用した治療プログラムは20~30分実施し、並行して臥位での右下肢筋出力向上トレーニング、立位荷重、歩行練習(以下、通常介入)も実施した。

2. 治療経過と中間評価

第63病日には、FMA感覚機能評価の表在・深部感覚共に全ての項目で1点まで改善した。荷重下での膝関節位置覚評価でも、各動作15°の誤差と改善を認めた。BBSは37点、Mini-BESTestは9点、MMSEは28点まで改善し、TMT part Aも測定困難だったものが88秒まで改善した。起立、立位保持は無補助具で見守り、歩行は歩行車と短下肢装具を使用し直進は見守りで可能となり看護師との病棟における自主歩行練習も可能となった。しかし、右方向への方向転換に左下肢を右下肢前方から交差させるクロスステップが出現し、右下肢単脚支持時に骨盤の右側方偏移が惹起されることにより姿勢を保持できず、右側への転倒リスクが残存している状態で

あった。Mini-BESTestの反応性姿勢制御の項目でも、側方へのステップングの項目が0点であったことから自立歩行はまだ困難であった。右側への重心移動の際にクロスステップが出現し転倒する問題に対し、クロスステップ位を保持する課題を実施した。その際に右側に壁を配置し「壁に近づかないようにしてください」とEFAを利用した場合、骨盤の右側方偏移は改善されず、介助が必要であった。一方で「右足部の外側に過度に体重がかからないようにしてください」とIFAを利用した場合、体幹右側屈が軽減し介助なくクロスステップ位が保持可能であった。右片脚立位課題では、教示を行わない場合、右側に過荷重となり1.41秒保持が可能であった。クロスステップ同様に「壁に近づかないようにしてください」とEFAを利用した場合1.93秒保持が可能であった。一方、「右足部の外側に過度に体重がかからないように」とIFAを利用した場合、3.24秒保持が可能であった。DYJOCボードによる姿勢制御課題では、教示を行わない場合、12.68秒保持可能であった。「ボードが出来るだけ動揺しないようにしてください」とEFAを利用した場合、13.12秒保持可能であったのに対し、「両足が出来るだけ動かないようにしてください」とIFAを利用した場合、16.64秒保持可能であった(図2)。

3. 後期治療方針(63~124病日)

介入後期の本症例の問題点は、方向転換場面でのクロスステップ時に姿勢を保持できないことであり、これは介入初期の問題点と同様に下肢の感覚機能や注意機能の低下によるものが要因と考えた。感覚機能は初期評価

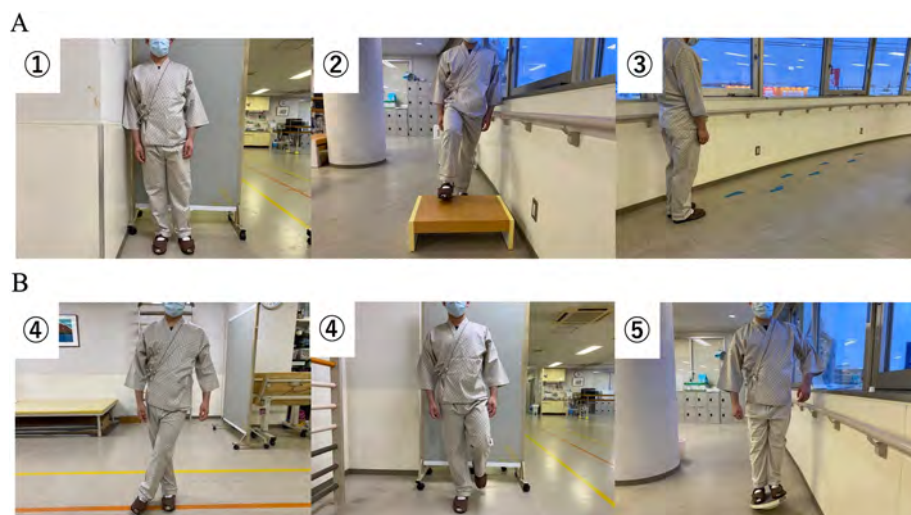


図2 注意の焦点化が有効であったプログラム例

A: 外的焦点化 (External focus of attention)

- ①下肢荷重時「壁に近づくように」「壁から離れるように」教示し、下肢の荷重量をコントロールする。
- ②段差ステップ時「足跡パッドに足を乗せるように」教示し、右下肢の股関節内転接地を修正する。
- ③歩行時「足跡パッドを踏むように」教示し、右下肢の股関節内転接地を修正する。

B: 内的焦点化 (Internal focus of attention)

- ④クロスステップ、片脚立位時「右足の外側に体重が乗りすぎないように」教示し、右下肢の荷重量をコントロールする。
- ⑤DYJOCボードによる姿勢制御練習時「両足が出来るだけ動かないように」教示し、姿勢保持をする。

時では重度鈍麻であったのに対し、63病日には軽～中等度鈍麻へと改善し注意機能もTMT part Aが測定可能な状態まで改善した(表1)。介入初期では感覚機能が脱失～重度鈍麻や注意機能が重度に低下していたため、身体内部に意識を向けることや持続させることが困難でありIFAを用いた介入の実施が困難と判断した。しかし、中間評価においては感覚機能・注意機能の低下が改善し、IFAを利用した教示により姿勢の修正やパフォーマンスの改善を認めたため、動作指導時の教示方法をEFA中心の指導からIFA中心の指導に変更した。

また、IFAを利用した治療プログラムは20～30分実施し、並行して応用動作を含めた歩行練習や自主練習、独居再開に向けた屋外歩行練習、日常生活動作練習も実施した。

4. 最終評価

1) 神経学的所見

FMAの下肢運動項目は合計32点、表在感覚は大腿・下腿1点、足底2点に向上した。深部感覚は股関節、膝関節、足関節、拇趾共に2点に向上した。荷重下での位置覚評価は、各動作5°程度の誤差まで改善し、荷重感覚はほぼ正常まで改善したが、下肢全体の痺れは初回評価時と大きく変わらない状態であった。

2) 神経心理学的所見

MMSEは29点、TMT part Aは50秒、TMT part Bは120秒まで改善した。認知機能は同年齢の正常範囲まで改善したが、短期記憶の低下は残存し動作時の注意配分性低下は残存した(表1)。

3) 姿勢、歩行、バランス評価

右方向への方向転換では左下肢を右下肢前方から交差させるクロスステップに姿勢を保持できるようになり、転倒リスクは軽減した。Mini-BESTestの反応性姿勢制御の項目でも、側方へのステッピングの項目は2点へと改善した。SARAは6.5点、TUG comは13.3秒、BBSは53点、Mini-BESTestは22点と歩行自立基準¹⁹⁻²¹⁾を満たし、第84病日に病棟内歩行自立となった。その後、第124病日に屋外歩行自立となり独居再開が可能となった。

考 察

今回、重度の感覚機能と注意機能の低下を認めた症例に対して、症状の改善に合わせて動作練習時の教示をEFA中心からIFA中心に切り替えながら介入を行い良好な帰結を得た。介入初期は本症例の重度感覚・注意機能低下を考慮し、通常介入と併用しEFAを利用した治療プログラムを中心に実施した。介入後期には感覚・注意機能に一部改善を認めたため、身体内部へと注意を向けるIFAを主体とした介入を実施し、最終的には屋外歩行は自立し独居再開が可能となった。

本症例の介入初期ではEFAがIFAと比較し有効であった理由は、重度の感覚機能や注意機能の低下を認めていたことにより、意識的に自己の身体の一部へ注意を向けるIFAによる介入が高難易度であったためと考える。Sakurada²²⁾らはIFAによる教示は、高い感覚機能を有する脳卒中者ではパフォーマンスを有意に向上させることが報告されている。これは、身体内部の動作への注意を十分に向けることが可能であるため正確な運動が遂行できることを示唆している。しかしながら、本症例は重度の感覚機能低下を呈しており、自己の身体内部に注意を向けるIFAの利用が困難であったと推測される。加えて、EFAと比較しIFAはより多くの認知的負荷を要する³⁾ことから、荷重、歩行時場面において手すりや足跡パッドのみに注意を向ける単一かつ、身体外部に注意を向けた課題であったため、重度の感覚・注意機能の低下を有する本症例にはEFAがIFAと比較し有効な手段であったと考える。

介入後期では感覚・注意機能の改善を認め、IFAを利用した教示により姿勢の修正やパフォーマンスの改善を認めたため、EFA中心の介入からIFA中心の介入に方針を変更した。一般的にIFAは運動パフォーマンス時に自己の身体の一部に注意を向ける教示が加わるため、効率的かつ効果的な運動が阻害されることが報告されている⁴⁾。しかし、IFAは対象者の熟練度が低い場合²³⁾や一定期間の継続した介入を行う場合²⁴⁾、EFA以上に有効であることが示唆されている。

また、Kalら⁷⁾は感覚機能の低下を呈する対象であればIFAがEFAと比較しよりバランス機能が改善する可能性を報告している。本症例においても、感覚機能低下の残存がバランス機能低下に影響を及ぼしており、IFAを利用した介入が有効であったと考える。IFAの長期的な効果については、運動の修正点や課題点への気づきを促すことや、動作に対して内的な基準の設定に有効であることが報告されている²⁵⁾。これらを含めEFAとIFAを評価結果に応じて切り替えを行ったことで更なるバランス機能の向上を認めたことが示唆された。

本症例報告から、対象者に重度感覚・注意機能の低下を認める場合には、介入初期は感覚機能の影響や認知的負荷が少ないEFAが有効であり、感覚・注意機能に改善を認めた場合にはIFAに切り替えるといった治療方針の変更が有効であることが示唆された。

しかしながら、本症例における機能改善とそれに伴う治療方針の関係性が他の症例にも有効であるかどうかは不明である。そのため、各症例において機能改善に応じてIFAおよびEFAの双方の治療を効果判定し、その上で適切な治療方法を選択していく臨床プロセスが重要であると考えられる。

本検討の限界として、動作の円滑性における評価、教

示方法の違いによる介入前後での比較、検証は行っていない点が挙げられる。注意の向け方に関連する脳卒中者を対象とした検討では⁵⁾⁶⁾⁸⁾ 即時効果や数日のみの介入が多く、長期的な介入効果についての検討は少ない点、感覚・注意機能低下が重複している症例に対し教示方法の違いが与える影響についても今後検討が必要と考える。また、一症例での経過であることから、今後は複数の症例での検討が必要であると考えられる。

結 論

今回、重度の感覚機能低下や注意機能低下を呈した症例に対し、経過の中で運動学習を促す教示方法をEFAからIFAへと段階的に変更することで、著明なバランス・歩行機能の改善を認めた。この結果は、症状の変化や個々の症例に応じて、適切に評価を行い注意の焦点化の方法を選択した上で動作指導していくことが有効である可能性を示している。

