

平成 29 年度 博士論文

日常的なエクササイズの継続に関わる
主観的および生理的要因の検討

昭和女子大学

生活機構研究科

生活機構学専攻

松尾 絵梨子

日常的なエクササイズの継続に関わる 主観的および生理的要因の検討

松尾 絵梨子

エクササイズの実施や継続は、人々の心身の健康に対して多くの有益性があることは広く認知されている。しかし、社会的・環境的な要因や個人の主観的・生理的要因によって、それを実行できるか否かは影響を受ける。本研究では、エクササイズの実施や継続に対する遂行可能感を評価できる指標である **Exercise Self-Efficacy (ESE)** を用いて、この ESE に関連する個人の主観的および生理的要因を検討することを目的とした。

第 1 章では、序論として、エクササイズの重要性と運動習慣者の現状を示した。また、そこにはエクササイズの実施や継続に対する阻害要因や促進要因が存在することを背景として示した。さらに、エクササイズの実施や継続に対する遂行可能感である ESE についての先行研究を概観し、同じ強度や種類のエクササイズを実施してもその時の気分・感情などの主観的反応および心拍数 (**Heart rate: HR**) などの生理的反応が個人内や個人間で異なり、それらが ESE に関連していることを示した。一方で、主観的反応と生理的反応の関連性については、安静時心拍変動のパワースペクトル (高周波成分 **High-frequency: HF**, 低周波成分 **Low-frequency: LF**) による自律神経活動指標を用いて検討がなされていることも示した。

しかし、ESE と主観的反応および生理的反応、特に自律神経活動との関連性について同時に評価した研究は見あたらない。そこで、本研究では、エクササイズの実施に伴う主観的および生理的な反応と ESE との関連性を探ることにより、日常的なエクササイズの継続に関わる、個人の主観的および生理的要因を検討することを目的とした、2 つの実験的研究を行った。

第 2 章では、運動習慣のない大学生 43 名 (女性 28 名、男性 15 名) を対象とし、中等度の運動強度 (予備心拍数の 40%) でエクササイズを行った。参加者は 22 分間の椅坐位安静後、中等度の強度で自転車エルゴメーターによる 30 分間のエクササイズを実施し、その後、椅坐位安静を 30 分間保った。その間、生理的反

応として HR、主観的反応として主観的運動強度 (Rating of Perceived Exertion: RPE) と快感情尺度 (Feeling Scale: FS) を記録した。エクササイズ再度遂行可能感 (Post Exercise Self-Efficacy: PESE) はエクササイズ終了後 30 分の時点で記録した。エクササイズ前・後の安静時 HR データから、副交感神経活動指標 ($HF_{n.u.}$) と交感神経活動指標 (LF/HF) を算出した。PESE と主観的および生理的反応との関連性を検討するため、PESE を従属変数とし、主観的および生理的反応と BMI を説明変数としたステップワイズ法による重回帰分析を行った。その結果、エクササイズ直後に身体的な疲労が少なく、エクササイズ直後に気分が良いと感じ、エクササイズ後安静時に副交感神経活動レベルが低い、つまり交感神経優位であることが、エクササイズ実施後の高いエクササイズ再度遂行可能感に関連することが示された。これらの関連性を検討した研究は、本研究が初めてである。

第 3 章では、運動習慣のあるエクササイズ群 (女性 7 名、男性 6 名) と運動習慣のない対照群 (女性 7 名、男性 6 名) を参加者として、第 2 章と同様のプロトコルで 30 分間のエクササイズを実施した。PESE と主観的反応 (RPE、FS)、生理的反応 (HR、 $HF_{n.u.}$ 、LF/HF) についても同様に記録した。また、生理的反応にはエクササイズ前・中・後の酸素摂取量 (VO_2) と二酸化炭素排出量 (VCO_2) も加えた。結果として、PESE はエクササイズ群で明らかに高値であった。また、生理的反応のひとつであるエクササイズ中の VO_2 もエクササイズ群が有意に高かった。しかしながら、主観的反応およびそれ以外の生理的反応には運動習慣の有無による違いは示されなかった。次に、エクササイズ群と対照群、それぞれの PESE と関連する要因を検討するため、PESE と BMI および主観的・生理的反応の単重回帰分析を行った。重回帰分析は対象者数が少ないため行わなかった。その結果、エクササイズ群では、エクササイズ中の HR が低く、エクササイズ直後に気分が良いと感じることがエクササイズの継続に関連し、運動習慣の継続につながる要因である可能性が示された。一方、対照群では、BMI が高く、エクササイズ直後に身体的な疲労が少ないことがエクササイズ再度遂行可能感につながり、エクササイズ継続の促進に関連する要因であることが示された。

以上の結果を踏まえ、第 4 章では本研究の総括論議を行った。

運動習慣のない人では、中等度のエクササイズに対する再度遂行可能感がエクササイズ実施時の主観的反応だけではなく、生理的反応、特にエクササイズ後安静時の交感神経優位な状態と関連することが示された。この手法を用いて、一過性のエクササイズに対する高い再度遂行可能感に関連する要因、すなわち日常的なエクササイズの継続に関わる要因を検証できる可能性があった。さらに、運動習慣の有無によって、エクササイズを継続できる要因は異なることが明らかとな

った。運動習慣のある人では、運動習慣の継続により HR や VO_2 などの生理的反応が変化し、エクササイズ中に気分が良いとすることが日常的なエクササイズの継続に関わる要因であることが推察された。一方、運動習慣のない人に対しては、主観で合わせた運動強度で疲労感を高めないようなエクササイズを行うことに加え、適正な体格を目指すなど健康的な身体づくりのサポートをしていくことが、エクササイズ再度遂行可能感を高め、日常的なエクササイズの継続に関わる要因であることが示唆された。

本研究により、エクササイズの継続を促進させるための要因が一部明らかになった。実用化のためには、この知見を基にして、運動習慣のない人が「エクササイズを遂行できる」と感じるエクササイズの種類や運動強度、環境づくりなどについて、さらなる検討を行うことが必要であろう。また、これまでのエクササイズに関する知見とは異なる観点から、運動習慣の身につくエクササイズ法が開発できるかもしれない。

Summary of doctoral thesis

Subjective and physiological factors related to engaging in regular exercise

Eriko Matsuo

Engaging in regular exercise is widely known to provide many benefits for mental and physical fitness. However, it is difficult to engage in regular exercise because of many social, environmental, and individual factors. The purpose of this thesis is to investigate subjective and physiological factors related to Exercise Self-Efficacy (ESE), which is the belief in one's capability to successfully engage in the regular exercise.

