
卒業研究論文集

第 8 卷

ANNUAL REPORTS OF GRADUATION THESES

Vol. 8

長崎大学医学部保健学科

理学療法学専攻 8期生

2012 年

巻 頭 言

卒業研究論文集のホームページでの公開について

理学療法学専攻主任
沖田 実

長崎大学医学部保健学科理学療法学専攻 8 期生の諸君、ご卒業おめでとう。また、大学 4 年間の集大成ともいえる卒業研究論文集をホームページ上に公開できることを教員の一人として大変嬉しく思います。

本専攻における卒業研究論文は、この 8 期生までは 4 年次に開講される「理学療法学セミナー」、「卒業研究」といった科目を通じて作成していきますが、並行して臨床実習も遂行している関係で、実際には臨床実習関連のすべてのスケジュールが終了した 9 月末からの本格的始動となります。つまり、実験や調査、データ解析等に費やせる時間は 2 ヶ月程度しかなく、12 月末の卒業研究発表会を迎え、その後は国家試験終了後の 3 月上旬に卒業研究論文を執筆するという学生にとっても教員にとっても超タイトなスケジュールになっています。しかし、誰一人として弱音を吐く学生はおらず、毎年、学生諸君の集中力とバイタリティーには感心させられますし、その姿を見ると理学療法界の明るい未来を想像します。

さて、ご存じのように本専攻の卒業研究論文集は 7 期生までは冊子体として発刊してきましたが、急速な情報メディアの進展とそのデジタル化という潮流に合致させるねらいで、今年度より冊子体での発刊を取りやめ、ホームページ上での公開という形をとることにしました。確かに、これまでよりも編集や印刷校正といった、特に助教の先生方の人的作業の軽減が図られ、しかも、ペーパーレスというエコロジーへの貢献もあり、印刷コストの削減につながったことは専攻を運営する立場として非常に喜ばしいことであります。しかし、その反面、全世界の人々から閲覧される可能性がでてきたことは間違いない事実であり(日本語なので国内に限られるとは思いますが)、その意味ではこれまで以上に、一つ一つの言葉の使い方から図表も含めた体裁、文献引用、そして論文内容そのものについても詳細に精査する必要があります。学生諸君も指導教員の先生からなかなか OK がもらえず、苦労したのではないかと思います。しかし、皆さんの方が詳しいように Twitter や Facebook に代表されるようなソーシャルネットワーキングサービスでの芸能人のちょっとした書き込みがものすごい反響を生むように、「言語」というものは生き物です。つまり、「言語」は武器にもなりますが、逆に弱点になることもあり、特に誰でもが閲覧できる媒体においてはその使い方には細心の注意が必要です。そして、これらのことを踏まえた上で、将来の理学療法界を担う皆さんには是非「言語」を武器として活用してもらいたいと思います。皆さんは今回の卒業研究論文を作成する過程で「言語」を武器とする方法の一端を経験しました。この貴重な体験を次のステップに生かし、新たな理学療法学のエビデンスとしての「言語」を創造して行って下さい。これからの大いなる活躍を期待しています。

最後に、これまで 8 期生をご指導頂きました教員各位ならびに非常勤講師や臨床実習指導者の先生方に深甚なる感謝の意を表します。

2013 年 3 月

卒業研究論文集 第8巻 2012年

目次

巻頭言

卒業研究論文集のホームページでの公開について

理学療法学専攻主任 沖田 実

卒業研究論文

- 在宅高齢者の生活空間に影響する因子について杉本恭兵・清原あずさ 1
- ラット膝関節炎モデルに対する患部の不動ならびに
低強度の筋収縮運動が痛みや腫脹におよぼす影響寺中 香 9
- 運動中の視覚刺激が呼吸困難と下肢疲労感および呼吸循環応答に与える影響
.....伊藤雅嗣・増井綾乃・森駿一朗 16
- 不動の過程における周期的な単収縮の誘発が骨格筋の線維化に及ぼす影響
.....川寄真理子・田中美帆 22
- 地域在住高齢者における注意機能、認知機能と二重課題条件下でのパフォーマンス能力
.....小路永知寿・宮川洋一 29
- ラット足関節不動期間中の他動的な足指関節運動が痛みに及ぼす影響
.....菅原弘子 36
- 這い這い動作の再考 ～這い這いはどう変化するのか～
.....園田楽人・寺尾 瞳・近藤景子 42
- スクエアステップエクササイズが地域在住高齢者の身体および認知機能、心理面に及ぼす効果
.....谷崎真二・濱原健太郎 49
- 前鋸筋およびその関連筋の比較解剖学的研究 — ニホンサル と ヒト —
.....土岐彰太・豊瀬しのぶ 56
- 上肢のリウマチ体操が関節リウマチ患者に与える影響樋口智貴・古河秀章 63

編集後記

.....8期生担任 鶴崎俊哉・田中貴子 69

在宅高齢者の生活空間に影響する因子について

清原 あずさ・杉本 恭兵

要旨

本研究は長崎市の市街地と郊外で自主的な介護予防教室に参加している在宅高齢者を対象に、Life Space Assessment(以下 LSA)とアンケート調査を実施し、高齢者の生活範囲に関わる要因を検討した。

LSA の評価ではレベル 3(近隣への外出)以降で得点が減少する傾向がみられた。関連要因として、レベル 3 では年齢区分、自宅周辺の階段・坂の有無、家族構成、社会参加の有無が抽出された。レベル 5 では年齢区分と近所付き合いが抽出され、合計点では交通手段の数、社会参加の有無が抽出された。

市街地と郊外、各々における LSA の関連要因として、市街地では階段・坂の有無と社会参加の有無が、一方郊外では社会参加の有無、家族構成、近所付き合いが抽出された。

今回の結果より、長崎市の在宅高齢者の生活範囲拡大には、階段・坂の有無などの環境要因、社会活動、近所付き合いなど社会との繋がりが重要であることが示唆された。

はじめに

近年の日本は高齢化の進行を背景として介護予防が推進され、予防事業を行う上で元気高齢者に対して、外出の機会と外出する場所の確保が重要になると推察される。こういった中で介護予防を目的に高齢者の生活範囲を拡大していくためには、高齢者の生活範囲にどのような要因が関連しているのかを検討することが重要であると考えられる。

地域在宅高齢者の生活範囲に関する研究は 1980 年代後半より行われ、近年ではアラバマ大学によって「Life Space Assessment(以下 LSA)」が開発された。この LSA は Bakerらによって提唱され、地域在宅高齢者において信頼性・妥当性ともに立証されている¹⁾。

この LSA に関連する要因として、2005 年に Peelらが LSA と IADL・身体機能・環境因子などの関連性を検討し²⁾、2009 年には阿部らが LSA と IADL の趣味的要素との関連性³⁾を、2009 年には島田らは、LSA に物的・人的環境が直接的に、趣味的活動が運動機能を媒介として関連すること⁴⁾を報告している。

昨年度の卒業研究において、長崎市の運動指導事業に参加する高齢者を対象に LSA を用いた調査と身体機能評価を行い、LSA のレベル

3 以降の各レベルにおいて、身体機能が関連していることが報告された。しかし環境面に対しての調査が不十分で、環境面での要因と LSA との関連は不明であった。

われわれの住む長崎市は坂の町と言われ、地理的特徴として斜面地や階段が多く、これらが高齢者において環境的障害になりうることが想定される。このことから長崎市の在宅高齢者の生活範囲を狭めている要因には、身体的要因に加え、環境要因が関連していると推察される。

そこで今回われわれは、研究目的を環境要因の中の社会活動、物的・人的環境が長崎市の在宅高齢者の LSA に関連するかを検討すること、さらに長崎市内の市街地と郊外といった社会資源状況の異なる 2 地域において、LSA に関連する要因に違いがあるのかを検討することとし、調査を実施したので報告する。

対象

対象は長崎市内の市街地と郊外で行われている自主的な介護予防教室に参加している 65 歳以上の在宅高齢者 133 名。内訳は男性 9 名(74.4 ± 7.40 歳)、女性 124 名(76.9 ± 6.06 歳)であった。

方法

調査方法は、問診項目として Life Space Assessment, 日常生活に関するアンケート, また調査地域の社会資源調査を実施した。

(1)Life Space Assessment (LSA)

LSA は身体活動を生活範囲といった概念でとらえ, 対象者の生活範囲を寝室から町外までの5段階に分類し, その範囲での移動の有無と頻度, および自立度によって個人の活動量を得点化し, 評価する指標である(表 1)。

移動の有無は, レベル 1: 寝室以外の部屋への移動(1点), レベル2: 自宅敷地内への移動(2点), レベル3: 自宅近隣への移動(3点), レベル4: 町内への移動(4点), レベル5: 町外への移動(5点)の5段階で点数化される。また各レベルにおいて, 頻度は毎日(4点), 週4-6回(3点), 週1-3回(2点), 週1回未満(1点)の4段階, 移動の際の自立度は自立した移動(2点), 歩行補助具を用いた移動(1.5点), 介助を必要とする移動(1点)の3段階で点数化される。各レベルの小計は, レベルの得点に頻度と自立度の得点を乗じて算出し, 算出さ

れた各レベル得点の和を LSA 合計点とし, 合計 120 点満点で評価する。LSA は得点が高いほど活動量が多く, 自立して活動できることを意味している。

(2)日常生活に関するアンケート

アンケートの項目としては, 大きく分けて健康状態(主観的健康観, 介護認定), 物的環境(住居形態, 階段・坂の有無, 移動手段の数), 人的環境(家族構成, 家族・近所付き合いの頻度), 社会活動(仕事, 趣味活動, 社会参加の有無)の4つに関して質問した(表 2)。

アンケートの回答に際して, 回答は対象者自身に記入してもらい, 質問項目は読み上げ, 説明を加えながら実施した。

(3)社会資源調査

調査対象とした長崎市内の市街地と郊外の社会資源調査を実施した。

調査項目は, 人口(総人口・高齢化率・世帯数), 産業別事業所・就業者数, 商店数, 医療福祉施設数(病院・老人福祉施設など), 公共施設数(公民館・集会所), 公共交通機関(バス・電車)の運行状況とした。

表 1 Life Space Assessment

Level 1(居室内)	あなたは自宅で寝ている場所(寝室)以外の部屋に行きましたか? はい・いいえ ①何回くらい行きましたか? 毎日・週4~6回・週1~3回・週1回未満 ②そこに行くのに補助具や杖などを使用しましたか? はい・いいえ ③そこに行くのに他者の助けが必要でしたか? はい・いいえ
Level 2(敷地内)	家の敷地内で屋外に出ましたか? はい・いいえ ①何回くらい行きましたか? 毎日・週4~6回・週1~3回・週1回未満 ②そこに行くのに補助具や杖などを使用しましたか? はい・いいえ ③そこに行くのに他者の助けが必要でしたか? はい・いいえ
Level 3(近隣)	自宅の庭以外の近隣の場所に外出しましたか? はい・いいえ ①何回くらい行きましたか? 毎日・週4~6回・週1~3回・週1回未満 ②そこに行くのに補助具や杖などを使用しましたか? はい・いいえ ③そこに行くのに他者の助けが必要でしたか? はい・いいえ
Level 4(町内)	近隣より離れた場所(ただし町内)に外出しましたか? はい・いいえ ①何回くらい行きましたか? 毎日・週4~6回・週1~3回・週1回未満 ②そこに行くのに補助具や杖などを使用しましたか? はい・いいえ ③そこに行くのに他者の助けが必要でしたか? はい・いいえ
Level 5(町外)	町外に外出しましたか? はい・いいえ ①何回くらい行きましたか? 毎日・週4~6回・週1~3回・週1回未満 ②そこに行くのに補助具や杖などを使用しましたか? はい・いいえ ③そこに行くのに他者の助けが必要でしたか? はい・いいえ

表2 日常生活に関するアンケート

身体のことについてお聞きます	
1. 現在、あなたの健康状態はいかがですか？	良い・普通・良くない
2. 現在、介護保険の認定は受けていますか？	はい・いいえ
「はい」と答えた方は、あてはまるものをお選びください。	
要支援1・要支援2・要介護1・要介護2・要介護3	
お住まいのことについてお聞きます	
1. ご自宅は、一戸建てですか、マンション・アパートなどの集合住宅ですか？	
一戸建て・マンション、アパート	
2. あなたがご自宅から外出する際に、自宅周辺に支障のある坂や階段はありますか？	ある・ない
マンション・アパートの階段も含まれます。	
3. あなたが主に町外へ外出する時に利用する手段は何ですか？	
この中から、あてはまるものをお選びください。※町外は自動車、バス、路面電車で約30分以上の場所	
(ア)自動車、バイクスクーター(乗せてもらう場合も含まれます)	
(イ)公共交通機関(バス、電車、タクシーなど)	
ご家族のことについてお聞きます	
1. あなたは現在一人暮らしですか？	はい・いいえ
「はい」と答えた方にお聞きます。ご家族とどれくらいおつきあい、またはお話をしていますか？	
(ア)毎日 (イ)週に1回以上 (ウ)月に2回程度 (エ)月に1回以下	
お仕事についてお聞きます	
1. あなたは現在、収入のある仕事をしておられますか？	はい・いいえ
2. 収入のある仕事のある方は、どのようなお仕事ですか？	
(ア)第1次産業 (イ)第2次産業 (ウ)第3次産業	
趣味活動についてお聞きます	
1. 現在、何か趣味活動はなさっていますか？	はい・いいえ
「はい」と答えた方にお聞きます。	
その趣味活動はどこでなさいますか？	
自宅・外出先	
ご近所つきあい・社会活動についてお聞きます	
1. あなたは、ふだん近所の人との程度のつきあいをしていますか？	
(ア)相談事などを相談する (ウ)あいさつ、立ち話をする程度	
(イ)外食などをともにする (エ)つきあいはほとんどない	
2. あなたは自治会などが行う地域行事、ボランティア活動などに参加されていますか？	はい・いいえ

分析方法

全対象者におけるアンケート項目ごとの人数分布と LSA 合計点および各レベルの得点分布を求めた。次いでロジスティック回帰分析(変数減少法:尤度比)を用いて、各レベルに関連する要因をアンケート項目より抽出した。

また、市街地と郊外での分析は、アンケート項目ごとの人数分布を把握し、LSA 合計点および各レベルの得点分布について、Mann-Whitney の U 検定を用いて、比較検討を行った。次いで地域ごとに全対象者と同様に、ロジスティック回帰分析(変数減少法:尤度比)を用いて、各レベルでこの 2 群を分ける要因となっているものをアンケート項目から抽出した。

なお、分析ソフトは Dr.SPSS II for windows を使用し、有意水準は 5%未満とした。

結果

1. 全体結果

(1)アンケート結果

全対象者において、健康状態に関する質問では、健康状態が「良い」・「普通」が 91%、介護認定「無し」が 89.5%。物的環境に関する質問では、住居形態で「一戸建て」が 76.7%、自宅周辺に支障となる階段・坂が「無い」が 78.2%、移動手段の数が「1つ」は 88.7%。人的環境に関する質問では、「同居している」が 60.2%、家族との付き合いが「頻繁」が 62.3%、近所付き合いが「頻繁」が 66.2%。社会活動に関する質問では、仕事を「していない」が 92.5%、趣味活動「有り」が 79.7%、また趣味活動の場所が「外出先」が 86.8%、社会参加「有り」が 79.7%であった(表 3)。

表3 全対象者のアンケート結果

項目	回答	n数	%
健康状態	良い	33	24.8%
	普通	88	66.2%
	良くない	12	9.0%
介護認定	有り	14	10.5%
	無し	119	89.5%
住居形態	一戸建て	102	76.7%
	集合住宅	31	23.3%
支障となる階段・坂	有り	29	21.8%
	無し	104	78.2%
移動手段	1つ	118	88.7%
	2つ以上	15	11.3%
家族構成	独居	53	39.8%
	同居	80	60.2%
家族との付き合い	頻繁	33	62.3%
	稀	20	37.7%
仕事	している	10	7.5%
	していない	123	92.5%
趣味活動	有り	106	79.7%
	無し	27	20.3%
趣味の活動場所	自宅	14	13.2%
	外出先	92	86.8%
近所付き合い	頻繁	88	66.2%
	稀	45	33.8%
社会参加	有り	106	79.7%
	無し	27	20.3%

(2) LSA 得点分布-全体・各レベル

全対象者の LSA 合計点は平均 88.7 ± 18.4 点であった。レベル 1・2 での平均得点は満点に近似していたが、レベル 3 以降はレベル 3 で 21.8 ± 4.2 点、レベル 4 で 25.4 ± 7.9 点、レベル 5 で 18.2 ± 10.3 点と、レベルが上がるごとに、得点の減少傾向がみられた(表 4)。

表4 全対象者の LSA 得点

Level	平均点±SD	満点
Level 1	7.9 ± 0.6	8
Level 2	15.5 ± 1.7	16
Level 3	21.8 ± 4.2	24
Level 4	25.4 ± 7.9	32
Level 5	18.2 ± 10.3	40
合計点	88.7 ± 18.4	120

(3) LSA に関連する要因

得点の減少傾向がみられたレベル 3 以降のレベル得点と LSA 合計点で、ロジスティック回帰分析を用いて、各レベルに関連する要因をアンケート項目より抽出した。結果、レベル 3 では年齢区分(前期高齢者・後期高齢者)、自宅周辺の支障となる階段・坂の有無、家族構成(独居・同居)、社会参加の有無、レベル 5 では年齢区分(前期高齢者・後期高齢者)と近所付き合いの頻度、合計点では移動手段の数、社会参加の有無といった要因が抽出された(表 5)。

また今回レベル 4 では関連する要因は抽出されなかった。

表5 全対象者の LSA 各レベルに関連する要因

Level	項目	p値	オッズ比	95.0%信頼区間	
				下限	上限
Level 3	年齢区分	p=0.018	0.27	0.09	0.81
	階段・坂	p=0.025	3.07	1.014	8.26
	家族構成	p=0.002	0.19	0.06	0.55
	社会参加	p=0.007	0.23	0.08	0.68
Level 5	年齢区分	p=0.029	0.4	0.18	0.91
	近所付き合い	p=0.020	0.39	0.18	0.86
合計点	移動手段	p=0.027	3.14	1.04	8.67
	社会参加	p=0.001	0.21	0.8	0.55

ロジスティック回帰分析

2. 地域別結果

(1)社会資源調査

今回対象とした市街地の人口⁵⁾は 10,158 人で高齢化率⁵⁾19.7%, 郊外では人口⁵⁾5,535 人で高齢化率⁵⁾39.3%であった。産業別事業者数⁶⁾では市街地は第3次産業が 747ヶ所と多く、郊外では自給的、専業・兼業も含む第1次産業が 360ヶ所であった。商店数⁷⁾は市街地が 839 店、郊外が 97 店、医療福祉施設⁸⁾は市街地が 20 施設、郊外が 6 施設、公共交通機関⁹⁾(バス・路面電車・JR)の1日の運行状況は、市街地が 1705 本、郊外が 44 本であった。

(2)アンケート結果

市街地と郊外において違いがみられた項目は、住居形態・家族構成・趣味活動・近所付き合いであった。住居形態において、市街地では「集合住宅」が 60.0%, 郊外では「一戸建て」が 98.8%であった。家族構成において、市街地では「同居」が 50.0%, 郊外では「同居」が 66.3%であった。趣味活動において、市街地では「有り」が 84.0%, 郊外では「有り」が 75.3%であった。近所付き合いにおいて、市街地では「頻繁」が 80.0%, 郊外では「頻繁」が 57.8%であった。その他の項目に関しては、大きな違いはみられなかった。(表 6)

表 6 地区別アンケート結果

項目		市街地		郊外	
		n数	%	n数	%
健康状態	良い	12	24.0	21	25.3
	普通	32	64.0	56	67.5
	良くない	6	12.0	6	7.2
介護認定	有り	11	22.0	3	3.6
	無し	39	78.0	80	96.4
住居形態	一戸建て	20	40.0	82	98.8
	集合住宅	30	60.0	1	1.2
支障となる階段・坂	有り	17	34.0	12	14.5
	無し	33	66.0	71	85.5
移動手段	1つ	37	74.0	68	81.9
	2つ以上	13	26.0	15	18.1
家族構成	独居	25	50.0	28	33.7
	同居	25	50.0	55	66.3
家族との付き合い	頻繁	17	68.0	17	58.6
	稀	8	32.0	12	41.4
仕事	有り	3	6.0	7	8.4
	無し	47	94.0	76	91.6
趣味活動	有り	42	84.0	64	75.3
	無し	8	16.0	19	22.4
趣味の活動場所	自宅	3	7.1	11	17.2
	外出先	39	92.9	53	82.8
近所付き合い	頻繁	40	80.0	49	57.8
	稀	10	20.0	36	42.2
社会参加	有り	40	80.0	66	79.5
	無し	10	20.0	17	20.5

(3)地域間の LSA 得点の比較

地域別の LSA 得点では、レベル 4 の市街地 27.5 ± 7.1 と郊外 24.2 ± 8.1 ($p=0.013$) と合計点の市街地 93.6 ± 19.5 と郊外 85.7 ± 17.2 ($p=0.024$) で、市街地が有意に高い値を示した。レベル 3 ($p=0.136$) とレベル 5 ($p=0.186$) では有意差は認められなかった(表 7)。

表 7 地区別の LSA 得点

	市街地	郊外	p値
Level 3	22.3 ± 4.1	21.5 ± 4.3	$p=0.136$
Level 4	27.5 ± 7.1	24.2 ± 8.1	$p=0.013$
Level 5	20.1 ± 12.5	17.0 ± 8.5	$p=0.186$
合計点	93.6 ± 19.5	85.7 ± 17.2	$p=0.024$

平均点±SD Mann・Whitney-U 検定

(4) LSA に関連する要因

1. 市街地

市街地におけるレベル 3 以降と合計点でロジスティック回帰分析を用いて、各 LSA レベルに関連する要因をアンケート項目より抽出した。レベル 3・4、合計点で得点が高い人と支障となる階段・坂があることが関連しており、また合計点が高い人には、社会参加をしていないことが関連していた(表 8)。

2. 郊外

郊外におけるレベル 3 以降と合計点でロジスティック回帰分析を用いて、各 LSA レベルに関連する要因をアンケート項目より抽出した。レベル 3・4、合計点で点数が低い人は社会参加をしていないことが関連していた。

さらに、個別にみた場合、レベル 3 では社会参加の他に家族構成が、レベル 5 では近所付き合いが関連しており、レベル 3 の得点が高い人と同居、レベル 5 の得点が高い人と近所付き合いが少ないことが関連していた(表 9)。

表 8 市街地の LSA 各レベルに関連する要因

	項目	p値	オッズ比	95%信頼区間	
				下限	上限
Level 3	階段・坂	$p=0.006$	22.39	2.452	204.63
Level 4	階段・坂	$p=0.037$	4.012	1.086	14.83
合計点	階段・坂	$p=0.007$	9.919	1.892	51.99
	社会参加	$p=0.021$	0.113	0.018	0.721

ロジスティック回帰分析

表 9 郊外の各レベルに関連する要因

	項目	p値	オッズ比	95%信頼区間	
				下限	上限
Level 3	家族構成	$p=0.003$	0.034	0.004	0.321
	社会参加	$p=0.004$	0.042	0.005	0.363
Level 4	社会参加	$p=0.011$	0.134	0.028	0.63
Level 5	近所付き合い	$p=0.020$	0.318	0.121	0.835
合計点	社会参加	$p=0.005$	0.148	0.039	0.567

ロジスティック回帰分析

考察

今回、在宅高齢者の生活範囲の広がり和社会活動、物的・人的環境などの環境要因との関連を検討する目的で調査を実施した。

その結果、全対象者のLSAにおいて、年齢区分、支障のある階段・坂の有無、家族構成、社会参加の有無、近所付き合いの頻度、移動手段の数が関連していた。結果の解釈として、LSAの得点が高くなる要因は、前期高齢者であること、支障となる階段・坂がないこと、独居であること、社会参加をしている者、近所付き合いが頻繁な者、移動手段が2つ以上の者といったものが挙げられる。

このことから生活範囲の拡大には、社会参加や近所付き合いなどの外出する目的を有し、外出に支障のある階段・坂がなく、移動手段を多く有する必要があることが考えられる。Murata et al¹⁰⁾は社会参加をしていないことは生活空間を狭める要因となること、岡本ら¹¹⁾は交通手段の不便さは社会活動を妨げると報告している。つまり社会参加などの外出する目的を有していても、移動手段が少ない人は多い人に比べ、社会参加などがしづらく、生活範囲が小さくなっているものと考えられる。また、山崎ら¹²⁾は、日頃から外出しているほど、外出することへの自信が高まると報告しており、支障のある階段・坂は、外出する意欲や頻度に影響していると考えられる。前期高齢者及び独居であることがLSAと関連していたことについて、島田ら⁴⁾は前期高齢者と後期高齢者において前期高齢者の方が高い運動機能を示し、LSAの値が高かったことを報告しており、阿部ら³⁾は、一人での外出が出来る者と出来ない者では、生活空間の広がりには差がみられたと報告している。独居の場合、生活を営む上で身の周りのことは自分で行わなければならない、買い物などの生活上に必要なことを行うために、周りに援助してくれる人がいることや介護サービスを受けない限り、一人での外出が出来なければならない、高い運動機能を有する前期高齢者であることが抽出されたものと考えられた。

以上を踏まえ、高齢者の生活範囲を広げるためには人との交流、社会活動といった外出の目的をもつことと、その移動手段の確保が必要であると考えられる。

地域別のLSAに関連する要因については、

市街地では支障となる階段・坂がないこと、社会参加をしていることが生活範囲に関連する要因であった。社会資源調査結果から、市街地では商店・医療福祉施設・公共交通機関などの社会資源が豊富で、外出に際して利便性を有し、また近所付き合いが頻繁の者が80%であることから、家族以外の人との交流が多く、人とのつながりが強いことが考えられる。さらに支障のある階段・坂があると回答したのは、郊外では14.5%であったのに対し、市街地では34%が支障があると回答しており、階段・坂といった物的環境の整備が生活範囲の拡大に重要な要因になるものと考えられる。

一方、郊外では社会参加をしている者、近所付き合いが頻繁な者、独居であることが生活範囲に関連する要因であった。兪今ら¹³⁾は社会活動に参加しているものは友人や仲間の誘いで参加しているものが多く、逆に参加していない者は、誘ってくれる友人がいない者が多いと報告している。さらに郊外では社会資源が乏しいため、気軽に外出することが出来ないことが考えられ、このことから支障となる階段・坂といった物的環境よりも近所付き合いといった人的環境、外出する目的となる社会参加といった要因が、生活範囲において重要な要因となつたと考えられる。

以上を踏まえ、社会資源状況の違う地域それぞれで、市街地といった社会資源が豊富な環境では環境の整備が、一方郊外といった社会資源が乏しい環境で、地域住民や家族、社会活動といった人や社会とのつながりが、生活範囲を広げるために重要となつてくると考えられる。

本研究の限界として、今回の対象者は自主的な介護予防教室に参加している人を対象としたため、身体機能・活動性の高い人が多かった。そのため、身体機能・活動性がさらに低い人の生活範囲において、物的・人的環境、社会活動などの関連を調査することが出来なかった。今後、虚弱高齢者を対象に調査・検討していくことも必要であろうと考える。

謝辞

本研究を進めるにあたり、研究に参加、協力していただいた介護予防教室の参加者および運営スタッフの皆様、ならびにご指導、ご尽力していただいた井口茂准教授に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Baker PS, Bodner EV, Allman RM: Measuring life-space mobility in community-during older adults. *J Am Geriatr Soc.* 51:1610-1614, 2003.
- 2) Peel C, Baker PS, et al. : Assessing mobility in older adults: the UAB study of Aging Life-Space Assessment. *Phys Ther* 85:1008-1119, 2005
- 3) 阿部 勉, 橋立博幸, 他: 地域在住高齢者における活動量と身体機能・IADLとの関連性. *理学療法科学* 24(5):721-726, 2009.
- 4) 島田裕之, 牧迫飛雄馬, 他: 地域在住高齢者の生活空間の拡大に影響を与える要因: 構造方程式モデリングによる検討, *理学療法学* 36(7):370-376, 2009
- 5) 長崎市ホームページ 長崎市の人口平成 24 年度版:
http://www1.city.nagasaki.nagasaki.jp/toukei_data/jinko/index.html (2012 年 8 月 30 日引用)
- 6) 総務省統計局ホームページ 経済センサス基礎調査平成 21 年度版:
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001032229&cycode=0> (2012 年 8 月 30 日引用)
- 7) 長崎市ホームページ 商業統計調査平成 19 年度版:
http://www1.city.nagasaki.nagasaki.jp/toukei_data/tyousakekka/h19syogyou.pdf (2012 年 8 月 30 日引用)
- 8) 長崎市ホームページ 長崎市の保健行政:
<http://www1.city.nagasaki.nagasaki.jp/kenko/hokengyousei/3shou.pdf> (2012 年 8 月 30 日引用)
- 9) 長崎バスホームページ 停留所配信: <http://www.nagasaki-bus.co.jp/timetable-dl/index.html> (2012 年 11 月 20 日引用)
長崎電気鉄道 電車時刻表: http://www.naga-den.com/kikaku/zikoku/1.3_mon.pdf (2012 年 11 月 20 日引用)
JR 九州 駅別時刻表: http://www.jrkyushu-timetable.jp/jr-k_time/r_nagasaki.html (2012 年 11 月 20 日引用)
- 10) Chiyo Murata, Takaaki Kondo, et al. : Factor Associated With Life Space Among Community-Living Rural Elders in Japan, *Public Health.* 23(4):324-331, 2006
- 11) 岡本秀明, 白澤政和: 農村部高齢者の社会活動における活動参加意向の充足状況に関連する要因, *日本在宅ケア学会誌* 10(1):29-38, 2006
- 12) 山崎幸子, 蘭牟田洋美, 他: 地域高齢者における外出頻度の関連要因-外出の自己効力感に着目して-, *老年社会科学* 34(2):228, 2012
- 13) 兪 今, 長田久雄, 他: 高齢者の社会活動参加に関連する要因の包括的検討, *老年社会科学* 27(2):169-169, 2005

ラット膝関節炎モデルに対する患部の不動ならびに低強度の筋収縮運動が痛みや腫脹におよぼす影響

寺中 香

要旨

本実験では、ラット膝関節炎モデルを用いて患部の不動ならびに低強度の筋収縮運動が腫脹や痛みにおよぼす影響を検討した。実験動物には8週齢のWistar系雄性ラット21匹を用い、膝関節に関節炎を惹起させる関節炎群(n=5)、関節炎を惹起させた後、膝関節を不動化させる不動群(n=5)、関節炎を惹起させた後、低強度の筋収縮運動を実施する運動群(n=6)、疑似処置として生理食塩水を膝関節に注入する対照群(n=5)に振り分けた。結果、不動群は関節炎群よりも慢性痛の兆候が顕著であったが、運動群では関節炎群や不動群に比べ膝関節の圧痛閾値ならびに遠隔部である足底の痛覚閾値が早期に回復した。このことから、関節炎発症直後からの患部の不動は、慢性痛の発生に大きく影響すること、逆に、低強度の筋収縮運動を実施すると患部の痛みのみならず、遠隔部における慢性痛の発生予防に好影響をもたらす可能性が示唆された。