利 益 相 反

本症例報告において開示すべき利益相反はない。

文 献

- Wulf G, Weight M, *et al.*: Attentional focus on supra-postural tasks affects balance learning. *Q J Exp Psychol A*. 2003; 56: 1191–1211.
- Chua LK, Jimenez-Diaz J, *et al.*: Superiority of external attentional focus for motor performance and learning: Systematic reviews and meta-analyses. *Psychol Bull*. 2021; 147: 618–645.
- Kal EC, van der Kamp J, *et al.*: External attentional focus enhances movement automatization: A comprehensive test of the constrained action hypothesis. *Hum Mov Sci*. 2013; 32: 527–539.
- Wulf G, McNeven N, *et al.*: The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *Q J Exp Psychol A*. 2001; 54: 1143–1154.
- Kim SA, Ryu YU, *et al.*: The effects of different attentional focus on poststroke gait. *J Exerc Rehabil*. 2019; 15: 592–596.
- Mückel S, Mehrholz J: Immediate effects of two attention strategies on trunk control on patients after stroke. A randomized controlled pilot trial. *Clin Rehabil*. 2014; 28: 632–636.
- Kal E, Houdijk H, *et al.*: Are the effects of internal focus instructions different from external focus instructions given during balance training in stroke patients? A double-blind randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2019; 33: 207–221.
- Kal EC, van der Kamp J, *et al.*: Stay focused! The effects of internal and external focus of attention on movement automaticity in patients with stroke. *PLoS One*. 2015; 28: e0136917.
- Piccoli A, Rossetini G, *et al.*: Effect of attentional focus instructions on motor learning and performance of patients with central nervous system and musculoskeletal disorders: A systematic review. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2018; 3: 40.
- Kothari RU, Brott T, *et al.*: The ABCs of measuring intracerebral hemorrhage volumes. *Stroke*. 1996; 27: 1304–1305.
- Huang K, Ji Z, *et al.*: Development and validation of a grading scale for primary pontine hemorrhage. *Stroke*. 2017; 48: 63–69.
- Duncan PW, Propst M, *et al.*: Reliability of the Fugl-Meyer assessment of sensorimotor recovery following cerebrovascular accident. *Phys Ther*. 1983; 63: 1606–1610.
- Sanford J, Moreland J, *et al.*: Reliability of the Fugl-Meyer assessment for testing motor performance in patients following stroke. *Phys Ther*. 1993; 73: 447–454.
- Ghiasi AK, Akbari A: Comparison of the effects of open and closed kinematic chain and different target position on the knee joint position sense. *Journal of Medical Sciences*. 2007; 7: 969–976.
- Schmitz-Hübsch T, du Montcel ST, *et al.*: Scale for the assessment and rating of ataxia: Development of a new clinical scale. *Randomized Controlled Trial Neurology*. 2006; 66: 1717–1720.
- Franchignoni F, Horak FB, *et al.*: Using psychometric techniques to improve the Balance Evaluation Systems Test: The mini-BESTest. *J Rehabil Med*. 2010; 42: 323–331.
- Berg K, Wood-Dauphinee S, *et al.*: Measuring balance in the elderly: Preliminary development of an instrument. *Physiother Dan*. 1989; 41: 304–311.
- Podsiadlo D, Richardson S: The timed “Up & Go”: A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991; 39: 142–148.
- Kim BR, Lim JH, *et al.*: Usefulness of the Scale for the Assessment and Rating of Ataxia (SARA) in ataxic stroke patients. *Ann Rehabil Med*. 2011; 35: 772–780.
- 長谷川 智, 幸地大州, 他: 回復期リハビリテーション病棟入院患者におけるBalance Evaluation Systems Test (BESTest), MiniBESTest, Brief-BESTestの歩行自立判定の精度の検討. *理学療法科学*. 2017; 32: 477–488.
- 北地 雄, 原 辰成, 他: 回復期リハビリテーション病棟入院中の脳血管疾患後片麻痺を対象とした歩行自立判断のためのパフォーマンステストのカットオフ値. *理学療法科学*. 2011; 38: 481–488.
- Sakurada T, Nakajima T, *et al.*: Improved motor performance in patients with acute stroke using the optimal individual attentional strategy. *Sci Rep*. 2017; 7. doi: 10.1038/srep40592.
- Perkins-Ceccato N, Passmore SR, *et al.*: Effects of focus of attention depend on golfers’ skill. *J Sports Sci*. 2003; 21: 593–600.
- 金山篤樹, 南真由香, 他: 未習熟課題に対する継続的なInternal Focus指示の効果について. *理学療法科学*. 2021; 68: 29–34.
- 佐々木丈予: 注意と運動学習. *体育の科学*. 2018; 68: 219–223.

総説

シリーズ 「栄養と理学療法のポイントを考える」

連載第4回 急性期病院での栄養と理学療法*

小川 真人¹⁾²⁾

はじめに

急性期では手術、治療による炎症反応の極期にあり、栄養状態また身体機能もダイナミックに変わる時期である。この時期の理学療法を効果的に行うには栄養の評価かつ介入も併せて行うことが必須となり、栄養問題を無視して介入することは理学療法の効果を最大化できないばかりか、逆効果となってしまう危険性をはらんでいる。本稿では急性期における栄養と身体機能、運動療法の関係性について、またその代謝変化について概説する。

急性疾患が骨格筋、栄養状態に与える影響

急性期病院では、程度の差こそあれ、手術や外傷など生体内の恒常性を乱す侵襲が起きた状態の患者を対象とする。そのため、侵襲による異化反応による急性期の骨格筋に与える影響を十分考慮する必要がある。侵襲が起きると生理反応として、必ず侵襲の大きさに応じて内因性のエネルギー供給が発生する。内因性エネルギーとはグリコーゲンの分解と筋タンパクの異化により供給されるアミノ酸を基質とした糖新生である。しかし、グリコーゲンの貯蔵には限界があるため、エネルギーの多くは筋タンパクの分解（異化）を主体とした筋消耗が引き起こされる（図1）。内因性のエネルギーは侵襲が大きく、かつ長引くほど多くの炎症性サイトカインとストレスホルモンが産生されるためにそれに比例する形で増大する。熱傷などの重症患者では、筋量換算で750～1000 gにあたる筋タンパクを僅か1日で失うことが知られており、筋消耗は急速に進行する¹⁾。一方、この異化を予防しようと、経口摂取や静脈・経管栄養によって外

因性エネルギーをいくら投与しても内因性エネルギーを抑制することはできない。むしろ、過剰エネルギー投与（overfeeding）は高血糖や、骨格筋のタンパク質分解を助長し悪影響を与える²⁾。そのため原因疾患の改善ならびに炎症反応の鎮静化なくして栄養状態、ならびに骨格筋の改善は見込めないのである。ガイドラインでは、急性期の初期1週間は、エネルギー消費量よりも少なくエネルギー投与することを推奨しており、タンパク質量も1.0 g/kg/dayを下回ると窒素バランスはマイナスになるものの至適タンパク質投与量はいまだ不明である³⁾⁴⁾。これらの生体のエネルギー需要のバランスの複雑さが、慢性炎症や飢餓によるエネルギー不足とは異なる点であり、急性炎症で栄養療法、筋消耗への対応を困難にさせている要因である。そのため、急性期の栄養療法また運動療法は全身状態を把握したうえで、その目的とモニタリングをしながらの対応が求められる（図2）⁵⁾⁶⁾。

また急性期では侵襲による異化亢進だけでなく、安静・不活動による廃用性の筋消耗もオーバーラップしてくると大きな特徴である（図3）⁷⁾。安静臥床による影響として1日1-3% ずつ筋力低下が進むことが報告されているが、特に安静を強いられた直後より影響が見られ、最初の10日間の筋萎縮の進行は急速である⁸⁾。安静臥床による筋消耗は筋タンパク合成の減弱と筋タンパク分解亢進の両者によって引き起こされる。高齢者を対

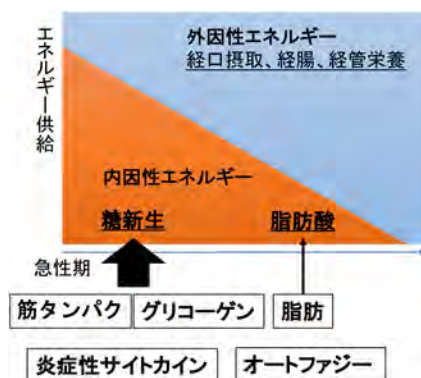


図1 急性期のエネルギー供給の概念図

* Rehabilitation and Nutrition in Acute Care Hospital

1) 大阪保健医療大学保健医療学部

(〒530-0043 大阪府大阪市北区天満1丁目9番27号)

Masato Ogawa, PT, PhD: Department of Rehabilitation Science, Osaka Health Science University

2) 神戸大学大学院医学系研究科リハビリテーション機能回復学

Masato Ogawa, PT, PhD: Division of Rehabilitation Medicine, Kobe University Graduate School of Medicine

キーワード：急性期、フレイル、栄養障害

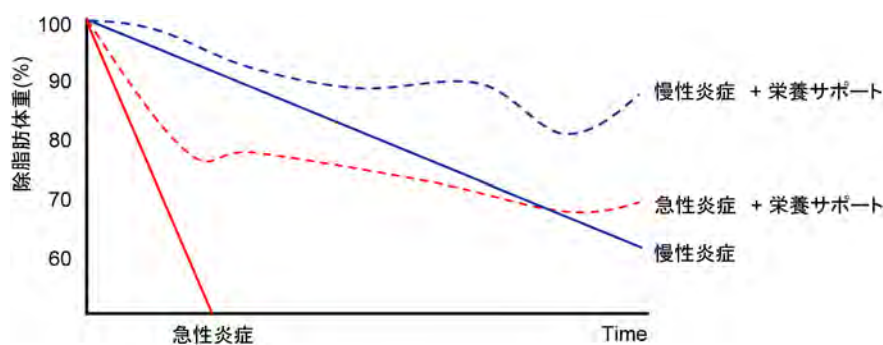


図2 炎症と栄養状態(除脂肪体重), ならびに栄養療法との関係(文献(6)から作図)

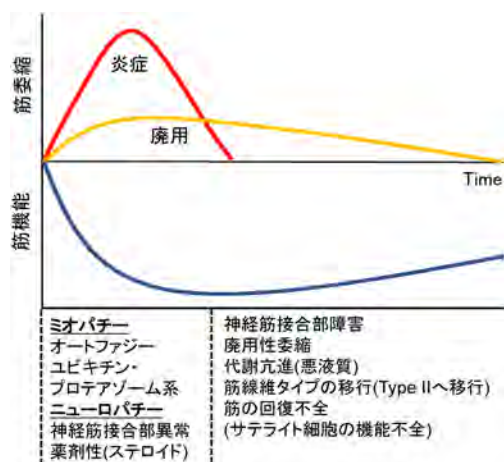


図3 侵襲及び廃用が骨格筋に及ぼす影響(文献(7)を一部改変・作図)

象とした多施設調査によると入院前健康な患者が平均10日の入院で14.7%が新規にサルコペニアを発症したと報告している⁹⁾。そのためサルコペニアの原因のうち、加齢や栄養障害、低活動、疾患のほか医原性もリスクの一つのとして認識されており¹⁰⁾、医原性サルコペニアを防ぐ適切な運動介入、並びに栄養介入が必要である⁶⁾。入院中の安静臥床が原因となりActivities of Daily Living(以下、ADL)の低下に陥る(Hospital associated disability: 以下、HAD)ことは、近年問題となっているが、その中でも身体活動量は急激に落ちることが多数報告されている¹¹⁾。高齢者の場合、入院中の平均の歩数は700歩にすぎず、日中の89-99%は離床していないことが報告されている¹²⁾¹³⁾。これは退院後の身体活動量の3割未満であり¹³⁾、日中臥床傾向で、日内リズムも崩れてしまうことで筋力低下、フレイルを引き起こすだけでなく、せん妄や認知機能障害も惹起される。ひとたびHADやせん妄に陥ってしまうと、影響は退院後も長期化する¹⁴⁾。そのため積極的な運動負荷がかけられない場合においても超早期より離床、日内活動量の確保という観点からの理学療法介入は非常に重要である。