In Section 1, I explained the background of this thesis. Although many benefits of the regular exercise have been widely demonstrated, physical inactivity remains a major public health problem in many industrialized countries including Japan. One of the reasons for the difficulty in adhering to regular exercise is because, even with identical exercise, there are considerable differences within and between individuals in physiological and subjective responses to the exercise. Previous studies demonstrated that ESE is an important determinant in the adoption and maintenance of a regular exercise, and that a subjective response to the exercise (Rating of Perceived Exertion: RPE, Feeling Scale: FS) and the underlying physiological response (heart rate: HR) might be one of the key factors in changing individual ESE. On the other hand, it is generally believed that subjective state correlates with autonomic nervous system activity. And spectral analysis of heart rate variability (HRV) is an established non-invasive tool that can be used to study the autonomic HR control at rest. However, it is unclear how the ESE affected by subjective and physiological - in particular, autonomic - responses before, during, and after the exercise. The aim of this thesis was to clarify subjective and physiological factors affecting ESE assessed after a single exercise session at a physiologically equivalent level. For this purpose, I conducted the following two experimental studies (Section 2 and Section 3).

In Section 2, 43 healthy volunteers who did not engage in regular exercise completed an 82-min experimental session, comprising a 22-min pre-exercise rest, a 30-

min steady-state cycling exercise at moderate intensity (40% of heart rate reserve), and a 30-min post-exercise rest. We measured physiological (HR) and subjective (RPE, FS) states during the experimental session. Autonomic states were assessed by power spectral analysis of HRV during pre- and post-exercise rest. Post-exercise self-efficacy (PESE), which was the participants' confidence in their ability to perform the 30-min exercise that they had just performed, was assessed 30 minutes after the exercise. A stepwise multiple regression analysis, with PESE as the dependent variable and exercise-induced physiological/subjective responses and BMI as candidate explanatory variables, showed that PESE was negatively correlated with RPE and positively correlated with FS at the end of the 30-min exercise. This result indicates that persons with weak perceptions of exertion and good feelings during exercise typically assessed their confidence in their ability to perform the 30-min exercise that they had just performed as high. In addition, PESE was negatively correlated with high-frequency power of the post-exercise HRV, an index of parasympathetic function. This result indicates that persons with sympathetic dominance during the post-exercise resting period tended to assess their PESE as high. To our knowledge, this is the first study revealing the relationship between PESE and not only subjective but also autonomic responses.

In Section 3, I examines the effect of exercise-induced subjective responses and/or physiological responses on post-exercise self-efficacy (PESE) in both regularly exercising and sedentary individuals. Individuals with regular exercise (7 female and 6 male) and sedentary individuals (7 female and 6 male) completed a 30-min steady-state cycling exercise at a moderate intensity equivalent to Section 2. Subjective (RPE, FS) responses and physiological measures (HR, oxygen consumption (VO_2), and carbon dioxide production (VCO_2)) were recorded before, during, and after the exercise. PESE was assessed 30 minutes after the exercise. Results showed that PESE and VO_2 during exercise was significantly larger in the regularly exercising individuals than in the sedentary individuals while the other subjective and physiological responses were similar between two groups. Moreover, in order to examine the relationships between PESE and exercise-induced physiological/subjective responses and BMI, simple regression analysis was performed for regularly exercising and sedentary individuals separately. In this Section, I did not conduct a multiple regression analysis due to small sample size. Results in the regularly exercising individuals suggest that having a lower HR or a better feeling during exercise is associated with the adherence to regular exercise. For the sedentary individuals, a high BMI or little physical fatigue allows them to perform exercise another time, and may be related to the adherence to regular exercise.

In Section 4, I have a general discussion of the present study based on the above experimental results. For individuals who do not have regularly exercise, the PESE for moderate exercise is shown to be related to the subjective and physiological responses—especially sympathetic dominance—during exercise. It may be possible to use this technique to assess the PESE to a bout of exercise, and to verify the factors relevant to engaging in regular exercise. Moreover, the factors for engaging in regular exercise are shown to be different depending on whether an individual has regularly exercising or not. For regularly exercising individuals, their physiological responses such as HR and VO_2 were modulated and they feel better during exercise, suggesting that such subjective and physiological states might be factors associated with engaging in regular exercise. On the other hand, for sedentary individuals, their PESE were likely to be enhanced by engaging in exercise without fatigue and support to maintain an ideal figure, suggesting that such approach might be effective to adopt and adhere to regular exercise.

In this study, I revealed a part of the factors promoting regular exercise. Based on this finding, further research is needed to investigate recommend exercise and environmental support for those who do not have regular exercise to feel that they “can perform the exercise.” There may also be a potential to develop a new approach to adopt and adhere to the regular exercise.

目 次

はじめに	1
第 1 章 序論	2
1. 身体活動とエクササイズ実施の重要性と現状について	3
1. 1 身体活動とエクササイズによる効果	
1. 2 健康づくりのための身体活動とエクササイズ	
1. 3 エクササイズ実施（運動習慣）の現状	
1. 4 エクササイズの実施および継続に関わる要因	
2. Self-Efficacy について	18
2. 1 Self-Efficacy とは	
2. 2 エクササイズの継続に関わる Self-Efficacy（Exercise Self-Efficacy）	
2. 3 Exercise Self-Efficacy と主観的反応	
3. エクササイズ実施時の主観的状态と生理的状态	25
3. 1 エクササイズ実施時の運動強度の設定	
3. 2 生理的反応と主観的反応との関連	
4. 本研究の目的	28
第 2 章 研究 1：エクササイズ実施時の主観的および生理的反応と エクササイズに対する再度遂行可能感との関連性	29
1. 目的	30
2. 方法	30

2.1	参加者	
2.2	エクササイズ再度遂行可能感 (Post-Exercise Self-Efficacy)	
2.3	主観的反応の記録	
2.4	実験手順	
2.5	生理的データの記録および分析	
2.6	統計解析	
3.	結果	3 6
3.1	参加者の特性およびエクササイズの設定	
3.2	エクササイズによる主観的および生理的反応	
3.3	エクササイズ再度遂行可能感に関連する要因の検討	
4.	考察	3 9
5.	まとめ	4 2