はじめに

急性の関節炎や組織損傷に対しては、患部の安静や薬物療法により炎症の鎮静化を図るのが一般的である。しかし、近年では患部の安静などによる不活動の惹起は慢性痛の危険因子として指摘されており、この点についてVerbuntら¹⁾は、腰痛発症後4日以上安静にした群では、4日未満の群に比べ痛みを含めた機能障害度が高く、これは12ヶ月後においても持続したと報告している。このことから、関節炎や組織損傷の急性期における患部の必要以上の安静はその後の慢性痛の発生に影響をおよぼすと考えられる。

一方、膝関節の炎症や痛みを主症状とする変形性膝関節症患者を対象としたランダム化比較対照試験において、筋力増強効果を認めない程度の低強度の筋収縮運動の効果が報告されている。Sheilaら²⁾は変形性膝関節症患者に対して、大腿四頭筋運動を6ヶ月間実施した群は、実施しなかった群と比べ痛みを含めた身体機能の有意な改善が認められたと報告している。さらに、Doiら³⁾は大腿四頭筋運動を8週間実施した変形性膝関節症患者は、非ステロイド系抗炎症薬を8週間服用した群と同程度の疼痛軽減効果を

認めたと報告している。したがって、低強度の筋収縮運動は、炎症症状や痛みを改善する効果があると予想される。しかしながら、関節炎発症直後からの低強度の筋収縮運動の介入が炎症症状や痛みにおよぼす影響について縦断的に検討した報告は非常に少なく、低強度の筋収縮運動の治療介入効果については明らかになっていない。

そこで、本実験ではラット膝関節炎モデルを用いて炎症発症直後から患部を不動状態とする場合と低強度の筋収縮運動を実施する場合をシミュレーションし、痛みや腫脹におよぼす影響を検討した。

材料と方法

1. 実験プロトコル

1) 実験動物

実験動物には8週齢のWistar系雄性ラット21匹を用い、これらが無作為に起炎剤である3%カラゲニン・カオリン混合液を右膝関節に注入し、関節炎を惹起させる群(以下、関節炎群;n=5)、同様に右膝関節に関節炎を惹起させた後、同部

位をギプスで不動化させる群(以下, 不動群; n=5), 右膝関節に関節炎を惹起させた後, 低強度の筋収縮運動を実施する群(以下, 運動群; n=6), 関節炎の疑似処置として生理食塩水を右膝関節に注入する群(以下, 対照群 n=5)に分けた。なお, 今回の実験は長崎大学が定める動物実験指針に準じ, 長崎大学先端生命科学研究所支援センター動物実験施設で実施した。

2) 関節炎の作製方法

関節炎群, 不動群, 運動群の各ラットに対しては, ペントバルビタールナトリウム(40mg/kg)の腹腔内投与によって麻酔を行い, 右側膝関節周囲を剃毛した。そして, 30 ゲージの注射針(NIPRO マイシヨット)を用いて, 膝蓋靭帯の直上に刺し, 生理食塩水で溶解した 3% λ -カラゲニン(シグマ社)・3%カオリン(Wako 社)混合液 300 μ l を注入することで関節炎を惹起させた。なお, 対照群に対しては上記と同様の方法で生理食塩水を 300 μ l 右膝関節に注入する疑似処置を行った。

3) 膝関節の不動化方法

不動群に対しては, 起炎剤投与 1 日目に後述する評価を行い, 関節炎の発症を確認した後, 注射側である右側膝関節を不動化した。具体的には, ペントバルビタールナトリウム(40mg/kg)の腹腔内投与によって麻酔を行った後, 右側下肢を剃毛し, 膝関節を最大伸展位の状態でギプス包帯を用いて 4 週間不動化した。なお, その際, 足指は浮腫の発生と皮膚の状態を確認するために露出させ, ギプスの緩みや浮腫を確認した際には適宜巻き替えを行った。

4) 低強度の筋収縮運動の実施方法

運動群に対しても起炎剤投与 1 日目に後述する評価を行い, 関節炎の発症を確認した後, 注射側である右側膝関節の伸展運動を実施した。具体的には, ペントバルビタールナトリウム(40mg/kg)の腹腔内投与によって麻酔を行った後, 低周波治療器トリオ 300(伊藤超短波製)を用い, 刺激周波数 50Hz, パルス幅 250 μ sec, 刺激強度 2~3mA の条件で, 大腿四頭筋を 2 秒間収縮, 4 秒間弛緩させることで, 膝関節伸展運動を誘発させた。そして, この運動の 1 日の実施時間は 20 分, 頻度は週 6 回とし, 4 週間継続して実施した。なお, 実験終了後は筋収縮運動による筋線維肥大効果を確認するため, 大腿直筋の

凍結横断切片をヘマトキシリン&エオジン(以下, H&E)染色し, 各群の筋線維直径を比較した。その結果, 平均筋線維直径は関節炎群が 68.5 μ m, 運動群が 66.7 μ m で有意差を認めず, 筋収縮運動による筋線維肥大効果はないことが確認された(図 1)。

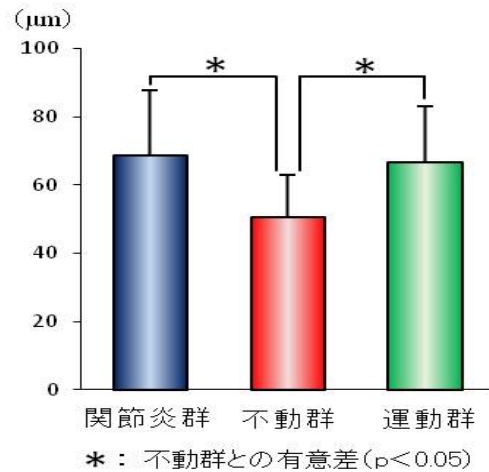


図 1 大腿直筋の筋線維直径

2. 評価方法

実験期間中は以下の方法にて注射側である右側膝関節の腫脹と圧痛閾値を測定し, 患部の炎症症状を評価した。また, 両側足底への機械的刺激に対する痛覚閾値を測定し, 遠隔部における痛みの発生状況を評価した。なお, これらの測定は起炎剤もしくは生理食塩水を投与する前日と投与後 1 日目ならび 1, 2, 3, 4 週目に行った。加えて, 実験終了後には各群から注射側である右側膝関節を採取し, 組織学的検索に供した。

1) 膝関節の腫脹の評価

膝関節の腫脹は, 麻酔下で右側膝関節の内・外側裂隙間の横径をノギスで測定することで評価した。

2) 膝関節の圧痛閾値の評価

圧痛閾値は, 覚醒下でプッシュプルゲージ(AIKOH ENGINEERING 社製)を用いて, 右側膝関節の外側裂隙部に圧刺激を加え, 後肢の逃避反応が出現する荷重量(N)を測定することで評価した。なお, この測定においては荷重量の減少が圧痛閾値の低下を意味しており, データは 5 回の測定の平均値を用いた。

3) 足底の機械的刺激に対する痛覚閾値の評価

足底の機械的刺激に対する痛覚閾値の評価には、4, 8, 15g の von Frey filament (以下、VFF; North Coast Medical 社製)を用いた。VFFテストとは、毛髪状のフィラメントが折れ曲がるまで皮膚に押しあてるもので、フィラメントの太さの違いによって皮膚に入力される機械的刺激の強度が異なることを利用した痛覚検査法であり、アロディニアと痛覚過敏の両者を評価することができる⁴⁾。今回は Migita らの報告を参考に4, 8, 15gのVFFを選択した⁵⁾。具体的な方法としては、各VFFを用いて覚醒下で両側足底をそれぞれ10回刺激し、その際の痛み関連行動(刺激時における刺激側後肢の逃避反応やなき声、非刺激側後肢をばたつかせる動きなど)の出現回数を測定することで評価した。なお、この測定においては痛み関連行動の出現回数が増加するほど痛覚閾値の低下を意味する。

4) 膝関節の組織学的検索

実験終了後は麻酔下で注射側である右側膝関節を採取し、4%パラホルムアルデヒドにて組織固定を行い、脱灰処理の後にパラフィン包埋を行った。包埋した試料はマイクロームを用いて5 μ m厚の矢状断切片を作製した後、H&E染色を施し、光学顕微鏡で検鏡した。そして、この組織学的検索を通して、実験終了時の各群の膝関節組織の炎症を評価した。

5) 統計処理

4群間における膝関節の腫脹と圧痛閾値ならびに各VFFに対する足底の痛覚閾値については、一元配置分散分析(以下、ANOVA)を適用し、有意差を判定した。そして、ANOVAにて有意差を認めた場合は、事後検定にScheffe法を適用し、各群間の有意差を判定した。なお、すべての統計手法とも有意水準は5%未満とした。

結果

1. 膝関節の腫脹

関節炎群、運動群の腫脹は起炎剤投与1日目をピークに2週目までは対照群より有意に増加していたが、3週目以降は対照群との有意差は認められなかった。一方、不動群の腫脹は起炎剤

投与1日目をピークに4週目まで対照群より有意に増加していた。しかし、実験期間を通して対照群以外の3群間に有意差は認められなかった(図2)。

2. 膝関節の圧痛閾値

関節炎群、不動群、運動群の圧痛閾値は起炎剤投与1日目において対照群より有意に低下し、3群間に有意差を認めなかった。また、運動群では1週目から関節炎群、不動群より有意に上昇し、3週目以降は対照群との有意差も認められなかった(図3)。

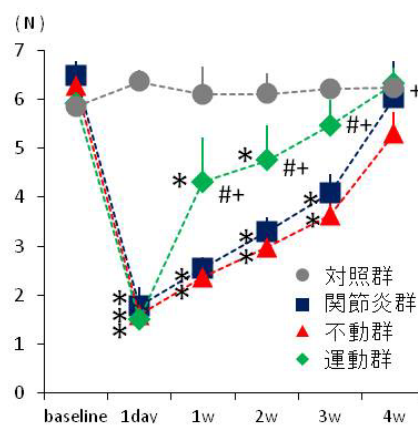
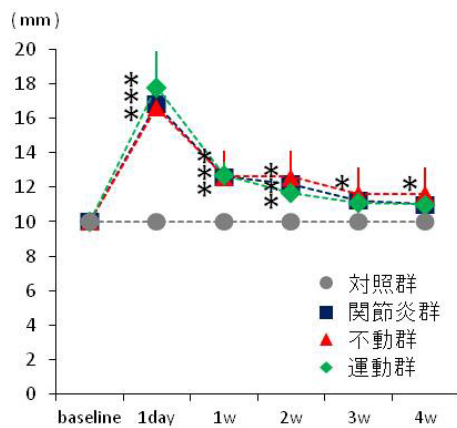
3. 各VFFに対する足底の痛覚閾値

注射側である右側足底における痛覚閾値は4, 8, 15g全てのVFFともほぼ同様の結果で、関節炎群は起炎剤投与1日目から対照群より有意に増加しており、これは4週目まで持続していた。また、不動群においては起炎剤投与1日目から4週目まで対照群より有意に増加し、さらに3週目以降では関節炎群のそれより有意に増加していた。一方、運動群においては起炎剤投与1日目から1週目までは対照群より有意に増加していたが、2週目以降は対照群との有意差を認めず、さらに関節炎群、不動群のそれより有意に減少していた(図4a)。

次に、非注射側である左側足底における痛覚閾値として、関節炎群は起炎剤投与1日目から対照群より有意に増加し、これは4, 8gで2週目、15gで3週目まで持続していた。また、不動群においては起炎剤投与1日目から4週目まで対照群より有意に増加し、さらに3週目以降では関節炎群のそれより有意に増加していた。一方、運動群においては起炎剤投与1日目から1週目までは対照群より有意に増加していたが、2週目以降は対照群との有意差を認めず、さらに不動群のそれより有意に減少していた(図4b)。

4. 膝関節の組織学的変化

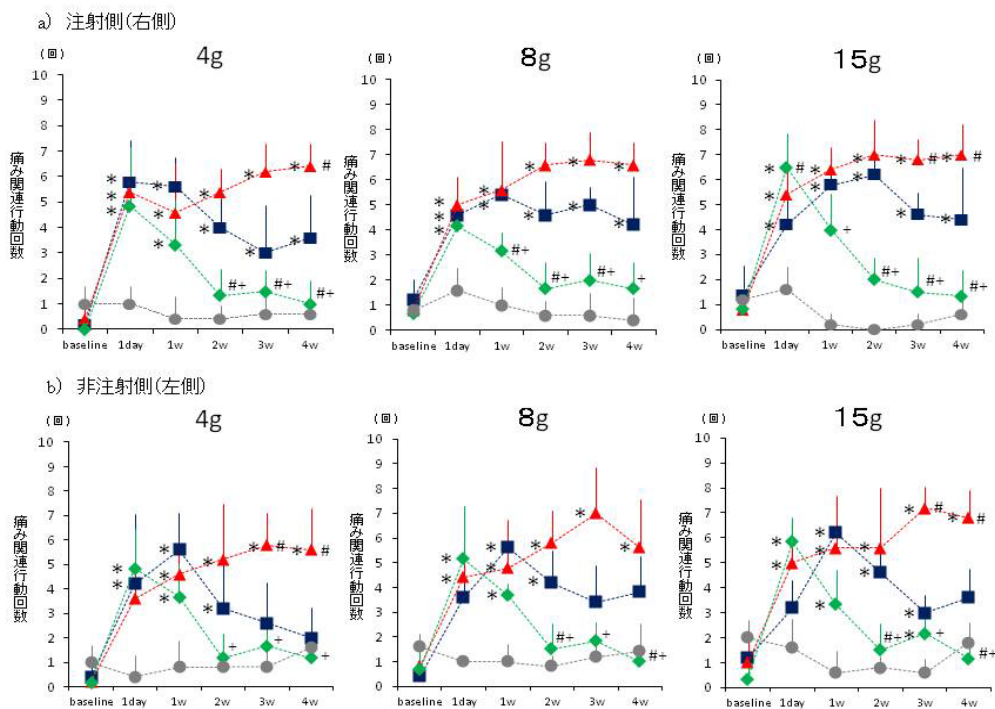
注射側である右側膝関節のH&E染色像では、起炎剤を投与した3群全てにおいて滑膜部分に細胞浸潤を伴う炎症所見が認められたが、その程度に違いは認められなかった。



*: 対照群との有意差 ($p < 0.05$), #: 関節炎群との有意差 ($p < 0.05$), +: 不動群との有意差 ($p < 0.05$)

図 2 膝関節の腫脹の変化

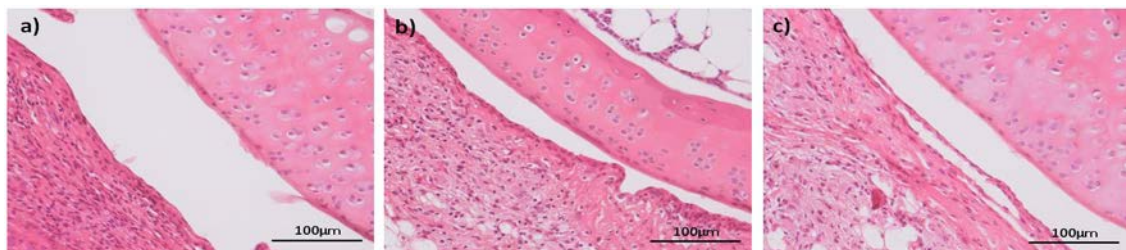
図 3 膝関節の圧痛閾値の変化



*: 対照群との有意差 ($p < 0.05$), #: 関節炎群との有意差 ($p < 0.05$), +: 不動群との有意差 ($p < 0.05$)

● 対照群 ■ 関節炎群 ▲ 不動群 ◆ 運動群

図 4 各 VFF に対する足底の痛覚閾値の変化



a) 関節炎群, b) 不動群, c) 運動群

図 5 注射側膝関節の組織学的所見

考察

本実験では、ラット膝関節炎モデルを用いて炎症発症直後から患部を不動状態とする場合と低強度の筋収縮運動を実施する場合をシミュレーションし、痛みや腫脹におよぼす影響を検討した。

まず、起炎剤の投与によって膝関節に炎症が惹起されていることを確認するため、今回は炎症症状の指標として膝関節の腫脹と圧痛閾値を評価した。その結果、起炎剤投与 1 日目において関節炎群、不動群、運動群の腫脹と圧痛閾値はいずれも対照群と有意差を認め、かつ 3 群間に有意差を認めなかった。このことから、起炎剤を投与した関節炎群、不動群、運動群の 3 群には同程度の炎症症状が発生していたと推測できる。次に、不動化や筋収縮運動を施した後の経過をみると、膝関節の腫脹の変化においては、実験期間を通して関節炎群、不動群、運動群の 3 群間に有意差は認められなかった。一方、膝関節の圧痛閾値の変化に関しては、不動群では起炎剤投与後 4 週目においても患部の圧痛閾値が低下したままであることから、患部の痛みが完全には改善されない傾向にあったが、運動群では起炎剤投与後 1 週目より患部の圧痛閾値の上昇が認められ、患部の痛みは早期に回復する傾向にあった。そして、このメカニズムには今回の運動シミュレーションである大腿四頭筋の筋収縮運動の以下に示す作用が影響していると推察される。まず、Petersen ら⁶⁾は運動中の骨格筋からは抗炎症性サイトカインである IL-6 が産生されると報告しており、今回の筋収縮運動によりこのような生物学的効果が惹起され、患部の痛みの早期回復が認められたのではないかと推測される。また、Ferretti ら⁷⁾はラビット抗原誘発膝関節炎モデルを用いて炎症発症直後から持続的他動運動を実施すると、同様に炎症発症直後からギプスで不動化した群と比べ、抗炎症性サイトカインである IL-10 の発現と炎症性サイトカインである IL-1 β の減少、プロスタグランジンの産生酵素である COX-2 の減少を認め、関節運動は抗炎症効果を発揮する可能性があるとして報告している。すなわち、今回の筋収縮運動を膝関節の関節運動

と捉えると、このことも好影響をもたらしたメカニズムに関与しているのではないかと考えられる。しかし、本実験ではこれらに関する検討は行っておらず、今後明らかにすべき課題といえよう。

次に、遠隔部である足底の痛覚閾値の変化をみると、関節炎群の注射側ならびに非注射側の足底は、4, 8, 15g のいずれの VFF においても起炎剤投与早期より痛覚閾値の低下が認められた。Migita ら⁵⁾の報告を参考にすると 4g の VFF は非侵害刺激、8, 15g の VFF は侵害刺激とみなすことができることから、非侵害刺激に対して痛みが生じるアロディニアおよび侵害刺激に対してその刺激強度以上に強い痛みが生じる痛覚過敏の両者の症状が生じていることになる。そして、Radhakrishnan ら⁸⁾はラット一側膝関節に起炎剤であるカラゲニンを注入したところ、患部である膝関節から離れた足底に痛覚過敏やアロディニアが生じ、これは膝関節の炎症の緩解または組織修復が進んでいる 8 週間以上にわたり持続し、さらに、炎症が生じていない対側にまでその症状がおよぶことから、慢性痛に発展していることが示唆されると報告している。本実験においても関節炎群では 4 週間が経過しても注射側、非注射側いずれの足底の痛覚閾値は低下したままであり、先の Radhakrishnan ら⁸⁾の結果と同様に慢性痛に発展している可能性がうかがわれた。加えて、関節炎発症直後から患部を不動化すると、この兆候は顕著であった。先行研究によれば、慢性痛の発生要因としては①炎症のような末梢からの強い侵害刺激が持続すること、②不活動による末梢からの刺激が減弱・消失することの両者が影響するとしている⁹⁾。つまり、本実験の関節炎群では、炎症の惹起に伴う強い侵害刺激の持続によって中枢性感作が引き起こされ、慢性痛に発展したのではないかと推察される。そして、不動群では、炎症による強い侵害刺激の持続のみならず、患部の不活動が惹起されたことが顕著な慢性痛の兆候を示した要因と考えられる。

一方、運動群では低強度の筋収縮運動の介入以降、両側足底の痛覚閾値が上昇し、アロディニアと痛覚過敏の改善が認められた。つまり、炎症発症直後から低強度の筋収縮運動を行うことで患部の痛みの早期回復が認められ、末梢からの過剰な侵害刺激が減少し、さらに、運動によ

って不活動状態の回避にもつながり、これらのことから中枢性感作が抑制され、慢性痛の発生予防につながったのではないかと推察される。

臨床場面では、従来から関節炎や組織損傷の急性期には、患部を安静に保つことが提唱されてきたが、近年、四肢や全身の活動性の低下はさらなる痛みを生み出し、慢性痛の悪循環を構築することが指摘され、急性期でさえ安静は必要最小限にとどめるべきとされている¹⁰⁾。そして、今回の結果においても関節炎発症直後から患部を不動状態に曝すと慢性痛の兆候は著しくなり、逆に、低強度の筋収縮運動を実施すると患部の痛みのみならず、遠隔部における慢性痛の発生を予防できる可能性が示唆された。すなわち、今回の結果は関節炎や組織損傷の急性期における安静による弊害と運動療法介入の有効性を示した基礎データのの一つではないかと考えられ、今後、臨床応用につなげていきたい。

謝辞

今回の実験において、ご指導、ご協力頂いた長崎大学大学院医歯薬学総合研究科運動障害リハビリテーション学研究室の先生方に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Verbunt JA, Sieben J, et al. : A new episode of low back pain: who relies on bed rest? *Eur J Pain* 2008; 12:508-516.
- 2) Sheila C O'Reilly, Ken R Muir, et al. : Effectiveness of home exercise on pain and disability from osteoarthritis of the knee: a randomised controlled trial. *Ann Rheum Dis*. 1999; 58:15-19.
- 3) Doi T, Akai M, et al. : Effect of Home Exercise of Quadriceps on Knee Osteoarthritis Compared with Nonsteroidal Antiinflammatory Drugs A Randomized Controlled Trial. *Am J Phys Med Rehabil*. 2008; 87:258-269.
- 4) 肥田朋子: 痛覚閾値の測定法—機械刺激に対する痛覚閾値—. *理学療法*. 2006; 23:90-93.
- 5) Migita K, Moriyama T, et al. : Modulation of P2X receptors in dorsal root ganglion neurons of streptozotocin-induced diabetic neuropathy. *Neuroscience Letters*. 2009; 452:200-203.
- 6) Petersen, Anne Marie W, et al. : The anti-inflammatory effect of exercise. *J Appl Physiol*. 2005; 98:1154-1162.
- 7) Ferretti M, Srinivasan A, et al. : Anti-inflammatory effects of continuous passive motion on meniscal fibrocartilage. *J Orthop Res*. 2005; 23:1165-1171.
- 8) Radhakrishnan R, Moore SA, et al. : Unilateral carrageenan injection into muscle or joint induces chronic bilateral hyperalgesia in rats. *Pain*. 2003; 104:567-577.

- 9) 沖田 実: Pain Rehabilitationーペインリハビリテーション, 松原貴子, 沖田実, 森岡 周, 三輪書店, 東京, 2011, pp. 134-157.
- 10) 松原貴子: 痛みのケアー慢性痛ー, 熊澤孝朗(監編), 照林社, 東京, 2006, pp. 106-126.

(指導教員 沖田 実)

運動中の視覚刺激が呼吸困難と下肢疲労感 および呼吸循環応答に与える影響

伊藤雅紹・増井綾乃・森駿一朗

[目的]本研究は、自転車エルゴメータを用いた定常運動負荷時の呼吸困難、下肢疲労感および呼吸循環応答に対して、視覚刺激が与える影響を検討した。[対象と方法]対象は、若年健常者 16 名 (男性 9 名, 女性 7 名)。方法は、DVD 再生下で行う刺激群と非刺激群の 2 通りを封筒法により無作為化し、事前に行った漸増運動負荷試験で得られた $\text{peak}\dot{V}\text{O}_2$ の 40% 負荷に相当する負荷量にて定常負荷実験を実施した。実験中は、呼気ガス分析装置を用いた呼吸循環応答と呼吸困難、下肢疲労感を測定、評価した。また、実験終了後に楽しさを VAS にて評価した。[結果]呼吸困難、下肢疲労感是非刺激群に比して刺激群で有意に低値を示し、楽しさは非刺激群に比して刺激群で有意に高値を示した。しかし、呼吸循環応答は両群間で差は認められなかった。[結語]運動中に視覚刺激を与えることで、運動時の呼吸困難、下肢疲労感を軽減させるということが示唆された。

はじめに

近年、増加傾向にある慢性閉塞性肺疾患 (chronic obstructive pulmonary disease; COPD) は、臨床的には徐々に生じる体動時の呼吸困難や慢性の咳、痰を特徴とする。この COPD を主とした呼吸器関連疾患に対する運動療法においては、下肢の運動による全身持久力トレーニングが適応され、有用性のエビデンスも高く、日本呼吸器学会 COPD ガイドラインにおいても推奨されている¹⁾。しかし、運動療法の中止基準の一つに臨床症状である強い呼吸困難 (修正 Borg スケール 7~9) が含まれており²⁾、運動療法継続の制限因子となっている。米国呼吸器学会によると³⁾、呼吸困難は「a subjective experience of breathing discomfort that consists of qualitatively distinct sensations that vary in intensity」と定義され、呼吸をすることに不快感を訴えるといった主観的な状態である。また、古くより肺や気道の受容器、胸郭の機械受容器、動脈血ガスのホメオスタシス維持に寄与する呼吸化学受容器が検討されており⁴⁾、抑うつ、不安等の心理的な因子も強く関与することが従来から知られている²⁾。

近年の研究では⁵⁾、脳の情動系が痛みの体験や喜怒哀楽、不快感、恐怖などの基礎的な感情の体験に重要な役割を持つと言われており、この他に嗅覚や味覚、視覚、聴覚といった外部感覚刺激も作用すると言われている。また、脳画像解析においても、呼吸困難の発現に情動系が関与することが判明している⁶⁾。そこで、聴覚や視覚、嗅覚、味覚といった外部感覚に関して、呼吸困難誘発時に賦活される脳の情動系ネットワークに対する外部感覚刺激が呼吸困難に影響を与えるのではないかという仮説を立てた。

外部感覚刺激に関する過去の文献において、V.M. Nethery ら⁶⁾ が健常成人に対して行った自転車エルゴメータを用いた研究では、音楽による聴覚刺激が自覚的運動強度に有意に影響を与えたが、映像を用いた視覚刺激による自覚的運動強度への影響は見られなかったと報告している。しかし、この実験における自覚的運動強度は“労作感”として表現され、呼吸困難と筋疲労感が含まれているが、これらは個別に評価・検討されたものではない。

さらに、聴覚刺激に関しては、新貝ら⁷⁾ が健常成人に対して行った Shuttle Walking Test を用い

た研究では、呼吸困難および下肢疲労感が個別に評価、検討しており、聴覚刺激が呼吸困難および下肢疲労感の軽減に対して有意に影響を与えたと報告している。

近年では、人々の健康に対する意識が高まる中、運動が注目されており、フィットネスクラブ等において、運動中に映像を見たり、音楽を聴いたりしている人々の姿がよく見受けられる。そこで、映像や音楽が呼吸困難に何らかの影響を及ぼすのではないかと考えた。しかし、視覚刺激が呼吸困難に与える影響について、COPD 患者のみならず、健常者を対象とした先行研究は未だ報告されていない。

以上のことから、本研究の目的は、健常者を対象とし、自転車エルゴメータを用いての定常運動負荷による呼吸困難、下肢疲労感および呼吸循環応答に対して、視覚刺激が与える影響を検討することである。

対象と方法

対象は、若年健常者 16 名(男性 9 名, 女性 7 名)であり、平均年齢は 21.7 ± 2.9 歳、平均身長 166.1 ± 9.2 cm、平均体重 59.1 ± 9.4 kg であった。対象者には口頭にて本研究の目的、方法およびリスクについて説明し、同意を得た上で安全面を重視して測定を行った。

研究手法は、クロスオーバー比較試験とし、3 セッションから構成されている。セッション 1 では、運動負荷試験(以下、CPX)を実施した。CPX は、エルゴメータ(ERGOMETER232CXL, COMBI 社)を使用し、エルゴメータ上で 2 分間の安静座位、3 分間の 20W 定常負荷による warm up に続き、20W/min ずつ漸増する Ramp 負荷にて行った。この時の回転数は 60rpm とした。中止基準は、アメリカスポーツ医学協会の運動負荷試験実施要領ならびに、回転数の維持が困難となった時点とした。呼気ガス分析装置(呼吸代謝測定システム エアロモニタ AE-300S)にて得られた最高酸素摂取量(以下、 $\dot{V}O_{2\max}$)は負荷試験終了時から終了前 30 秒間の平均値を採用した。セッション 2, 3 では、 $\dot{V}O_{2\max}$ の 40% に相当する負荷量にて定常負荷実験を実施した。この負荷量

の選択基準は、先行研究⁷⁾より、高負荷運動では音楽の効果が小さいと推測されていたことに準じた。この実験は、映像を見ながらの定常負荷実験(以下、刺激群)と映像を見ない状態での定常負荷実験(以下、非刺激群)を封筒法により無作為化した。実験プロトコルは、エルゴメータ上で安静座位を 5 分間とり、続いて 3 分後に CPX で決定した $\dot{V}O_{2\max}$ の 40% に相当する負荷量に達するよう設定した Ramp 負荷にて 3 分間の warm up を実施した。その後、定常負荷にて 20 分間の運動を実施し、1 分間の cool down と、recovery として 10 分間の安静座位による回復段階を設けた。実験中の回転数は CPX 時と同様に 60rpm を維持するよう指示した。

視覚刺激は、映画、アニメーション、風景、スポーツの 4 つの異なるジャンルを事前に用意した。実験開始前に、対象者に 4 本の DVD の中から最も興味のあるものを選択させ、20 分間の運動中のみ前方に設置した 60inch のテレビ画面に消音設定にて再生した。この時、画面の位置は対象者が快適と感じる距離に調整した。また、対象者の左右にはパーテーションを設置し、映像以外の視覚刺激が最小限になるよう配慮した。20 分間の運動開始時に DVD を再生し、運動終了と同時に DVD を停止した。非刺激群は、刺激群と同様の実験環境下にて、運動実施中に DVD を再生せず、視覚刺激を行わない条件で実施した。実験は静かな部屋で、外部からの刺激が最小限になるように配慮した。また、実験中は、対象者にはノイズキャンセリング機能付きヘッドホン(Panasonic RP-HC150 ステレオヘッドホン)を装着させ、実験中の対象者への指示は全て紙面にて行った。また、各セッションは実験による対象者の疲労を考慮して 2, 3 日の期間を空けて実施し、実施前には対象者に実験手順について十分なオリエンテーションを行った。