急性期での栄養評価

急性期では栄養状態の評価は重要であるが、入院前の

栄養状態のスクリーニングと入院中の刻一刻と変化する栄養状態の評価のどちらも必要となる。入院前の栄養状態の評価としては、主観的包括的アセスメント(Subjective Global Assessment: SGA)と身体計測や血液検査の結果を含めた複合的な評価が必要となる。近年Global Leadership Initiative on Malnutrition(以下、GLIM)と呼ばれる低栄養診断国際基準が発表されたが¹⁵⁾、これは栄養スクリーニングのアルゴリズムに骨格筋量評価が含まれており、骨格筋量の評価が栄養評価において極めて重要であることを示している(図4)。複数ある栄養評価ツールにおいては術前の短期アウトカムの評価にはMini Nutritional Assessment Short Form(MNA-SF)が優れているとの報告もあるが¹⁶⁾、それぞれの評価に一長一短があり、施設で統一した評価法で評価し、それを多職種で共有することが必要である。表1に各栄養評価ツールの特徴を示している。

骨格筋量の評価については、測定できる状況であればComputed Tomography(CT)やMagnetic Resonance Imaging(MRI)による評価が一番正確性が高く望ましい。生体電気インピーダンス(Bioelectrical Impedance Analysis: 以下、BIA)法も近年普及してきているが、急性期においては、体内水分量に注意する必要がある、浮腫がある患者の場合、骨格筋量を過大評価することが報告されている⁸⁾。BIA法で測定できる場合、骨格筋量指数だけでなく、細胞の構造的な安定さを反映する位相角(Phase Angle)も有用となる。Phase AngleはCT値低下とも関連し、筋の質的評価として注目されており、サルコペニアはもちろんのことながら身体機能やADL、嚥下機能とも関連する¹⁷⁾¹⁸⁾。また、超音波検査は筋量評価、筋の質的評価としてもその非侵襲性、反復可能性からも期待されており、筋厚や筋断面積、筋の輝度を評価できる。大腿四頭筋での評価(大腿直筋や中間広筋)での評価が汎用されており、その有用性も示されているが¹⁹⁾、下腿三頭筋を用いて腓腹筋、ヒラメ筋を同時に評価することで、遅筋、速筋の筋線維タイプの構成が異なる骨格筋の筋消耗も評価できる可能性もある。また横隔膜の筋厚また機能評価にも用いることができる²⁰⁾。上腕周囲長、

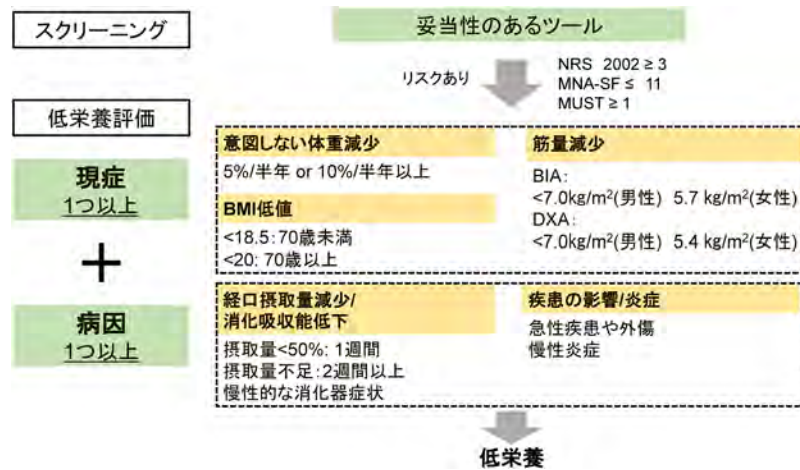


図4 Global Leadership Initiative on Malnutrition基準での低栄養定義（文献(15) から作図）

表1 栄養スクリーニングツールの比較

	SGA	MNA-SF	MUST	GNRI	MST	NRS 2002	GLIM
摂取量減少	○	○	○		○	○	○
体重減少	○	○	○		○	○	○
移動性	○	○					
疾患	○	○				○	○
認知症・うつ		○					
BMI	○	○	○	○		○	
筋肉量							○
消化器症状	○						
評価項目数	6	6	3	2	3	4	5

SGA: Subjective Global Assessment, MNA-SF: Mini Nutritional Assessment Short-Form, MUST: Malnutrition Universal Screening Tool, GNRI: Geriatric Nutritional Risk Index, MST: Malnutrition Screening Tool, NRS2002: Nutrition Risk Screening 2002, GLIM: Global Leadership Initiative on Malnutrition.

上腕三頭筋部皮下脂肪厚、下腿周囲長などの身体測定は簡便で、臨床上容易に測定できるが、これらも浮腫の影響を受け、特にIntensive Care Unit（以下、ICU）入室患者など重症患者では骨格筋を過大評価するとされているため注意が必要である²¹⁾。

入院中の日々の評価としては、血液生化学的検査でよく用いられる、アルブミン、血清総タンパクなどの栄養アセスメントタンパクは、前項で述べたタンパク代謝の観点から、急性期の栄養評価には不向きである。炎症の指標として代表的なC反応性タンパク（CRP）と逆相関するアルブミンなどの血漿タンパクは侵襲・炎症の評価にはなり得ても栄養評価にはなり得ないのである。栄養評価に用いる際には半減期の短い動的栄養指標とされているトランスサイレチン（TTR）、レチノール結合タンパク（RTP）、トランスフェリン（Tf）などのrapid turnover proteinを使用する。また栄養投与量・摂取量の評価も重要で、毎日の評価が欠かせない。食事摂取量が基礎代謝量に届かない場合、リハビリテーションの効果が減弱する。また、骨格筋保護、改善にはタンパク質摂取量も重要で1.20–1.50 g/kg/dayの摂取が骨格筋量の維持・増

加に推奨されている^{22) 23)}。詳細な評価については毎日理学療法士が評価を行うことが困難な場合には看護師・管理栄養士と協同して評価を共有する必要がある。看護師が目測法にて残菜調査を行い、食事摂取量を評価している施設が多いと思われるが、目測法にて8割を切ると栄養必要量を下回り、身体機能も低下する²⁴⁾との報告もあり、提供食事量の8割を経常的に下回ることがあれば、理学療法効果を最大化するためにも追加的な栄養投与や栄養補助食品などの検討を行う簡単な目安とすることができる。

理学療法を行う上で注目すべき栄養の観点

適切な栄養療法が施行されていない状況でリハビリテーションを行うことはむしろ筋量を低下させる可能性が高い。侵襲期にどこまで運動負荷をかけるのか、という問いに現時点で明確な回答はないが、最低限の離床は行うべきであろうと考える。ICUで行われた研究ではベッド上の患者が端坐位をとり、車いす移乗し20分過ごすという一連の活動に必要な追加エネルギー量は4.56 kcalとの報告もある²⁵⁾。そのため最低限の離床であ

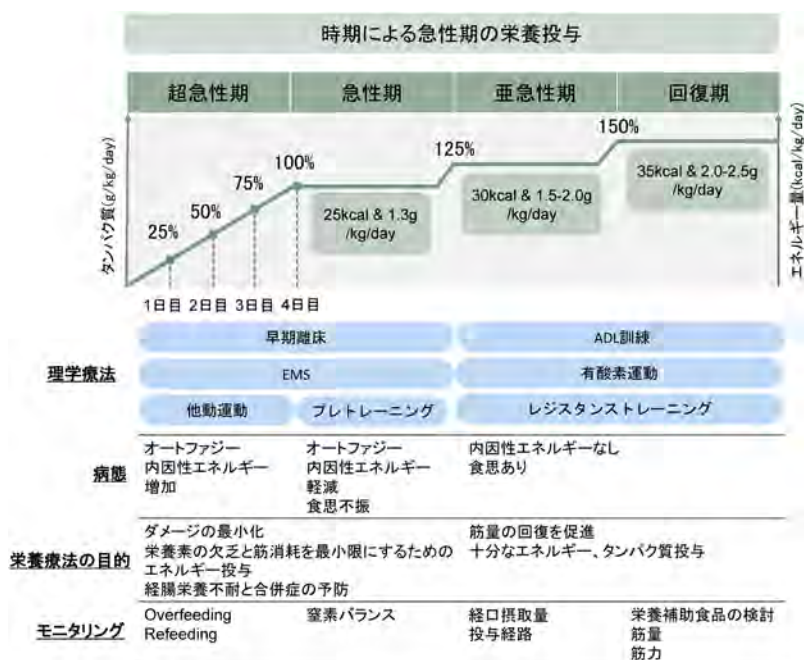


図5 急性期の栄養投与と運動療法及びモニタリング (文献(5)を一部改変・作図)

れば、離床にかかる追加必要エネルギー投与量はあまり考えることなく、栄養投与量が充足できてない状況下や炎症反応が高い時期においても、不要な安静は避けるべきで、離床によるメリットの方が臥床によるデメリットを大きく上回ると考えられる。急性期においては、運動療法、栄養療法の効果を最大化するためには炎症反応の早期鎮静化が最重要課題で、呼吸器合併症予防、せん妄予防など理学療法士が介入可能なアプローチも多い。離床のみならず、低負荷で1日に複数回行う少量低強度高頻度な運動が推奨されている。図5に急性期での時期による栄養療法ならびに運動療法、モニタリングについて示した⁵⁾。超急性期においては自重での運動や、ベッド上で行える自転車エルゴメーターなどを用いる。しかし、意識障害や鎮静時など自発運動が十分困難な患者には自動介助または他動的関節可動域訓練、ストレッチも筋量減少抑制に効果的であるとの報告もあり²⁶⁾、臥床で引き起こされる長期的な弊害を防止するためにも早期の筋刺激が必要である。

一方、炎症極期を過ぎると十分な栄養摂取量と運動療法の併用が不可欠となる。骨格筋のタンパク異化作用では収縮速度が速く疲労耐性の低い筋線維タイプへの移行がおきる。そのため、疲労しやすく、結果として不活動の時間が長くなる負のスパイラルに陥ってしまうため、座位の保持等の姿勢保持から低強度の運動時間を延長させていく。したがってリハビリ以外の時間の関わりも非常に重要となり、多職種と連携したうえで、理学療法で介入している時間だけでなく、一日全体としてみた身体活動量を漸増できるような関わりが望ましい。後期高齢者において、急性期の1週間程度の短期間の介入であっ

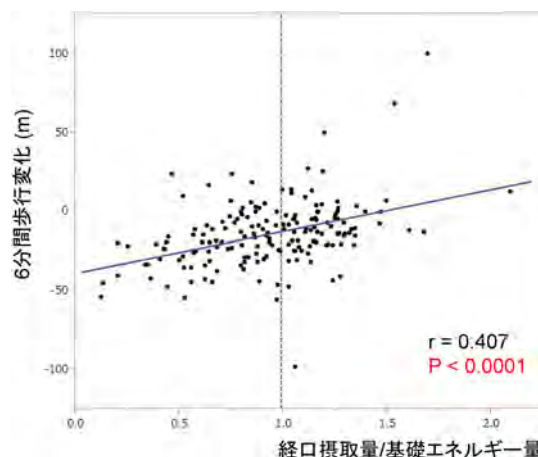


図6 経口摂取量と運動耐容能変化との関係 (文献(28)から作図)