第3章 研究2：日常的な運動習慣の有無による主観的および生理的反応とエクササイズに対する再度遂行可能感との関連性

1.	目的	4 4
2.	方法	4 4
2.1	参加者	
2.2	実験手順	
2.3	運動負荷試験による運動強度の決定	
2.4	エクササイズ再度遂行可能感 (Post-Exercise Self-Efficacy)	
2.5	主観的反応の記録	
2.6	本実験のプロトコル	

2.7 生理的反応の記録および分析	
2.8 統計解析	
3. 結果	48
3.1 参加者の特性の比較	
3.2 主観的反応およびエクササイズ再度遂行可能感の比較	
3.3 生理的反応の比較	
3.4 エクササイズ群と対照群におけるエクササイズ再度遂行可能感と関連する要因	
3.5 エクササイズ群におけるエクササイズ再度遂行可能感と関連する要因	
3.6 対照群におけるエクササイズ再度遂行可能感と関連する要因	
4. 考察	55
4.1 運動習慣の有無による主観的および生理的反応	
4.2 エクササイズ再度遂行可能感と関連する要因	
5. まとめ	58
第4章 総括論議	59
1. 本研究のまとめ	60
2. 研究1と研究2の結果の相違点について	62
3. 本研究における限界と今後の課題	64
4. 本研究の意味するところ	65
参考文献	66
謝辞	74

略語表

SE	: Self-Efficacy	自己効力感
ESE	: Exercise Self-Efficacy	エクササイズに関わる自己効力感
RPE	: Ratings of Perceived Exertion	主観的運動強度
FS	: Feeling Scale	快感情尺度
HR	: Heart rate	心拍数
HRV	: Heart rate variability	心拍変動
LF	: Low-frequency	低周波成分
HF	: High-frequency	高周波成分
HRR	: Heart rate reserve	予備心拍数
PESE	: Post Exercise Self-Efficacy	エクササイズ再度遂行可能感

はじめに

様々な健康情報がテレビや新聞、インターネット等の各メディアを通じて発信され、「〇〇をすると脂肪燃焼できる」、「〇〇エクササイズは効果がある」など、話題になることもしばしばある。このような方法を用いて、「美しく健康的でありたい」、「生活習慣病予防のために肥満を解消しよう」という目的を達成するため、あるいは、ちょっとした興味本位から、一度は何かしらのエクササイズ^{注1}を実践したことがある人もいないだろうか。さらに、そのようなことをきっかけとしてエクササイズを始めた結果、天候や季節に関係なく、週に数回、定期的にエクササイズを実施できている人たちも存在する。

しかし、目的達成のために「エクササイズをやろう!」と決意を固めても、社会的・環境的な理由からエクササイズが継続できなくなることもある。この場合には、日常生活の中でエクササイズ以外の重要事項ができてしまったことにより、継続を断念せざるを得ないことがほとんどである(健康・体力づくり事業財団, 2009)。とはいえ、多くの場合は“頭ではわかっているのに実行に移せない、意志が弱い、面倒くさい”など、個人の問題によってエクササイズを続けることができない。健康・体力づくり事業財団の調査(2007)では、97.4%の人が「運動習慣の継続」が健康な生活のためには重要であると認知しているにもかかわらず、それを実践できている人は27.9%に留まっていることが報告されている。

このように、多くの人は、健康のためにはエクササイズの継続が重要だと認知しているが、それを実践することは難しく、運動習慣としてなかなか身に付かない。一方、少数ではあるが、前述のように日常生活の一部として定期的にエクササイズを実施できている人もいる。この両者の違いや、エクササイズを継続できるような要因を実験的に検証し、日常的なエクササイズの継続に関わる要因について検討することを目的として、本研究を遂行した。

本論の構成は以下のとおりである。

まず、第1章では、我が国における健康の維持・増進を目的とした施策とエクササイズ実施の現状、その問題点について記述し、次に、エクササイズの継続に関わる Self-Efficacy について考察した。さらに、エクササイズの強度の設定方法とその問題点、主観的および生理的反応との関連について記述した。第2章、第3章では、筆者らが行った2つの実験について、それぞれの意義と目的、手法、結果、解釈について述べる。それらの結果を踏まえた上で、第4章において総括的な論議を行うこととする。

注1 「運動」という言語は広義に解釈され、motion や movement など含まれる。そのため、本論では「運動」は使用せず、「身体を鍛え、健康を保つために身体を動かすこと」を示す言葉として“エクササイズ”を用いた。

第 1 章

序 論

第1章 序論

1. 身体活動とエクササイズ実施の重要性と現状について

1.1 身体活動とエクササイズによる効果

人が充実した生活を送る上で「健康」であることは、老若男女問わず全世界共通の望みである。そして、健康の維持・増進を図るための手段の1つとして、身体活動やエクササイズの実施は欠かすことができないものである。このような身体活動やエクササイズは、不定期に一過性のものとして実施するよりも、ある一定期間、継続して実施されることが望ましい。特に、日常生活における習慣として身体活動やエクササイズを実施することでもたらされる効果は、心血管疾患や高血圧、肥満の予防等の身体的効果のみならず、気分を向上させ、不安や抑うつ等の精神的な症状に対しても有益である（Garber et al., 2011, WHO, 2010）。このように、身体活動やエクササイズの実施が心身の健康に対して非常に重要であることは、多くの研究によって明らかにされており、一般にも広く認知されている。表 1-1 は、アメリカスポーツ医学会（American College of Sports Medicine : ACSM）が身体活動とエクササイズに関する多くの研究報告から、定期的な身体活動とエクササイズを実施した際の有益性についてまとめたものである。

1.2 健康づくりのための身体活動とエクササイズ

ACSM とアメリカ心臓協会（American Heart Association : AHA）では、前述した疾患の罹患率やそれらの罹患による死亡率を低下させ、身体不活動による死亡のリスクを減少させるために、より適切で効果的な身体活動やエクササイズの実施に関する勧告を出している（Garber et al., 2011; Haskell et al., 2007）。身体活動については、「身体活動と健康との量－反応関係から、自身の体力をさらに向上させ、慢性疾患と糖尿病に対するリスクを減少させ、あるいは不健康な体重増加を防ぎたいと希望する人は、勧告されている最低限の身体活動量を超えて実施すると良い」とされている。また、エクササイズについては、「18～65 歳の全ての健康な成人は、中等度強度の有酸素運動を 30 分以上、週 5 回、あるいは激しい活動を 20 分以上、週 3 回実施する必要がある。この勧告を満たすために中等度と激しい強度のエクササイズを組み合わせる実施してもよい。中等度強度の有酸素活動は 1 回 10 分以上で合計 30 分としてもよい。」というように具体的な目標値を示し、エクササイズを生活習慣の一部として捉え、定期的に行うことを推奨している。また、より長時間、より高い強度のエクササイズを規則的に行う人は、心身に対してより大きな利益が得られることを示している。このことから、健康な人の健康を今以上に推進していくためには、エクササイズの実施が非常に重要であることがわかる。