評価項目は、呼吸困難、下肢疲労感、楽しさおよび呼気ガス分析装置にて得られた体重当たりの酸素摂取量(以下、 $\dot{V}O_{2/W}$)、分時換気量(以下、VE)、呼吸数(以下、RR)、心拍数(以下、HR)とした。呼吸困難および下肢疲労感の評価には修正 Borg Scale を使用し、運動中は 3 分毎に、回復段階は 1 分毎に対象者が目視可能な場

所に修正 Borg Scale の用紙を掲示し、指差しにて回答するよう指示した。楽しさの評価には、Visual Analog Scale(以下、VAS)を使用し、各実験終了後に評価した。

統計処理は、運動中の各時間における刺激群と非刺激群の比較を、 $\dot{V}O_2/W$, VE, RR, 楽しさについては対応のある t 検定, 呼吸困難と下肢疲労感, HR については Wilcoxon の符号付順位和検定にて比較検討した。統計ソフトは PASW Statistics 18 を使用し、危険率 5% 未満を有意とした。

結果

研究プロトコルから外れた者(2名), HR を正常に測定できなかった者(1名)は除外され、最終的な対象者は計 13 名(男性 6 名, 女性 7 名)であった。平均年齢は 21.1 ± 1.0 歳, 平均身長 164.8 ± 9.5 cm, 平均体重 56.9 ± 6.9 kg であった。

$\dot{V}O_2/W$, VE, RR, HR については、両群間で有意な差は認められなかった(図 1)。

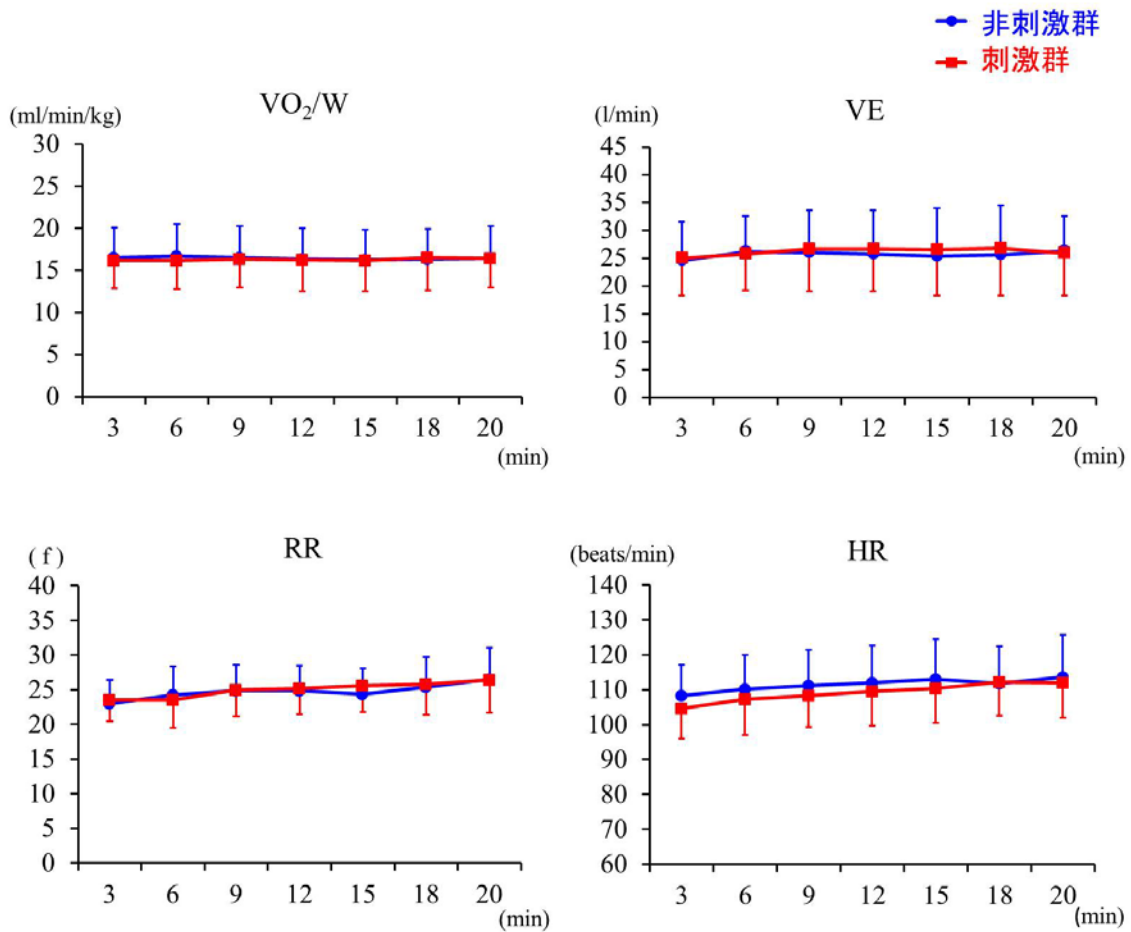


図 1:呼吸循環応答

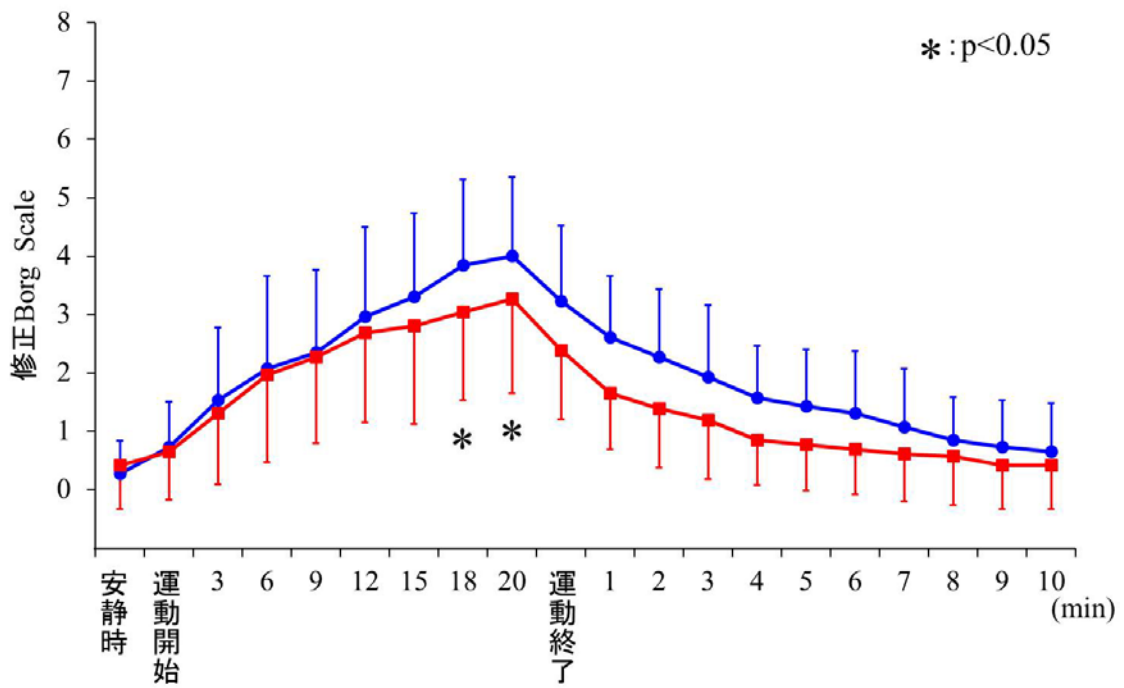


図 2:呼吸困難

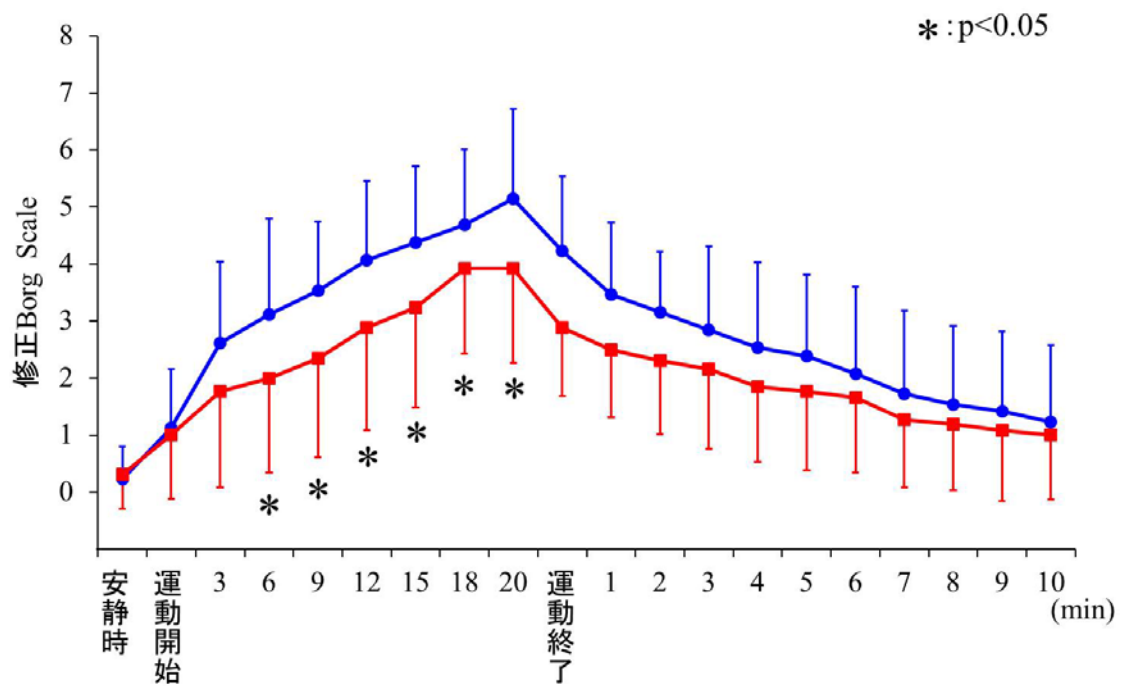


図 3:下肢疲労感

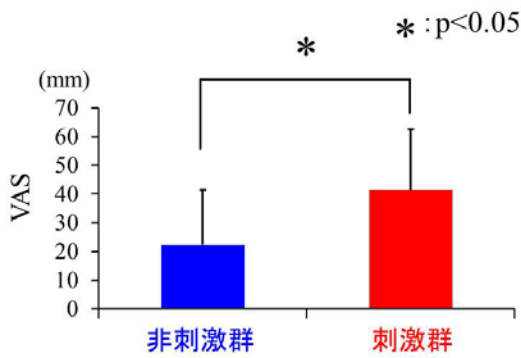


図 4: 楽しさ

呼吸困難は運動開始 18 分後から 20 分後にかけて、下肢疲労感は運動開始 6 分後から 20 分後にかけて、非刺激群と比して刺激群で有意に低値を示した(図 2, 3)。

楽しさは非刺激群と比して刺激群で有意に高値を示した(図 4)。

考察

エルゴメータを用いた定常負荷実験中の視覚刺激が低強度運動時および運動終了後に与える影響について、呼吸循環応答、呼吸困難、下肢疲労感および楽しさから検討した。

呼吸循環応答は、全ての項目において両群間で差は認められなかった。新貝らの研究においても、聴覚刺激群と非刺激群の両群間で呼吸循環応答に大きな変化は認められなかったと報告している。今回の結果から、低強度定常負荷における運動中の視覚刺激が、音楽による聴覚刺激と同様に呼吸循環応答に大きな影響を与えず、自覚症状のみを減少させる効果があることが示唆された。

呼吸困難、下肢疲労感は共に刺激群で有意に低値を示した。しかし、呼吸困難と下肢疲労感では効果の発現時間が大きく異なっていた。これに関して、運動負荷試験における健常者の運動能力および運動制限因子の特徴として、普段から運動量が少ない場合、換気、循環に余力があり、下肢疲労感で中断することが多いと報告しており⁸⁾、本研究の対象者が全て若年健常者であったことが自覚症状の効果の発現時間に影響している可能性も考えられる。しかし、呼吸困難お

よび下肢疲労感が発現するメカニズムは未だ明らかになっていないため、今後さらなる検討が必要である。

新貝らの研究において、呼吸困難、下肢疲労感における音楽の効果機序として、知覚領域では、感覚信号の強さとその感覚に対する興味の強さの組み合わせで感覚の認識を行うとされている。つまり、感覚注意の焦点が運動疲労よりも興味の強い音楽が優先的に選択されると、より少ない疲労感として知覚される。即ち、音楽は疲労信号に対して感覚注意の焦点を変える、あるいは、部分的にそらす効果があるのではないかと述べられている。

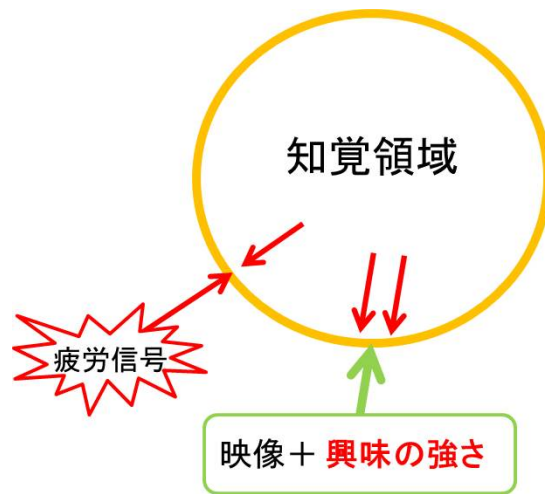


図 5: 知覚領域の感覚信号に対する反応

また、対象者に興味のある映像を選択させたことで、楽しさの値は刺激群が非刺激群の約 2 倍となった。このことから、詳細な脳内メカニズムについては明らかになっていないが、視覚刺激により快の感情発現に関わるといわれる側坐核などで構成される情動系ネットワークが賦活されていたのではないかと推測される。つまり、新貝らの研究と同様、視覚刺激によって呼吸困難や下肢疲労感などの不快な感覚から感覚注意の焦点をそらす効果が得られたのではないかと考える(図 5)。

まとめ

映像を見ることにより、運動時の呼吸困難、下肢疲労感を軽減させ、回復時間が短くなるという

ことが示唆された。

今後は、対象者数及び対象範囲を COPD 患者へと拡大し、さらに検討していく必要がある。加えて、新貝らの研究および本研究の結果から、聴覚刺激と視覚刺激が運動中の自覚症状に与える影響が示唆された。そこで、今後は聴覚刺激と視覚刺激を併せた音有り映像による効果の発現時間についての検討が期待される。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導、ご尽力を賜りました千住秀明教授ならびに長崎大学大学院医歯薬学総合研究科の諸先生方に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日本呼吸器学会 COPD ガイドライン第 3 版作成委員会:COPD(慢性閉塞性肺疾患)診断と治療のためのガイドライン第 3 版. 社団法人日本呼吸器学会, 東京, 2009.
- 2) 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会呼吸リハビリテーション委員会, 日本呼吸器学会ガイドライン施行管理委員会, 日本理学療法士協会呼吸リハビリテーションガイドライン作成委員会:呼吸リハビリテーションマニュアル編, 照林社, 東京, 2009, p12.
- 3) American Thoracic Society :Dyspnea. Mechanisms, assessment, and management: a consensus statement. Am J Respir Crit Care Med, 1999, 159 : 321-340.
- 4) 西野卓:呼吸困難の生理. 日本臨床麻酔学会誌, 2009, 第 29 巻 第 4 号:341-350.
- 5) 松原貴子, 沖田実, 他:ペインリハビリテーション. 三輪書店, 東京, 2011, pp110-119.
- 6) V.M. Nethery:Competition between internal and external sources of information during exercise: influence on RPE and the impact of the exercise load. J Sports Med Phys Fitness, 2002, 42: 172-178.
- 7) 新貝和也, 千住秀明:運動中の音楽が呼吸困難感と下肢疲労感に与える影響. 理学療法科学, 2011, 26(3):353-357.
- 8) 平田一人, 立石善隆, 他:呼吸器診療における運動負荷試験. 呼吸, 2006, 25(5):522-529.

(指導教員 千住秀明, 田中貴子)

不動の過程における周期的な単収縮の誘発が 骨格筋の線維化に及ぼす影響

川寄真理子・田中美帆

要旨

本研究では、不動の過程において電気刺激を用いて周期的な単収縮を誘発することが、骨格筋の線維化にどのような影響を及ぼすのかを、その標的分子の動態変化から検討した。Wistar 系雄性ラット 20 匹を無作為に①4 週間通常飼育する対照群 (n=5), ②4 週間両側足関節を最大底屈位でギプス固定する不動群 (n=7), ③4 週間のギプス固定中に下腿三頭筋に対して電気刺激を用いて単収縮を誘発する不動+刺激群 (n=8) に振り分けた。結果、不動+刺激群は不動群に比べ関節可動域制限の進行が抑制され、不動群に認められた線維化の標的分子の mRNA の発現増加も不動+刺激群では抑制されていた。したがって、不動の過程において周期的な単収縮を誘発することで、骨格筋由来の拘縮の発生を軽減できることが示唆され、この結果は拘縮の治療の一助になると考える。

はじめに

長期臥床やギプス固定などの関節の不動は関節拘縮 (以下、拘縮) を引き起こし、ADL や QOL の低下につながる。そして、先行研究によればこの拘縮の責任病巣の中心は骨格筋にあり、その主な病態は骨格筋の伸張性低下といわれている¹⁾。骨格筋の伸張性低下は、コラーゲンから構成される筋膜の変化に由来するところが大きく、具体的には、不動状態に曝らされた骨格筋ではコラーゲン含有量が増加し、筋周膜や筋内膜には肥厚が認められるという²⁾。つまり、不動によって骨格筋にはコラーゲンの増生に伴う線維化が発生し、このことが伸張性低下の一因になっている可能性が高い²⁾。しかし、不動による骨格筋の線維化の発生メカニズムに関しては、その詳細は明らかになっていない。

一方、肺線維症や肝硬変などに代表される内臓器の線維化の発生メカニズムに関しては分子レベルにまで掘り下げられて解明が進んでいる。具体的には、内臓器の線維化は炎症が発端となることがほとんどで、このイベントが線維芽細胞を刺激し、線維化の主要サイトカインとされるトランスフォーミング増殖因子 (transforming growth factor; 以下、TGF)- β の発現増加を促すといわ

れている³⁾。そして、TGF- β が線維芽細胞を活性化し、コラーゲン産生を促すとともに、線維芽細胞の亜型である筋線維芽細胞への分化も促し、コラーゲン産生は加速するとされている⁴⁾。また、最近の研究によれば、線維芽細胞が筋線維芽細胞へ分化する過程においては低酸素状態がその促進因子として深く関与していることが明らかになっている⁵⁾。

一方、不動に伴う骨格筋の線維化に関しても炎症に起因する点を除けば、前記した内臓器の線維化の発生メカニズムに類似した変化が認められるとした報告が散見される。例えば、Hondaら⁶⁾は 1 週間という短期の不動でラットヒラメ筋には TGF- β mRNA の発現増加が認められたと報告している。また、組織の低酸素状態を示唆する低酸素誘導因子 (hypoxia inducible factor; 以下、HIF)-1 α に関しては mRNA レベルでも、タンパクレベルでも 4 週間という比較的長期の不動によってラットヒラメ筋で発現増加が認められている⁶⁾、⁷⁾。そして、骨格筋の線維化は不動期間の影響を受けることも明らかになっており、特にラットヒラメ筋を検索材料とした報告では不動 4 週間まではその期間に準拠して線維化も顕著なものになるとされている⁸⁾。つまり、以上のような先行研究の結果を踏まえると、不動によって骨格筋の低酸素

状態が惹起されることが線維化の進行に直接的に影響していると推察される。

そこでわれわれは、不動化した骨格筋に対して何らかの刺激を加えることで低酸素状態を緩和することができれば、線維芽細胞が筋線維芽細胞へ分化するのを防ぎ、線維化の発生を抑制、ひいては拘縮の進行抑制につながるのではないかと仮説を立てた。そして、具体的な理学療学的方法としては電気刺激による筋収縮の誘発に着目した。電気刺激の効果には疼痛軽減や筋力増強などがあるといわれているが⁹⁾、拘縮に対する効果に関しては報告の数が少ないのが現状である。その中で、沖ら¹⁰⁾は10Hzの電気刺激によって1日5分間ラットヒラメ筋に単収縮を誘発し、これを週3回の頻度で実施すると、不動によって惹起されるヒラメ筋内の結合組織の増生ならびにその伸張性低下が軽減したと報告している。しかし、この報告では骨格筋の線維化のメカニズムに関与すると思われる各種標的分子の動態変化に対する電気刺激の影響については明らかにされていない。

そこで、本研究では不動の過程において電気刺激を用いて周期的な単収縮を誘発することが、骨格筋の線維化にどのような影響を及ぼすのかを明らかにするため、線維化の標的分子の動態変化から検討した。

材料と方法

1. 実験プロトコル

1) 実験動物

実験動物には8週齢のWistar系雄性ラット20匹を用い、これらを無作為に4週間通常飼育する対照群(n=5)、4週間両側足関節を最大底屈位でギプス固定する不動群(n=7)、4週間のギプス固定の過程においてギプスを装着したまま電気刺激を用いて下腿三頭筋に単収縮を誘発する不動+刺激群(n=8)に振り分けた。なお、今回の実験は長崎大学が定める動物実験指針に準じ、長崎大学先端生命科学支援センター動物実験施設で実施した。

2) 足関節のギプス固定の方法

不動群と不動+刺激群の各ラットに対してはペントバルビタールナトリウム(40mg/kg)の腹腔内投

与によって麻酔を行い、両側足関節を最大底屈位の状態で前足部から膝関節上部までギプス固定した。なお、不動+刺激群においては下腿三頭筋の筋腹にリード線付き双極式電極を貼付し、リード線の末端はギプスから露出させた上でギプス固定を行っている。そして、ギプス固定の際の留意事項として、両群とも足指は浮腫の発生を確認するために露出させ、ギプスの緩みや浮腫の発生を認めた場合には麻酔下で適宜巻き替えを行った。また、両群のラットはギプス固定中も前肢にて飼育ケージ内を移動でき、水と餌は自由摂取とした。

3) 電気刺激の方法

不動+刺激群の各ラットに対しては、週6日の頻度で腹腔内にペントバルビタールナトリウム(40mg/kg)を投与し、麻酔を行った後、ギプス固定を行った状態で以下の方法にて下腿三頭筋に単収縮を誘発した。具体的には、ギプスから露出させた双極式電極のリード線に電気刺激装置(Trio300;伊藤超短波社製)を接続し、沖ら¹⁰⁾の報告を参考に周波数10Hz、パルス幅250 μ sの刺激条件で1日30分間、電気刺激を行い、下腿三頭筋に周期的な単収縮を誘発した。なお、麻酔による成長不良などの影響を排除する目的で、対照群と不動群の各ラットに対しても同頻度で麻酔のみを行った。

2. 検索方法

4週間の実験期間中は週1回の頻度で後述する方法で各群すべてのラットの足関節背屈可動域を測定し、拘縮の進行状況を評価した。また、実験期間終了後はペントバルビタールナトリウム(40mg/kg)の腹腔内投与によって各群のラットを麻酔し、体重ならびに足関節背屈可動域を測定した後にヒラメ筋を採取し、後述する組織学的・分子生物学的検索に供した。

1) 足関節背屈可動域の測定方法

麻酔したラットを側臥位とし、股・膝関節を他動的に最大屈曲させ、足底部に丸型テンションゲージ(大場製作所製)の先端部をあてた。そして、0.3Nの張力で足関節を他動的に背屈させた際の背屈角度を測定し、これを背屈可動域として採用した。背屈可動域の測定は腓骨外果に角度器の中心を合わせ、基本軸を膝関節裂隙中

央部と腓骨外果を結んだ線, 移動軸を腓骨外果と第 5 中足骨頭を結んだ線とし, これらの軸がなす外角を 5° 単位で読み取った. なお, 以上の測定は 3 回行い, その最大値をデータとして採用した.

2) 材料採取

体重ならびに足関節背屈可動域の測定が終了した後に両側からヒラメ筋を採取した. そして, 右側試料については電子天秤にて筋湿重量を測定し, その後, 組織学的検索に供した. 一方, 左側試料については分子生物学的検索に供した.

3) 組織学的検索

右側試料は筋腹中央部で 2 分割し, トラガントガムに包埋後, 液体窒素で冷却したイソペンタン液内で急速凍結した. 凍結した試料はクリオスタット(Leica 社製)を用いて 7 μ m 厚の横断切片を作製し, 以下の染色を実施した. 具体的には, 組織病理学的検索のために Hematoxylin & Eosin (以下, H&E) 染色を, 筋周膜ならびに筋内膜を構成するコラーゲンを可視化するために Picrosirius Red 染色を施し, 光学顕微鏡で顕鏡した. また, H&E 染色像は 100 倍の拡大像でコンピュータに取り込み, 画像解析ソフト(Scion Image)を用いて 1 筋につき 100 本以上の筋線維直径を計測した.

4) 分子生物学的検索

左側試料は real time reverse transcription polymerase chain reaction (以下, real time RT-PCR) 法にて低酸素状態のマーカーである HIF-1 α , 線維化の主要サイトカインである TGF- β , 筋線維芽細胞のマーカーである α -平滑筋アクチン(smooth muscle actin; 以下, SMA)ならびに骨格筋内の主要なコラーゲンタイプであるタイプ I・IIIコラーゲンそれぞれの分子の mRNA 発現量を検索した. 具体的には, 左側ヒラメ筋から抽出した RNA を逆転写することで鋳型となる cDNA を作製し, real time PCR 機器(Mx 3005P; Agilent Technologies 社製)を用いて, この cDNA の増幅処理を行い, SYBR Green 法に基づいて定量化を行った. なお, 内因性コントロールには glyceraldehyde-3-phosphate dehydro-genase (以下, GAPDH)を用い, 各分子の mRNA 発現量を GAPDH のそれで除し, データとして採用した.

5) 統計処理

各群の足関節背屈可動域, 筋湿重量を体重で除した相対重量比, 筋線維直径ならびに各分子の mRNA の発現量を各群で比較するため, 一元配置分散分析(以下, ANOVA)を適用し, 有意差を判定した. そして, ANOVA にて有意差を認めた場合は, 事後検定として Scheffe の方法を適用し, 有意差を判定した. なお, すべての統計手法とも有意水準は 5%未満とした.

結果

1. 相対重量比

相対重量比の平均値は, 対照群 0.38mg/g, 不動群 0.23mg/g, 不動+刺激群 0.23mg/g であり, 不動群と不動+刺激群は対照群と比較して有意に低値を示した. また, 不動群と不動+刺激群の間に有意差は認められなかった.

2. 筋線維直径

筋線維直径の平均値は, 対照群 45.9 μ m, 不動群 34.3 μ m, 不動+刺激群 32.9 μ m であり, 不動群と不動+刺激群は対照群と比較して有意に低値を示した. また, 不動群と不動+刺激群の間に有意差は認められなかった.

3. 足関節背屈可動域

不動群における足関節背屈可動域の平均値は, 各不動期間とも対照群のそれと比較して有意に低値を示し, 不動期間の延長に伴って低下した. また, 不動+刺激群は各不動期間とも不動群と比較して有意に高値を示し, 不動期間の延長に伴う低下は不動群よりも軽度であった(図 1).

4. 各分子の mRNA 発現量

1) HIF-1 α mRNA の発現量

HIF-1 α mRNA の発現量は, 対照群 1.47, 不動群 3.27, 不動+刺激群 2.05 であり, 不動群は対照群と比較して有意に高値を示した. 一方, 不動+刺激群は不動群と比較して有意に低値を示し, 対照群との間にも有意差を認めなかった(図 2A).