てもレジスタンストレーニング、バランストレーニング、歩行訓練を含む介入を1日2回実施すると身体機能のみならず認知機能も改善することがランダム化比較試験で示されており²⁷⁾、短期間であっても早期からの理学療法の役割は大きい。積極的なレジスタンストレーニング、運動療法を行ううえではエネルギー必要量・タンパク質が投与されている必要がある。栄養摂取量が基礎エネルギー消費量すらも満たせていない状態での運動療法はその効果が乏しく(図6)²⁸⁾、エネルギー摂取量また投与経路についても調整する必要がある(図1)。タンパク質摂取量においても日本サルコペニア・フレイル学会のガイドラインではサルコペニアの発症予防に1.0 g/kg/dayの摂取量が推奨されている²⁹⁾のに対して、サルコペニアの治療や急性・慢性疾患の場合の筋量維持、改善には1.20-1.50 g/kg/dayの摂取が推奨されている²²⁾²³⁾。

しかし、入院高齢者において通常の病院食の食事摂取のみで1.50 g/kg/dayのタンパク質を摂取することは容易ではない。近年経口栄養補助食品（Oral Nutrition Supplements：ONS）の選択肢も多く、それらを提供することはもちろん、食事時のみでは摂取しきれない場合、リハビリ後や食事以外の時間に少しずつ飲むSip feedや、薬剤を水分で服用するところを経口的栄養補助で服用するMed-Passなどもエネルギー摂取量の確保に有効であると報告されている³⁰⁾³¹⁾。いずれにしても、患者個別性を意識した多職種での協同した関わりが必要となる。急性期からの適切な栄養管理、理学療法が入院中また退院後の患者のADLやQuality of Life（以下、QOL）に大きく寄与していることに相違ない。

神経筋電気刺激療法の可能性

疾患の急性期や侵襲の極期の運動負荷がかけられない時期の代替手段として神経筋電気刺激療（Neuromuscular electrical stimulation：以下、NMES）が注目されている。NMESは患者努力を必要とせず、筋活動を誘発でき、かつ遅筋線維と速筋線維の両者に非選択的に刺激を与えられるとされている。またNO産生増加や解糖系酵素の減少も証明されており、運動療法の代替手段として期待できる³²⁾。重症患者や植え込み型ペースメーカー患者に関しても安全性は証明されており、急性期でも臨床応用可能である³³⁾。しかしNMESの有効性のエビデンスは回復期・慢性期での研究が多く、下肢筋力や運動耐容能、QOLの改善が報告されている一方、急性期においてははまだ研究も少なく不明な点も多い³⁴⁾。そのため、ガイドラインでも積極的に推奨するには至っていないが、NMESの筋量減少効果や在院日数短縮効果³⁵⁾、また運動耐容能やQOLの改善効果³⁶⁾も証明されつつある。NMESの頻度や刺激時間は報告によってまちまちであるが、入院中は週5回、30-60分の刺激を行って効果を示しているものが多い。以上を踏まえるとNMESは運動療法を完全に代替できるものではないが、積極的に運動負荷がかけられるようになるまでの補足療法としては十分有用ではないかと考えられる。

おわりに

本稿では急性期における栄養と理学療法について、評価、介入について主に論じた。理学療法の可能性と栄養療法との併用効果、限界を把握したうえで、多職種と連携して対象者のアウトカムの最大化に努める必要がある。

文 献

- 1) Burnham EL, Moss M, *et al.*: Myopathies in critical illness: characterization and nutritional aspects. *J Nutr.* 2005; 135: 1818s-1823s.
- 2) Singer P, Blaser AR, *et al.*: ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. *Clin Nutr.* 2019; 38: 48-79.
- 3) Weijs PJ, Dickerson RN, *et al.*: Experimental and outcome-based approaches to protein requirements in the intensive care unit. *Nutr Clin Pract.* 2017; 32 (1_suppl): 77s-85s.
- 4) 小谷穰治, 江本穰治, 他. 日本版重症患者の栄養療法ガイドライン. *日本集中治療医学会雑誌.* 2016; 23: 185-281.
- 5) van Zanten ARH, De Waele E, *et al.*: Nutrition therapy and critical illness: practical guidance for the ICU, post-ICU, and long-term convalescence phases. *Crit Care.* 2019; 23: 368.
- 6) Jensen GL, Mirtallo J, *et al.*: International Consensus Guideline Committee: Adult starvation and disease-related malnutrition: A proposal for etiology-based diagnosis in the clinical practice setting from the International Consensus Guideline Committee. *Clin Nutr.* 2010; 29: 151-153.
- 7) Files DC, Sanchez MA, *et al.*: A conceptual framework: The early and late phases of skeletal muscle dysfunction in the acute respiratory distress syndrome. *Crit Care.* 2015; 19: 266.
- 8) Wall BT, Dirks ML, *et al.*: Skeletal muscle atrophy during short-term disuse: implications for age-related sarcopenia. *Ageing Res Rev.* 2013; 12: 898-906.
- 9) Martone AM, Bianchi L, *et al.*: The incidence of sarcopenia among hospitalized older patients: Results from the Glisten study. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2017; 8: 907-914.
- 10) Cruz-Jentoft AJ, Sayer AA: Sarcopenia. *Lancet.* 2019; 393: 2636-2646.
- 11) Brown CJ, Redden DT, *et al.*: The underrecognized epidemic of low mobility during hospitalization of older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2009; 57: 1660-1665.
- 12) Fazio S, Stocking J, *et al.*: How much do hospitalized adults move? A systematic review and meta-analysis. *Appl Nurs Res.* 2020; 51: 151189.
- 13) Jawad BN, Petersen J, *et al.*: Variations in physical activity and sedentary behavior during and after hospitalization in acutely admitted older medical patients: A longitudinal study. *BMC Geriatr.* 2022; 22: 209.
- 14) Goldberg TE, Chen C, *et al.*: Association of delirium with long-term cognitive decline: A meta-analysis. *JAMA Neurol.* 2020; 77: 1373-1381.
- 15) Cederholm T, Jensen GL, *et al.*: GLIM Core Leadership Committee; GLIM Working Group: GLIM criteria for the diagnosis of malnutrition—A consensus report from the global clinical nutrition community—. *Clin Nutr.* 2019; 38: 1-9.
- 16) Stoppe C, Ney J, *et al.*: Prediction of prolonged ICU stay in cardiac surgery patients as a useful method to identify nutrition risk in cardiac surgery patients: A post hoc analysis of a prospective observational study. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2019; 43: 768-779.
- 17) Di Vincenzo O, Marra M, *et al.*: Bioelectrical impedance analysis (BIA)-derived phase angle in sarcopenia: A systematic review. *Clin Nutr.* 2021; 40: 3052-3061.
- 18) Bise T, Yoshimura Y, *et al.*: Association between BIA-derived phase angle and sarcopenia and improvement in activities of daily living and dysphagia in patients undergoing post-stroke rehabilitation. *J Nutr Health Aging.* 2022; 26: 590-597.
- 19) Akazawa N, Kishi M, *et al.*: Longitudinal relationship between intramuscular adipose tissue of the quadriceps and activities of daily living in older inpatients. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2021; 12: 2231-2237.
- 20) Zambon M, Greco M, *et al.*: Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. *Intensive Care Med.* 2017; 43: 29-38.
- 21) Moisey LL, Mourtzakis M, *et al.*: Existing equations to estimate lean body mass are not accurate in the critically ill: Results of a

- multicenter observational study. *Clin Nutr.* 2017; 36: 1701–1706.
- 22) Bauer J, Morley JE, *et al.*: Sarcopenia: A time for action. An SCWD position paper. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2019; 10: 956–961.
 - 23) Deutz NE, Bauer JM, *et al.*: Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging: Recommendations from the ESPEN Expert Group. *Clin Nutr.* 2014; 33: 929–936.
 - 24) Kubo I, Izawa KP, *et al.*: Relationship between physical function at discharge and hospital meal intake in elderly patients with heart failure. *Heart Vessels.* 2022; 37: 1740–1748.
 - 25) Nydahl P, Schuchhardt D, *et al.*: Caloric consumption during early mobilisation of mechanically ventilated patients in Intensive Care Units. *Clin Nutr.* 2020; 39: 2442–2447.
 - 26) Rahiminezhad E, Sadeghi M, *et al.*: A randomized controlled clinical trial of the effects of range of motion exercises and massage on muscle strength in critically ill patients. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2022; 14: 96.
 - 27) Martínez-Velilla N, Casas-Herrero A, *et al.*: Effect of exercise intervention on functional decline in very elderly patients during acute hospitalization: A randomized clinical trial. *JAMA Intern Med.* 2019; 179: 28–36.
 - 28) Ogawa M, Izawa KP, *et al.*: Effects of postoperative dietary intake on functional recovery of patients undergoing cardiac surgery. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2019; 29: 90–96.
 - 29) 日本サルコペニア・フレイル学会：サルコペニア診療ガイドライン 2017年版 一部改訂. ライフサイエンス出版, 東京, 2020, pp. 34–35.
 - 30) Krebs F, Uhlmann K, *et al.*: Distribution of oral nutritional supplements with medication: Is there a benefit? A systematic review. *Nutrition.* 2022; 96: 111569.
 - 31) Roberts M, Potter J, *et al.*: Can prescription of sip-feed supplements increase energy intake in hospitalised older people with medical problems? *Br J Nutr.* 2003; 90: 425–429.
 - 32) Sillen MJ, Franssen FM, *et al.*: Metabolic and structural changes in lower-limb skeletal muscle following neuromuscular electrical stimulation: A systematic review. *PLoS One.* 2013; 8: e69391.
 - 33) Crevenna R, Mayr W, *et al.*: Safety of a combined strength and endurance training using neuromuscular electrical stimulation of thigh muscles in patients with heart failure and bipolar sensing cardiac pacemakers. *Wien Klin Wochenschr.* 2003; 115: 710–714.
 - 34) Balke M, Teschler M, *et al.*: Therapeutic Potential of Electromyostimulation (EMS) in critically ill patients-A systematic review. *Front Physiol.* 2022; 13: 865437.
 - 35) Nakanishi N, Oto J, *et al.*: Effect of electrical muscle stimulation on upper and lower limb muscles in critically ill patients: A two-center randomized controlled trial. *Crit Care Med.* 2020; 48: e997–e1003.
 - 36) Poltavskaya M, Sviridenko V, *et al.*: In-hospital electrical muscle stimulation for patients early after heart failure decompensation: Results from a prospective randomised controlled pilot trial. *Open Heart.* 2022; 9: e001965.