表 1-1. 定期的な身体活動とエクササイズの有益性
(ACSM, 2011 著者改変, 監訳 日本体力医学会体力科学編集委員会)

-
- **心血管系と呼吸器系機能の向上**
 - ・ 中枢性と末梢性両方の適応による最大酸素摂取量の増加
 - ・ 同一の最大下強度における分時間器量の減少
 - ・ 同一の最大下強度における心筋酸素消費の減少
 - ・ 同一の最大下強度における心拍数と血圧の減少
 - ・ 骨格筋における毛細血管密度の増加
 - ・ 血中乳酸蓄積の運動閾値増加
 - ・ 疾患の徴候と症状が起こる運動閾値の増大（例えば、狭心症、虚血性ST低下、跛行）

 - **冠動脈疾患リスク因子の減少**
 - ・ 安静時収縮期/拡張期血圧の低下
 - ・ 血清HDLコレステロールの増加と血清中性脂肪の減少
 - ・ 全身の体脂肪の減少、腹腔内脂肪の減少
 - ・ インスリン必要性の減少、耐糖能の向上
 - ・ 血小板の粘着性と凝集性の低下

 - **有病率や死亡率の減少**
 - ・ 一次予防（最初の発生を予防する介入）
 - ・ 活動性や体力レベルが高いと冠動脈疾患による死亡率が低い
 - ・ 活動性や体力レベルが高いと心血管疾患、冠動脈疾患、脳卒中、2型糖尿病、骨粗鬆症による骨折、大腸癌、乳癌および胆嚢疾患の組合わせの発生頻度が低い
 - ・ 二次予防（心イベント後に次の発生を予防する介入）
 - ・ メタアナリシス（研究横断的に集積されたデータ）によれば、心筋梗塞後の患者の心臓リハビリテーションの運動訓練に参加した患者において心血管死亡と総死亡は減少する
 - ・ 心筋梗塞後の患者の心臓リハビリテーションの運動訓練における無作為コントロール試験では非致死性の再梗塞率は減少しない

 - **その他の有益性**
 - ・ 不安や抑うつ減少
 - ・ 高齢者の身体機能と自立生活の向上
 - ・ 幸福感の増加
 - ・ 仕事、レクリエーション、スポーツ活動のパフォーマンス向上
 - ・ 高齢者の転倒のリスクと転倒による外傷の減少
 - ・ 高齢者における機能制限の予防あるいは緩和
 - ・ 高齢者における多くの慢性疾患に対する効果的治療
-

我が国においても、これまでに、国民の健康の増進を推進するための総合的な施策が講じられてきた。健康日本21（第1次）（厚生省, 2000）では、健康づくりの国民運動化など「一次予防」の観点を重視した情報提供等を行う取組を推進してきた。また、身体活動やエクササイズの普及と啓発に対しては、「健康づくりのための運動基準2006 ～身体活動・運動・体力～」および「健康づくりのための運動指針 2006 ～生活習慣病予防のために～＜エクササイズガイド 2006＞」、「健康づくりのための身体活動基準2013」および「健康づくりのための身体活動指針（アクティブガイド）」などが、厚生労働省（2001年（平成13年）1月5日以前は厚生省）が立ち上げた検討会を中心として策定された（厚生労働省, 2013）。特に「健康づくりのための運動指針 2006」からは、健康づくりのための運動所要量を見直し、身体活動量と運動（エクササイズ）量とに分け、より具体的な基準値が設定されている。

身体活動とエクササイズは同義語のように扱われがちであるが、次のように分類される。健康づくりのための運動指針 2006 によると、身体活動（physical activity）とは、安静にしている状態より多くのエネルギーを消費する全ての動きのことであり、エクササイズ（運動指針 2006 では、本論で「エクササイズ」と記述しているものを「運動」と表記している）とは、身体活動のうち体力の維持・向上を目的として計画的・意図的に実施するものと定義されている。さらに説明を加えると、身体活動は「エクササイズ（運動）」と日常生活における労働、家事、通勤・通学、趣味などの「生活活動」とを合わせたものであり、エクササイズについては、速歩やジョギング、ランニング、自転車乗り、水泳、テニス、バドミントン、サッカー等の強度が 3METs^{注2}以上のエクササイズのことを指し、ストレッチ等の低強度のエクササイズについては該当しない（健康づくりのための運動基準 2006）（図 1-1）。身体活動量の推奨値は、週に 23Ex（Ex=METs・時^{注3}）以上は活発な身体活動を行い、そのうち 4Ex 以上は活発なエクササイズを行うこととされている。表 1-2、表 1-3、表 1-4 および図 1-2、図 1-3 には、身体活動量の自己評価や目標値を満たすための参考として用いられている、様々な身体活動の 1Ex の値と身体活動（エクササイズと生活活動）の組み合わせの目安を示した。これらは、身体活動とエクササイズに関連する多くの文献から、生活習慣病予防のために必要な身体活動とエクササイズの量を設定したものである。

このように、健康づくりのための運動基準 2006・運動指針 2006 では、日常生活における身体活動量やエクササイズ量の具体的な目標値を設定し、継続してエクササイズを実施することと、継続するためにはまず、無理せず日常生活の中での活動量の増加から開始することの重要性を示している。さらに、健康づくりのための身体活動基準 2013・身体活動指針（アクティブガイド）では、身体活動の具体的な目標値である 23Ex（うち活発なエク

注2 身体活動の強さを、安静時の何倍に相当するかで表す単位のことであり、座って安静にしている状態が 1 METs（メッツ）、普通歩行が 3METs に相当する。

注3 身体活動の量を表す単位のことであり、身体活動の強度（METs）に身体活動の実施時間（時）を掛けたもの（METs・時）。より強い身体活動ほど短い時間で 1Ex となる。例）3METs×1 時間=3Ex（METs・時）

ササイズを 4Ex 以上) は健康づくりのための運動基準 2006・運動指針 2006 から変更されていないが、日常生活における歩数の増加(現状よりも 1,200~1,500 歩の増加)や運動習慣者の割合の増加(約 10%増加)等の目標項目が設定された。生活習慣病等に対する予防効果をより高めるためには、身体活動量を増やすだけでなく、適切な運動習慣を確立させ、健康の維持・増進にかかわる体力を向上させるような取り組みが必要であることが示されている(健康づくりのための身体活動基準 2013)。