2) TGF- β mRNA の発現量

TGF- β mRNA の発現量は、対照群 1.01, 不動群 2.62, 不動+刺激群 1.48 であり、不動群は対照群と比較して有意に高値を示した。一方、不動+刺激群は不動群と比較して有意に低値を示し、対照群との間にも有意差を認めなかった(図 2B)。

3) α -SMA mRNA の発現量

α -SMA mRNA の発現量は、対照群 0.81, 不動群 3.24, 不動+刺激群 1.6 であり、不動群は対照群と比較して有意に高値を示した。一方、不動+刺激群は不動群と比較して有意に低値を示し、対照群との間にも有意差を認めなかった(図 2C)。

4) タイプ I コラーゲン mRNA の発現量

タイプ I コラーゲン mRNA の発現量は、対照群 1.57, 不動群 6.51, 不動+刺激群 3.19 であり、不動群は対照群と比較して有意に高値を示した。一方、不動+刺激群は不動群と比較して有意に低値を示し、対照群との間にも有意差を認めなかった(図 2D)。

5) タイプ III コラーゲン mRNA の発現量

タイプ III コラーゲン mRNA の発現量は、対照群 1.20, 不動群 3.03, 不動+刺激群 2.62 であり、不動群と不動+刺激群は対照群と比較して有意に低値を示した。また、不動群と不動+刺激群の間にも有意差は認められなかった(図 2E)。

5. 組織学的所見

H&E 染色像を顕鏡した結果、すべての群において細胞浸潤や壊死線維の出現といった炎症を示唆する所見は認められなかったが、不動群と不動+刺激群では筋線維萎縮が認められた。また、Picrosirius Red 染色像を顕鏡した結果、不動群、不動+刺激群ともに対照群と比較して筋周膜や筋内膜に肥厚が認められたが、その程度は不動+刺激群が不動群よりも軽度であった(図 3)。

考察

本研究では、不動の過程において電気刺激を用いた周期的な単収縮を誘発することがラットヒラメ筋の線維化にどのような影響を及ぼすのかを、その標的分子の動態変化から検討した。

まず、対照群と比較した不動群の結果をみると、

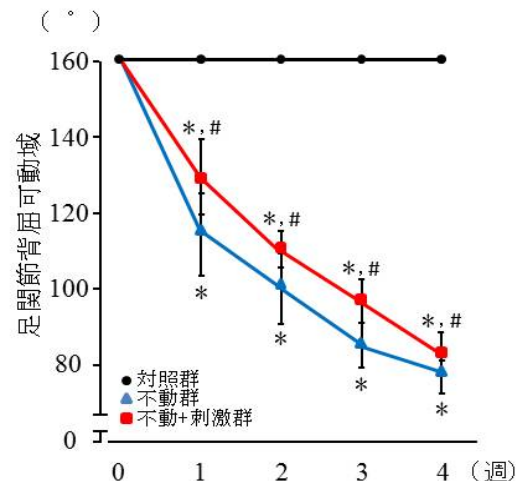


図1 足関節背屈可動域の変化

データはすべて平均値±標準偏差で示す。

*; 対照群との有意差 (P<0.05)

#; 不動群との有意差 (P<0.05)

HIF-1 α mRNA の発現が増加しており、これは先行研究^{6), 7)}でも報告されているように、不動によってヒラメ筋が低酸素状態に陥っていることを示唆している。さらに、線維芽細胞におけるコラーゲン産生や線維芽細胞から筋線維芽細胞への分化を促すことが知られている線維化の主要サイトカインである TGF- β ⁵⁾ についても、その mRNA の発現は不動によって増加していた。そして、筋線維芽細胞のマーカーである α -SMA mRNA の発現も不動によって増加しており、これは筋線維芽細胞の増加を示唆していると思われる。また、線維芽細胞や筋線維芽細胞が産生するタイプ I・III コラーゲン mRNA についても不動によって発現が増加しており、Picrosirius Red 染色像の検鏡結果でも不動群では筋周膜や筋内膜において肥厚が認められた。つまり、不動によってヒラメ筋にはコラーゲンの増生に伴う線維化が発生していることは明らかであり、このメカニズムには上記の標的分子の動態が関与していると思われる。加えて、不動群には顕著な足関節背屈可動域制限が認められ、これは、拘縮の発生を意味し、その要因の一つとしてヒラメ筋の線維化が関与していることは先行研究²⁾の結果からも明らかであろう。

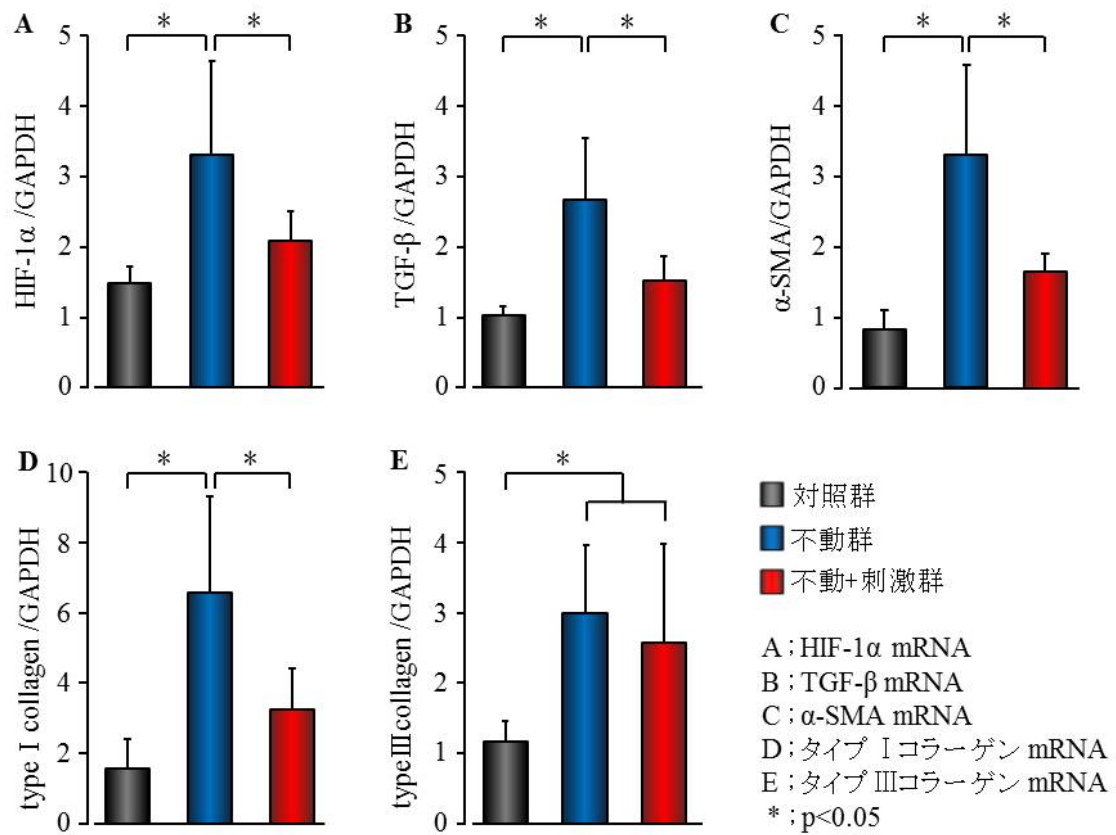


図2 各分子の mRNA 発現量
 データはすべて平均値±標準偏差で示す。

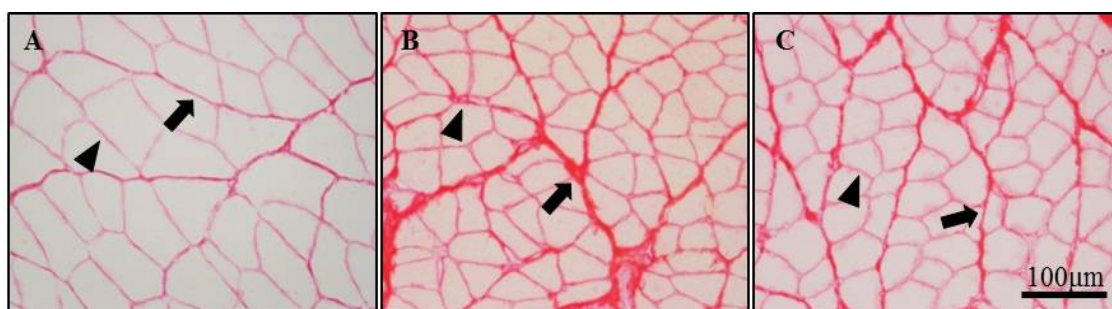


図3 Picrosirius Red 染色像
 A; 対照群, B; 不動群, C; 不動+刺激群
 矢印が筋周膜, 矢頭が筋内膜を示す。

次に、不動群と比較した不動+刺激群の結果をみると、不動の過程で電気刺激を用いて周期的な単収縮を誘発することで、ヒラメ筋における HIF-1 α mRNA の発現が抑制されることが明らかとなった。そして、これは周期的な単収縮によるマッスルポンピング作用が筋内の血流量を増加し、低酸素状態を緩和したのではないかと考えられる。しかし、本研究では実際に筋内の血流が増加したか否かについては明らかにできておらず、この点については今後の検討課題である。ただ、その他の線維化の標的分子に関しても、タイプ III コラーゲンを除けばすべて mRNA の発現が抑制されており、Picrosirius Red 染色像の検鏡結果においても筋周膜や筋内膜の肥厚は不動群より軽度であり、これらのことから、不動+刺激群のヒラメ筋における線維化の発生は不動群より軽度であるといえよう。そして、不動+刺激群の足関節背屈可動域制限は不動群より軽度であり、これは拘縮の進行が抑制されていることを意味し、ヒラメ筋における線維化の発生が軽度であったことが影響していると思われる。加えて、相対重量比や筋線維直径の結果からわかるように、今回の電気刺激の条件では不動によって惹起される筋萎縮の進行は抑制できておらず、筋線維サイズの変化が線維化の発生に影響している可能性は低いのではないかとと思われる。

以上のことから、不動の過程においても骨格筋に周期的な単収縮を誘発するだけで、当該筋の低酸素状態が緩和され、線維化の主要サイトカインである TGF- β の発現や、線維芽細胞から筋線維芽細胞への分化が抑制され、結果的に線維芽細胞や筋線維芽細胞でのコラーゲン産生が抑制される可能性が示唆された。つまり、このようなメカニズムによって骨格筋の線維化が軽減されることで、拘縮の進行抑制につながると推察される。そして、このことを支持する先行研究として、HIF-1 α や TGF- β などの検索までには及んでいないが、Blaauboer ら¹¹⁾はヒトの正常肺線維芽細胞を培養し、周期的機械的刺激を 48 時間負荷したところ、 α -SMA やタイプ I・III コラーゲンの mRNA の発現を抑制することができたと報告している。また、Bouffard ら¹²⁾は 1 週間の創傷治癒過程におけるラットの皮下組織を培養し、機械的伸張刺激を最大張力の 20% で 1 日 2 回、

各 10 分間負荷するとタイプ I・III コラーゲンの増生が減少したと報告している。つまり、これらの報告からも筋収縮に代表されるような機械的刺激を頻回に負荷することで、不動によって惹起される骨格筋の線維化の発生を軽減できることが示唆される。そして、本研究はギプス装着下という理学療法士が治療介入することが難しい臨床場面を想定した研究デザインであり、今回の結果はこのような状況での拘縮の治療戦略の一助になると考えられ、今後さらに効果的な方法論について検討していきたい。

謝辞

今回の実験において、ご指導、ご協力頂いた長崎大学大学院医歯薬学総合研究科運動障害リハビリテーション研究室の先生方に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 沖田 実:関節可動域制限の責任病巣, 関節可動域制限—病態の理解と治療の考え方. 沖田 実(編), 三輪書店, 東京, 2008, pp. 70-88.
- 2) 沖田 実, 坂本淳哉, 他:関節可動域制限の発生メカニズム. 理学療法. 2012;29:9-15.
- 3) 山内広平:線維芽細胞の気道リモデリングにおける役割. 喘息. 2007;20:43-48.
- 4) Li Z, Dranoff JA, et al. :Transforming growth factor-beta and substrate stiffness regulate portal fibroblast activation in culture. Hepatology. 2007;46:1246-56.
- 5) Comito G, Giannoni E, et al. :Stromal fibroblasts synergize with hypoxic oxidative stress to enhance melanoma aggressiveness. Cancer Lett. 2012;324:31-41.
- 6) Honda Y, Kondo Y, et al. :Examination of the molecular mechanism of muscle contracture in immobilized rat soleus muscle. JAPAN-KOREA 1st JOINT CONFERENCE Program and Abstract book. 2012:60.
- 7) 吉村彩菜, 小川千草, 他:不動による骨格筋の線維化における低酸素とサイトカインの関与について. 長崎大学医学部保健学科理学療法学専攻卒業研究論文集. 2010;6:18-24.
- 8) 沖田 実:痛みの発生メカニズム—末梢機構, Pain Rehabilitation—ペインリハビリテーション. 松原 貴子, 沖田 実, 森岡 周(著), 三輪書店, 東京, 2011, pp. 134-177.
- 9) 金子文成:電気刺激療法概論, 物理療法第 2 版. 沖田 実(編), 神陵文庫, 神戸, 2009, pp. 241-266.
- 10) 沖 貞明, 柴田大法, 他:不動性萎縮筋に対する電気刺激の効果—筋性拘縮の発生を抑制できるか?—. 運動・物理療法. 1997;8:53-57.
- 11) Blaauboer ME, Smit TH, et al. :Cyclic mechanical stretch reduces myofibroblast differentiation of primary lung fibroblasts. Biochem Biophys Res Commun. 2011;404:23-27.
- 12) Bouffard NA, Cutroneo KR, et al. :Tissue stretch decreases soluble TGF- β 1 and type-1 procollagen in mouse subcutaneous connective tissue:evidence from ex vivo and in vivo models. J Cell Physiol. 2008;214:389-395.

(指導教員 沖田 実)

地域在住高齢者における注意機能, 認知機能と 二重課題条件下でのパフォーマンス能力

小路永知寿・宮川洋一

要旨

本研究では、長崎市で実施されている介護予防教室の女性参加者76名(平均年齢 77.8±5.9歳)を対象に、年齢や健康状態についての問診、Trail Making Test part A(TMT)、認知症簡易スクリーニング検査、体力測定(握力、開眼片脚立位時間、椅子起立時間、Timed up & Go Test(TUG))、及び二重課題条件下の TUG(TUG manual)を測定した。そして、注意機能、認知機能と TUG, TUG manual, 及び TUG manual の所要時間から TUG の所要時間を減じた Δ TUGとの関連性について調査し、TUG manual や Δ TUG が注意機能、認知機能を反映する指標として有用であるかを検証した。その結果、今回の対象者の特徴として注意機能、認知機能ともに低下した集団であったことが挙げられ、TUG, TUG manual, 及び Δ TUG いずれも注意機能、認知機能と有意な相関を示した。中でも TUG manual との相関が最も強かった。このことより、本研究の対象者のように注意機能、認知機能の低下した者では TUG, TUG manual, 及び Δ TUG はいずれも注意機能・認知機能を反映する指標として有用であり、特に TUG manual は最も有用であった。

はじめに

日本の高齢化に伴い高齢者の認知症が問題となっている。国内の高齢者における認知症の有病率は2010年において9.5%であり、2002年の6.2%と比較して増加傾向にある。また、軽度認知機能障害である Mild Cognitive Impairment(以下 MCI)は地域在住高齢者の3~5%が該当し、そのうち年間10%が認知症に移行する¹⁾といわれている。認知機能低下は転倒の内的要因の一つであるが、転倒の内的要因にはこの他に身体機能低下、注意機能低下などが挙げられる²⁾。

注意機能は、二重課題条件下でのパフォーマンス能力に影響すると山田ら³⁾は報告している。二重課題条件とは、二種類の課題を同時に遂行することである。私たちは日常でしばしば二重課題条件下に置かれる。特に歩行では会話をしながらの歩行、物を持ち運びながらの歩行、障害物を避けながらの歩行などのように二重課題条件下に置かれやすいと考えられ、高齢者も例外

ではない。

この二重課題の一つに、主課題を Timed “Up & Go” Test(以下 TUG)とし、第2課題として水を満たしたグラスを持ち運ぶ課題を与えた TUG manual という検査がある⁴⁾。これは測定方法の理解が得やすいという利点がある。

1998年、Olsson らは施設居住の虚弱高齢者42名を対象に TUG manual の所要時間から TUG の所要時間を減じた Δ TUG を算出し、 Δ TUG が転倒予測の指標となる⁵⁾と報告した。一方、2000年にCook らは地域在住高齢者30名を対象に TUG, TUG manual, 及び TUG cognitive を測定し、TUG manual と TUG cognitive の転倒予測としての有用性を検証した。その結果、TUG, TUG manual, 及び TUG cognitive は転倒歴のある高齢者は所要時間が長くなったが、 Δ TUG では転倒の危険性のある地域高齢者を識別する能力は上がらない⁶⁾と報告した。これらを背景に、2009年度の上之園らは注意機能に注目して地域在住女性高齢者36名を対象とし、TUG, TUG manual を測定し Δ TUG を算出した。そして TUG

manualと注意機能検査であるTMTの所要時間との間に有意な正の相関がみられた⁴⁾と報告している。

Cookらは認知機能の検査を行っていなかったため、認知機能の検査が行われたOlssonらの研究と対象者の比較ができないことや、比較的元気な高齢者を対象としていたことが課題として挙げられる。以上を踏まえ我々は二次予防事業対象者を含めた地域高齢者の注意機能、認知機能に注目し、これらとTUG、TUG manual、及び△TUGとの関連を調査した。

目的

本研究の目的は、地域在住高齢者の注意機能、認知機能とTUG、TUG manual、及び△TUGとの関連性を調べ、二重課題条件下でのTUGが注意機能、認知機能を反映する指標として有用であるかどうかを検証することである。

対象

対象は長崎市内の介護予防教室の参加者に研究への協力を依頼した。なお、研究参加条件は独歩または補助具を利用しての歩行が可能で、検査を行う際の指示を理解でき、片手で水の入ったグラスを持ち運ぶことができるものとした。条件を満たす参加者78名(一次予防事業対象者52名、二次予防事業対象者26名)に対し、紙面及び口頭にて十分なインフォームドコンセントを行い、署名にて同意を得た。そして、検討対象者を男性2名を除外した女性参加者76名とした(図1)。

なお、本研究の実施にあたり、長崎大学医学部保健学科・医歯薬学総合研究科保健学専攻倫理委員会にて承認を得た(承認番号:12052413)。

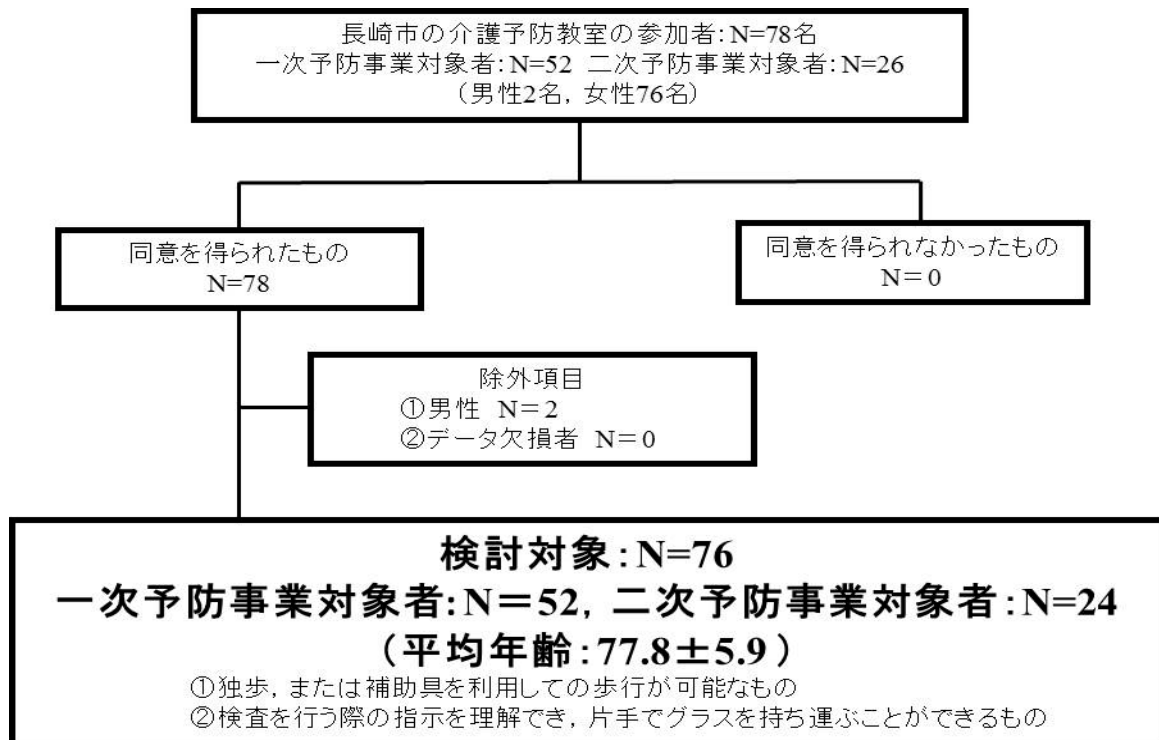


図1 検討対象者の選定

測定項目

1) 問診

年齢、坂道の有無など家屋周辺の環境、骨折の既往等の健康状態についてアンケート形式にて調査した。

2) 注意機能検査⁷⁾

Trail Making Test(以下 TMT)を用いて測定した。これは高次の注意機能評価として信頼性、妥当性ともに報告されている検査である。この検査には Part A と Part B があり、Part B の方が難易度は高い。今回は先行研究でも使用されている Part A を採用した。Part A は A4 サイズの用紙に 1~25 の数字がランダムに配列されたものを数字が小さい方から順に線をつないでいくという検査である。

3) 認知機能検査⁸⁾

1 minute mental status examination(以下 認知症簡易スクリーニング検査)を用いて測定した。これは認知機能の簡易検査法であり Mini Mental State Examination(MMSE)と遜色ない精度を得られる検査であると羽生らは報告している。検査は「動物の名前」など、一分間にカテゴリー内の名称をできるだけ多く答えるカテゴリー流暢性の検査、「か」で始まる言葉」など、ある文字から始まる名称を一分間にできるだけ多く答える文字流暢性の検査の 2 種類がある。そして、カテゴリー流暢性は健忘型 MCI の鑑別、文字流暢性はアルツハイマーの鑑別に適している。今回は予防事業対象者であるためアルツハイマーと診断された者が含まれないためカテゴリー流暢性を選択した。MCI 鑑別のためのカットオフ値は 13/14 個である。

4) 体力測定

全身の体力を調べるために握力を測定した。下肢について、下肢バランス機能は開眼片脚立位時間、下肢筋力は椅子起立時間、歩行能力は TUG により測定した。

5) TUG manual

二重課題条件下での課題遂行能力を測定した。

また、TUG manual の所要時間から TUG の所要時間を減じて△TUG を算出した。

測定方法

体力測定、TUG manual はいずれも 2 回ずつ行い、良い方の値を記録した。時間の計測にはデジタルストップウォッチを使用した。

1) 問診

対象集団に対してアンケート項目を読み上げ、自記にて記入してもらった。また、難聴や視力障害等にて個別に説明が必要な対象者には対面式で行った。

2) 注意機能検査

一人ずつ対面で行った。被験者は測定開始まで数字の配列が見えないように配慮した。測定は簡単な練習課題を実施した後、検査用紙にて数字の小さい順に線を結び、全て結び終えるまでの所要時間を記録した。被験者が間違えた場合はその場で測定者が指摘し、被験者が誤ることなく検査を遂行できるようにした。

3) 認知機能検査

一人ずつ対面式で行った。課題は知識量が年齢や環境に左右されにくいと考えられる動物の名前を採用した。測定者は、一分間に被験者が挙げて動物の名前を記録した。ただし、昆虫や魚の名前、2 度同じ名前を言ってもカウントしないこととした。課題は測定時まで被験者に知らせないようにした。

4) 体力測定

a: 握力

立位姿勢にてデジタル握力計を体側に保持してもらい、肘伸展・PIP 関節屈曲 90° 位で左右それぞれ測定し、良い方の値を記録した。

b: 開眼片脚立位時間

上肢を腰に当てた姿勢で片脚立位保持の時間を測定した。支持脚の位置がずれたとき、腰に当てた手が離れたとき、支持脚以外の体の一部が床に触れたときは測定終了とした。60 秒以上

持続できた場合は 60 秒を越えた時点で終了とした。

c:椅子起立時間

椅子座位で上肢を胸の前で組んだ姿勢で 5 回連続で椅子から立ち上がるまでの時間を測定した。

d:TUG

椅子から立ち上がり, 3m 先に置いてあるコーンを目指して歩行しコーンを越えて折り返し, 再び椅子に座るまでの時間を測定した。測定中, コーンに触れてしまった場合は再測定の対象とした。

5) TUG manual

椅子から立ち上がり, 横の台に置かれたグラスを持ち, 3m 先のコーンを往復してグラスを台に置いて再び椅子に座るまでの時間を測定した。水の量は樋口らの研究⁹⁾に準じ, コップの上端から 3cm 下まで入れた。途中で水をこぼした場合及び手順を誤った場合は再測定した。また, TUG と同様にコーンに触れてしまった場合も再測定した。

TUG 及び TUG manual の測定順序は, 測定結果に影響しない⁴⁾ことから, 測定順序は考慮しなかった。

分析方法

TMT, 認知症簡易スクリーニング検査と TUG, TUG manual, 及び△TUG との関係を Pearson の相関係数により検定した。なお, 統計解析には統計解析ソフト Dr. SPSS 11.5 for windows を使用し, 検定の有意水準は 5%以下とした。

結果

各測定結果の平均値(表 1)及び注意機能検査と認知機能検査結果の分布(図 2, 3)を示した。

TMT の結果では, 70 歳代の高齢者の平均値¹¹⁾を下回った対象者は全体の 47%に該当した。

認知症簡易スクリーニング検査の結果では, 成績がカットオフ値以下であった対象者は 52 名で, これは対象者の 68%に該当した。

表 1 各測定平均値

測定項目	平均(±SD)	参考値※
TMT(秒)	55.3±22.6	
認知症簡易スクリーニング(個)	11.4±3.9	
握力(kg)	20.8±3.89	20.2
開眼片脚立位時間(秒)	24.1±21.7	21.2
椅子起立時間(秒)	7.21±2.09	9.2
TUG(秒)	7.8±1.78	7.2
TUG manual(秒)	9.35±2.36	
△TUG(秒)	1.54±1.05	

※長崎市在宅介護支援センター主催の転倒骨折予防教室のデータ¹⁰⁾

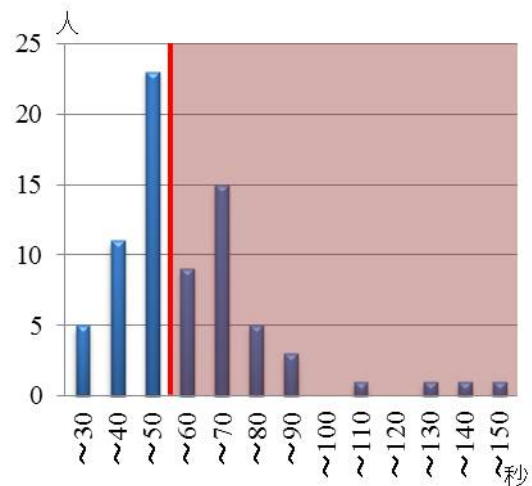


図 2 TMT の所要時間分布

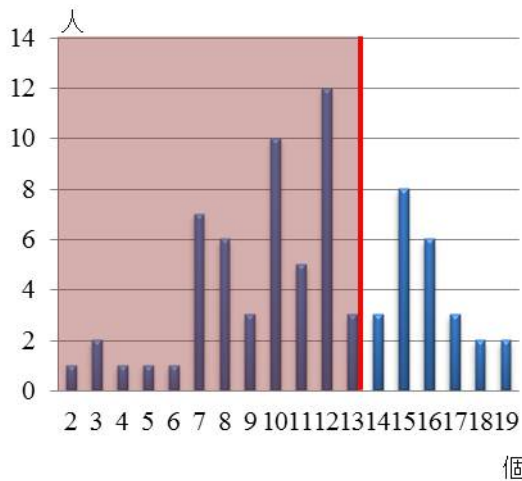


図 3 認知症簡易スクリーニング検査の結果分布

表 2 TUG, TUG manual, 及び Δ TUG と注意機能, 認知機能

		相関係数	p 値
TUG	注意機能	0.502	0.0000
	認知機能	-0.379	0.0007
TUG manual	注意機能	0.573	0.0000
	認知機能	-0.43	0.0001
Δ TUG	注意機能	0.436	0.0000
	認知機能	-0.31	0.0071

TMT の所要時間は TUG, TUG manual, 及び Δ TUG いずれとも有意な正の相関を示し ($p < 0.01$).

認知症簡易スクリーニング検査の回答数は TUG, TUG manual, 及び Δ TUG いずれとも有意な負の相関を示した ($p < 0.01$).

また, 相関係数にて TUG と TUG manual, 及び Δ TUG と注意機能, 認知機能との相関の強さを比べると, TUG manual が最も強く, Δ TUG が最も弱かった。

考察

本研究では, 地域在住高齢者における注意機能, 認知機能と二重課題条件下でのパフォー

マンス能力との関連について検討した。

今回の対象者の体力測定の結果を長崎市内の転倒予防教室に通っている参加者の平均値と比較すると, 全ての項目で同等, もしくはやや上回るという結果となった。また, 注意機能については同年代の平均値, 認知機能についてはカットオフ値を下回った MCI が疑われる対象者が多かった。これらのことから, 今回の対象者は注意機能や認知機能の低下が疑われるものが多かったが, 身体機能は一般的な集団であったことが挙げられる。その要因として対象者が転倒予防教室に通っており, 定期的に運動を実施していたことから, 身体機能を維持または改善されていたことが考えられる。

TUG について, 日本運動器科学会は TUG を下肢筋力や歩行能力など運動器不安定症を表す指標である¹²⁾と定義している。このことから, 我々は注意機能, 認知機能と TUG との間に関連性はみられないと仮説を立てていた。しかし注意機能, 認知機能と TUG との間には有意な相関がみられた。注意機能と TUG との関連について, 広田らは課題を円滑に遂行するためには, 注意を維持する能力や運動と視覚の協調性など様々な能力が必要である¹³⁾と報告している。また認知機能と TUG との関連について, Ayan らは認知機能の低下した高齢者は課題の遂行機能が低下するため, 歩行速度を低下させることによって動作の正確さを維持する¹⁴⁾と報告している。今回の対象者は下肢筋力が平均値よりも良いことから, 運動機能より注意機能, 認知機能の低下が TUG の所要時間に影響したと考える。

また注意機能, 認知機能と TUG manual との間にも有意な相関が見られ, その相関の強さは TUG や Δ TUG と比較して最も強い結果となった。注意機能と TUG manual との関連について, Odasso らは二重課題の遂行には注意の配分能力が関わっており, 二重課題により目的とする運動への注意配分量が減少すると報告している¹⁵⁾。同様に, 認知機能と TUG manual との関連について横川らは, 認知機能が低い者は二重課題を伴うと主課題の同時処理ができなくなるため, 歩行能力が低下する¹⁶⁾と報告している。以上より, 二重課題を与えることで注意機能, 認知機能は課題の遂行により大きく関わるようになると言える。

これらの先行研究や今回の対象者の特徴を踏まえると、注意配分能力や認知課題の遂行能力の低下が TUG manual の所要時間に影響したと考える。

注意機能、認知機能と Δ TUG との関連では、TUG や TUG manual の場合と同様に有意な相関を示した。我々は注意機能、認知機能と Δ TUG との相関の強さが TUG manual と比較すると強くなると考えていたが、結果は Δ TUG の方が弱かった。 Δ TUG に関与している TUG, TUG manual にはそれぞれ注意機能、認知機能が関わっていることが判明したが、今回の対象者はこれらの機能が低下した集団である。よって多くの対象者が TUG に関与している注意の維持能力や歩行の遂行機能が低下しており、TUG の値が大きくなったと考えられる。また TUG manual の負荷である注意配分能力、認知課題の遂行能力も低下している対象者が多かったため、TUG manual の値も大きくなったと考える。このように TUG, TUG manual の値が両者とも大きかったことにより、結

果として Δ TUG の値が大きくならなかったと考えられる。

本研究の限界として、今回は注意機能、認知機能の低下した対象者の集団であったため、一般の地域在住高齢者において同様の結果となるかどうかは今後検討する必要がある。また、Olsson らや Cook らの研究では二重課題条件下での TUG と転倒との関連性を調査していたが、本研究では転倒の原因である注意機能や認知機能との関連を検討したに留まったため、今後転倒との関連性も検証していく必要がある。

謝辞

今回、ご協力いただいた対象者の方々、運動教室の運営スタッフおよびボランティアの皆様にも厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1)厚生労働省ホームページ <http://www.mhlw.go.jp> (2013年3月1日引用)
- 2)Laurence Z. Rubenstein, Karen R. Josephson : The epidemiology of falls and syncope. Clin Geriatr Med. 18, 2002, 141-158.
- 3)山田実, 村田伸, 他:高齢者における二重課題条件下の歩行能力には注意機能が関与している. 理学療法科学. 23, 2008, 435-439.
- 4)上之園彩, 相良文香:一般高齢者の注意機能と運動能力, 転倒との関連について. 長崎大学医学部保健学科卒業研究論文 5:2009, 14-20
- 5)Lillemor Lundin-Olsson, Lars Nyberg, et al. :Attention, frailty, and falls : the effect of a manual task on basic mobility.J AM Geriatric Soc, 1998, 46 : 758-761.
- 6)Anne Sumway-Cook, Sandy Brauer, et al. :Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the timed Up&Go test.Physther, 2000, 80 : 896-903.
- 7)Tom N. Tombaugh : Trail Making Test A and B : Normative data stratified by age and education. Archives of Clinical Neuropsychology 19, 2004, 203-214.
- 8)Haruo Hanyu, Kazumasa Kume, et al. : The 1-minute mental status examination in the memory clinic, LETTERS TO THE EDITOR, VOL.57, 2009, No.6.
- 9)樋口由美, 渡辺丈眞, 他:転倒・閉じこもりハイリスク在宅高齢者に対する介入効果と二重課題法による評価. Journal of Rehabilitation and Health Sciences.3: 2005, 7-11.
- 10)「転倒・骨折予防教室」のための運用マニュアル ナガサキリハビリテーションネットワーク
- 11)原田浩美, 熊登谷晶子, 他 : 健常高齢者における神経心理学的検査の測定値一年齢・教育年数の影響—高次脳機能研究 第26巻 第1号, 2006, 16-23.