総 説

シリーズ 「理学療法を取り巻く社会環境の変化とニーズの再考」

連載第4回 スポーツ領域におけるこれからの理学療法のニーズ*

廣 重 陽 介¹⁾ 加 藤 基¹⁾

はじめに

文部科学省は、スポーツに関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るための重要な指針として、スポーツ基本計画を定めている。スポーツ基本計画では、全ての人が自発的にスポーツに取り組むことで自己実現を図り、スポーツの力により前向きで活力ある社会、絆の強い社会を目指すことを目標にした各種施策が提言されている¹⁾。2022年3月に示された第3期スポーツ振興計画では、持続可能な国際競技力の向上、スポーツに関わる者の心身の安全・安心確保などを重点施策としている。重点施策の1つには「多様な主体によるスポーツ参画の促進」があり、さまざまな業種がスポーツに参画し、アスリートやスポーツをする人を支援する体制を整えることも示されている。これは、東京2020オリンピック・パラリンピックの経験を踏まえたものであり、理学療法士(Physical Therapist: 以下、PT)の参加も国際的に評価を得たことが記されている。実際に、障がい者スポーツの裾野の拡大や運動部活動の地域以降に伴うスポーツ医科学の外部専門指導者による科学的なトレーニングの導入の推進など、近年スポーツに関する社会の変化は大きい。この社会の変化と第3期スポーツ基本計画に基づく施策の実施が合わさって、今後スポーツに医療が必要とされる場面が多くなることが想定される。つまり、医療者としてPTがスポーツに関わる場面は増え、積極的な参画が求められているともいえる。

PT養成校の調査によると、PT学生の半数以上は入学当初はスポーツ領域に最も興味をもっている一方で、卒業間近にはその割合は13%に減少している²⁾。授業や臨床実習を通じて、他領域の魅力に触れて興味が変わったのか、スポーツ領域に魅力を感じなくなったのか本結

果の理由は不明ではあるが、スポーツ領域を専門とするPTの1人としては寂しい結果である。また、PT養成校の「スポーツ理学療法学」に関する授業で扱う内容と、実際のスポーツ領域のニーズに合致する「スポーツ理学療法学」が必ずしも一致していなかったり、紹介が不足していたりする可能性があると感じている。このような背景から、スポーツと理学療法の関わりについて、情報整理や積極的な発信の必要性を感じる。

以上のことから本稿では、これまでの昨今の社会的背景を考慮しながら、これからのスポーツ領域における理学療法およびPTについて考察したい。

これまでのスポーツ領域における理学療法

これまでのスポーツとPTの関わりは、スポーツ傷害に係る診療科(主に整形外科)を有する医療機関内でなされているものが大多数であろう。この関わりにおいては、医療機関で何らかの診断を受けた患者に対し、スポーツ復帰を目標として、構造の回復や機能・動作の改善をめざし介入することが一般的である。これは、「スポーツ復帰を妨げる因子を取り除く」取り組みともいえる。この取り組みは、何らかの疾患により制限が生じた日常生活動作や在宅での生活に即した動作の改善によって、在宅復帰、職場復帰を目指す患者への理学療法と本質的には変わらない。しかしながら、スポーツ活動では、日常生活以上の活動水準が要求され、日常生活にはほとんど存在しない特殊な動作を身につける必要がある。そのため、スポーツ復帰には、在宅復帰や職場復帰を目指す理学療法とは異なる介入内容や介入期間が必要となることがある。加えて、リハビリテーションに関する医療保険制度(診療報酬制度)の観点も相まって、スポーツ復帰の最終局面に十分に関われる機会は極めて限定的であったと考えられる。

理学療法士の強みと弱み

PTは、理学療法士及び作業療法士法に定められた理学療法(2条1項「身体に障害のある者に対し、主として

* The Needs for Physical Therapy in the Field of Sports for the Future

1) 帝京大学スポーツ医科学センター

(〒192-0395 東京都八王子市大塚359)

Yosuke Hiroshige, PT, MA, Hajime Kato, MSc: Teikyo University Institute of Sports Science and Medicine

キーワード: スポーツ理学療法, 競技スポーツ, 障がい者スポーツ, ファンスポーツ

その基本的動作能力の回復を図るため、治療体操その他の運動を行わせ、及び電気刺激、マッサージ、温熱その他の物理的手段を加えること」を適切に行うための教育を受けている。疾患の病態理解、身体機能の低下を見出すための測定・評価、歩行や日常生活動作など動作を観察および分析、構造や機能に加え対象者の社会的情報なども踏まえた多角的な考察からの問題点抽出、問題点の解決を目指した介入実施については、PT教育の強みであり、スポーツ領域との関わりでも十分に活用できるものであるといえる。また、医療機関内でのチーム医療（連携）も日常的に行っていることが多く、医療情報を活用した対応ができる点も強みである。

一方で、スポーツ領域が必要としているいくつかの項目には、医療機関でスポーツに関わるPTが、十分な教育を受けているとはいえないものや、馴染みが薄いものもある。ここでは3つの観点で、スポーツ領域におけるPTの弱みとして示す。1つ目は、前章とも関連するが、スポーツおよびスポーツ動作の理解である。通常のPT教育ではスポーツに関わるトレーニング理論や動作に関する教育が十分に行われているとはいえない。ともすれば、自身の経験を元に介入を行うことになるが、それではPTが目指すエビデンスに基づく介入とはいえない。取り戻すべき機能や動作の理解とそのための介入方法について、十分な学習をする必要がある。2つ目は、傷害予防である。PTは医療機関を受診した患者に対してリハビリテーションを行うことが主たる業務であるため、傷害予防への介入は副次的になることが多い。多くの疾患に触れて得た知見を、傷害予防への介入という形でスポーツ現場に還元できるようにする取り組みも必要である。3つ目は、傷害発生時の救急対応と運動器系以外の疾患への対応である。医療機関で活動する際には、急性期の救急対応をPTが第一に担うことは多いとはいえない。しかし、スポーツ現場で活動する場合には、メディカルスタッフとして救急対応を担当することが求められる。また、熱中症や過換気症候群など全身的な症状を呈する運動器系以外の疾患への対応も求められるため、学習と対応の訓練が必要である。

これ以外にも強み、弱みとなるものは存在するが、この先ではここまでのことを踏まえて、これからのスポーツ領域における理学療法のニーズについて考察する。

これからのスポーツ領域における理学療法

近年、予防理学療法学の分野においては、これまでの患者を対象とした治療、機能回復・重症化予防（3次予防）を主体とする臨床活動から、介護予防などの2次予防、地域などコミュニティへの参画によって健康増進の推進を図るなどの1次予防（ポピュレーションアプローチ）までもPTの役割として位置づけられている³⁾。

今後スポーツ領域におけるPTにも、社会に飛び出した関わりが多く求められると考えられる。

すでに、スポーツに関わるPTによる医療機関外での活動もみられる。例として、地域スポーツへの参画（高校野球大会、マラソン大会、障がい者スポーツ大会など）や、少数ではあるが、トップレベルのアスリートを対象とした競技チームへの専門的対応などである⁴⁾。前者については、スポットでの対応となることが多く、ニーズとしては救急対応を含む応急処置、（医療を含む）健康相談などが主となっていると考えられる。また、後者については、他の専門職種と連携してPTとしての疾患の理解、動作分析、リハビリテーションなどに関する高い専門性を活かした関与を行うことが求められる。チームスタッフ編成によっては、測定、体力強化、健康管理などに関わることもある。

スポーツ領域での理学療法へのニーズは、スポーツに医療が必要な場面に存在するものであり、その場面がPTの活動場所となる。次章では、医療機関外（≒スポーツ現場）における理学療法およびPTのニーズとそのニーズに応えるためにPTが身につけるべき能力について考えてみたい。

スポーツ現場におけるPTの活動場所

1. ファンスポーツと理学療法

スポーツ愛好家が楽しむファンスポーツ場面においても、PTには多くのニーズがあるといえる。市民マラソン大会に参加するランナーを対象にPTのニーズを調査した研究では、多くのランナーが運動前のウォーミングアップ、傷害予防のためのトレーニング、ランニング動作の評価についてPTからの情報発信を期待している⁵⁾。ファンスポーツにおいては、多様な年齢層がスポーツに取り組んでいるが、年齢層によってスポーツへ取り組む姿勢が異なる可能性がある。我々の市民ランナーを対象とした調査では、パフォーマンスの向上に関する興味は50歳未満のランナーで高いことを示している⁵⁾。この例のように、対象とする年齢層も含めて、集団及び個人のニーズを考慮しつつ、リハビリテーションのみならずパフォーマンス向上や傷害予防の介入、教育について準備をしておく必要がある。

また、ファンスポーツにおける、主要な関わりとして、スポーツイベントにおける救護活動が挙げられる。この関わりは、都道府県理学療法士会や関連団体との共催で頻繁にみられる。基本的には大会限りのスポットでの活動であるため、普段の勤務とは異なる特殊なスキルが求められることも多く、競技や大会、出場者、役割に応じた事前準備は必須となる。筆者が頻繁に関わる市民マラソン大会における医務対応事例としては、足の水泡や腓腹筋痙攣などの比較的軽度なものから、運動性虚

脱、運動関連性低ナトリウム血症、熱中症、心筋梗塞や致死性不整脈による心停止など死に至りうるものまで多岐にわたる⁶⁾。市民マラソン大会における救護所（参加者自身が困って訪れるエイドステーション）でのPTの活動をまとめた報告では、ニーズの大部分は筋の痛み・痙攣、関節およびその構成体の痛みが多かったが、吐き気・嘔吐や創、悪寒、しびれなどについても一定数の訴えがあった⁷⁾。また、救護所の役割や時間帯によっては利用者が多いことから、短時間で主訴に対する変化を出さなければならないことも多い。開催時期や他の専門職との連携があるかなどによって、PTに求められる活動が異なることも考慮し、活動に参加する以上、日常では行わない不慣れな事象に対する対応を求められることも理解をしたうえで十分な準備を重ねたい。筆者は市民マラソン大会のコース上、ゴール後における救護活動にあたる経験も多いが、その場合ヒト（ヒューマンキャリアー）や車いす、担架などを用いた搬送を多く経験している。搬送資器材の準備や搬送方法の確認、搬送経路などを含む救護計画を事前に確認しておくとうい。

2. 子どものスポーツと理学療法

これまで、子どもに対するスポーツ領域の理学療法は、野球肘検診に代表される運動器検診やメディカルチェック、それに紐づく予防教育、啓蒙などが広く実施されてきた。これらは断片的であることもあるが、横断的なサポートとして継続されてきた。一方で、運動部活動の地域移行の推進に伴い、スポーツ医科学の知見に基づいた傷害予防介入、パフォーマンス向上などの取り組みが注目されている。また近年、子どもの体力低下、肥満である児童生徒の増加に伴う、傷害発生の増加が危惧されている⁸⁾。以上のことから、パフォーマンス向上、傷害予防、長期にわたりスポーツを愛好するという様々な視点で、子どもへの縦断的なサポートに貢献するという理学療法へのニーズが存在する。

スポーツ現場における集団の子どもたちへの関わりは、医療機関内で個別に理学療法を提供する場合とは異なり、注意すべき点がいくつかある。子どもは同じ暦年齢であっても、発育や性別、運動発達などが異なっており、個体差を考慮した対応が必要となる。同世代の集団での運動指導は、同一負荷、強度で行いがちであるが、成長期における運動器の特徴および発育の度合いの個体差を可能な限り配慮したい。個人差が大きい発育を確認する指標のひとつとして、最大身長増加速度年齢がある。いわゆる成長が遅めである「晩熟型」の子どもは、同一運動負荷において下肢障害リスクが高いと報告されていることから、暦年齢のみならず、身長増加速度を評価したうえで、予防やトレーニングを検討するとよい⁹⁾。近年、子どもの体力低下のみならず、運動パター

ンの形成が乏しいことも問題視されている¹⁰⁾。運動発達の視点において、10歳までの子どもは様々な運動課題と環境設定によって、無意識にて学習されていく多様な運動パターンの構築が有効である¹⁰⁾。したがって、目標（傷害予防やリハビリテーションなど）に対して、多様な課題を提示することで、局所のオーバーユースによる傷害を予防することに加え、多くの筋群を刺激しながら無意識的に様々な運動パターンを獲得し、成長期以降の高度な運動能力の獲得の基礎となることが期待される。