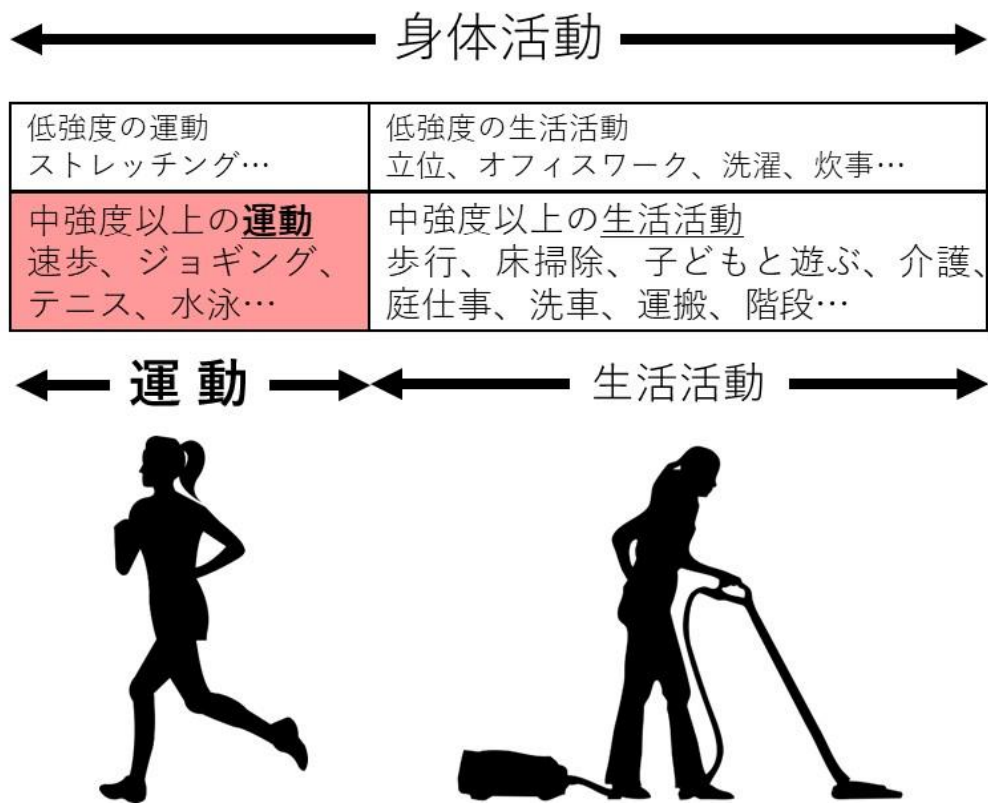


図 1-1. 身体活動、運動、生活活動の区別
(健康づくりのための運動指針 2006 著者改変)

表 1-2. 3METs 以上のエクササイズ(身体活動量の目標の計算に含むもの)

(健康づくりのための運動指針 2006 著者改変)

METs	活動内容	1 Exに相当する時間
3.0	自転車エルゴメーター：50ワット、とても軽い活動、ウェイトトレーニング（軽・中等度）、ボーリング、フリスビー、バレーボール	20分
3.5	体操（家で。軽・中等度）、ゴルフ（カートを使って。待ち時間を除く。注 2 参照）	18分
3.8	やや速歩（平地、やや速めに = 94m/分）	16分
4.0	速歩（平地、95～100m/分程度）、水中運動、水中で柔軟体操、卓球、太極拳、アクアビクス、水中体操	15分
4.5	バドミントン、ゴルフ（クラブを自分で運ぶ。待ち時間を除く。）	13分
4.8	バレエ、モダン、ツイスト、ジャズ、タップ	13分
5.0	ソフトボールまたは野球、子どもの遊び（石蹴り、ドッジボール、遊戯具、ビー玉遊びなど）、かなり速歩（平地、速く=107m/分）	12分
5.5	自転車エルゴメーター：100ワット、軽い活動	11分
6.0	ウェイトトレーニング（高強度、パワーリフティング、ボディビル）、美容体操、ジャズダンス、ジョギングと歩行の組み合わせ（ジョギングは10分以下）、バスケットボール、スイミング：ゆっくりしたストローク	10分
6.5	エアロビクス	9分
7.0	ジョギング、サッカー、テニス、水泳：背泳、スケート、スキー	9分
7.5	山を登る：約1～2kgの荷物を背負って	8分
8.0	サイクリング（約20km/時）、ランニング：134m/分、水泳：クロール、ゆっくり（約45m/分）、軽度～中強度	8分
10.0	ランニング：161m/分、柔道、柔術、空手、キックボクシング、テコンドー、ラグビー、水泳：平泳ぎ	6分
11.0	水泳：バタフライ、水泳：クロール、速い（約70m/分）、活発な活動	5分
15.0	ランニング：階段を上がる	4分

注1：同一活動に複数の値が存在する場合は、競技ではなく余暇活動時の値とする等、頻度が多いと考えられる値を掲載してある。

注2：それぞれの値は、当該活動中の値であり、休憩中などは含まない。例えば、カートを使ったゴルフの場合、4時間のうち2時間が待ち時間とすると、3.5 メッツ×2時間＝7メッツ・時となる。

表 1-3. 3METs 以上の生活活動(身体活動量の目標の計算に含むもの)

(健康づくりのための運動指針 2006 著者改変)

METs	活動内容	1 Exに相当する時間
3.0	普通歩行（平地、67m/分、幼い子ども・犬を連れて、買い物など） 釣り（2.5（船で座って）～6.0（渓流フィッシング））、屋内の掃除、家財道具の片付け、大工仕事、梱包、ギター：ロック（立位）、車の荷物の積み下ろし、階段を下りる、子どもの世話（立位）	20分
3.3	歩行（平地、81m/分、通勤時など）、カーペット掃き、フロア掃き	18分
3.5	モップ、掃除機、箱詰め作業、軽い荷物運び 電気関係の仕事：配管工事	17分
3.8	やや速歩（平地、やや速めに＝94m/分）、床磨き、風呂掃除	16分
4.0	速歩（平地、95～100m/分程度）、自転車に乗る：16km/時未満、レジャー、通勤、娯楽、子どもと遊ぶ・動物の世話（徒歩/走る、中強度）、高齢者や障害者の介護、屋根の雪下ろし、ドラム、車椅子を押す、子どもと遊ぶ（歩く/走る、中強度）	15分
4.5	苗木の植栽、庭の草むしり、耕作、農作業：家畜に餌を与える	13分
5.0	子どもと遊ぶ・動物の世話（歩く/走る、活発に）、かなり速歩（平地、速く＝107m/分）	12分
5.5	芝刈り（電動芝刈り機を使って、歩きながら）	11分
6.0	家具、家財道具の移動・運搬、スコップで雪かきをする	10分
8.0	運搬（重い負荷）、農作業：干し草をまとめる、納屋の掃除、鶏の世話、活発な活動、階段を上がる	8分
9.0	荷物を運ぶ：上の階へ運ぶ	7分