- 12)日本運動器科学会ホームページ <http://www.jsmr.org/TUG.html> (2013年3月4日引用)
- 13)Chika Hirota, Misuzu Watanabe, et al. : Association between the Trail Making Test and Physical performance in elderly Japanese, Geriatr Gerontol Int 2010 ; 10 : 40-47.
- 14)Carlos Ayan, J.M.Cancela, et al. : Influence of the cognitive impairment level on the performance of the Timed “Up & Go” Test (TUG) in elderly institutionalized people, Archives of Gerontology and Geriatrics xxx 2012.
- 15)Manuel Montero-Odasso, Howard Bergman, et al. : Dual-tasking and gait in people with mild cognitive impairment. The effect of working memory. BMC Geriatr, 2009, 1-8.
- 16)横川吉晴, 征矢野あや子, 他 :在宅高齢者の二重課題歩行の関連要因. 日本公衛誌 第 60 巻 第 1 号, 2013, 30-36.

(担当教員 松坂誠應, 中原和美)

ラット足関節不動期間中の他動的な足指関節運動が痛みに及ぼす影響

菅原弘子

要旨

本研究では、不動に伴う痛みに対する他動運動の効果について検証した。Wistar 系雄性ラット 22 匹を対照群 (n=7)、右側後肢をギプスで固定する不動群 (n=7)、ギプス固定期間中に他動的な足指運動を施す足指運動群 (n=8) に無作為に振り分けた。足指運動群に対する他動的な足指運動は、ギプスを装着した状態の覚醒下で徒手により足指関節を 30 分間屈伸 (50 回/分) させることで行い、頻度は 6 回/週、実験期間は 4 週間とした。実験期間中は von Frey Filament を用いて機械刺激に対する痛み反応の評価を週 1 回行った。結果、実験期間中における機械刺激に対する逃避反応の出現回数は、対照群に比べ不動群、足指運動群が有意に増加し、この 2 群間に有意差は認められなかった。また、不動群と足指運動群の足底表皮には、同程度の角質の乱れが認められた。したがって、今回行った他動的な足指運動は不動に伴う痛みに対して影響を及ぼさなかったと考えられ、徒手による関節運動は不動に伴う痛みを抑制するには頻度が不十分であったと推察された。

はじめに

人々の健康的な活動を阻害する要因の一つに痛みがある。国際疼痛学会 (1994) は「痛み」を「実際に組織損傷をともなった、またはそのような損傷があるように表現される不快な感覚および情動体験」と定義づけている。この定義で表されている「実際に組織損傷をともなう」痛みは「急性痛」、これに対して損傷や原因は明確ではないが「損傷があるように表現される」痛みは「慢性痛」とされる。国内において、運動器の慢性痛を訴える者は、人口 1,000 人あたり男性は 148.4 人、女性は 249 人と他の疾患と比較しても非常に多く¹⁾、慢性痛の原因解明および対処が急務とされる。そして現在、明確ではないとされてきた慢性痛の原因は確実に解明されつつあり、その要因の一つとして不動があげられている。具体的には、Butler (2000) らの報告²⁾によれば足部骨折後にシーネ固定と非荷重が施された 28 例のうち 57.1% に「触れただけで痛みを感じる状態」である機械的アロデニアがみられたとされており、Terkelsen (2008) らの報告³⁾では健常者 30 名の前腕から手関節を 4 週間ギプス固定した結果、ギプス除去直後から痛覚閾値の低下がみられ、

28 日後まで続いたことが示されている。また、小動物を用いた研究では、Nakano ら (2012)⁴⁾ は足関節不動モデルラットを用いて 4 週間の固定期間中における痛み反応の出現率を調べた結果、ギプス固定後 2 週目から痛覚過敏が発生し、その程度は固定期間に準じて増悪したと報告している。

近年、上記のような不動に伴う痛みのメカニズムについて、以下のような報告がなされている。すなわち、関野ら (2012) の報告⁵⁾ では足関節不動モデルラットの足底の表皮において、痛みのメディエーターである神経成長因子の増加、末梢神経密度の増加、表皮の菲薄化が認められ、これらが痛みの発生に関与する可能性が示唆されている。また、山本ら (2009)^{6), 7)} は片側後肢をギプス固定したラットに比べ、両側後肢をギプス固定したラットの方が痛覚過敏は顕著であり、これは後者の方がケージ内活動量と感覚刺激の入力が少ないことに由来すると述べている。このように、不動に伴う痛みと皮膚の変化との関連や、不動に伴う痛みと感覚刺激入力の不足との関連、またその他にも不動中に引き起こされる脊髄における感作と痛みとの関連についての報告もあり⁸⁾、不動に伴う痛みにはさまざまな要因が関連し

ていると考えられている。これらの要因のそれぞれに対策を講ずる必要があるが、その中でも感覚刺激入力の不足に関しては、リハビリテーションの現場でも比較的対処しやすい。不足している感覚刺激を外部から補うことができると考えられるからである。実際に、慢性痛の一つとされる複合性局所疼痛症候群 (Complex regional pain syndrome type I: CRPS type I) の患肢に振動刺激を入力すると痛覚過敏が軽減したという報告⁹⁾があり、この効果は足関節不動モデルラットを用いた研究¹⁰⁾でも確認されている。

一方、骨折時のように長期間のギプス固定等で不動状態に曝された場合、その期間中に感覚刺激を入力できるのはギプスに覆われていない末梢部分に限られる。この状態で実施できるリハビリテーションの一つとして動的関節制動訓練 (dynamic joint control training: DYJOC)¹¹⁾があげられる。その中でもよく用いられている方法であるタオルギャザーは、手術直後等の完全免荷時から行える方法で、シーツや大きめのタオルを足指でたぐり寄せる運動である¹¹⁾。この運動によって、重心動揺の減少¹²⁾、足底固有受容器の賦活、足指・足底に関わる筋力増強による地面の把握作用、荷重感覚覚醒作用^{12), 13)}が期待されている。ここで、不動に伴う痛みは感覚刺激の入力不足が一要因であること^{6), 7), 14)}を踏まえて考えると、タオルギャザーのような足指運動によって足部の固有受容器に圧覚や運動覚を入力すれば、不動に伴う痛みを予防できるのではないかという仮説が成り立つ。

そこで、本研究の目的は、足関節不動モデルラットでみられる痛みが、ギプスで覆われていない足指の他動運動によって予防できるか否かを検討することとした。

対象と方法

1. 実験動物

8週齢のWistar系雄性ラット22匹を無作為に、無処置のまま飼育する対照群(n=7)と、右側後肢(不動側)を後述の方法でギプス固定し、左側後肢(非不動側)は無処置で飼育する実験群(n=14)に振り分けた。この実験群を、さらにギプス固定のみを施す不動群(n=7)と、ギプス固定に

加えて他動的な足指運動を施す足指運動群(n=8)に無作為に振り分けた。飼育および実験期間は4週間とし、水と餌は自由に摂取させた。なお、本実験は長崎大学動物実験倫理委員会の承認を得て、長崎大学先端生命研究支援センター動物実験施設にて行った。

2. ギプスによる足関節の不動方法

不動群、足指運動群の各ラットに麻酔(ペントバルビタールナトリウム; 40mg/kg)を投与した後、右側後肢を剃毛し、膝関節は伸展、足関節は最大底屈位の状態で、大腿骨近位部から足指までの範囲に石膏ギプスを巻いて固定した。この際、不動群は浮腫の発生を確認するために足指PIP関節より末梢部分を露出させ、足指運動群は他動的な足指運動を施すために足指MP関節より末梢部分を露出させた(図1)。なお、ギプスの緩みや浮腫を確認した際には適宜巻き替えを行い、麻酔による影響を排除するために対照群にも同量・同頻度の麻酔を投与した。

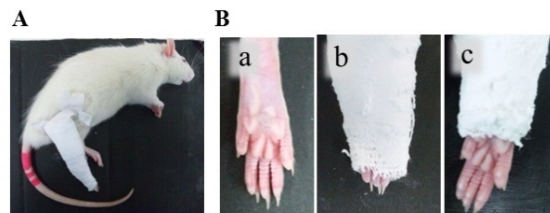


図1 足関節の固定方法

- A: 全身図(不動群).
B: 足部拡大図. a: 対照群, b: 不動群, c: 足指運動群. 不動群は足指 PIP 関節より末梢部分を露出させ、足指運動群は足指 MP 関節より末梢部分を露出させた。

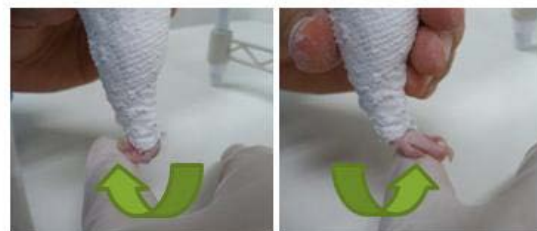


図2 足指運動の方法

他動的に足指関節を屈伸させた(最大屈曲, 最大伸展の繰り返し; 50回/分).

3. 足指運動の方法

足指運動群のラットを覚醒下で自作の小動物固定器にて固定し、ギプスを装着した状態で不動側の足指関節を他動的に行った(図 2)。運動は、メトロノームを毎分 50 回の頻度で鳴るように設定し、その音に合わせて徒手的に屈伸させた。運動時間は 30 分、頻度は 1 日に 1 回、週に 6 回とした。また、拘束ストレス等の影響を除去するために、不動群も同頻度で小動物固定器にて固定した。

4. 体重および関節可動域の測定

不動群と足指運動群の不動状態が同程度であることを確認する目的で、全ラットの体重および右側の足関節背屈可動域の測定を、上記の痛み反応の評価後に行った。

1) 体重の測定

ラットの体重を電子てんびん(株式会社タニタ製, KD-189)を用いて計量した。

2) 足関節背屈可動域の測定

ラットを麻酔下で左下側臥位にし、右股関節および膝関節を他動的に最大屈曲させた状態で固定し、丸型テンションゲージ(大場製作所製)を用いて 0.3N の張力で足関節を背屈させ、そのときの角度を測定した。なお、膝関節裂隙中央部と腓骨外果を結ぶ線を基本軸、腓骨外果と第 5 中足骨頭を結ぶ線を移動軸、これらの軸がなす外角を足関節背屈角度とし、分度器の中心を腓骨外果に合わせて 5° 単位で読み取った(図 3-A)。測定は 3 回行い、その平均を測定値として採用した。

5. 機械刺激に対する痛み反応の評価方法

実験期間中は全ラットに対して週に 1 回、4g と 15g の von Frey Filament (North Coast Medical 社製; 以下 VFF)を用いた機械刺激に対する痛み反応の評価¹⁵⁾を行った。具体的には、ラットを覚醒下で自作の小動物固定器にて固定し、ギプスを除去した後、両側足底に VFF を垂直にそれぞれ 10 回ずつあて(図 3-B)、膝・股・足関節を屈曲させる逃避反応の出現回数を記録した。各刺激は 5 秒以上の間隔をあけて行い、測定するラットの順番はランダムとした。なお、先行研究^{5), 10)}において、非侵害刺激である 4g の VFF はアロデ

イニアの指標、また侵害刺激である 15g の VFF は痛覚過敏の指標とされている。

6. 足底部皮膚の観察

痛み反応の評価後に、全ラットの右側足底部をデジタルカメラで撮影し、角質の乱れや表皮の色などを観察した。

7. 統計処理

統計学的解析では StatView 5.0 を用いて一元配置分散分析を行い、有意差を認めた場合は Fisher's PLSD で群間比較を行った。なお、有意差は危険率 5% 未満とした。

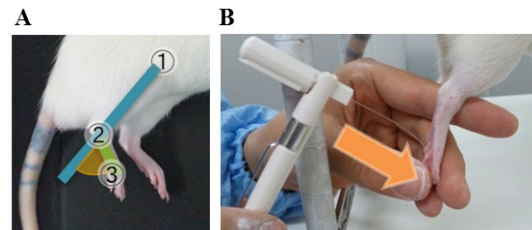


図 3 足関節可動域の測定法および痛み反応の評価方法

A: 足関節背屈可動域測定. ①: 膝関節裂隙中央部, ②: 腓骨外果, ③: 第 5 中足骨頭. 基本軸を①と②を結ぶ線(青), 移動軸を②と③を結ぶ線(緑)とし、これらの軸がなす外角(黄扇形)を 5° 単位で読み取った。

B: 機械刺激に対する痛み反応の評価. VFF を足底に垂直にあて、Filament が折れ曲がるまで押し付けることにより刺激し、このときに出現する逃避反応の回数を記録した。

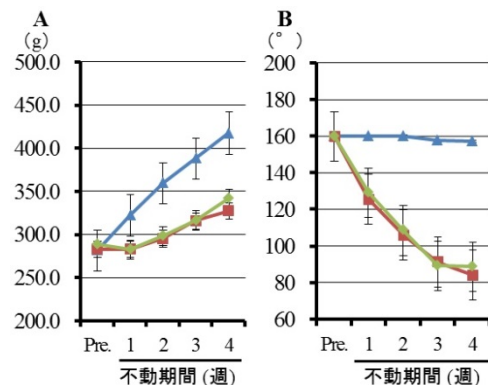


図 4 体重および関節可動域の変化

A: 体重, B: 右足関節背屈可動域. —△— 対照群, —■— 不動群, —●— 足指運動群. Pre.: 実験開始前. 平均±標準誤差.

結果

1. 体重および関節可動域の変化

実験期間を通して、全てのラットの体重は増加したが、対照群の増加に比べて不動群と足指運動群のそれは緩やかで、この2群間の推移に差は認められなかった(図4-A)。

不動群および足指運動群の足関節背屈可動域は、不動期間に準じて減少し、関節拘縮の発生が認められた。また、この2群間の関節可動域の推移に差は認められなかった(図4-B)。

2. 機械刺激に対する逃避反応の出現回数

不動群の不動側において、機械刺激に対する逃避反応の出現回数の増加が認められ、4gのVFFでは固定4週後に、15gのVFFでは固定3週後から対照群との有意差が認められた。足指運動群の不動側のそれは、4gと15gのVFFはと

もに固定1週後から対照群と比べて有意に増加し、その後は不動群とはほぼ同様の推移を示した。実験期間を通して、不動群と足指運動群の間に有意差は認められなかった。

また、非不動側については、4gでは対照群、不動群、足指運動群の3群間に有意差は認められず、15gでは固定4週後に不動群および足指運動群は対照群に比べ有意に高値を示したが、不動群と足指運動群の間に有意差は認められなかった(図5)。

3. 足底部皮膚の変化

不動群のラットの足底において角質の乱れがみられ、その程度は不動期間に準拠して顕著となった。また、足指運動群のラットにおいても同様な変化がみられ、不動群と足指運動群の間に顕著な違いはなかった(図6)。

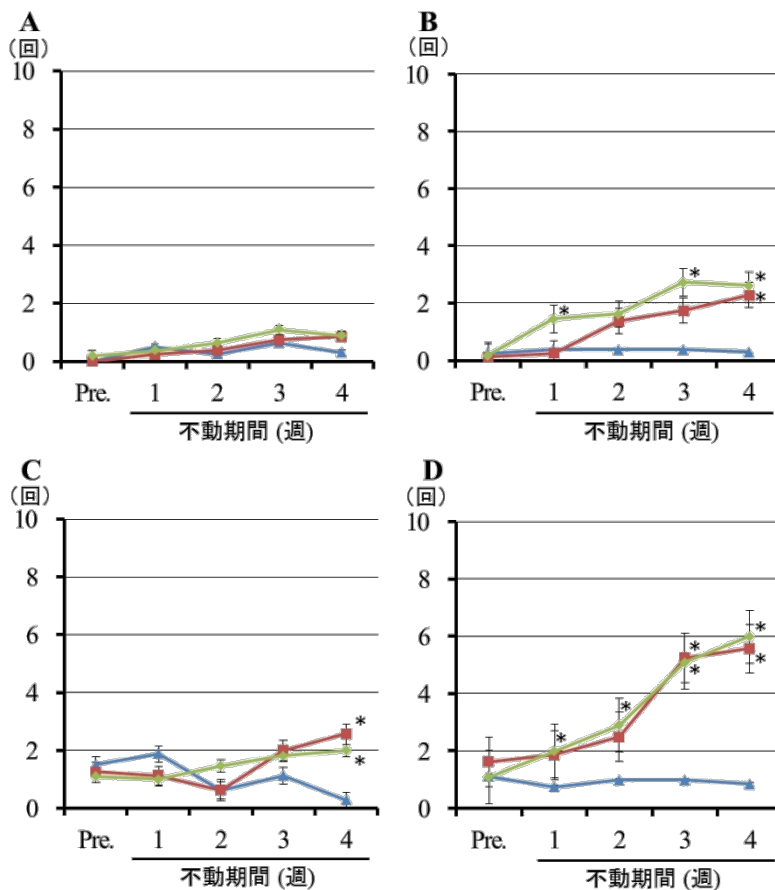


図5 機械刺激(VFF)に対する逃避反応の出現回数

A: VFF 4g 非不動側, B: VFF 4g 不動側, C: VFF 15g 非不動側, D: VFF 15g 不動側. ▲ 対照群, ■ 不動群, ● 足指運動群. Pre.: 実験開始前. 平均±標準誤差. *: 対照群との比較(p<0.05).



図6 足底部皮膚の観察結果
各群の足底部(固定4週後;右側).

考察

本研究では、足関節不動モデルラットを用い、他動的な足指運動によって不動に伴う痛みの発生を予防できるか否かを検討した。本研究の仮説としては、他動的な足指運動によって不動状態に曝された下肢への感覚入力が増加され、このことが当モデルでみられる機械刺激に対する逃避反応の増加、ならびに足底表皮の変化を抑制するのではないかと考えた。

実験の結果、不動群と足指運動群の体重の増加、ならびに足関節背屈可動域の減少において、2群間に差はみられず、このことから、飼育状況およびギプスによる不動状況は2群とも同程度であったと考えられる。また、不動群のVFFに対する逃避反応の出現回数は対照群と比較して有意に増加し、不動側の足底部皮膚に角質の乱れがみられた。このことから、先行研究⁵⁾と同様の不動に伴う痛みが発生したと考えられる。次に、足指運動群の結果をみると、不動群と同様に逃避反応の出現回数の増加が認められ、この2群間に有意差はなかった。不動側の足底部皮膚においても不動群と同程度の角質の乱れがみられた。つまり、筆者の仮説は否定され、他動的な足指運動は不動に伴う痛みと皮膚の変化に影響を及ぼさなかった。

今回対象とした「不動に伴う痛み」を含む慢性痛のメカニズムには、感覚刺激入力の不足が深く関わっているとされている⁷⁾。不動に伴う痛みの

予防を検討した先行研究において、木下ら(2010)¹⁰⁾の報告では、今回と同じ足関節不動モデルラットの足底に対してバイブレーターによる振動刺激を週5回、1日1回15分負荷すると、痛覚過敏および表皮の菲薄化の進行を抑制できたとしている。振動刺激は表在感覚であるのに対して、今回行った他動的な足指運動は関節運動による深部感覚であるという点で違いはあるが、「他動的な感覚入力」という点では類似していると思われる。しかし、木下らの振動刺激の設定条件をみると、50Hz すなわち50回/秒という高頻度に感覚刺激を加えるものであった。また、Lundeberg(1984)¹⁶⁾は、器質的障害のない慢性的な骨格筋の痛みを呈する患者60人に対し、患部に20Hzと100Hzの振動刺激等を45分間施した際の痛みの感じ方を調査した。その結果、20Hzでは「痛みに変化はみられない」との回答が最多だったが、100Hzでは「介入前と比べて50%以上痛みが減少した」との回答が最多だった。この報告から、振動刺激においては周波数が高い、すなわち、より高頻度に刺激する方が痛みに対する効果があると推測できる。一方、今回の実験では50回/分という比較的低頻度な感覚刺激の入力であった。これらの事を踏まえると、バイブレーターによる振動刺激の入力頻度に比べて他動的な足指運動による感覚刺激の入力は刺激入力の頻度または量が少なすぎて、不動に伴う痛みを抑制するには不十分だったのではないかと推測される。ただし、これらのことに関しては、不動に伴う痛みに対して異なる頻度で刺激を加えた報告がなく、推測の域を脱しない。今後はこの点について検討を加えていく必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多大なるご指導ならびにご協力を頂きました長崎大学大学院医歯薬学総合研究科運動障害リハビリテーション学研究室の諸先生方へ、深く感謝申し上げます。また、本実験の評価にご協力くださった沖田ゼミの皆様には、重ねて感謝いたします。

参考文献

- 1) 松原貴子:慢性痛, 機能障害科学入門. 沖田実, 松原貴子, 森岡周(編), 九州神陵文庫, 福岡, 2010, pp.48-49.
- 2) Butler SH, Nyman M, et al.: Immobility in volunteers transiently produces signs and symptoms of complex regional pain syndrome. In: Proceedings of 9th world congress on pain. ISAP press, Seattle, 2000, pp. 657-660.
- 3) Terkelsen AJ, Bach FW, et al.: Experimental forearm immobilization in humans induces cold and mechanical hyperalgesia. *Anesthesiology*, 2008; 109: 297-307.
- 4) Nakano J, Sekino Y, et al.: Changes in hind paw epidermal thickness, peripheral nerve distribution and mechanical sensitivity after immobilization in rats. *Physiol Res*, 2012; 61: 643-647.
- 5) 関野有紀, 濱上陽平, 他:ラット足関節不動モデルの痛みと皮膚における組織学的変化. 日本運動器疼痛学会誌, 2012; 4: 20-27.
- 6) 山本綾, 古島泰子, 他:ラット足関節不動化による活動制限は痛みを促進する. *理学療法学*, 2009; 36: 305-311.
- 7) 沖田実:痛みの発生メカニズム—末梢機構, ペインリハビリテーション = Pain rehabilitation. 松原貴子, 沖田実, 森岡周. 三輪書店, 東京, 2011, pp.150-152.
- 8) Nakano J, Sekino Y, et al.: Change of sensitivity and calcitonin gene-related peptide expression in short and long-term joint immobilization in rats. International Association for the Study of Pain (IASP) 14th World Congress on Pain, Milan, Italy, August 28, 2012.
- 9) Gay A, Parratte S, Salazard B, et al.: Proprioceptive feedback enhancement induced by vibratory stimulation in complex regional pain syndrome type I: an open comparative pilot study in 11 patients. *Joint Bone Spine*, 2007; 74: 461-466.
- 10) 木下恵介, 馬庭春樹: 振動刺激による感覚入力が足関節不動化による痛みの発生を予防できるか. 卒業研究論文集(長崎大学医学部保健学科理学療法学専攻), 2010; 6: 32-38.
- 11) 中山彰一: 関節トレーニング(DYJOC), 理学療法ハンドブック[改訂第3版] 第2巻 治療アプローチ. 細田多穂, 柳澤健(編), 協同医書出版社, 東京, 2000, pp.230-234.
- 12) 亀井省二, 亀井朋美, 他: 足底の感覚刺激が重心動揺に与える影響について. *藍野学院紀要* 2006; 20: 37-40.
- 13) 井原秀俊: 足底機能を重視する, 関節トレーニング: 神経運動器協調訓練 改訂第2版. 井原秀俊, 協同医書出版社, 東京, 1996, pp.95-105.
- 14) 松原貴子:慢性痛, 機能障害科学入門. 沖田実, 松原貴子, 森岡周(編), 九州神陵文庫, 福岡, 2010, pp. 62.
- 15) Sun RQ, Lawand NB, et al.: The role of calcitonin gene-related peptide (CGRP) in the generation and maintenance of mechanical allodynia and hyperalgesia in rats after intradermal injection of capsaicin. *Pain*, 2003; 104: 201-208.
- 16) Lundeberg T.: The pain suppressive effect of vibratory stimulation and transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) as compared to aspirin. *Brain Res*, 1984; 294: 201-209.

(指導教員 中野治郎)

這い這い動作の再考

～這い這いはどう変化するのか～

園田 楽人・寺尾 瞳・近藤 景子

要旨

乳幼児の這い這い動作のみについての先行研究は、個人差が大きいなどの理由から非常に少なく、その内容も這い這い時の姿勢や重心などに着目した研究が多くを占めている。そこで本研究では這い這い動作を理解するため、這い這い動作(crawling: ずり這い, creeping: 四つ這い)の動きのバリエーション数に着目して調査を行った。対象は協力を得られた乳幼児 19 名(月齢 5～18 ヶ月)とした。複数の床条件において乳幼児の這い這い動作をビデオカメラで撮影し、動作のバリエーション数をカウントした。その結果、這い這い歴に従ってバリエーション数は増加し、その後減少した。また、調査の結果と先行研究から、乳幼児の這い這い動作においても、運動学習の過程で無作為な動作から合理的な動作を獲得するという、バリエーション数の増減を繰り返していると仮説を立てるに至った。

はじめに

乳幼児は正常運動発達のなかで、這い這い、つかまり立ち、二足歩行という人間本来の移動手段を生後約 1 年の経過の中で獲得すると言われていたが、近年、這い這いをしない子どもが増加しているという指摘が医療や教育の分野から多く聞かれる¹⁾²⁾。“ハイハイをしない”というキーワードでインターネット検索をしてみると、2011 年には約 25 万 7 千件(yahoo!)であったヒット件数が、2014 年には約 390 万件(yahoo!)と 10 倍以上になっていた。これらの多くは母親の書き込みとそれに対する医師をはじめとした医療従事者によるアドバイス³⁾や同じ悩みを経験した母親からの回答であった。Benesse ウィンメンズパークという女性専用の Social Networking Service サイトでは、年間約 10,000 弱ほど相談があるなか、這い這いの相談の専用掲示板が作られており、“ハイハイしない”というキーワードでは毎年 200 を超える相談が書き込まれている⁴⁾。

また、乳児期における歩行開始月齢分布に変化がみられるとの報告もある。瀬川ら⁵⁾による

と、2002 年の調査において「歩行開始月齢」が最も多いのは 12 ヶ月で 20 年前と同じ結果であったが、「歩行開始月齢」が 14 ヶ月以降に遅れる事例の割合が 20 年前より高くなっている。平成 22 年に実施された厚生労働省による運動機能通過率の調査においても、10 年前よりも歩行開始月齢が遅れていると報告がされている⁶⁾。

二足歩行への発達の過程にある「這い這い」は、単なる移動手段というだけでなく、二足歩行に至るまでの上下肢の発達に重要な意味を持っていると言われている。前述の歩行開始月齢の変化と同様に、這い這い動作においても変化がみられるとの報告がある。瀬川ら¹⁾は、crawling(腹部が接地している這い這い動作・腹ばい・ずり這い)、creeping(手掌と膝を接地させる這い這い動作・四つ這い・膝つき這い這い)、bear walking(四足歩行・高這い)、hitching(いざり這い)の 4 様式について、乳児の母親に質問紙を使った調査を行っている。その結果(2002 年実施)、20 年前より「這い這い」の生起頻度が低下していたのが crawling と hitching で、歩行開始月齢と同様に這い這い動作にも変化が起きていると述べている。

表 1 CiNii, PubMed の検索結果

※CiNii 検索結果は「乳幼児」では検索結果が 0 件だったため、「幼児」検索結果を記載

CiNii	検索結果	PubMed	検索結果
腹這い	4件	crawling	1,036件
腹這い 幼児※	0件	infant crawling	154件
四つ這い	48件	creeping	1,099件
四つ這い 幼児※	8件	infant creeping	40件

いわゆる這い這いは、支持器官としての下肢の発達、そして把握・支持・認識器官としての上肢の発達にも関与する重要な発達指標であると言われていたが、這い這い動作の重要性をテーマに扱った先行研究は表1に示すとおり非常に少ない。これらの先行研究は這い這いの姿勢をテーマにしたものや這い這い動作の重心などに着目したものが多く、姿勢に関しては瀬川らの研究の中で、乳児期の這い這いを6つの型に分類している⁵⁾。しかし実際はそれに該当しない例も多数あり、また、一人の児が多くの四肢体幹の組み合わせを用いて移動している現状がある。

そこで我々は、四肢体幹の動かし方を動きのバリエーションとして捉えるという新たな視点を導入し、本研究の目標を「様々な月齢の乳幼児が這い這いをするときに、何通りの移動動作のバリエーションを有しているのか」を調査することとした。

対象と方法

1. 対象

対象は A 市内の子育て支援センター(1ヶ所)を利用している乳幼児で、神経学的・整形外科学的な問題がなく crawling を始める前から creeping ができる乳幼児(月齢 5~18 ヶ月)とその保護者 19 組(男児 12 名, 女児 7 名)であった。事前に本研究に関する説明を行い保護者より同意の得られたもののみを対象とした。

2. 条件設定

できるだけ多くの移動動作のバリエーションを引き出すために、這い這いを実施する床面の条件を、「通常条件」、接地面がやわらかい「不安定条件」、摩擦抵抗が低く滑りやすい「低摩擦条件」、

接地面が傾斜している「傾斜条件」、の 4 種類とした。

各条件の環境設定詳細(図 1 参照)

「不安定条件」

ウレタン製のマットレス(91×192×5)を2枚並べ、その上に13種のクッションや畳んだ毛布、座布団を敷き詰め、その上から敷きパッドとマルチカバーをかけた。クッションの並べ方は毎回同じ配置にした。

「低摩擦条件」

レジャーシート(90×180)に両面テープ(ナイスタック、ニチバン社製)を貼り、クッキングシート(旭化成クックパーシリーズ)を一面隙間がないように貼り付けていった。周囲はガムテープを貼り付け、実験時は床にガムテープを使って固定した。

「傾斜条件」

子育て支援センター内に設置されている滑り台傾斜角度の異なる3台を使用した。

3. 母親へのアンケート

事前に母親に対して、質問紙を用いて月齢・生活リズムや這い這い開始時期、這い這い実施期間等に関するアンケートを対面方式にて実施した。母親のアンケートの結果からは、全被験児の生活リズムは整っており、這い這いの発達に必要な睡眠覚醒リズム等に問題はないと思われた。

アンケートの詳細は以下の通りであった。

- 氏名, 性別, 生年月日, 在胎週数, 家族構成
- 保育園の利用状況
- 主に過ごす部屋の床材質の状況
- 一日の生活パターン
- 抱っこ紐, おんぶ紐の使用状況(腹側・背側)



図 1 条件設定の詳細

- ・うつぶせの経験の有無
- ・うつぶせを嫌がるか
- ・這い這いをするか(いつ頃から)
- ・つかまり立ちをするか
- ・伝い歩きをするか
- ・歩けるか(2~3歩, 2~3歩以上, それ以上)
- ・歩行器, 手押し車等運動補助具の使用状況
- ・現在の姿勢や運動で気になる点

4. 撮影方法

設定した床条件上に対象児を腹臥位とし, 母親の呼びかけや対象児が関心を示す玩具などでハイハイによる移動を促した. ハイハイ動作の記録にはデジタルムービーカメラ(SANYO 製 Xacti DMXCG100)を2台用い, 同時に2方向から撮影を行った(図2参照). 対象児によって腹臥位および這い這いに対する動機付けが異なったため, 時間や距離に関する条件付けは行わなかった. 撮影はできる限り同日にすべての条件下で行えるよう配慮し, 対象児が拒否の行動を示した場合中止した. なお, 撮影期間は2012年10月末~12月中頃(約1ヶ月半), 撮影人数は19名で



図 2 撮影の様子

撮影延べ人数は45名であった.