PTは筋骨格系に関する知識をもとにバイオメカニクスの視点から動作を理解し、傷害やその予防について考察することを強みとしているといえる。子どものスポーツに関する理学療法士の取り組みは学術的にもいくつか見られ¹⁰⁾¹¹⁾、このようなものを参考にしながら、発育や運動発達の観点も含めて介入する必要がある。

また、子どもは当然傷害に対する病態の理解が乏しく、言語的な病態説明だけで、十分に自身の状態を理解することはできない。子どもに対する適切な関わり方を考慮し、保護者や指導者などの子どもの周辺環境の協力も得ながら、子どものスポーツの安全な実施について情報発信をすることもPTが行える取り組みであろう。

3. 競技スポーツと理学療法

高い競技レベルで行われるスポーツは、傷害発生率も高いことが一部の競技で明らかになっている¹²⁾。したがって、競技スポーツは安全性が必ずしも高いわけではないことを理解しておかなくてはならない。近年、競技スポーツに関わるPTは増えている印象を受ける。その理由としては、前述した基本的運動能力の改善、動作を評価する視点などが評価されていることが考えられる。一方で、日常生活に制限がある患者に対し、日常生活動作における構造の理解や分析が重要であるように、競技スポーツに関わるアスリートに対してもその競技パフォーマンス構造や動作分析の理解が重要となるが、PT教育の中にそれらを取り扱うものはほとんどなく、それらに精通しているPTは少ない印象である。図1は、陸上競技100 m走の、図2は陸上競技走高跳のパフォーマンス構造を示している¹³⁾¹⁴⁾。「全力で100 mを走る」という、一見単純に感じられる競技種目ですら、それを実現するために様々な要素が関わっている。例えば、陸上競技のスプリント種目において、ハムストリング肉ばなれはその発生数が多く、復帰までの期間も長く、再発率が高いため、予防介入や競技復帰までの安全で確実なリハビリテーションに興味が持たれている¹⁵⁾。従来のスポーツ傷害後のリハビリテーションでは、治療過程に基づき、患部やその周囲の様々な要素（損傷により変化が起こったものや危険因子とされているもの）を中心に

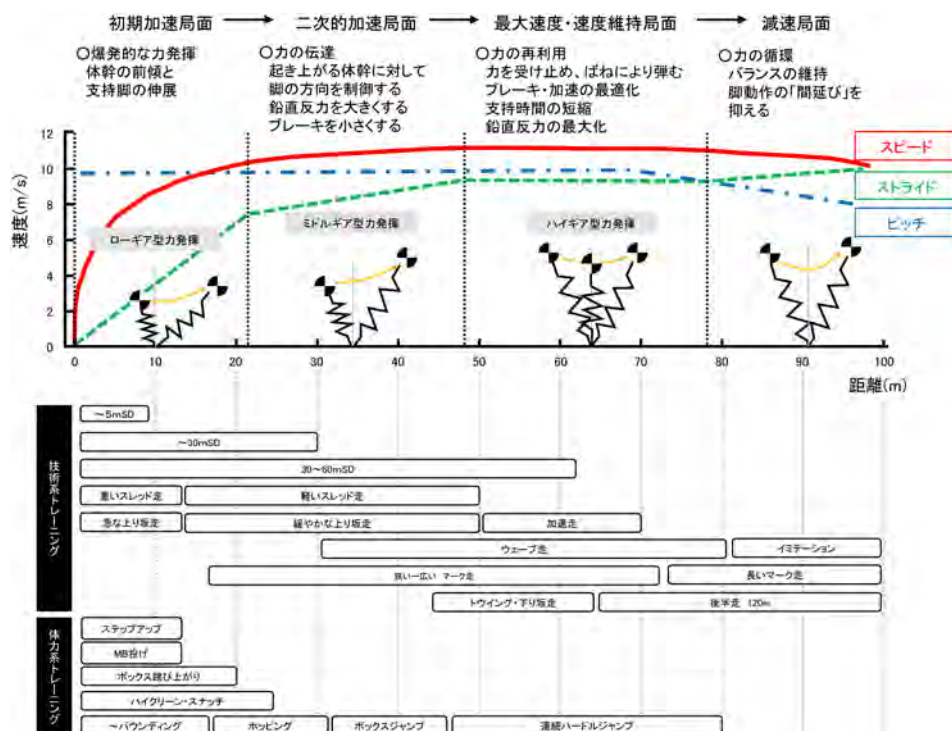


図1 スプリントの各位相におけるパフォーマンス構造とトレーニング手段 (文献13より)

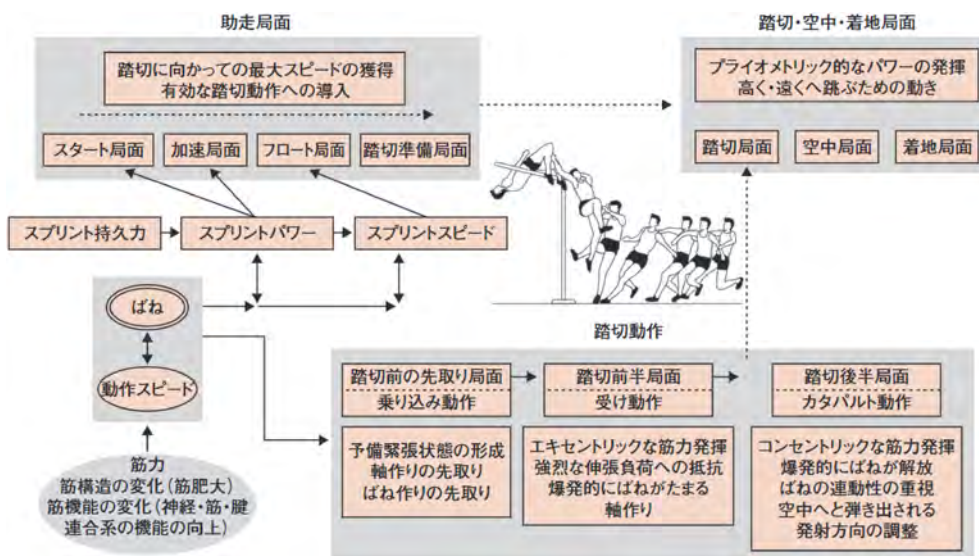


図2 陸上競技・走高跳のパフォーマンス構造 (文献14より)

負荷を段階的に高めていく要素還元主義的な見方がなされている。しかし、「弱くなった筋力を取り戻せば、復帰できるはず」というような要素還元主義的な考え方だけでは、競技スポーツへの安全な復帰を行うことが難しい。復帰までのプロセスは傷害およびパフォーマンスに関連する様々な重みづけをもつ要素が相互かつ複雑に関連しているため、パフォーマンス構造を理解したうえで、非線形的に能力が高まるとされる複雑系のシステムアプローチを考慮する必要がある¹⁶⁾。また、競技に必要な多様な体力要素(表1)や、図1,2のようなパフォーマンス発揮に必要な要素についても、患部への負荷を考慮して、順序立てて取り組む視点も持ち合わせ、リハビリ

表1 陸上競技スプリント種目において必要な体力要素

筋力
患部に負荷がない、パフォーマンス発揮に適した動作
スピード
パワー
スタビリティ
アジリティやクイックネス
持久力(スプリントエコノミー)

リテーションからパフォーマンス向上へのスムーズな接続、両立を行うことも重要となる。これらは、特に競技復帰段階や傷害予防段階において重要な要素のひとつで

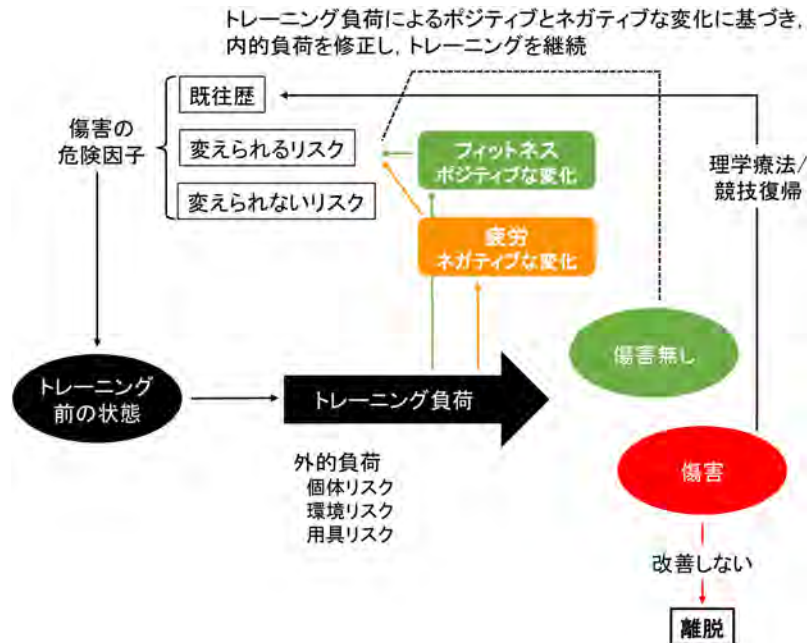
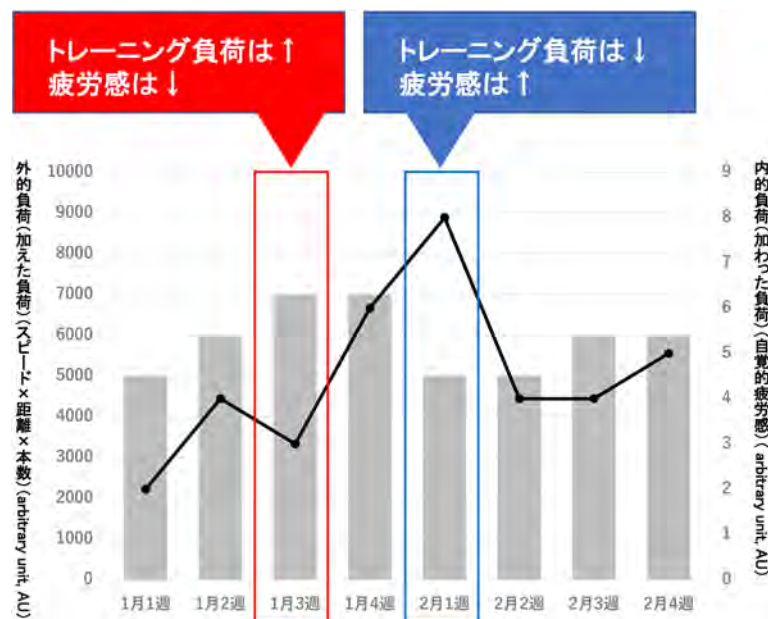


図3 運動負荷-傷害の因果関係モデル（文献17を著者改変）

図4 週ごとのトレーニング負荷と疲労度の例（文献20より）
棒グラフはかけた負荷（左縦軸）、折れ線グラフ（右縦軸）を示す。

あるため、リハビリテーションを専門領域とするPTであっても、専門的な学習を重ねる必要がある。

競技スポーツにおいて、特に専門スタッフが限られている場面において、コンディショニング領域への介入も大きな意義をもつ。傷害予防への介入方法として、疲労のマネジメント、特にトレーニング負荷を管理することは重要であると考えられている（図3）¹⁷⁾。トレーニングの実施により、パフォーマンスは高まるが、疲労も併せて蓄積する。過度な疲労は傷害発生リスクになるため、負荷の記録と管理が重要となる¹⁸⁾。負荷を管理し評価するために、加えた負荷（外的負荷、例：走行距離や速度）