注1：同一活動に複数の値が存在する場合は、競技より余暇活動時の値とするなど、頻度の多いと考えられる値を掲載してある。

注2：それぞれの値は、当該活動中の値であり、休憩中などは含まない。

表 1-4. 3METs 未満の身体活動(身体活動量の目標の計算に含めないもの)

(健康づくりのための運動指針 2006 著者改変)

METs	活動内容
1.0	静かに座って（あるいは寝転がって）テレビ・音楽鑑賞、リクライニング、車に乗る
1.2	静かに立つ
1.3	本や新聞等を読む（座位）
1.5	座位での会話、電話、読書、食事、運転、軽いオフィスワーク、編み物・手芸、タイプ、動物の世話（座位、軽度）、入浴（座位）
1.8	立位での会話、電話、読書、手芸
2.0	料理や食材の準備（立位、座位）、洗濯物を洗う、しまう、荷作り（立位）、ギター：クラシックやフォーク（座位）、着替え、会話をしながら食事をする、または食事のみ（立位）、身の回り（歯磨き、手洗い、髭剃りなど）、シャワーを浴びる、タオルで拭く（立位）、ゆっくりした歩行（平地、散歩または家中、非常に遅い＝54m/分未満）
2.3	皿洗い（立位）、アイロンがけ、服・洗濯物の片付け、カジノ、ギャンブル、コピー（立位）、立ち仕事（店員、工場など）
2.5	ストレッチング*、ヨガ*、掃除：軽い（ごみ掃除、整頓、リネンの交換、ごみ捨て）、盛り付け、テーブルセッティング、料理や食材の準備・片付け（歩行）、植物への水やり、子どもと遊ぶ（座位、軽い）、子ども・動物の世話、ピアノ、オルガン、農作業：収穫機の運転、干し草の刈り取り、灌漑の仕事、軽い活動、キャッチボール*（フットボール、野球）、スクーター、オートバイ、子どもを乗せたベビーカーを押すまたは子どもと歩く、ゆっくりした歩行（平地、遅い＝54m/分）
2.8	子どもと遊ぶ（立位、軽度）、動物の世話（軽度）

* 印はエクササイズに、その他の活動は身体活動に該当する。

注1：同一活動に複数の値が存在する場合は、競技より余暇活動時の値とするなど、頻度の多いと考えられる値を掲載してある。

注2：それぞれの値は、当該活動中の値であり、休憩中などは含まない。

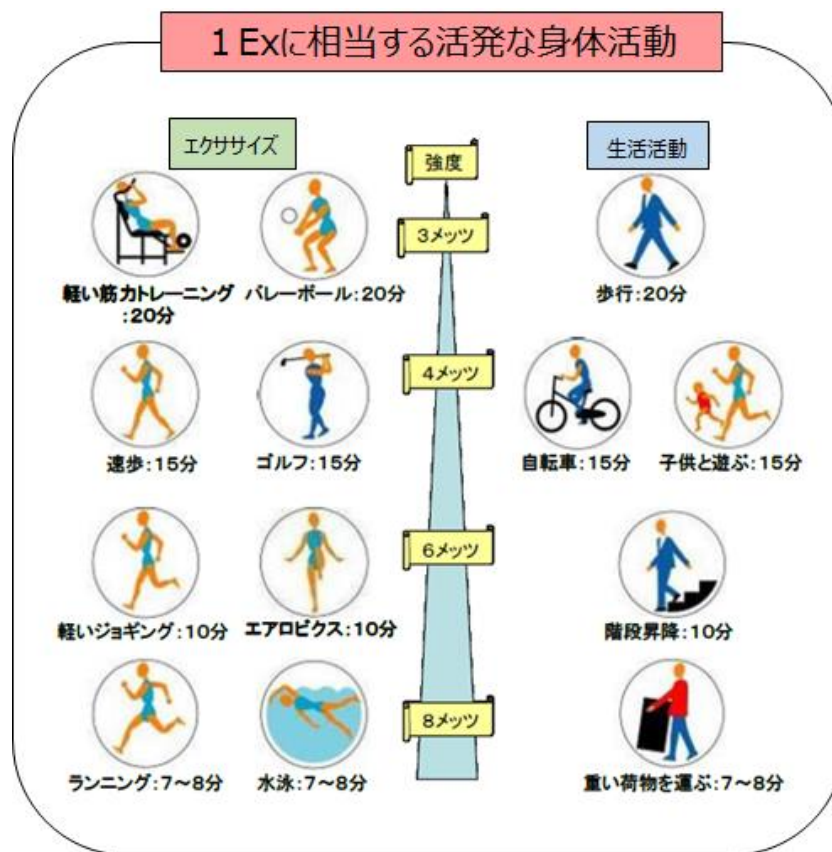


図 1-2. 1Ex に相当する活発な身体活動
(健康づくりのための運動指針 2006 著者改変)

身体活動量評価のためのチェックシート

	活動内容					運動	生活活動	合計
月						Ex	Ex	Ex
火						Ex	Ex	Ex
水						Ex	Ex	Ex
木						Ex	Ex	Ex
金						Ex	Ex	Ex
土						Ex	Ex	Ex
日						Ex	Ex	Ex
合計						Ex	Ex	Ex

図 1-3. 身体活動量評価のためのチェックシート
(健康づくりのための運動指針 2006 著者改変)

このように、過去に行われてきた身体活動やエクササイズの効果に関する多くの研究による明確な成果に基づき、身体活動の増加や運動習慣の定着を目指した具体的な対策がとられてきた。その中では、身体活動に含まれるエクササイズを継続して実施することが、人々の健康に対してより有益であり、重要であることが示されている。しかし、そのような研究成果や健康づくりのための施策が実際の人々の健康に著しい効果をもたらしているかというと、それはまた別の問題であるのかもしれない。