5. バリエーションのカウント方法

撮影した画像をスロー再生もしくはコマ送りにて, 3名の研究者が動作分析を行った. 分析に際して, まず這い這い動作を crawling と creeping に二分した. crawling に関してはほぼ動きが静止した安定姿勢①から次にほぼ動きが静止する安定姿勢②を1サイクルとし, creeping に関しては左手の掌接地から再度左手の掌接地までを1サイクルとした(図3参照). 各サイクルでの動作を「頭部と体幹」「四肢の状態」「重心の移動」「推進力」か

crawling	creeping
 <p>安定姿勢①</p> <p>安定姿勢②</p>	 <p>左手掌接地①</p> <p>左手掌接地②</p>
<p>一つの移動動作が見られた部分を1サイクルと見なし、いくつかのバリエーションが見られるかをカウント。</p>	<p>一側の手掌が接地し、離床してから再び接地するまでを1サイクルとし、いくつかのバリエーションを用いているかをカウント。</p>

図 3 バリエーションのカウント方法

ら比較し、異なる動作を生じている場合をバリエーションとしてカウントした。

結果

1. 各条件での這い這い動作の特徴

通常条件ではどの対象児も一番安定した動きを見せた。

不安定条件では関節の動きが大きくなる特徴が見られた。

低摩擦条件では crawling 児は這い這い動作の動きがよくなった。表面シリコン樹脂加工のため、

前進動作や方向転換が容易に可能になっていた。また、ダイナミックな動きもよく見られた。同条件下での creeping 児の場合は、重心を前方に移動させ、下腿を浮かせる動作が比較的頻繁に見られた。

傾斜条件では、下肢を外転位にして支持基底面を広げ、creeping のまま前進する被験児や、さらに外旋位にして、高這いで前進する被験児も見られた(図 4 参照)。

2. バリエーション数をカウントする被験児の選出

本研究では、撮影の際に低摩擦条件を拒否す

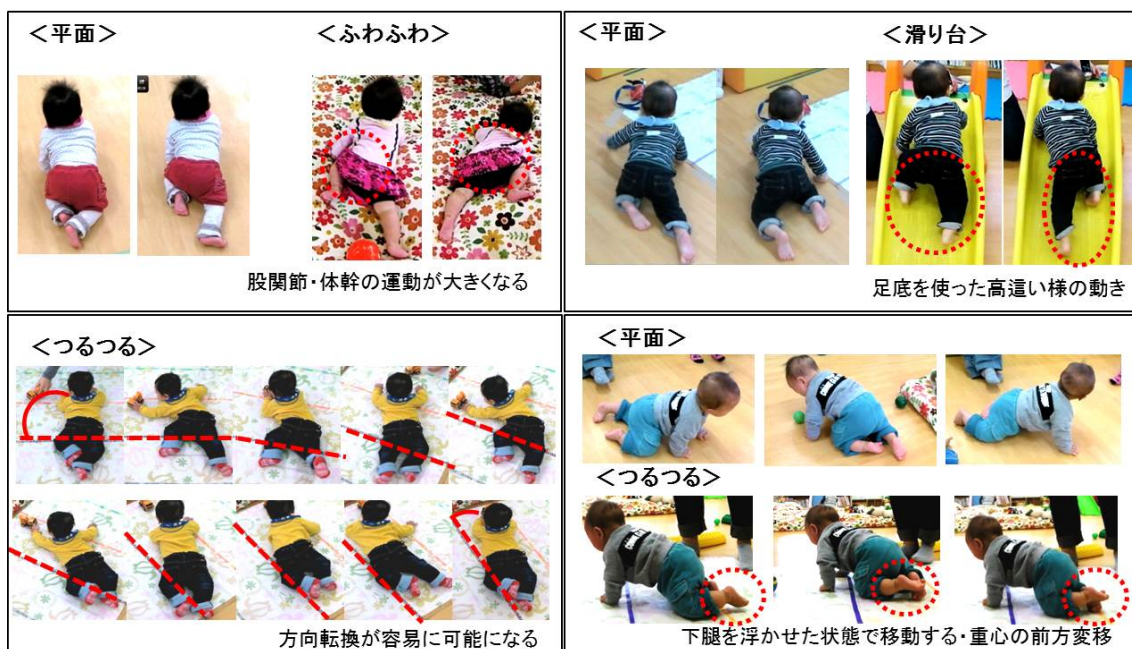


図 4 それぞれの条件下での這い這い動作の特徴

る被験児がおり、相対的に動画数が少なかったことや crawling 児は斜面条件での観察が難しかったことから、これらを分析対象から除外し、通常条

件と不安定条件での這い這い動作のみを対象とした。さらに、バリエーション数と日齢の 関連が明確になるよう同日内に通常条件と不安定条件で

表 2 バリエーションカウントの結果

※1 母親へのアンケートおよび聴取から算出・推定した値

主な移動手段	撮影時日齢	※1 撮影時 這い這い歴	通常条件 バリエーション	不安定条件 バリエーション	合計 バリエーション
crawling	163日	20日	8	3	11
	175日	10日	3	4	7
	207日	5日	1	2	3
	311日	60日	2	2	4
creeping	270日	45日	1	4	5
	324日	75日	7	7	14
	420日	90日	2	3	5
	559日	255日	1	1	2

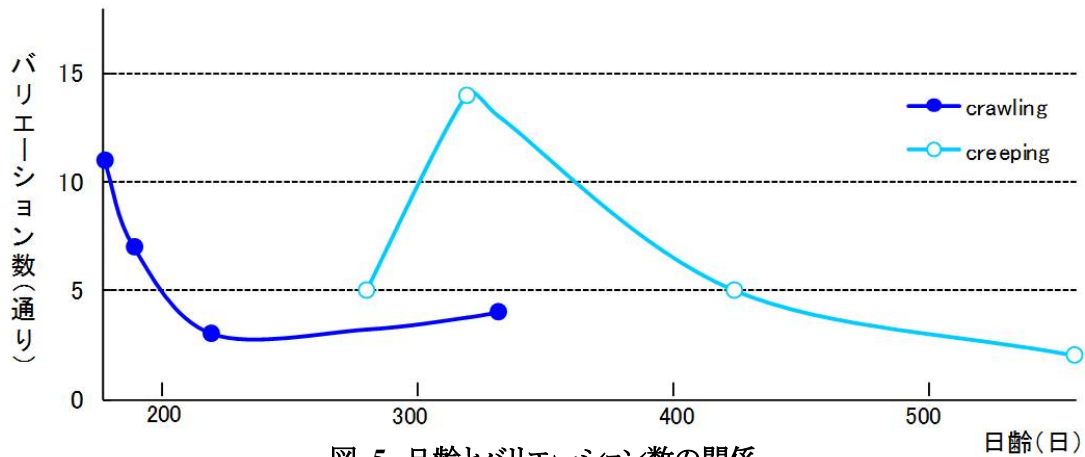


図 5 日齢とバリエーション数の関係

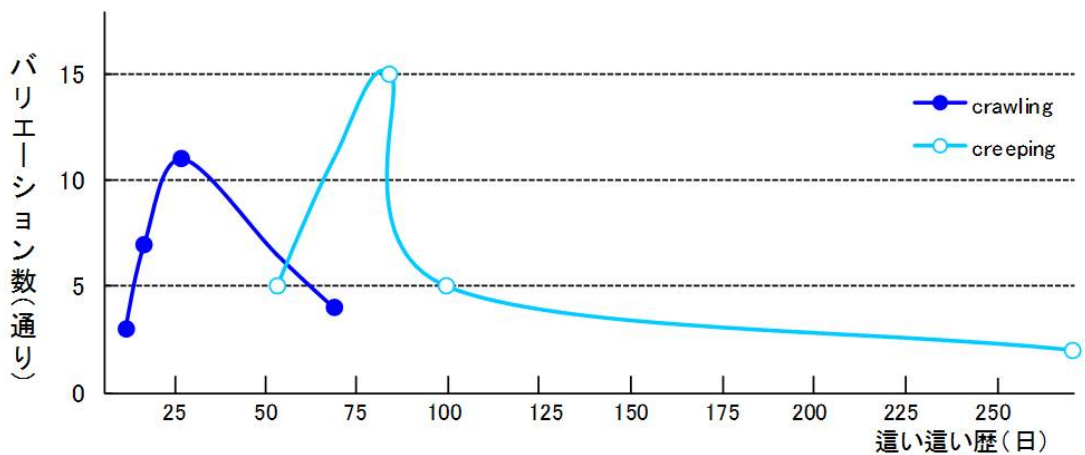


図 6 這い這い歴とバリエーション数の関係

の撮影が可能であった計8名分の動画を分析対象とした。バリエーション数カウントの対象児8名の動画撮影時の詳細な日齢、這い這い歴、バリエーション数は表2の通りである。なお、バリエーション数は通常条件を基本とし、同じバリエーションが不安定条件で見られたときはカウントしていない。

3. 日齢とバリエーション数の関係(図5参照)

8名の被験児のバリエーション数を *crawling* と *creeping* に分け、日齢とバリエーション数の関係を分析した。日齢に従った、バリエーションの一定の増加や減少は見られなかった。また、*crawling*, *creeping* 間の結果に規則性や共通性は見られなかった。

4. 這い這い歴とバリエーション数の関係(図6参照)

這い這い歴とバリエーション数の関係をグラフ化し分析した。*crawling*, *creeping* ともに一峰性の形状を持つグラフとなった。両グラフともに、這い這い歴が浅い被験児はバリエーション数が少ないが、次第にバリエーション数が増加していき、その後減少する形を示した。

考察

多賀らによると、乳児期の初期発達過程では、自発的な運動を契機として条件と相互作用し、その結果生じたことを記憶し、運動として再現することができる。学習可能な運動が、多くの自由度を同時に使うようなバリエーションから、特定の自由度のみを使ったバリエーションへと分化する⁷⁾と報告がある。つまり、乳幼児は様々な四肢体幹の動きの組み合わせを用いて運動を遂行するが、成功体験や運動の円滑の程度などの内的な感覚をもとに、より効率の良い一定の組み合わせを用いた運動を遂行することが可能となる。

これを踏まえて這い這い歴とバリエーション数の関係を見ると、*crawling*, *creeping* ともに這い這い歴の増加に従ってバリエーション数は増加し、ピークを迎えた後、減少していく。初期のバリエーション数の増加は、多賀らのいうところの多くの自由度を同時に使うようなバリエーションにあたると考えられ、対象児達が各条件の基で動作を遂行する

ため、一見無駄に見えるような動きを数多くのバリエーションとして出現させていることを意味していると考えられる。また、バリエーション数の減少は、多賀らのいう特定の自由度のみを使ったバリエーションを表すものと考えられる。これは身体を効果的に使う合理的な運動バリエーションに進化させ、統合していった結果である可能性が考えられる。

本研究では *crawling* と *creeping* の2つの運動様式を区別してバリエーションを観察したが、この2つの定義に関しては様々な意見があり明確に区別できない部分もある。また、*crawling* から *creeping* に変化するときには両者の運動が混在する時期が見られる。本研究においても、*crawling* と *creeping* の両動作を行う対象児を複数観察することができた。*creeping* が *crawling* から進化したものと考えられるのであれば、両動作を一連のつながった乳幼児の発達様式として捉え、切り離さずに1本のグラフとして表すことができると考える。結果、バリエーション数のグラフは二峰性の形となった(図7破線参照)。

多賀らは、10名の乳幼児の上下肢にマーカーを取り付けて、その軌跡を4ヶ月間にわたり二次元動作解析によって記録した。これによると、運動量のグラフが生後2ヶ月前後でU字を描く軌跡を辿った。つまり、多くあった動きの量が減少し、その後増加したということである⁸⁾。この研究において、乳児の運動発達は単純なものから複雑なものへと進行するのではなく、運動の変化は無作為な動きから、組織化された動きへと収束していくものである⁸⁾としている。また、この動きの変化が、皮質の発達中連続して起こっているのではないかと推測している。

この推測を本研究に当てはめてみると、*crawling* と *creeping* を連続した変化とみた場合、這い這い歴にしたがって増加したバリエーション数がいったん減少し、その後、再び増加する様子を呈している。つまり、乳幼児の這い這い動作においても、運動学習の過程で無作為な動作から合理的な動作を獲得するという、収束の過程を繰り返していると仮定でき、この仮説が有効であれば、適切な環境を乳幼児に与え、動作のバリエーションを引き出すことで乳幼児の発達を促す手立てとなることも考えられる。

本研究の限界として、まず横断的研究にとどまっていたことがあげられる。乳幼児の運動発達には個体差があることを考えれば、縦断的な研究手法を用い個体の変化を集約する必要がある。また、撮影時間や這い這いを行う距離等の条件についても統一することができなかった。今後は研究デザインの見直しを行い、再現性のある研究方法を確立し、環境、日齢(月齢、年齢)、運動発達の程度など様々な視点を加えて、仮説の立証を行っていきたい。

謝辞

乳幼児の運動発達は急激に進むとはいえ、crawling をはじめたばかりの乳児の運動が目の前でダイナミックに変化する様には感銘を受けました。貴重な経験をさせていただきました母子の皆様をはじめ、本研究にご協力いただいた子育て支援センターのスタッフ様御一同に、厚く御礼申し上げます。

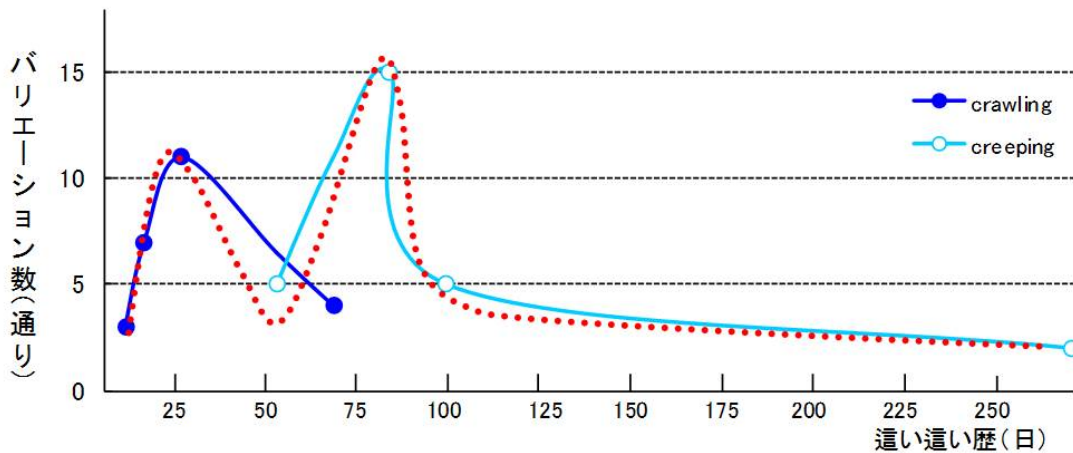


図 7 這い這い歴とバリエーション数の関係 2

参考文献

- 1) 小林君江:子どもたちの実態. 社会保障. 2006;409:86-87.
- 2) 阪正和, 井口淑子, 他:乳児のはいはいについての検討. 小児保健研究. 1973;31:179.
- 3) 多門大介, 西村陽央:みなさんハイハイしましたか～四つ這いの再考. 長崎大学医学部保健学科理学療法専攻 5 期生, 卒業研究論文集, 第 5 巻. 2009;53-59.
- 4) Benesse Life Smile ウィメンズパークホームページ.
<http://women.benesse.jp> (2012 年 12 月 20 日引用)
- 5) 瀬川昌也:神経回路の発達からみた育児と教育の臨界齢の研究. pp. 71-72.
<http://www.ristex.jp/result/brain/program/pdf/cri01.pdf>
- 6) 厚生労働省:平成 22 年乳幼児身体発育調査の概況について. 調査結果の概要(図 6).
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001t3so.html>
- 7) 多賀巖太郎:運動と知覚における自由度の分化と統合. The Journal of Clinical Physical Therapy . 2007;VOL10:1-6.
- 8) Taga G, Takaya R, Konishi Y:1999,Analysis of general movements of infants towards understanding of developmental principle for motor control, Proc. IEEE SMC,V678-683.

(指導教員 鶴崎俊哉)

スクエアステップエクササイズが地域在住高齢者の 身体および認知機能、心理面に及ぼす効果

谷崎真二・濱原健太郎

要旨

近年の高齢化に伴い、「健康寿命の延伸」が求められている。これに対して「運動」の実践が有効であると考えられている。そこで本研究では、地域在住高齢者 26 名 (71.0 ± 4.8 歳) を対象に、地方自治体が主催する 3 か月間のスクエアステップ教室への参加が身体および認知機能、心理面に及ぼす効果を検討した。本プログラムの実践により、身体機能では 30 秒椅子座り立ち、8 の字歩行、ステップングといった移動能力、認知機能では記憶の要素、心理面では主観的健康観に有意な改善がみられた。しかし、3 要素の改善の度合いに相関関係はみられなかった。このことから、スクエアステップの実践による身体への直接的な効果とともに、ステップの記憶やコミュニケーションの増大(教え合い)などスクエアステップ独特の特徴が効果に及んだと推察でき、介護予防の観点からも有用なプログラムであることが示唆された。

I. 緒言

平成 24 年度版高齢社会白書¹⁾によると、我が国の 65 歳以上の人口は過去最高の 2975 万人 (23.3%) であり、「団塊の世代」が 65 歳以上となる平成 27 年には 3395 万人になると予想されている。高齢化に伴い、要介護認定者数も年々増加しており、平成 24 年 1 月現在、過去最高の 525 万人²⁾となっている。

この現状において、単なる「寿命の延伸」ではなく、心身ともに健康で自立した生活を送るための「健康寿命の延伸」が求められている。要介護者となる主要因³⁾としては、脳血管疾患、認知症、高齢による衰弱、関節疾患、転倒・骨折などが挙げられる。このうち、特に「認知症」、「高齢による衰弱」、「転倒・骨折」は運動を実践することで発症のリスクを軽減できると考えられている。

転倒の危険因子は、一般的には内的(個体)要因、外的(環境)因子に分類される。転倒予防の観点から、外的要因に対しては環境の整備、内的要因に対しては運動の習慣化が重要な方策と考えられている⁴⁾。また、認知症予防を目的とした非薬物療法の介入方法としては、習慣的

な運動の促進、社会参加、知的活動、生産活動への参加、社会的ネットワークが挙げられ⁵⁾、認知症予防にも運動の実践が有効と考えられている。これらのことから、近年では多くの地方自治体で運動を主体とした介護予防事業が展開されている。

介護予防事業で実施されている運動プログラムの一つに「スクエアステップ」(Square Stepping Exercise:SSE)⁶⁾がある。これは大藏らが開発した脳機能賦活と身体運動を融合した新しい転倒および認知症予防のためのエクササイズであり、これまでに高齢者の介護・転倒予防にかかる身体機能への効果を明らかにしてきた。しかし、今のところ身体機能のみならず、認知機能、心理面を含めた 3 要素について同一対象者で複合的に効果を検討するまでには至っていない。

そこで本研究では、地方自治体が主催する 3 か月間の SSE 教室への参加が地域在住高齢者の身体機能、認知機能、心理面に及ぼす効果を検討することを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象者

本研究の対象者は、長崎県時津町に在住し、自立した生活を送る 62~83 歳までの高齢女性 26 名(平均年齢 71.0±4.8 歳)で、時津町が開催するスクエアステップ教室の募集に自ら応募してきた者であった。なお、対象者一人ひとりに本研究の主旨を十分に説明し、研究協力への同意を得た。また、体力測定実施時には安全性に十分配慮し、専門家が測定にあたりるとともに測定前後で看護師などによる体調チェックなども行った。

2. スクエアステップ教室の内容

SSE は横幅 100 cm, 奥行き 250 cm の面を 25 cm 四方のマス目で区切ったマット上を前進、後退、左右、斜め方向へ連続移動する運動である。指導者が示したステップパターンを正確に記憶した上で、その記憶を頼りにステップする。本教室では片脚に十分に自重負荷がかかることを意図して、80 bpm のリズムに合わせてステップするように工夫した。教室の進行に伴い段階的にステップパターンの難易度を上げた。また、手の動きも加えてより全身的な運動になるように工夫した。

実施期間は約 3 ヶ月間(全 10 回)とし、頻度は週 1 回、1 回あたりの教室時間は 90 分間であった。参考までにプログラム内容として、教室 5 回目の指導内容を付録 1 に示した。

3. 検査・測定項目

1) 身体機能項目

厚生労働省による「運動器の機能向上支援マニュアル」で推奨される項目および田中らの報告⁷⁾を基に中垣内らが選択した項目⁸⁾を用いた。具体的には「握力」、「30 秒椅子座り立ち」、「脚伸展筋力」、「椅子 5 回座り立ち」の筋力に関する 4 項目、「ステップング」の敏捷性に関する 1 項目、「開眼片足立ち」のバランス能力に関する 1 項目、「Timed Up and Go test(TUG)」、「10 m 歩行」、「8 の字歩行」の歩行能力に関する 3 項目、「豆運び」の巧緻性に関する 1 項目、全 10 項目であった。また、体力年齢の算出には中垣内らが作成した体力年齢推定式⁸⁾を用いた。

$$\begin{aligned} \text{体力年齢} = & -0.811 \times (\text{握力}) \\ & -0.198 \times (\text{開眼片足立ち}) \\ & -0.879 \times (30 \text{ 秒椅子座り立ち}) \\ & +0.463 \times (8 \text{ の字歩行}) \\ & -0.764 \times (\text{豆運び}) \\ & +0.08 \times (\text{暦年齢}) + 97.8 \end{aligned}$$

2) 認知機能項目

矢富ら⁹⁾によって開発された集団認知検査ファイブ・コグを用いた。本検査は、記憶・学習、注意、言語、視空間認知、思考の 5 つの認知領域機能を測定するものとして作られ、加齢関連認知的低下(aging-associated cognitive decline: AACD)や軽度認知障害(mild cognitive impairment: MCI)のスクリーニングを狙いとしたものである。

本検査では、音声と映像に従って、5 つの認知機能(①注意:文字位置照合、②記憶:手がかり再生、③視空間認知:時計描画、④言語:言語流暢性、⑤思考:類似課題)に関する課題を実施した。検査全体に要する時間は、説明および練習時間を含め約 45 分間であった。

3) 心理面の調査

心理面の評価には主観的健康感を用いた。主観的健康感は、国民生活基礎調査健康票¹⁰⁾を基に「あなたの健康状態はいかがですか」という設問に対し、「よい」「まあよい」「ふつう」「あまりよくない」「よくない」の 5 段階で回答を得た。分析では、「よい」を 5 点、「まあよい」を 4 点、「ふつう」を 3 点、「あまりよくない」を 2 点、「よくない」を 1 点と配点した。

4. 統計解析

各測定項目の結果は、平均値 ± 標準偏差で示した。身体機能項目および認知機能項目における教室前後での平均値の差に関する検討には、正規分布に従う項目には対応のある t 検定、従わない項目には Wilcoxon の符号付順位和検定、主観的健康感の差の検討には Wilcoxon の符号付順位和検定を用いた。また、教室前後での身体機能、認知機能、心理面の改善度の関係性について、Pearson の積率相関係数で検討した。なお、統計解析には SPSS Statistics 17.0 for Windows を用い、統計的有意水準は 5%未満に設定した。

表 1 運動教室前後の体力テストの結果

		介入前		介入後	
握力	(kg)	23.0	± 4.5	23.7	± 3.9
開眼	(秒)	39.8	± 19.5	38.9	± 21.9
30秒椅子座り立ち	(回)	18.5	± 3.1	20.7	± 3.8 *
8の字歩行	(秒)	22.5	± 4.8	21.5	± 4.8 *
豆運び	(回)	8.3	± 4.0	8.8	± 3.2
10m歩行	(秒)	5.1	± 0.8	4.8	± 0.6
TUG	(秒)	5.9	± 1.3	5.6	± 0.9
椅子5回座り立ち	(秒)	5.6	± 1.6	5.1	± 1.4
脚伸展筋力	(kg)	44.2	± 19.2	44.8	± 18.2
ステップング	(回)	55.0	± 11.4	59.5	± 9.3 *

*: P<0.05

Ⅲ. 結果

(1) 教室前後の身体機能の変化

表 1 に教室前後の身体機能項目の変化を示した。「30秒椅子座り立ち」、「8の字歩行」、「ステップング」において有意な改善がみられた。また、「10 m 歩行」、「TUG」においては、改善傾向がみられた(P<0.1)。

図 1 に教室前後の「体力年齢 - 暦年齢の変化」を示した。平均 2.7 歳の若返りがみられ、「体力年齢 - 暦年齢」に有意な改善がみられた。

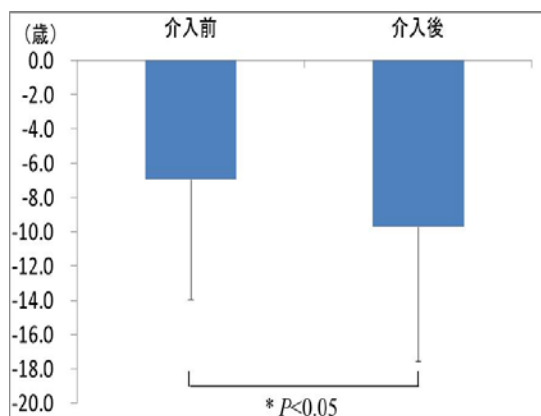


図 1 運動教室前後の「体力年齢 - 暦年齢」の変化

表 2 運動教室前後のファイブコグテストの結果

		介入前		介入後	
文字位置照合課題(注意)	(点)	21.4	± 9.9	21.5	± 10.3
手がかり再生課題(記憶)	(点)	14.5	± 6.2	18.2	± 6.0 *
時計描画課題(視空間認知)	(点)	6.9	± 0.3	6.8	± 0.4
動物名想起課題(言語流暢性)	(点)	15.3	± 4.7	16.1	± 4.1
類似課題(思考)	(点)	9.9	± 3.2	10.5	± 3.5

*: P<0.05

(2) 教室前後の認知機能の変化

表 2 に教室前後のファイブコグテストの結果を示した。エピソード記憶の指標となる手がかり再生において有意な改善がみられた。図 2 に教室前後のファイブコグテストの総合得点の変化を示した。平均 5.1 点の有意な点数の増加がみられた。

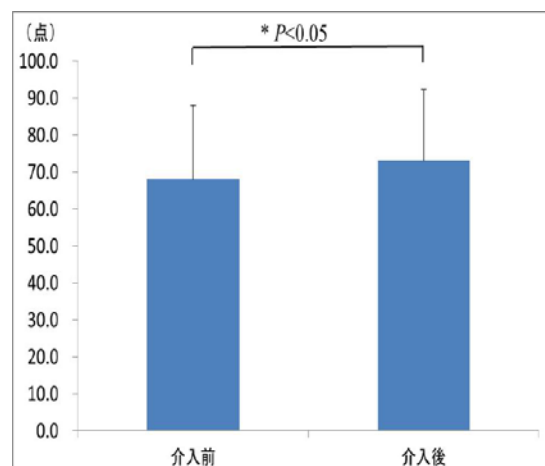


図 2 運動教室前後のファイブコグテストの総合得点の変化

(3) 教室前後の心理面の変化

図 3 に教室前後の主観的健康観の変化を示した。主観的健康観において有意な改善がみられた。

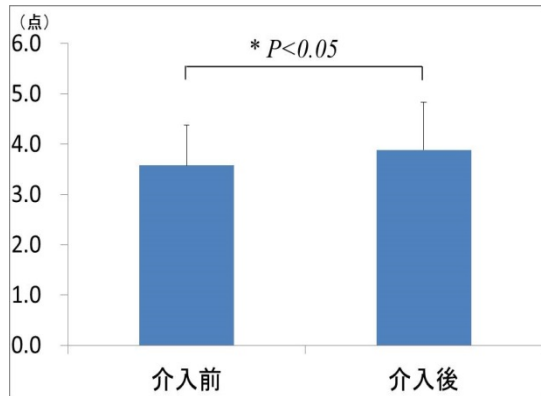


図 3 運動教室前後の主観的健康感の変化

(4) 身体・認知機能、心理面の改善度の相関

教室前後での身体および認知機能、心理面の改善度の関係性について検討したが、いずれにおいても有意な相関はみられなかった。

IV. 考察

本研究では、地方自治体が主催する 3 ヶ月間の SSE 教室への参加が、地域在住高齢者の身体機能、認知機能、心理面に及ぼす効果を検討した。

(1) 身体機能

本研究結果から SSE の実践によって、主に移動能力、動作内での脚筋力に関係する項目が改善した。橋立ら¹¹⁾によると機能的トレーニングでは、日常生活動作のパフォーマンスに改善効果が高く、特定のパフォーマンスを行うための筋群の筋力訓練を図るより、動作そのものを繰り返してトレーニングした方が効果的であったと報告している。本結果は、ステップ動作を繰り返してトレーニングすることで、その動作に関連した動的な項目(移動能力)で改善がみられたと考えられる。また、前島ら¹²⁾は高齢者への 3 か月間の運動介入により、筋力増強の有無にかかわらず、筋の平均周波数の低下が認められ、同等またはそれ以上の筋力をより少ない周波数帯域の興奮により発揮できるようになったと報告している。このことは、

筋収縮時の運動単位活動の同期化により、効率的な筋出力が可能になったことを示唆しており、本研究においても、ステップの反復運動を行うことで運動単位の同期化がおり、より効率的な筋出力が可能となったことで、最大筋力の指標となる脚伸展筋力での変化はないものの、動作時の筋力が必要とされる 30 秒椅子座り立ちにおいては改善がみられたと推察した。