と加わった負荷（内的負荷、例：心拍数、筋力、疲労感）を日々モニターする。短期間で急激に負荷を上げる（上がる）と傷害発生リスクが高まるため注意が必要である¹⁹⁾。また、外的負荷を高めるとそれに応じて内的負荷が高まる、またはその逆で外的負荷を下げると内的負荷が下がるのが理想ではあるが、外的負荷の上げ下げに応じて、内的負荷がどのように反応するかも注意深く確認する（図4, 5）²⁰⁾。さらに、睡眠の質、遅発性筋痛、疲労感など自覚的なコンディション（ウェルネス）チェックはパフォーマンスと関連することが報告されており、特別なリソースがなくとも日々の状態をモニターすることで

傷害予防やトレーニングの継続に有効な情報を得ることができる²¹⁾。このように、動作や体力特性に加えた多角的な取り組みが傷害予防に有効であると考えられる。

スポーツ現場、特に競技スポーツ現場では、様々なアクシデントへの対応が求められる。コリジョンスポーツにおいて多く見られる脳震盪もそのひとつであり、対応を誤ると生死に関わったり、重篤な後遺症が継続したりする。脳震盪後の対応について、以前は症状が完全に消失するまで様子を見る（絶対安静による経過観察）ことが一般的であったが、近年は1,2日の安静休息期間の後、認知機能、平衡機能、前庭機能、眼球運動機能などの機能評価のもと、機能低下に応じたりハビリテーションを実施し、同時に症状の誘発等をモニターしながら体力的側面における運動負荷も漸増していくことがスタンダードとなっている²²⁾。Sport Concussion Assessment Tool (SCAT) や Vestibular/Ocular-Motor Screening (VOMS) などの脳震盪評価は、脳震盪発生前にベースラインとして評価、記録しておくこと、脳震盪の結果として起こった変化が捉えられ、各評価項目を解釈しやすくなる。画像

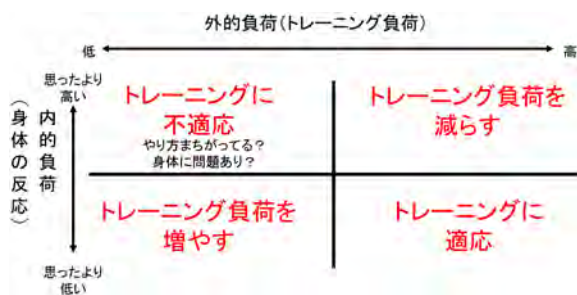


図5 外的負荷（トレーニング負荷）と内的負荷（身体への反応）の関係（文献20より）

診断での所見なしを理由に脳震盪として対応の必要なしと解釈したり、症状がなくなるまで長期間安静にしたりするのではなく、運動器疾患と同様に適切なりハビリテーションが必要であることを理解しておきたい。運動器系の領域を得意とするPTにとっては、脳震盪への対応は不慣れなこともあるかもしれないが、神経系の領域を得意とするPTは特にニーズがあるといえる。

競技スポーツでは、アスリートに競技のコーチがいることがほとんどである。介入内容や計画、競技復帰の判断などについては、随時コーチとコミュニケーションをとる必要がある。医療機関内での対応であっても、競技コーチと相談の機会が設けられるようにしておくことが望ましい。

4. 障がい者スポーツ

障がい者のスポーツ参加は、スポーツ活動について知り、触れることが後の社会生活に大きな影響を与えるケースが数多くみられる。障がい者スポーツ選手にPTが関わる場合、その専門性を発揮しやすい。その理由として、1) 障がい者の大部分が医療機関やリハビリテーション施設にて理学療法を受けた経験があるため、PTの専門性の理解が得られやすいこと、2) 基礎疾患や障害、起こりうる二次的障害について理解し、該当する疾患や障害を持つ患者をサポートする機会も多いこと、3) 障がい者が支援を必要とするシーティングなど日常生活や生活環境のサポートを日常的に行っていること、4) 動作を見る視点とマルユースに伴う過負荷や傷害の理解が可能なこと、などが挙げられる。図6は、陸上競技の車いす競技のクラス別にみた脊髄損傷選手の残存運動機能、それに伴う車いす駆動の特徴、駆動動作か

クラス	T51	T52	T53	T54
損傷高位	C5/6	C7/8	T1-8	T9-S4
運動機能				
体幹筋	×	×	×	○
手指屈筋	×	×	○	○
肘伸筋	×	○	○	○
駆動の特徴	手背をハンドリムに押し付けて、リムの下から上に向かって肩甲骨、肘屈筋を使って駆動する	肘伸筋の使用が可能のため、ハンドリムの上から前方へのプッシュが可能。リムを手指で握ることは不可	上肢機能は保たれているため、T52の特徴に加え、母指・示指周囲でハンドリムの前面を下方にプッシュして力強く駆動する	上肢、体幹の機能は保たれているため、体幹前傾保持のまま、上肢全体を用いて駆動する
動作から発生するストレス	限局された動作筋(三角筋、上腕二頭筋、僧帽筋など)活動の繰り返しによるオーバーユース	体幹機能不全(円背)＋肩伸展に伴う上腕二頭筋長頭腱炎や前方へのプッシュを行う際に体幹屈曲の代償として頸部屈伸運動を繰り返し、頸部周囲筋へのストレスが高まる	T52のストレスに加え、手関節の動作が強まるため、前腕屈伸筋やTFCCをはじめとした肘・手関節周囲へのストレスが高まる	体幹前傾位保持が必要のため、体幹筋機能不全があると腰痛がこりやすくなり、体幹前傾不全(円背)＋肩伸展に伴う上腕二頭筋長頭腱炎がこりやすい



TFCC: 三角線維軟骨複合体
イラストは T51 クラスの選手の車椅子駆動動作を示す。

図6 陸上競技における車いす競技のクラスごとの機能や動作の特徴（文献23より）

ら過度にストレスを受けやすい部位および障害の例について挙げたものである²³⁾。脊髄損傷の(損傷高位ごとの)病態理解により残存運動機能を把握→残存運動機能から可能な車いす駆動方法を理解→実際の駆動動作の分析により過度にストレスが加わりうる動作や部位を推察→残存機能を考慮した効率のよい動作の獲得およびマルユースに伴って発生する障害の予防, という一連の流れで理学療法を行う。選手の基礎疾患や障害特性を理解することと, 可能な限り効率的な機能や動作を引き出すこと, そして動作を観察する中で問題点を抽出し改善を促すことはPTならではの強みを活かした支援の形である。

障がい者スポーツの大会における活動に関わる機会も近年増加している。筆者らが関わった2020東京パラリンピック陸上競技においては, 40名のPTを含む総勢100名の医療スタッフが大会を支えた。PTの活動内容としては, 競技・練習中の事故発生や事故防止に向けた観察, 応急処置, 医務室への搬送, 医務室での診療補助等であった。大会中に発生した傷害は競技特異的な傷害(例: 義足スプリンターのハムストリング肉離れ, 雨天時における立位投擲選手のサークル内での転倒による上肢下肢の外傷), 選手の元来有する障害が原因で発生した傷病(例: 暑熱環境下における脊髄損傷選手の自律神経障害に伴ううつ熱症状, ブラインド選手の段差での転倒に伴う足関節捻挫), その他(視覚障がい選手のガイドランナーにおける傷害発生), に大別された。この経験から, 1) 選手が元来有する病態や障害(運動による変化), 2) 競技特性を考慮した発生しうるスポーツ傷害, 3) 実施競技のルールや動作様相, それぞれの理解が必要となることが分かった²³⁾。また, 残存機能が限られており, 競技によっては転倒が多くみられることから, 前述した脳震盪や頸部損傷など重篤な状態になりうる疾患への予防, 対応にも適応できるようにしたい。

障がい者スポーツでは, 障害の違いが競技成績に影響しないように, 障害の種類や程度ごとに選手をクラスに分けて競技を行う(クラス分け)。このクラス分けには身体機能の評価も含まれており, 多くのPTがクラス分けにその専門性を発揮している。このように, 選手の健康管理やリハビリテーションのみならず, 多様な形でPTが貢献できることも障がい者スポーツの特徴のひとつである。

スポーツに関わるPTが気にしておきたいこと

スポーツ分野におけるPTのニーズの変化に伴い, それを取り巻く学術的知見(研究成果)も圧倒的に不足している。我々は, 陸上競技会の救護活動について, 救護対応記録を集計し, 救護のオペレーションの修正や現代における陸上競技の傷害傾向についての調査を行っている²⁴⁾。多くのスポーツ現場に関わるPTの知見を共有

し, 問題点や未来を議論することも発展に大きく寄与するものと考ええる。

PTはその専門性からスポーツ領域で貢献できるスキルを数多く持つ。一方で, 養成機関で教育が十分に展開されていないスキルや医療機関ではニーズがないスキルもスポーツ領域では必要とされる場合がある。そのニーズを理解し, 実施可能な能力を高めることで1人でも多くのPTが多様なニーズをもつスポーツ分野において貢献可能となることを切に望んでいる。

文 献

- 1) スポーツ庁ホームページ. 第3期スポーツ基本計画. https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/sports/mcatetop01/list/1372413_00001.htm (2023年4月26日引用)
- 2) 石坂正大, 久保 晃, 他: 理学療法学科学部生における興味のある専門分野の縦断的研究. 理学療法学. 2017; 32: 627-630.
- 3) 佐藤美由紀: 地域共生社会の構築における理学療法士の役割と多職種連携. 日本予防理学療法学会雑誌. 2023; 2: 52-55.
- 4) 小林寛和: スポーツと理学療法—我が国におけるスポーツ理学療法 現状と課題—. 理学療法学. 2015; 42: 773-774.
- 5) 廣重陽介, 保科圭汰, 他: 市民ランナーへ理学療法士はどのような貢献ができるか—アンケート調査による検討—. 理学療法学. 2020; 35: 495-499.
- 6) 一柳 保, 田邊晴山, 他: マラソン・ロードレースにおける救護・医療体制整備指針案について. 日本臨床救急医学会雑誌. 2019; 22: 613-620.
- 7) 廣重陽介, 日傳宗平, 他: 大規模市民マラソン大会における救護活動—おかやまマラソンの実態調査—. 理学療法おかやま. 2022; 2: 25-30.
- 8) スポーツ庁ホームページ. 令和4年度全国運動能力・運動能力, 運動習慣等調査結果. https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/kodomo/zencyo/1411922_00004.html (2023年4月26日引用)
- 9) 廣重陽介: 「メディカルチェック」の考え方を活かした実践, 体育授業のリスクマネジメント実践ハンドブック. 環太平洋大学体育学部(編), 大修館書店, 東京, 2023, pp. 63-64.
- 10) 柏山達也: 予防と理学療法—子どもの運動器の立場から—. 理学療法学. 2017; 44: 79-81.
- 11) 柏山達也: 運動発達に基づくスポーツリハビリテーションの展開. 日本スポーツリハビリテーション学会誌. 2021; 10: 1-4.
- 12) Edouard P, Navarro L, *et al.*: Injury frequency and characteristics (location, type, cause and severity) differed significantly among athletics ('track and field') disciplines during 14 international championships (2007-2018): implications for medical service planning. Br J Sports Med. 2020; 54: 159-167.
- 13) 谷川 聡: トレーニング科学はスプリンターのパフォーマンス向上に貢献しているのか? トレーニング科学. 2019; 31: 117-128.
- 14) 関子浩二: 陸上競技・跳躍. 体育の科学. 2006; 56: 127-133.
- 15) Bahr R, Clarsen B, *et al.*: Why we should focus on the burden of injuries and illnesses, not just their incidence. Br J Sports Med. 2018; 52: 1018-1021.
- 16) Bittencourt NFN, Meeuwisse WH, *et al.*: Complex systems approach for sports injuries: Moving from risk factor identification to injury pattern recognition—Narrative review and new concept. Br J Sports Med. 2016; 50: 1309-1314.
- 17) Windt J, Gabbett TJ: How do training and competition work-