1.3 エクササイズ実施（運動習慣）の現状

国民の身体の状態、栄養素等摂取量及び生活習慣の状態を明らかにし、また、国民の健康増進の総合的な推進を図るための基礎資料を得ることを目的として毎年実施されている国民健康・栄養調査によると、肥満者（BMI \geq 25 kg/m²）およびやせの者の（BMI $<$ 18.5 kg/m²）割合はこの10年間、男女ともに顕著な変化はないことが示されている。さらに、前節で示した我が国における様々な取り組みが策定されているにも関わらず、運動習慣のある者（1回30分以上の運動を週2回以上実施し、1年以上継続している者）の割合も、この10年間では男女ともに著しい変化はなく、調査対象者全体の3割程度に留まっている（平成27年国民健康・栄養調査結果の概要）（図1-4、図1-5）。言い換えると、約7割の人が運動習慣を有していないことになる。この結果から、心身の健康の維持・増進に対して重要だと広く認知されているエクササイズの実施（健康・体力づくり事業財団, 2007）が日常生活の習慣として根付いておらず、さらに、対応するかのように肥満者およびやせの者についても過去10年間で顕著な減少傾向を示していない。このことは、健康づくりのための総合的な施策を推進する我が国において、重大な問題である。また、このような傾向は我が国だけではなく、多くの先進国においても公衆衛生上の重要な問題となっている（Kohl et al., 2012; WHO, 2010）。

エクササイズに関する意志決定のバランスを調査した先行研究では、エクササイズをしていない人では、定期的にエクササイズをしている人よりも、エクササイズを実行することで感じる恩恵とほぼ同じくらい負担を感じていたことが報告されている（岡ら, 2003）。つまり、運動習慣のない人はエクササイズによって得られる効果を理解してはいるが、それと同等にエクササイズを実行に移すことについては気が重いと感じている。また、このような傾向は、我が国のみならず、欧米諸国でも確認されている（Marcus & Owen, 1992）。すなわち、エクササイズを継続して実施することの有効性を理解していても、人が実際にエクササイズを一定の期間継続し、さらにそれを生活習慣として定着させることは困難であることが考えられる。このことから、エクササイズ実施の継続に際しては、何らかの阻害要因があることが推察される。その一方で、少数とはいえ、どんな状況であってもエクササイズを継続できている人（週に2回以上30分間のエクササイズを1年以上など）が存在することも事実であり、このような人にも、エクササイズの継続を可能とする要因があるのかもしれない。

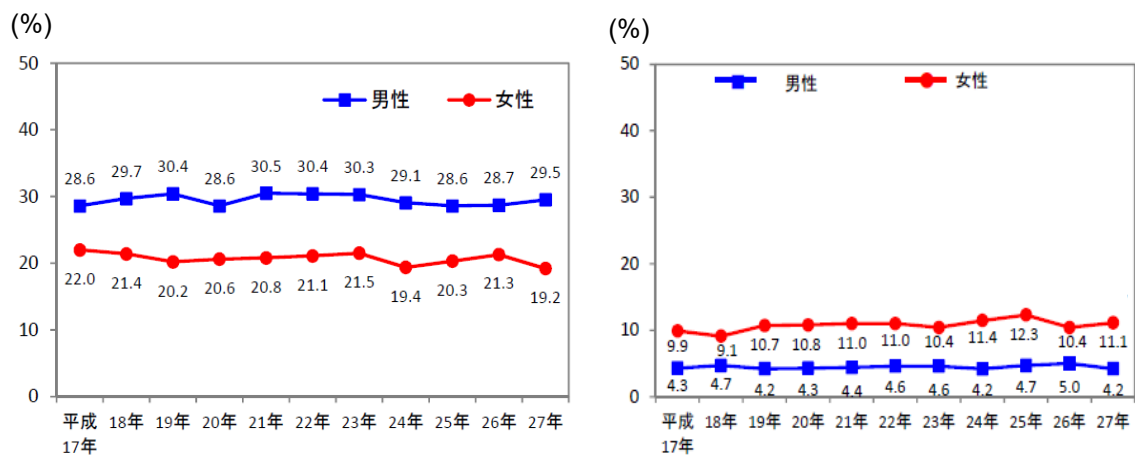


図 1-4. 左:肥満者(BMI ≥ 25 kg/m²)の割合の年次推移
 右:やせの者(BMI<18.5 kg/m²)の割合の年次推移
 (いずれも20歳以上、平成17年～27年)
 (平成27年国民健康・栄養調査結果の概要 著者改編)

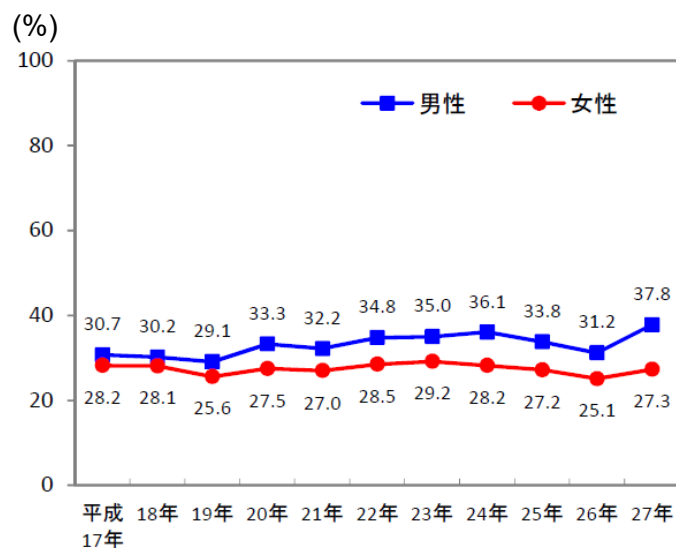


図 1-5. 運動習慣のある者の割合の年次推移(20歳以上)(平成17年～27年)
 (平成27年国民健康・栄養調査結果の概要)