(2) 認知機能

認知機能要素のうち、エピソード記憶の指標となる手がかり再生課題において有意な改善がみられた。これは、指導者が示す様々なステップパターンを参加者が記憶し、それを頼りにステップを正確に実践しなければならないというスクエアステップの特性が影響したと推察できる。

島田ら¹³⁾は、健忘型 MCI 高齢者 50 人を対象に 6 か月間の運動介入を行う運動介入群と、運動介入を行わない健康講座群に分けて、認知機能に及ぼす効果を検討している。その結果、全脳萎縮度において運動群は脳容量を保持したが、健康講座群では萎縮度が上昇し有意な交互作用を認めたとしている。また、征矢ら¹⁴⁾は運動による前頭前野の活性化は、多くの運動処方でも用いられる運動強度(Lactate Threshold 強度)よりも低強度で生じることを確認している。さらに、運動介入による記憶スコアの変化量は、身体活動量の変化量、軽運動実施量及び運動集会参加回数と有意な正の相関関係を認め、軽運動を中心とした運動介入により、高齢者の記憶力が改善したと報告している。また、SSE の運動強度について、大蔵ら⁹⁾は概ね低め(多くの場合 90~115 拍/分)で安全性の高い運動であると報告している。以上のことから、SSE の実践が高齢者の認知機能にも好影響を及ぼしたものと推察した。

しかし、本研究では認知機能の尺度として集団テストを用いているが、個別面談形式やファイブログテストとは異なる検査方法も多数存在することから、それらを用いてももう少し深く検討することが望まれる。

(3) 心理面(主観的健康観)

中川ら¹⁵⁾は、通所サービスを利用する要支援および要介護高齢者 41 人を対象に、集団運動

と個別運動実施群、個別運動のみ実施群に分けて運動介入効果を比較した結果、集団運動と個別運動を実施した群では下肢筋力および精神機能に有意な改善が認められたとし、集団運動による活気の向上や運動習慣の形成がその後の個別運動に有益な影響を与えている。横山ら¹⁶⁾は、主観的態度、達成感および満足感、自己意識、内発的意欲といった運動を習慣化させる個人的要因が、集団運動では維持・向上し、個別運動では維持・低下傾向にあったと報告している。また、中村ら¹⁷⁾は、在宅高齢者の主観的健康感と最も関連する要因が社会参加の有無であることを見出している。このように多くの先行研究において、高齢者の心理面が体力的な要因よりむしろ社会的要因に影響を受けやすいことを示している。

本研究では、集団運動の形態で SSE を実施した。また、SSE の段階的に難易度が上がっていくという特徴により、意欲の維持・向上や達成感および満足感を実感しやすい状態にあったと考えられる。さらに、対象者同士が互いに苦手なステップを教えあうなど、教室中にコミュニケーションを図る機会が多いことから、これらが心理面の向上に好影響を与えたと考えられる。実際に対象者からは、「階段の上り下りが楽になった。」、「また続けたい。」などの声もあった。本教室を通して体力改善の実感、運動に対する意欲、健康に対する態度、認識が向上したことで、主観的健康観の改善につながったと考えられる。

(4) 3 要素の関係

身体機能、認知機能、心理面の 3 要因でそれぞれ有意な改善はみられたが、その改善度間に有意な相関関係はみられなかった。また、本研究における認知機能の有意な改善は記憶要素のみであった。運動による一般的効果というよりも、SSE の記憶を必要とする特徴が影響したことも考えられる。心理面においては多くの先行研究¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾から分かるように、体力的な要因よりむしろ社会的要因に影響を受けやすいことが容易に推測できる。

このことから、運動の実践が直接的に認知機能および心理面に好影響を与えたのではなく、むしろ、ステップパターンを記憶し実践するという

SSE の特性や、集団運動で SSE を行うことによる対象者間でのコミュニケーション増大、ステップが出来たことによる達成感、満足感など様々な社会的要素を含んだ SSE 教室全体での総合的効果により各要素が改善したと考えられた。

V. 結論

本研究では、地方自治体が主催する 3 カ月間の SSE 教室への参加が地域在住高齢者の身体および認知機能、心理面に及ぼす効果を検討した。SSE の実践により、身体機能では「30 秒椅子座り立ち」、「8 の字歩行」、「ステップング」といった移動能力や動的な脚筋力において有意な改善がみられ、認知機能では記憶要素に改善がみられた。さらに、主観的健康観といった心理面にも好影響が及んだ。このように SSE 教室の総合的な効果として、身体機能のみならず、認知機能、心理面が改善したと考えられ、介護予防の観点から SSE は有用なプログラムであると言える。

VI. 謝辞

本研究に協力いただきました参加者、地域包括支援センタースタッフ、および研究室スタッフの皆様に深く御礼申し上げます。

VII. 参考文献

- 1) 厚生労働省ホームページ 平成 24 年度版高齢社会白書
(http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2012/zenbun/24pdf_index.html)
- 2) 厚生労働省ホームページ 介護保険事業状況報告 平成 24 年 1 月分
(<http://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/osirase/jigyo/m12/1201.html>)
- 3) 厚生労働省ホームページ 平成 22 年国民生活基礎調査の概況
(<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/4-2.html>)
- 4) 吉田忠義, 染川和也, 他: 国見地域在住の高齢者に対する転倒予防教室の実践報告. 理学療法法の歩み. 2011; 22(1):26-31
- 5) 島田裕之: 軽度認知障害(MCI)に対する運動の効果. 日本未病システム学会雑誌. 2012;18(3): 84-88
- 6) 大蔵倫博, 尹智瑛, 他: 新転倒・認知症予防プログラムが地域在住高齢者の認知・身体機能に及ぼす影響 -脳機能賦活を意図した「スクエアステップ」エクササイズの検討-. 日本認知症ケア学会誌. 2010; 9(3):519-530
- 7) 田中喜代次, 金美芝, 他: 元気高齢者から虚弱高齢者の身体機能を評価できる包括的評価指標の提案. 体力科学. 2009;58:38
- 8) 中垣内真樹, 吉田大輔, 他: 要介護化予防事業で利用できる高齢者の体力年齢推定式作成の試み. 長崎大学大学教育機能開発センター紀要. 2010; 1:17-23
- 9) 矢富直美: 集団認知検査ファイブ・コグ. 老年精神医学雑誌. 2010; 21(2):215-220
- 10) 国民生活基礎調査 厚生労働省ホームページ
(<http://www.mhlw.go.jp/toukei/chousahyo/koku22ke.pdf>)
- 11) 橋立博幸, 島田裕之, 他: 高齢者における筋力増強訓練を含む機能的トレーニングが生活機能に及ぼす影響. 理学療法学 2012; 39(3):159-166
- 12) 前島洋, 高石あずさ, 他: 転倒予防運動介入が高齢者の筋出力機構に与える影響. 理学療法学. 2004; 31: 146-146
- 13) 島田裕之, 内山靖: 高齢者に対する 3 ヶ月間の異なる運動が静的・動的姿勢バランス機能に及ぼす影響. 理学療法学. 2001; 28:38-46
- 14) 証矢英昭, 坂巻裕史, 他: 軽運動を中心とした運動介入が高齢者の記憶能力に及ぼす影響; 利根町研究. 老年精神医学雑誌. 2006; 17(増刊 1):138
- 15) 中川和昌, 猪股伸晃, 他: 要支援, 軽度要介護高齢者に対する個別運動介入に集団運動がもたらす効果. 理学療法学. 2008; 23(4) :501-507
- 16) 横山典子, 西嶋尚彦, 他: 中高年者における運動教室への参加が運動習慣化個人的要因に及ぼす影響; 個別実施運動プログラムと集団実施運動プログラムの比較. 体力科学. 2003; 52: 249-258
- 17) 中村好一, 金子勇, 他: 在宅高齢者の主観的健康感と関連する因子. 日本公衆衛生雑誌. 2002; 49(5): 409-416






(指導教員 中垣内真樹)

付録1 スクエアステップ教室の5回目の指導内容

3-5 ステップパターンの変化(教室5回目) + 筋力運動

・ 5つのステップパターンを、左右1回ずつ行います。





- * リズムに合わせて。
- * 背筋を伸ばし、ももを高く持ち上げる。
- * 肩の力を抜き、腕も自然に振りながら。

ステップ1	ステップ2	ステップ3	ステップ4	ステップ5																																																																																																																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td></td><td>2</td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td></td><td>2</td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td></td><td>2</td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td></td><td>2</td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td></td><td>2</td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td></td><td>2</td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td></tr></table>		2			1			2			1			2			1			2			1			2			1			2			1		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td></td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td></tr></table>		2	1		2	1		2	1		2	1		2	1		2	1		2	1		2	1		2	1		2	1		2	1		2	1	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td></td><td>2</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td></tr></table>		2				1		2				1		2				1		2				1		2				1		2				1	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td>1</td></tr></table>	2	(2)		1	2	(2)		1	2	(2)		1	2	(2)		1	2	(2)		1	2	(2)		1	2	(2)		1	2	(2)		1	2	(2)		1	2	(2)		1	2	(2)		1	2	(2)		1	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>(2)</td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr></table>	2	(2)			1					1	2	(2)			1					1	2	(2)			1					1	2	(2)			1					1	2	(2)			1					1	2	(2)			1					1
	2																																																																																																																																																																																																																											
	1																																																																																																																																																																																																																											
	2																																																																																																																																																																																																																											
	1																																																																																																																																																																																																																											
	2																																																																																																																																																																																																																											
	1																																																																																																																																																																																																																											
	2																																																																																																																																																																																																																											
	1																																																																																																																																																																																																																											
	2																																																																																																																																																																																																																											
	1																																																																																																																																																																																																																											
	2																																																																																																																																																																																																																											
	1																																																																																																																																																																																																																											
	2	1																																																																																																																																																																																																																										
	2	1																																																																																																																																																																																																																										
	2	1																																																																																																																																																																																																																										
	2	1																																																																																																																																																																																																																										
	2	1																																																																																																																																																																																																																										
	2	1																																																																																																																																																																																																																										
	2	1																																																																																																																																																																																																																										
	2	1																																																																																																																																																																																																																										
	2	1																																																																																																																																																																																																																										
	2	1																																																																																																																																																																																																																										
	2	1																																																																																																																																																																																																																										
	2	1																																																																																																																																																																																																																										
	2																																																																																																																																																																																																																											
		1																																																																																																																																																																																																																										
	2																																																																																																																																																																																																																											
		1																																																																																																																																																																																																																										
	2																																																																																																																																																																																																																											
		1																																																																																																																																																																																																																										
	2																																																																																																																																																																																																																											
		1																																																																																																																																																																																																																										
	2																																																																																																																																																																																																																											
		1																																																																																																																																																																																																																										
	2																																																																																																																																																																																																																											
		1																																																																																																																																																																																																																										
2	(2)		1																																																																																																																																																																																																																									
2	(2)		1																																																																																																																																																																																																																									
2	(2)		1																																																																																																																																																																																																																									
2	(2)		1																																																																																																																																																																																																																									
2	(2)		1																																																																																																																																																																																																																									
2	(2)		1																																																																																																																																																																																																																									
2	(2)		1																																																																																																																																																																																																																									
2	(2)		1																																																																																																																																																																																																																									
2	(2)		1																																																																																																																																																																																																																									
2	(2)		1																																																																																																																																																																																																																									
2	(2)		1																																																																																																																																																																																																																									
2	(2)		1																																																																																																																																																																																																																									
2	(2)			1																																																																																																																																																																																																																								
				1																																																																																																																																																																																																																								
2	(2)			1																																																																																																																																																																																																																								
				1																																																																																																																																																																																																																								
2	(2)			1																																																																																																																																																																																																																								
				1																																																																																																																																																																																																																								
2	(2)			1																																																																																																																																																																																																																								
				1																																																																																																																																																																																																																								
2	(2)			1																																																																																																																																																																																																																								
				1																																																																																																																																																																																																																								
2	(2)			1																																																																																																																																																																																																																								
				1																																																																																																																																																																																																																								
																																																																																																																																																																																																																												

・ 4つのステップパターンを、左右交互に1回ずつ行います。

・ ステップ→筋力運動(3回)→椅子の補助の順で繰り返し行います

- * リズムに合わせて。
- * 背筋を伸ばし、ももを高く持ち上げる。

ステップ6	ステップ7	ステップ8	ステップ9																																																																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td>2</td><td>4</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>4</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>4</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>4</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>4</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>4</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>4</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>4</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>4</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>4</td><td>3</td><td>1</td></tr></table>	2	4	3	1	2	4	3	1	2	4	3	1	2	4	3	1	2	4	3	1	2	4	3	1	2	4	3	1	2	4	3	1	2	4	3	1	2	4	3	1	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td></tr></table>	4	2	1	3	4	2	1	3	4	2	1	3	4	2	1	3	4	2	1	3	4	2	1	3	4	2	1	3	4	2	1	3	4	2	1	3	4	2	1	3	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td></td><td>4</td><td>3</td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td>2</td></tr><tr><td></td><td>4</td><td>3</td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>4</td><td>3</td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>4</td><td>3</td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td>4</td><td>3</td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td>1</td></tr></table>		4	3		2			2		4	3		2			1		4	3		2			1		4	3		2			1		4	3		2			1	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"><tr><td>4</td><td></td><td></td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>1</td><td></td></tr></table>	4			3		2	1		4			3		2	1		4			3		2	1		4			3		2	1		4			3		2	1	
2	4	3	1																																																																																																																																																																
2	4	3	1																																																																																																																																																																
2	4	3	1																																																																																																																																																																
2	4	3	1																																																																																																																																																																
2	4	3	1																																																																																																																																																																
2	4	3	1																																																																																																																																																																
2	4	3	1																																																																																																																																																																
2	4	3	1																																																																																																																																																																
2	4	3	1																																																																																																																																																																
2	4	3	1																																																																																																																																																																
4	2	1	3																																																																																																																																																																
4	2	1	3																																																																																																																																																																
4	2	1	3																																																																																																																																																																
4	2	1	3																																																																																																																																																																
4	2	1	3																																																																																																																																																																
4	2	1	3																																																																																																																																																																
4	2	1	3																																																																																																																																																																
4	2	1	3																																																																																																																																																																
4	2	1	3																																																																																																																																																																
4	2	1	3																																																																																																																																																																
	4	3																																																																																																																																																																	
2			2																																																																																																																																																																
	4	3																																																																																																																																																																	
2			1																																																																																																																																																																
	4	3																																																																																																																																																																	
2			1																																																																																																																																																																
	4	3																																																																																																																																																																	
2			1																																																																																																																																																																
	4	3																																																																																																																																																																	
2			1																																																																																																																																																																
4			3																																																																																																																																																																
	2	1																																																																																																																																																																	
4			3																																																																																																																																																																
	2	1																																																																																																																																																																	
4			3																																																																																																																																																																
	2	1																																																																																																																																																																	
4			3																																																																																																																																																																
	2	1																																																																																																																																																																	
4			3																																																																																																																																																																
	2	1																																																																																																																																																																	
																																																																																																																																																																			

後ろの椅子に腰掛けるような感じで、お尻を後ろに引きましょう!



【下肢の筋力運動: 大腿四頭筋(ももの前)】

- * 背筋を伸ばしましょう!
- * 息をこらえないようにしましょう!

★ 補助!

転倒しないように、椅子の後ろを支えてあげましょう。

前鋸筋およびその関連筋の比較解剖学的研究

— ニホンサル と ヒト —

土岐彰太, 豊瀬しのぶ

要旨

[はじめに]本研究は、ニホンサルとヒトの比較解剖を通し、前鋸筋およびその関連筋である肩甲挙筋・菱形筋の形態学的特徴を観察した。[対象・方法]成体雄ニホンサル(3体3側)、ヒト男性ご遺体(2体2側)を対象とし、前鋸筋各部及びその関連筋の構造・神経支配の様子を観察して比較した。[結果]ヒト前鋸筋は上部・中部・下部に分けられ、中部の筋束は薄く、下部は厚く発達していた。ニホンサル前鋸筋には明確な区画がみられず、頸椎から起こる筋束(ヒト肩甲挙筋に相当)が前鋸筋の一部となり、ヒトには存在しない前・後環椎肩甲筋がみられた。肩甲骨神経は、ヒトの場合は肩甲挙筋・菱形筋を支配する神経だが、ニホンサル前鋸筋の頸椎からおこる筋束は、この神経の支配を受けていた。[考察]ニホンサルは四足歩行のため、前鋸筋は抗重力筋としてはたらく比重が高い。ヒトは二足歩行へ進化し、前鋸筋は肩関節運動時の肩甲骨の運動・安定にはたらく役割が増し、各区画の機能分化が進んだ。ニホンサル前鋸筋の頸椎からおこる筋束は、肩甲挙筋の未発達なものと考えられる。

背景

機能障害の原因を解剖学的知識に基づいて正確に捉えることは、質の高い理学療法を提供につながる。食事、整容、更衣などのADL障害の原因となりやすい肩関節疾患は、臨床でも多く遭遇し、肩関節に関する基礎知識は重要である。肩関節の運動において、肩甲骨の運動は必要不可欠であり、僧帽筋・小胸筋・前鋸筋・肩甲挙筋・菱形筋など様々な筋が関与している。その中でも、前鋸筋は長胸神経により支配され、この神経の障害は翼状肩甲と呼ばれる症状を呈する。一般的に翼状肩甲を呈する症例では、頸部から肩甲部にかけての痛み、外転運動の可動域制限、僧帽筋萎縮などが認められるものが多い¹⁾。また、前鋸筋は軽度の麻痺でも、正常な肩の関節包内運動が阻害されうる²⁾といわれている。したがって、前鋸筋の機能障害は、ADLの大きな阻害因子になりやすく、理学療法の必要性が高いと考えられる。しかし、胸筋群・僧帽筋と比べると、前鋸筋に関する報告は少ないというのが現状である。

前鋸筋麻痺の原因は、長胸神経の切断のほか、中・後斜角筋、第2肋骨、筋鞘による神経の圧迫・牽引など様々である。臨床では、頸椎症(C5・C6で多発)により麻痺が見られる場合が多い³⁾。今回私たちは、前鋸筋麻痺の病態・原因を

正確に捉えられるようになるためにも、前鋸筋の形態・神経支配に着目して研究を行った。また、前鋸筋・肩甲挙筋・菱形筋の3筋は、肩甲骨内側縁で線維性結合組織により連結しており、上肢挙上において働く前鋸筋は他の2筋と共同するという報告もある⁴⁾ため、肩甲挙筋・菱形筋の調査も同時に行った。

目的

前鋸筋は第1~9肋骨から起こり、胸郭の外側面を覆いながら後上方に走り、肩甲骨と胸郭との間を通して肩甲骨の内側縁に付く幅の広い筋である⁵⁾。また、停止部の形態の差から、前鋸筋は上部・中部・下部に分けられる。上部は肩甲骨上角につく部分で、発達が良く厚い。中部は肩甲骨内側縁全体につく部分で、発達は貧弱で薄い。下部は肩甲骨下角に集中する部分で、発達がもっとも良い⁶⁾⁷⁾。前鋸筋の作用は、上部は肩挙上時の肩甲骨回旋運動の安定性、中部は肩甲骨外転、下部は肩甲骨外転・上方回旋・後方傾斜であるといわれている⁸⁾。しかし、前鋸筋の形態学的特徴に関する報告は、胸筋群・僧帽筋と比べ、少ないというのが現状である。とくに、前鋸筋の支配神経である長胸神経の神経根の構成パターンに関しては、報告者によりその結果が異なっている⁹⁾¹⁰⁾。また前鋸筋、肩甲挙筋・菱形筋と3

筋の関係についてもまとまった研究は多くない。

一方、ヒトとサルは、同じ霊長目に属し、身体の構造に多くの類似性が見られる。しかし、ヒトは直立二足歩行、サルは四足歩行と基本姿勢をとる点に決定的な違いがあり、この違いは、とくに運動器である骨格や筋の形態や機能に大きな影響を及ぼしている。例えば、肩甲骨周囲筋については、サルでは頭・頸・背菱形筋、前・後環椎肩甲筋など、ヒトには見られないものがあり、それらの呼称や形状も異なっている¹¹⁾¹²⁾。

今回、私達はヒトにおける肩甲骨周囲筋の特徴を明らかにするために前鋸筋を中心に菱形筋、肩甲挙筋の形態、支配神経およびその神経根構成について、ニホンサルとの比較解剖学的研究を行った。なお、ヒトとサルの前鋸筋および関連筋の呼称、支配神経根の比較を表1に示した。サル前鋸筋はしばしば腹鋸筋と呼ばれることがあるが、今回は前鋸筋として統一した。

ヒト		ニホンサル	
筋	支配神経	筋	支配神経
肩甲挙筋	C3~4	前・後環椎 肩甲筋	C3~4
大菱形筋	C4~5	背菱形筋	C3~6
小菱形筋	C4~5	頸菱形筋	C3~6
(後頭菱 形筋)	C4~5	頭菱形筋	C3~6
前鋸筋	C5~7	前鋸筋 (腹鋸筋)	C6~8

表 1 ニホンサルおよびヒトの肩甲骨周囲筋と支配神経根の比較

対象と方法

対象:神経学的研究に使用された後、長期間10%ホルマリンで保存された成体雄ニホンサル(3体3側, 右側2例・左側1例, それぞれをNo. 1~No. 3とした), および2012年度長崎大学歯学部解剖実習に供された男性ご遺体(2体, 右側, 平均年齢76歳)を対象とした。

方法:ニホンサルについては、まず頸部から肘部・腹部にかけて、腹側・背側ともに表層の皮膚、筋群を剥離し、前鋸筋、菱形筋、肩甲挙筋、腕

神経叢および長胸神経を剖出した後、これら筋の形態・神経の走行を観察した。次いで、前斜角筋・中斜角筋・腕神経叢を切断し、長胸神経の根部を剖出し、頸神経根の構成を観察した。その後、前鋸筋・菱形筋を連結させたまま体幹から取り外し、長胸神経・肩甲背神経の走行、前鋸筋の各部への筋内分布を、実体顕微鏡(OLYMPUS SZX9, Nikon SMZ-10)で観察し、デジタルカメラ(図1)およびスケッチによって記録した。ヒトについては、長崎大学歯学部学生解剖実習の進行度合いに応じ、前鋸筋の形態、長胸神経の走行、肩甲挙筋・菱形筋の形態、肩甲背神経の走行をそれぞれ観察し、スケッチにより記録した。



図 1 取り外した前鋸筋、菱形筋と支配神経 (ニホンサル No. 3, 前面)

結果

1. 前鋸筋

ニホンサル前鋸筋(図1, 2, 3)は、第1~9肋骨から起こり、肩甲骨内側縁全体に停止していた。明確な筋の区画はみられず、筋の厚さもほぼ一定していた。また、ヒトにおいては肩甲挙筋が起始する部位の頸椎から起こる筋束も、前鋸筋の一部となっており、肩甲骨上角付近に停止していた。長胸神経の頸神経根構成は、3側でそれぞれC5~7, C6~8, C6~7であった(図4)。図は根部の走行をスケッチしたものであり、分岐部の走行は各個体で若干変異がみられる。長胸神経の筋内侵入は、起始側の約1/3にあたる部位で確認され、侵入後は停止側へ向かって走行し

ていた。長胸神経は前鋸筋各筋束に分布するが、その枝の数は若干下部の方が多かった。上部では、根部からの独立した枝の侵入も確認された。

ヒト前鋸筋(図5)は、第1~9肋骨から起り、肩甲骨の三角・内側縁全体・下角に停止していた。また、停止部の形態の違いから上部・中部・下部に分けられ、中部が薄く、下部が発達していた。長胸神経の頸神経根構成は、2体ともC5~C7であった。長胸神経の走行は、下部の起始側・停止側へ分かれていた。長胸神経の前鋸筋への分布は、下部が多く、他部位の分布は比較的少なかった。上部では、根部からの独立した枝が分布していた。

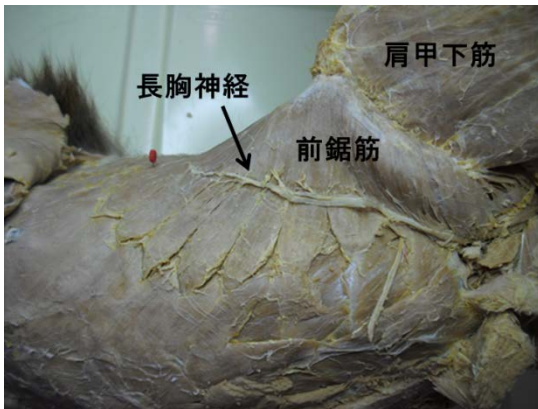


図2 前鋸筋と長胸神経(ニホンサル No. 1)

2. 肩甲挙筋, 菱形筋

ニホンサルにおいては、ヒト肩甲挙筋に相当する前・後環椎肩甲筋、ヒト大・小菱形筋に相当する背・頸菱形筋および頭菱形筋がみられた。肩甲骨背神経の頸神経根構成は、それぞれC3~C5, C3~C6であった(図6)。肩甲骨背神経の走行は、長胸神経と共通の根部からも分岐し、前面から独立した枝が前鋸筋の頸椎から起る

筋束へ分布していた。その後、独立した枝は背内側へ回り、菱形筋へと分布していた(図7)。

ヒトにおいては、肩甲挙筋は3束で構成されており、1体では異常筋束がみられた。この異常筋束は、停止部である肩甲骨三角を越えて、菱形筋と前鋸筋の間の筋膜へ広範囲に付着していた。肩甲骨背神経の走行は、根部からすぐに肩甲挙筋の背内側へ回り、筋束に沿って枝を出しながら下行し、そのまま小・大菱形筋の背内側へ下行し、枝を出していた(図8)。

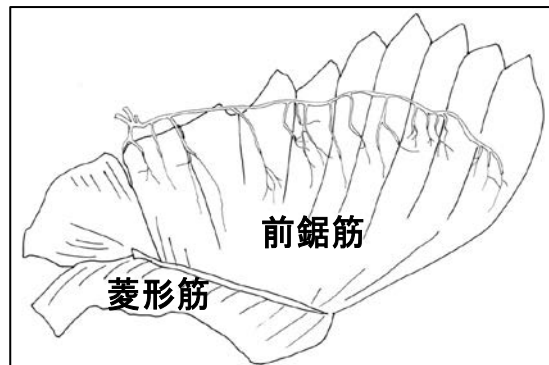


図3 前鋸筋(ニホンサル No. 1, 前面)

考察

1. 前鋸筋の機能分化

ニホンサルが前肢による支持を行う際、図9のように、支持となる前肢から肩甲骨・前鋸筋を介し、体幹をつりさげるような構造となっている¹³⁾。このように、ニホンサルを含む四足歩行動物の前鋸筋は、抗重力筋としての役割が大きい。ニホンサル前鋸筋の筋線維タイプ構成は、遅筋線維優位の部位が多くみられる¹⁴⁾との報告もあり、これは前鋸筋が抗重力筋としての働きを示すと考えられる。またヒト前鋸筋は、上部・中部・下部に明確に区分されており、中部の筋束は薄く、下部は

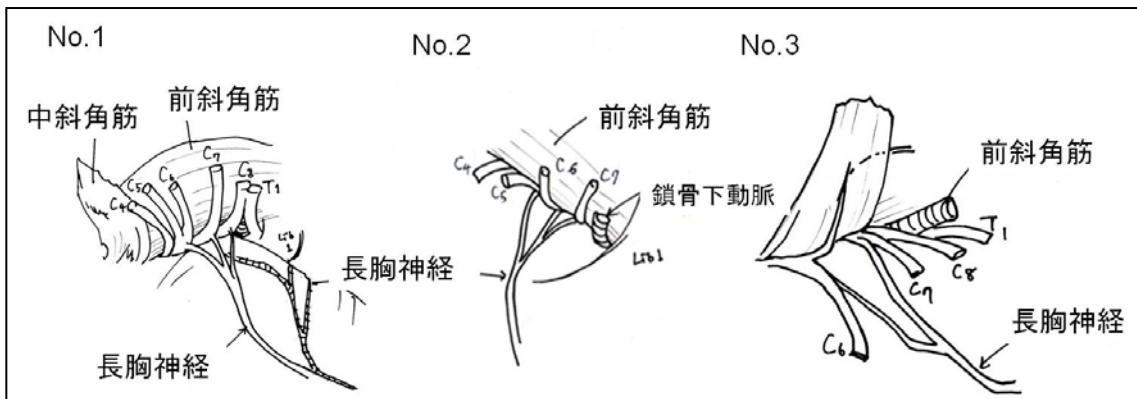


図4 長胸神経の根部(ニホンサル)

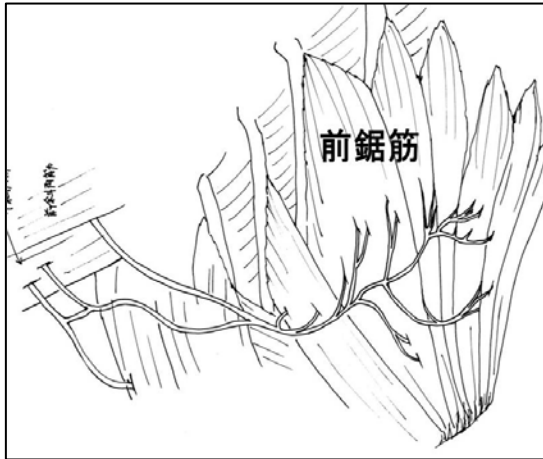


図5 前鋸筋および長胸神経の分布(ヒト)

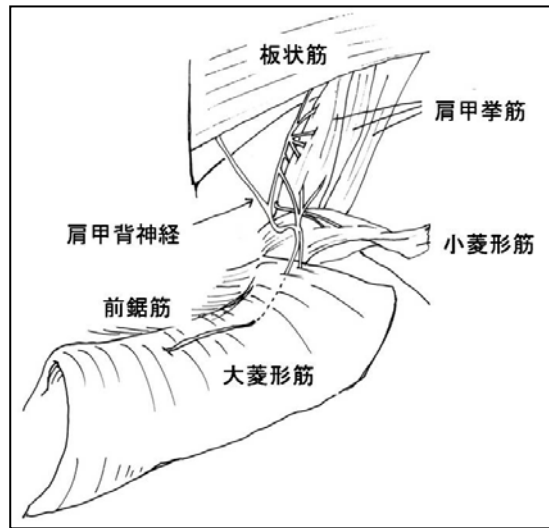


図8 肩甲背神経の分布(ヒト, 背面)