- loads relate to injury? The workload-injury aetiology model. *Br J Sports Med.* 2017; 51: 428–435.
- 18) Timmins RG, Bourne MN, *et al.*: Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): A prospective cohort study. *Br J Sports Med.* 2016; 50: 1524–1535.
- 19) Gabbett TJ: The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med.* 2016; 50: 273–280.
- 20) 廣重陽介：傷害予防のためのトレーニングの管理とトレーニングによる疲労度のチェック，アスリートのためのコンディショニング改訂版．（公財）日本陸上競技連盟医事委員会（編），陸上競技社，東京，2022, pp. 146–148.
- 21) Hooper SL, Mackinnon LT, *et al.*: Markers for monitoring overtraining and recovery. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27: 106–112.
- 22) 中本真也：脳震盪の治療とリハビリテーション．*体育の科学*．2023; 73: 91–96.
- 23) 廣重陽介：障害者とスポーツ，地域理学療法学第5版．金谷さとみ，原田和宏（編），医学書院，東京，2022, pp. 250–254.
- 24) 廣重陽介，加藤 基：陸上競技における競技エリアの救護活動の展望．*陸上競技学会誌*．2023; 21: 69–76.

《 投稿規定 》

1. 「理学療法学」の目的

- ①理学療法学および関連する分野の研究を公表し、理学療法学を発展させる。
- ②理学療法士の卒後継続教育に資する教育的な論文を掲載する。
- ③理学療法の発展に関する記録や資料を掲載する。

2. 記事の種類

- ①研究論文（原著）：新規性および独創性があり、明確な結論を示した論文
- ②症例研究：症例の臨床的問題や治療結果について科学的に研究を行い、考察を行った論文
- ③短報：研究の速報・略報として簡潔に記載された短い研究論文
- ④その他：システマティックレビュー、症例報告、実践報告、調査報告など編集委員会で掲載が適切と判断された論文および記事（なお、症例報告とは症例の治療および経過などについて論理的に提示し、考察を行ったもの。実践報告とは、理学療法の研究・教育・臨床等の実践の中で、新たな工夫や介入、結果等について具体的かつ客観的に情報提示し、その内容が有益と判断されたもの）

3. 投稿者の資格

理学療法学（以下、「本誌」という。）への投稿は、一般社団法人 日本理学療法学会連合（以下、「本連合」という。）に寄与する論文であれば会員に限らず投稿を受理する。著者資格については註1および執筆規定を参照すること。

4. 投稿原稿の条件

投稿原稿は、他誌に発表、または投稿中の原稿でないこと。本規定および執筆規定にしたがって作成すること。

5. 投稿承諾書

著者の論文への責任および著作権譲渡の確認のため、別紙の投稿承諾書に自筆による署名をして提出すること。

6. 利益相反

すべての著者は利益相反の可能性がある事項（コンサルタント料、株式所有、寄付金、特許など）がある場合は本文中に記載すること。なお、利益相反に関しては本連合が定める「利益相反の開示に関する基準」を遵守すること。

7. 著作権

本誌に掲載された論文の著作権は、本連合に属する。また、本誌に掲載された論文はオンライン公開される。

8. 研究倫理

ヘルシンキ宣言および厚生労働省の「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」などの医学研究に関する指針（註2）に基づき対象者の保護には十分留意し、説明と同意などの倫理的な配慮に関する記述を必ず行うこと。

また、研究にあたり、所属研究機関あるいは所属施設の

倫理委員会ないしそれに準ずる機関の承認を得ることを必須とし、倫理審査委員会名および承認番号（または承認年月日）を必ず記載すること。なお、倫理審査委員会より承認の非該当となった場合には、その旨を記載する。

9. 原稿の採択

原稿の採否は複数の査読者の意見を参考に編集委員会において決定する。査読の結果、編集方針にしたがって原稿の修正を求めることがある。修正を求められた場合は2ヵ月以内に修正稿を再提出すること。提出期限を超過した場合は新規投稿論文として扱われる。また、必要に応じて編集委員会の責任において字句の訂正を行うことがある。

10. 校正

著者校正は原則として1回とし、誤字脱字を除く文章および図表の変更は原則として認めない。

11. 掲載に関する費用

規定の分量の範囲内までは無料掲載するが、超過した場合は超過分に要した実費を徴収する場合がある。

理学療法士の免許を有する公益社団法人日本理学療法士協会（以下、「協会」という。）の非会員および休会者の投稿には審査料と掲載料を徴収する。詳細は別に定める。なお、協会の会員権利が停止している会員の投稿についても同様に審査料と掲載料を徴収する。

12. 原稿送付方法および連絡先

1) 原稿送付方法

本学会の運用するオンライン投稿システムから投稿すること。原稿書式など詳細は執筆規定に定める。

2) 問合せ先

〒106-0032 東京都港区六本木7-11-10

公益社団法人 日本理学療法士協会内

一般社団法人 日本理学療法学会連合

「理学療法学」編集室

TEL: 03-6804-1626

E-mail: journal@japanpt.or.jp

オンライン投稿システム：

<http://www.editorialmanager.com/jpta-journal/>

13. 規定の改廃

本規定の改廃は編集委員会の決議による。その後速やかに本連合理事会に報告するものとする。

註1：国際医学雑誌編集者委員会：生物医学雑誌への投稿のための統一規定 (<http://www.icmje.org/recommendations/>)

註2：厚生労働省：研究に関する指針について (<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hokabunya/kenkyujigyoku/i-kenkyu/index.html>)

附則

1. 本規定は、令和4年1月1日に遡って施行する。

（令和4年3月10日 編集委員会制定）

編集委員長
編集委員島田 裕之
池添 冬芽
楠本 泰士
高橋 真一
野島 一平
村松 憲石垣 智也
久保田 雅史
建内 宏重
橋立 博幸
森下 慎一郎内 昌之
神津 玲
対馬 榮輝
原田 和宏
森山 英樹小澤 淳也
河野 健一
土井 剛彦
樋口 大輔
山口 智史粕山 達也
榊間 春利
永井 宏達
前田 慶明
山田 実金子 文成
菅原 憲一
中山 恭秀
牧迫 飛雄馬

査読委員

青木 一治
阿部 勉
石田 和宏
井平 光
浦川 将
岡田 洋平
上出 直人
北田 一平
肥田 朋子
菅田 陽怜
関口 雄介
田中 貴子
堤本 広大
中尾 周平
中野渡 達哉
野添 匡史
福元 喜啓
松尾 篤
宮本 俊朗
森野 佐芳梨
横山 茂樹明崎 禎輝
新井 武志
石田 水里
上原 信太郎
江玉 陸明
小栢 進也
神谷 健太郎
北原 エリ子
小林 麻衣
鈴木 里砂
関屋 昇
田中 亮
椿 淳裕
中窪 翔
中村 潤二
信迫 悟志
藤澤 宏幸
松尾 英明
村山 尊司
山口 正貴
吉田 剛浅賀 忠義
飯田 有輝
伊藤 義広
上村 一貴
大住 倫弘
小野 玲
鳥野 大
木藤 伸宏
小林 量作
角園 恵
高木 聖
田辺 茂雄
鶴崎 俊哉
長坂 和明
花田 智
藤澤 祐基
松崎 由里子
森井 和枝
葉 清規
吉松 竜貴浅川 育世
井澤 和夫
犬飼 康人
白田 滋
大塚 章太郎
片山 脩
河上 敬介
木山 良二
小宮 諒
陶山 和晃
高倉 保幸
谷口 匡史
寺西 利生
中西 和毅
成田 崇矢
花田 匡利
藤野 英己
松田 雅弘
森岡 周
横川 吉晴
渡辺 学浅川 康吉
石川 博明
井上 順一朗
内田 学
大鶴 直史
加藤 倫卓
河野 一郎
久保 雅義
齊藤 正和
関 裕也
高取 克彦
田畑 稔
富田 浩輝
中野 治郎
南角 学
樋口 由美
本田 寛人
宮城 島沙織
森沢 知之
横川 正美阿南 雅也
石田 和人
井上 優
内山 覚
大西 秀明
金村 尚彦
河辺 信秀
熊丸 めぐみ
西上 智明
関川 清一
高見 彰淑
田平 一行
中 徹
中野 尚子
西上 智彦
平瀬 達哉
前島 洋
宮下 浩二
森下 元賀
横塚 美恵子

(五十音順)

編集後記

臨床研究においては、季節によって症例の集積状況が異なることがあります。この時期大学では、前期の授業が終了し学生が夏休みに入ることで、研究者が実験に取り組みやすくなると同時に4月以降に計画してきた研究プロトコルがようやく現実のものとなる時期です。猛暑の夏、皆様の研究活動にどのような影響があるでしょうか。

さて、ここに理学療法学50巻4号をお届けします。今号には、4編の原著論文、1編の症例研究、1編の症例報告、さらに2編の総説と、合計8編の論文が掲載されています。詳細はJ-STAGEでの公開に委ねますが、全般的にみた論文の多様性は、まさに理学療法の職域の広さを表していると感じます。

研究論文6編のうち、3編が脳卒中に関連した論文となっています。しかし、内容はそれぞれ異なっており、ロボットによる歩行補助に関するもの、エクサゲーム併用の理学療法、そして橋出血後症例の注意機能（佐藤論文）についてのものでした。前者二つは時代を反映した主題を扱っている一方、佐藤論文では伝統的病態に対して新しい切り口でアプローチした論文です。残る3編のうち2編は、在宅高齢者の身体機能に関する論文であり、もう一編は女性における骨盤底筋の運動療法についての論文でした。

総説シリーズの「栄養と理学療法のポイントを考える」では、急性期病院での理学療法との関連で解説した小川論文、そして「理学療法を取り巻く社会環境の変化とニーズの再考」ではスポーツ領域について解説した廣重論文が収載されています。

いずれの論文も専門的示唆を与えると共に、今後の展開については対面で討論したいものでした。同時に、専門領域外であっても教養として知っておきたいと思える内容であり、理学療法学という学術誌の役割を感じ取ることができます。最後に、掲載論文の著者のみならず、投稿していただいている皆様と編集・査読に関わる皆様に敬意を表します。また、特に「Physical Therapy Research」はインパクトファクター取得に向けて取り組んでいるところです。引き続き、日常臨床における現象のまとめ、理学療法のための科学研究の情報を「理学療法学」および「Physical Therapy Research」へ積極的に投稿していただくことを楽しみにしております。

(金子文成)

理 学 療 法 学

第50巻 第4号

2023年8月20日 発行

編集
発行

一般社団法人 日本理学療法学会連合

〒106-0032 東京都港区六本木7丁目11番10号
公益社団法人 日本理学療法士協会内
TEL(03)5843-1747 (代表)

印刷・製本 株式会社国際文献社

〒162-0801 東京都新宿区山吹町332-6
パブリッシングセンター
TEL(03)6824-9363