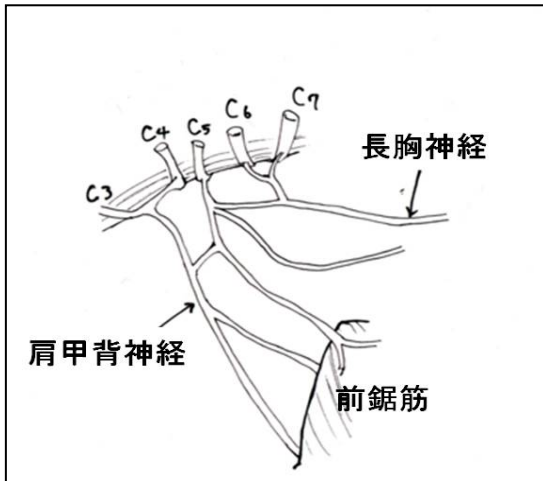


図6 肩甲背神経と長胸神経の根部
(ニホンサル No. 2)

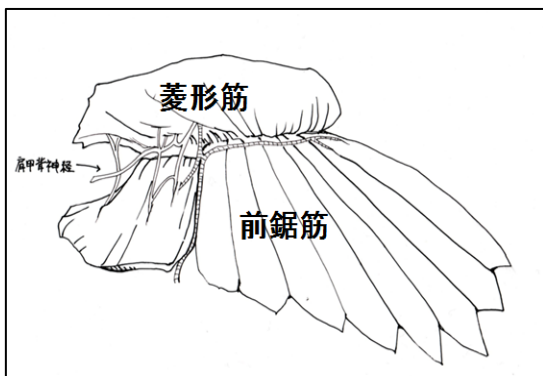


図7 肩甲背神経の走行
(ニホンサル, No. 3, 背面)

く発達していた。一方、ニホンサルにおいては、明確な筋の区画がみられず、頸椎から起こる筋束(ヒト肩甲挙筋に相当)が前鋸筋の一部となっていた。また、ヒトには存在しない前・後環椎肩甲筋がみられた。ニホンサルの頸椎から起こるヒト肩甲挙筋に相当する筋束も、四足歩行の影響を受けている。この筋は肩甲骨の“挙上”というよりは、前鋸筋と同様に抗重力筋としての働きが強い。その代わりに、ニホンサルは前・後環椎肩甲筋といった特有の筋を持ち、肩甲骨挙上に作用すると考えられる。このような筋の形態の違いについては、ニホンサルは四足歩行、ヒトは直立二足歩行という基本姿勢の違いによるものと考えられる。二足歩行を獲得したことによってヒトの鋸筋は抗重力筋としての役割から解放された。そのため前鋸筋は、可能になった上肢の多彩な運動に対応し、肩関節運動時の肩甲骨の運動および安定をになう役割が大きくなり、その結果各区画の形態の違いや機能分化が進んだと考えられる。

2. 肩甲挙筋, 菱形筋

肩甲背神経は、ヒトの場合は肩甲挙筋・菱形筋を支配する神経である。しかし、ニホンサル前鋸筋の頸椎からおこる筋束は、この神経の支配を受けていた。

五十嵐ら⁴⁾による、前鋸筋, 肩甲挙筋, 菱形筋の形態形成過程を図10に示した。この説による

と、肩甲挙筋、菱形筋、前鋸筋は共通の一塊の胚から分化したものであり、各筋は C3~C7 の神経根で共通に支配を受けているという。

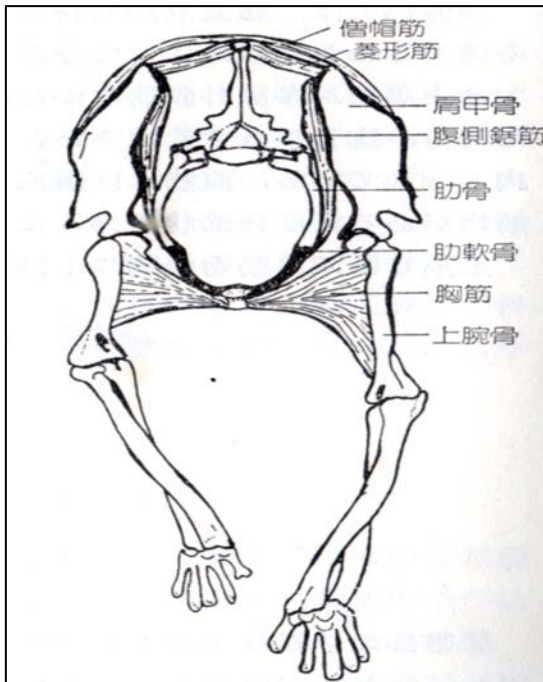


図 9 前肢による支持 (A. S. ローマーら, 1983)

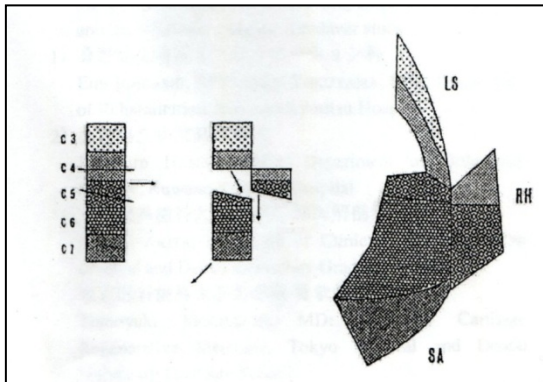


図 10 前鋸筋・肩甲挙筋および菱形筋の形態形成過程 (五十嵐絵美ら, 2008)
LS:肩甲挙筋 RH:菱形筋 SA:前鋸筋
C3~C7: 第 3~7 頸神経根

このように共通の神経根によって支配される 3 筋は、肩甲骨の運動時に、共同して働くことが可能である。また系統発生学的には、サルやヒトなどの霊長類以外の動物では、前鋸筋と肩甲挙筋は連続したものであると報告されている¹⁵⁾。つまり、ニホンサル前鋸筋の頸椎から起こる筋束は、

本来ヒト肩甲挙筋の未発達なものであるという見方ができる。

3. 前鋸筋各部

ヒト前鋸筋上部への長胸神経の分布は、肩甲挙筋への肩甲背神経の分布に類似している¹⁵⁾との報告がある。本研究においても、確かにヒト前鋸筋上部へは、中部・下部へ向かう枝とは独立して分布する長胸神経の枝が観察された。

ヒト前鋸筋上部は肩甲骨の安定に働き、機能的にも肩甲挙筋と類似している。したがって、ヒト前鋸筋上部に分布する独立した枝は、肩甲背神経に近い性質、特徴をもち、上部筋束は肩甲挙筋と前鋸筋の中間的存在であると考えられる。

中部に関しては、ヒトでは著しく薄く、神経の筋内侵入も乏しくなっていた。この理由として、比較解剖学に基づいた説が提唱されている¹⁵⁾。爬虫類・鳥類・単孔類・コウモリやハリネズミなどの哺乳類では、前鋸筋は 2 つの部分(頭部と尾部)に分かれており、中部筋束は存在しないという。また Nasu ら¹⁵⁾の報告では、中部が筋質ではなく、結合組織で成り立っているヒトの例も確認されている。ヒト前鋸筋中部は、発達の過程で特別に分化した可能性が考えられる。

下部に関しては、ニホンサルおよびヒトともに神経の筋内侵入枝が最も多く、筋も比較的発達していた。これは肩甲骨の外転・上方回旋において、下部筋束がより作用することを示すと考える。また、Nasu ら¹⁵⁾の報告では、ヒト 5 体 10 側全例において、前鋸筋下部に分布する肋間神経の枝が確認された。これは前鋸筋下部が体幹の要素に関連する可能性を示唆している。また、発生学的な研究によると、鳥類などの肩甲骨周囲の筋は、体幹と同じ体節に起源するという。以上の事実は、前鋸筋下部は体幹の要素に関連することを示唆している。Braus の報告によれば、前鋸筋下部は呼吸や姿勢維持に影響を与える肋骨から頸椎への直線的な構造を形成しており、この連結は肩甲骨上方回旋における前鋸筋および大菱形筋の関係に影響する重要な構造であるとしている。

現在、前鋸筋が呼吸補助筋として働くか否かという問題が注目されている。この点に関して、前鋸筋が肋間神経によって支配される可能性を

示唆した上述の Nasu ら¹⁵⁾の報告は注目に値する。しかし、肋間神経の枝が運動性ないし感覚性ニューロン、どちらを含むのかいまだ明らかにはなっておらず、今後のさらなる研究が必要とされている。

以上、総合すると前鋸筋上部は肩甲挙筋に近い意義をもつ筋束であり、機能や神経分布も類似している。下部は肩甲骨の運動における主要な機能をにない、中部は上部と下部を連結するために発達してできたものだと考えられる。ヒト前鋸筋は、中部による肩甲骨の外転運動よりも、下部による肩甲骨上方回旋運動により強い力を発揮するが、上記の考えはこのことと何らかの関連性を有すると考えられる。

まとめ

ニホンサルは四足歩行のため、前鋸筋は抗重力筋として働く比重が高い。ヒトでは二足歩行の

獲得によって前鋸筋は抗重力筋としての役割から解放された。その結果、ヒト前鋸筋は上部・中部・下部に分かれ、各筋束は発達の過程から異なる形態・神経分布をとり、機能分化が進んだ。この発達の過程において、上肢の運動における比重が高まった影響は大きいと考えられる。

最後に、理学療法士は臨床において、患者の機能障害を即座に把握し、病態に応じた的確なアプローチを行うことが求められる。本研究で得られた前鋸筋、肩甲挙筋、菱形筋の形態学的知見は、翼状肩甲などの肩甲帯周囲の機能障害を治療する上で、意義があるものと考えられる。

謝辞

今回の研究にご協力していただいた加藤教授、長崎大学歯学部顎顔面解剖学分野の諸先生方、深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 北村貴弘, 三浦裕正: 当科における翼状肩甲症例の検討. 整形外科と災害外科. 1998;47(4): 1147-1149.
- 2) Donald A. Neumann(著), 嶋田智明, 平田総一郎(訳): 筋骨格系のキネシオロジー, 医歯薬出版, 東京, 2011:136-136.
- 3) 北野英基, 白木正孝: 臨床内科医が診る危険な肩こり. 日本臨床内科医会会誌, 2007;22(2):146-146.
- 4) 五十嵐絵美, 浜田純一郎, 他: 肩甲挙筋, 前鋸筋, 菱形筋の機能解剖学的研究. 東北理学療法学. 2008;20:65-67.
- 5) 藤田恒太郎: 人体解剖学(改訂第42版). 南江堂, 東京, 2009:132-132.
- 6) 佐藤達夫: 肩周辺の複雑な筋の配置を形態学的に解析する-肩甲筋の歴史的背景の理解のために-. 理学療法. 2003, 20(7), 709-718.
- 7) 佐藤達夫, 加藤清忠: 肩関節周囲の筋配列を神経支配から考える. The Journal of Clinical Therapy. 2011;14:1-13.
- 8) Hamada J, Igarashi E, et al: A Cadaveric Study of the Serratus Anterior Muscle and The Long Thoracic Nerve. J Shoulder Elbow Surg. 2008; 17(5):790-794.
- 9) Bertelli JA, Ghizoni MF: Long Thoracic Nerve: Anatomy and Functional Assessment. The Journal of Bone&Joint Surgery. 2005; 87-A(5):993-998.
- 10) Yazar F, Kilic C, et al: The Long Thoracic Nerve: Its Origin, Branches, and Relationship to the Middle Scalene Muscle. Clinical Anatomy;2009;22(4):476-480.
- 11) Richmond F. J, Singh K, Corneil B. D. : Neck Muscles in the Rhesus Monkey. I. Muscle Morphometry and Histochemistry. 2001;86(4):1717-1728.

- 12) Nagashima S, Miyauchi R: The Anatomy of the Muscular System in the Formosan Monkey / editorial supervision. Nagasaki University, Nagasaki. 2006:34-102.
- 13) ローマー AS, パーソズ TS (著), 平光厲司 (訳): 脊椎動物のからだ<その比較解剖学>第5版. 法政大学出版局, 東京, 1983, 236.
- 14) 小島龍平: ニホンザル腹鋸筋の筋線維タイプ構成. 第66回日本人類学会大会プログラム・抄録集 P-01. 2012.
- 15) Nasu H, Yamaguti K, et al: An anatomic study of structure and innervation of the serratus anterior muscle. Surg Radiol Anat. 2012;34(10):921-928.

(担当教員: 加藤克知)

上肢のリウマチ体操が 関節リウマチ患者に与える影響

樋口 智貴・古河 秀章

要旨

本研究では、A 病院リウマチ・膠原病内科受診中の関節リウマチ患者 5 名を対象として、上肢のリウマチ体操が関節リウマチ患者に与える影響について検討した。4 週間、1 日 1 回リウマチ体操を実施し、実施前と 4 週間後に疼痛 VAS、DAS28-CRP、関節可動域、リーチ動作、SF-8、血管の性状、血管壁の状態、血流の粘性度などを包括的に検査する加速度脈波検査を用いてリウマチ体操の効果について評価を行った。その結果、5 例中 5 例で疼痛 VAS の改善、5 例中 4 例で DAS28-CRP の改善、5 例 10 側中 9 側でリーチ動作の改善、4 例中 3 例で SF-8 の改善が認められたが、関節可動域と加速度脈波検査では悪化・改善は認められなかった。今回 4 週間という短期間でのリウマチ体操により、疼痛や DAS28-CRP などに改善が認められた。この理由としては、一時的な血行動態改善によるものと仮定して検討を行ったが、動脈壁の硬化度や機能的緊張度も測定する加速度脈波検査は 4 週間という短期間、低強度のリウマチ体操の効果を評価する指標としては、不適であり今後の検討が必要である。

はじめに

関節リウマチ (Rheumatoid arthritis: RA) とは慢性的な関節炎を伴い、疼痛や関節の変形・破壊をきたす全身性自己免疫性疾患である。RA 患者の日常生活を困難にさせる要因として、滑膜炎に起因する関節の疼痛や腫脹が挙げられるが、多くの RA 患者ではその後二次的に生じる関節の変形や拘縮により、さらに日常生活の不自由さが増悪している。関節の炎症が強く、炎症持続時間が長期化し、そして反復するほど二次的に生じる変形や拘縮が重症化する。また関節炎の結果生じる疼痛に対する防御反応のために、筋肉には異常な緊張が生じ、筋肉の短縮や運動量が低下し、筋力低下、筋萎縮を生じる¹⁾。

このようにして形成される悪循環により、RA 患者の日常生活が制限され、QOL の低下が起きていると考えられている。したがって、運動療法を含めた RA に対するリハビリテーションの目的は予防と改善に大別され、前者は関節可動域 (ROM)・筋力の維持、そして後者は障害された

関節可動域の拡大、筋力の強化によって障害された日常生活動作の再獲得を目標としている。また、RA に対する運動療法は、エビデンスに基づいてどの程度推奨されるものかを示す度合いにて、「行うよう勧められる」という推奨 B ランクであり、有酸素能力や筋力を増強し、疾患活動性や疼痛に影響を与えない²⁾とある。しかし、運動療法の一つであるリウマチ体操に関しては、研究を行っている文献は少なく、客観的な効果・根拠も乏しく、客観的な指標も確立されていないため、あまり普及はしていない現状である。

そこで今回、リウマチ体操の RA に対する効果を評価するために、リウマチ体操前後で疼痛 VAS、RA の疾患活動性の指標である DAS-28CRP、関節可動域、リーチ動作、SF-8、加速度脈波検査等を測定し、その効果について検討を行った。

対象と方法

1. 対象者

対象者は A 病院リウマチ・膠原病内科外来受診中の関節リウマチ患者 5 名(女性 5 名:年齢 60 歳代 4 名, 40 歳代 1 名)で, 通常関節リウマチの治療を受けており, 3 ヶ月以上治療内容の変更なく, その活動性が一定(Steinbroker の stage 分類 (I 期:1 例, II 期:0 例, III 期:2 例, IV 期:2 例) class 分類(1:1 例, 2:4 例, 3:0 例, 4:0 例), 疼痛関節数:5.0±0.6 関節, 腫脹関節数:5.4±1.9 関節, CRP:2.16±3.62 (mg/dl), DAS28-CRP:3.85±0.44)しているものを対象とした。なお, 本研究は長崎大学病院臨床研究倫理委員会にて承認を得て行った。

2. 方法

対象の関節リウマチ患者に, リウマチ手帳に記載してある上肢のリウマチ体操を実施前評価時に指導し, 次回来院する 4 週間後まで 1 日 1 回疼痛の生じない範囲で行うよう指示した。

リウマチ体操実施前と実施 4 週間後の両時点において疼痛 Visual analog scale (VAS), 疼痛関節数, 腫脹関節数や疾患活動性の指標として Disease Activity Score28-CRP (DAS28-CRP)を, 関節可動域(椅子座位で自動運動において両側肩関節, 肘関節, 手関節), リーチ動作, SF-8, 加速度脈波を測定した。

DAS28-CRP は疼痛関節数, 腫脹関節数, 疼痛 VAS, CRP の値から計算する RA の疾患活動性の指標である。算出された値が, 3.2 以下は低疾患活動性, 3.2~5.1 は中等度疾患活動性, 5.1 以上は高疾患活動性と分類される。また 2.6 以下は寛解状態にあると判断される。

リーチ動作については同側鎖骨上部, 対側鎖骨上部, 頸部, 顎, 額, 頭頂部, 後頭部の 7 つの部位に手を伸ばし, 手指が届けば可とした。左右それぞれ 1 回ずつ測定した。

健康関連 QOL として, アンケートによる MOS-8-Item Short-Form Health Survey(SF-8)を行った。

またリウマチ体操実施記録表にリウマチ体操を行った日にチェックをつけてもらい, 実施状況の把握も行った。

3. 加速度脈波検査

加速度脈波とは, 指先容積脈波を二次微分した波である。指先容積脈波とは, 動脈内圧の変動を血管の容積変化に置き換えて観察したものである。また脈波とは脈圧の波であり, 動脈内圧の変動によって生じる経時的な血管伝導波を指す。この加速度脈波により, 血管の性状・血流状態・血管の弾力性など様々な情報を得ることが可能になり, 血管の老化度も評価することが可能である。また, 炎症により動脈硬化が促進するという報告があり, 炎症により血管状態に影響が生じうると考えられる³⁾。そこで今回, 関節炎などを主症状とする炎症性疾患である RA に対して, 血管・血流状態を包括的に評価する加速度脈波検査を用いて, リウマチ体操の効果を検証するための客観的な指標になりうるか否かを検証した。

今回の研究において, 加速度脈波測定システム アルテット®を使用している。リウマチ体操実施前, 実施 4 週間後の両時点において左右どちらかの第 2 指指腹を椅子座位にて, センサーで 18 秒間測定した。このとき, リラックスした状態で測定した。測定した加速度脈波の波形を視覚的に理解しやすくするために, 血管年齢という形で, その波形に年齢をつけ, 実年齢との差を比較するようにした。

結果

1. 疼痛 VAS(表 1)

疼痛 VAS において全症例で改善がみられた。

2. 疼痛関節痛と腫脹関節数(表 2)

腫脹関節数に変化はみられなかったが, 疼痛関節数においては 5 例中 3 例で改善がみられた。

3. DAS28-CRP(表 3)

DAS28-CRP においては 5 例中 1 例が悪化したものの 4 例に改善がみられた。

4. 関節可動域(表 4-1,4-2)

関節可動域においては顕著な変化はみられなかった。

5.リーチ動作(表 5)

リーチ動作においては、同側鎖骨上部に関しては全症例で改善がみられた。

6.SF-8(表 6)

SF-8 において、身体・精神ともに改善傾向がみられた。

7.加速度脈波検査(表 7)

加速度脈波においては全症例で変化はみられなかった。

※リウマチ体操実施状況については、症例 4 以外は毎日実施されていた。症例4は1か月の内、約 1/3 は実施されていた。

表 1 疼痛 VAS

	体操前		体操後
症例①	27mm	→	20mm
症例②	19mm	→	11mm
症例③	20mm	→	18mm
症例④	15mm	→	7mm
症例⑤	25mm	→	12mm

表 2 疼痛関節数/腫脹関節数

	体操前(箇所)		体操後(箇所)
症例①	5/2	→	5/2
症例②	4/6	→	2/6
症例③	6/5	→	4/5
症例④	5/7	→	2/7
症例⑤	5/7	→	5/7

表 3 DAS-28CRP

	体操前		体操後
症例1	4.47 (中等度)	→	4.71 (中等度)
症例2	3.65 (中等度)	→	3.56 (中等度)
症例3	3.45 (中等度)	→	3.30 (中等度)
症例4	3.41 (中等度)	→	2.91 (低度)
症例5	4.29 (中等度)	→	4.28 (中等度)

表 4-1 関節可動域(症例 1)

※P は疼痛, T はつっぱりを示す(表 4-2,5 も同様)

症例1		体操前(右)	体操後(右)	体操前(左)	体操後(左)
肩関節	屈曲	150	160	160	170
	伸展	50	50	50	40T
	外転	180	175	180	175T
	外旋	60	55	65	60
	内旋	70	75	70	70
肘関節	屈曲	145	145	135T	135
	伸展	0	0	10	10
前腕	回内	90	90	90T	90
	回外	90	90	90	90
手	掌屈	60	60	60	60
	背屈	60	60	60	60

表 4-2 関節可動域(症例 2~5)

※15° 以上の変化を記載

		右		左	
		体操前	体操後	体操前	体操後
症例2	肩 外転	180	165		
	手 掌屈	90	70	55	30
	背屈			70	50
症例3	肩 内旋			80	65
症例4	前腕 回外	80T	65		
症例5	肩 内旋	80	65		

表 5 リーチ動作(同側鎖骨上部)

	右(体操前)	右(体操後)	左(体操前)	左(体操後)
症例1	×	○	×	×
症例2	○	○	×	○
症例3	×P	○	×T	○P
症例4	×	○	×	○
症例5	×	○	×	○

※全症例を通して同側鎖骨上部以外は体操前後で可能

表 6 SF-8 (平均値)

	体操前	体操後
精神	49	52
身体	46	48

表 7 加速度脈波検査(血管年齢)

	体操前	体操後
症例① 60歳代	62歳	63歳
症例② 60歳代	68歳	68歳
症例③ 60歳代	65歳	65歳
症例④ 40歳代	51歳	52歳
症例⑤ 60歳代	61歳	61歳

考察

関節リウマチ患者にリウマチ体操を4週間実施してもらい、疼痛 VAS 及び疼痛関節数に対する効果を検討し、改善がみられた。Starkie らの研究によると、エンドキシンを投与した健康被験者を無作為に選び、対照群と運動群に分け、血中 TNF- α 濃度の変化を追ったところ、対照群では血中 TNF- α 濃度が 2~3 倍に上昇した。それに対して、運動群では3時間エルゴメーターを漕ぎ、終了 30 分前にエンドキシンを投与したところ、全体的に TNF- α の反応が鈍ったと述べている⁴⁾。この運動による抗炎症効果のメカニズムとしては、骨格筋の収縮によって IL-6 の産生と放出が起こり、IL-1ra や IL-10 といった抗炎症性サイトカインの増加を引き起こし、炎症を鎮静化させたと考えられている。

私たちの研究で実施したリウマチ体操は、関節運動を伴う等張性収縮の内容となっており、骨格筋の収縮を伴うものであった。つまり、運動による抗炎症効果によって疼痛 VAS および疼痛関節数の減少につながったと考えられる。さらに、関節運動によって滑液循環の改善が起こり、発痛物質の除去、腫脹の軽減が引き起こされ、疼痛の軽減に影響したと思われる。

また、自動運動は保有する ROM を超える可能性が低いことから、他動運動よりも過度な関節可動域運動とならないため、疼痛を増強させる危険性が少なかったことも考慮される。この疼痛 VAS、疼痛関節数の減少は、これらの数値を用いて算出する DAS28-CRP を用いた疾患活動性の低下にもつながり、身体の疼痛を評価項目に含む SF-8 の結果の改善にも反映されたと考えられる。

関節可動域に関しては全症例を通して顕著な変化はみられなかった。15 度以上の変化がある関節を変化がみられた関節として調査したが、全症例を通して統一性はみられず、また少数であった。変化がみられなかった原因としては、今回協力していただいた症例は Steinbrocker の stage 分類で変形が強く出ている病期にあるものの、体操前の時点で、計測した関節可動域に顕著な制限はみられなかったことが考えられる。

同側鎖骨上部へのリーチ動作は、主に手関節

の掌屈や手指 MP 関節の屈曲が大きく関与していると考えられる。しかし、前述したように関節可動域に関しては、改善が認められていないため、手関節の関節可動域の変化によるものとは考えにくい。そのため、肩関節や手指の疼痛 VAS や疼痛関節数が改善したことにより、疼痛の発生しない可動域で、代償的に同側鎖骨上部へのリーチ動作が可能になったのではないかと考えられる。手指の疼痛軽減により、関節可動域が拡大したことも考えられるが、今回手指 MP 関節については研究都合上、関節可動域は測定していないため、断定はできないと考えられる。

骨格筋の収縮による血行動態の改善によって、発痛物質(IL-1 や IL-6 などの炎症性サイトカイン)の除去、腫脹の軽減による関節内圧の減少が、疼痛 VAS や疼痛関節数に影響を与えたことは前述した。

またリウマチ体操という運動により、筋肉由来のサイトカイン(ミオカイン)、つまり抗炎症性サイトカインである IL-6, IL-10, IL-1ra などが発現されたことも考慮できる。このように血行動態が改善したため、これらの現象が起きたにも関わらず、血管・血流状態を包括的に評価する指標である加速度脈波検査の検査値には変化は認められなかった。Hambrecht らは、1 週間で 2200kcal の運動を約 1 年間継続して行った結果、冠状動脈疾患の退縮が認められたと報告している⁵⁾。そのため、リウマチ体操という低強度の運動により、血行動態が改善したと考えられるが、動脈硬化の退縮が関与する血管状態・血管内壁の改善にまでは至らなかったと考えられる。つまり今回のリウマチ体操においては、運動強度、実施期間ともに先行文献より多いに不足していたため、加速度脈波検査の検査値に変化が認められなかったのではないかと考えられる。

結論

今回の研究では関節リウマチ患者 5 名に協力していただいたところ、リウマチ体操により、疼痛の軽減、疼痛関節数の減少、疾患活動性の指標である DAS-28CRP の改善が認められた。また、1 か月という短期間でのリウマチ体操の客観的な指標としては、加速度脈波検査は、今回は不適であったと思われる。

リウマチ体操の効果としては、疾患活動性を悪化させることなく、疼痛軽減の効果があることを期待できたと考えられる。

研究の応用

今回の研究では、運動強度・実施期間ともに不足していたため、疼痛には改善が認められたが、関節可動域には改善が認められなかった。

今回の方法で臨床に応用する場合、1 つに運動前や運動療法前に、ウォーミングアップとして利用しようと考えた。その理由として、疼痛改善効果や、SF-8 が改善されていることから、リウマチ体操には身体的にだけでなく、心理的にも効果があると考えられ、運動がより行いやすくなると思われるためである。

もう1 つに、リウマチ体操の回数や実施内容を関節に応じて変えていくことで、各患者により対応できると考えられる。今回は研究の都合上、各関節 10 回、ゆっくりとした運動(等張性収縮)で行ったが、炎症の強い関節には回数を減らし、関節への負担が少ない屈曲位・伸展位でとめる運動(等尺性運動)を併用するなど、各患者・各関節に応じて体操内容を変えていくことで、よりリウマチ体操の普及につながるのではないかとと思われる。

参考文献

- 1) 小宮浩一郎, 斉藤聖二: リウマチ性疾患の運動療法. 臨床スポーツ医学. 2006;23:249-255.
- 2) 村田紀和: リハビリテーション; 関節リウマチの診療マニュアル(改訂版) 診断のマニュアルとEBMに基づく治療ガイドライン. 日本リウマチ財団 2004, pp.143-154.
- 3) Lena Branen: Inhabitation of Tumor Necrosis Factor- α Reduces Atherosclerosis in Apolipoprotein E Knockout Mice. Arterioscler Thromb Vasc Biol. 2004; 24: 2137-2142.
- 4) Starkie R, Ostrowski SR, et al.: Exercise and Il-6 infusion inhabit endotoxin-induced TNF- α production in humans. FASEB J. 2003; 17:884-886.
- 5) Rainer Hambrecht: Various Intensities of Leisure Time Physical Activity in patients With Coronary Artery Disease: Effects on Cardiorespiratory Fitness and Progression of Coronary Atherosclerotic Lesions, JACC. 1993; 22: 468-477.
- 6) 佐々部陵, 本村遼介: リウマチ体操が関節リウマチ患者の神経ペプチド・サイトカインに与える影響. 長崎大学医学部保健学科理学療法学専攻. 卒業研究論文集. 2010;6:46-51.
- 7) 荒木由希子, 澤幸恵: 上肢のリウマチ体操が関節リウマチ患者に与える影響. 長崎大学医学部保健学科理学療法学専攻. 卒業研究論文集. 2011;7:32-39.

(指導教員 折口智樹)

編集後記

長崎大学医学部保健学科理学療法学専攻卒業論文集第 8 巻が公開となりました。本巻からホームページでの公開となり、より多くの方の目に触れる可能性が高くなります。ひょっとすると、収録された論文に関心を持って本学に入学を希望する受験生も出てくるかもしれません。

本学での 4 年間(編入生は 2 年間)、特に総合臨床実習や卒業研究を通して、皆さんは「教えられる」ことから自ら考えて「学ぶ」ことへ意識の転換を求められてきました。卒業論文はその集大成と言えるでしょう。この結果は皆さん一人一人の努力の賜物であると同時に、皆さんを支えてくれた方々の存在があること、皆さんが一人ではないことの証でもあります。皆さんの周りには、困ったときに手をさしのべてくれる人がいます。そして皆さんの手を必要としている人がいます。そのことに気がつけなくなったとき、いつでも私たちが訪ねてください。

最後に、これまで 8 期生のためにご尽力いただいたすべての方に深謝いたします。今後とも卒業生の成長を見守って位いただければ幸いです。

平成 25 年 3 月

8 期生担任 鶴崎 俊哉

長崎大学医学部保健学科理学療法学専攻 8 期生の皆様、ご卒業おめでとうございます。

皆様の努力の結晶である卒業研究論文集、しかもホームページ上での初の公開という形になりました。この卒業研究論文集は、4 年間の学習成果の一つで集大成です。講義や実習などで学んだこと、同級生や先輩、後輩、患者様など多くの方たちより学ばせていただいたことが、テーマ選択や研究の取り組みに大きく影響していると思います。

研究題目、内容も現役理学療法士の研究に負けていないと思います。皆様が理学療法士になってからも、患者様のためのよりよい理学療法を探究するファーストステップになったことでしょう。そして、一生この研究者マインドを忘れないでそれぞれの現場で頑張ってくださいと切に願っています。

4 月からは職業人としての新たなスタートです。私たち理学療法士の仕事は素晴らしく、非常にやりがいのある仕事です。この長崎大学で学び卒業研究論文集を成し遂げたことを誇りに持って、失敗や不安を乗り越えて大きく花開く理学療法士になられることを信じています。

平成 25 年 3 月

8 期生副担任 田中 貴子