1.4 エクササイズの実施および継続に関わる要因

エクササイズの実施には、様々な要因が障壁となっていることが報告されている。

健康・体力づくり事業財団（2009）による調査では、現在実施しているエクササイズやスポーツ種目を今後も継続する「継続希望率」について、エクササイズの参加継続を希望する回答が多く種目で示された。さらに、現在は実施していないが今後の参加意欲を示す「開始希望率」についても、これから新しく始めてみたいとする開始意欲の回答が多く示された（図 1-6）。しかし、“自身の最も行ってみたいエクササイズやスポーツ種目に参加できない阻害要因とは何か”という質問に対しては、全体では「仕事」、「疾病」、「介護」、「家事」が上位を占め、特に「仕事」は全体の約 30%の出現率であった。男性では「疾病」、「介護・世話」、「消極性」という回答が最も多く、女性では「家事」、「出費」などが示された（図 1-7）（健康・体力づくり事業財団, 2009）。さらに、保健指導参加者の中止要因の類型調査では、“参加者本人の怪我”がネガティブな中止要因として挙げられているだけでなく、“症状が改善したため”というポジティブな中止要因も挙げられている（図 1-8A）。その他、エクササイズプログラムの内容、価格、記録、仲間など、実際のプログラムに関連する要因（図 1-8B）や、参加者の配偶者や家族などの家庭環境要因がプログラム中止に大きな影響を及ぼすことが報告されている（図 1-8C）。加えて、地方都市における地域環境や、生活環境の変化、自然環境が中止要因として存在することも明らかにされている（健康・体力づくり事業財団, 2008）。これらのことから、このままエクササイズを継続したい、あるいはこれからエクササイズを開始したいという希望があるにもかかわらず、実際には社会的・環境的・個人的な要因がエクササイズの実施や継続の障壁となっていることが示された。

一方、エクササイズの阻害要因だけではなく、エクササイズの実施を促進する要因についての調査では、男女ともに時間やお金、体力（があればエクササイズを実施することができる）が大きな理由となっていることが報告されている（図 1-9）（健康・体力づくり事業財団, 2009）。また、民間のフィットネスクラブ会員を対象とした運動習慣の継続に関する意識調査では、エクササイズを実施する目的が明確であること、すなわち目的要因が最も重視されていた。男性では運動プログラムの充実などの環境的な要因を、女性では仲間との交流などの人的要因を重視していたことが示された。さらに、エクササイズによる身体的な効果や気分への改善効果を実感することが、エクササイズの継続につながっている可能性も示唆された（向井・中村, 2012）。このように、エクササイズの実施や継続を促進する要因も存在することが示された。

以上のように、身体活動やエクササイズに対する決定要因（岡ら, 2011; 常行ら, 2011）には、Self-Efficacy（自己効力感, 後述）が関連することが報告されている。また、これは、エクササイズに対する意識や実行の程度などを段階別に示した、行動変容のステージ（無関心期、関心期、準備期、実行期、維持期）とも関連する（岡, 2003; 青木, 2005）。

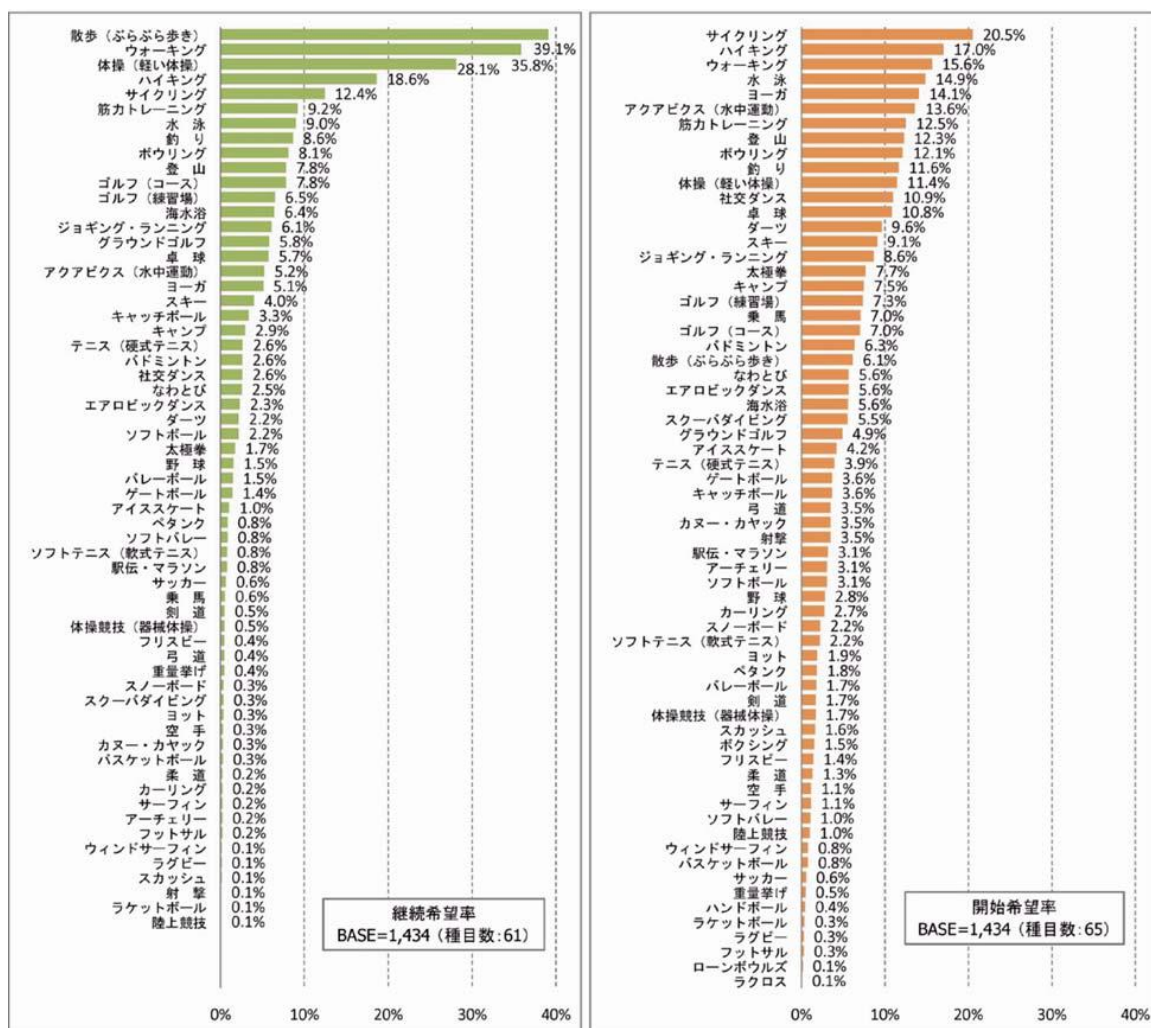


図 1-6. 種目別の実施希望率(継続希望率および開始希望率)
(財団法人健康・体力づくり事業財団, 2009)

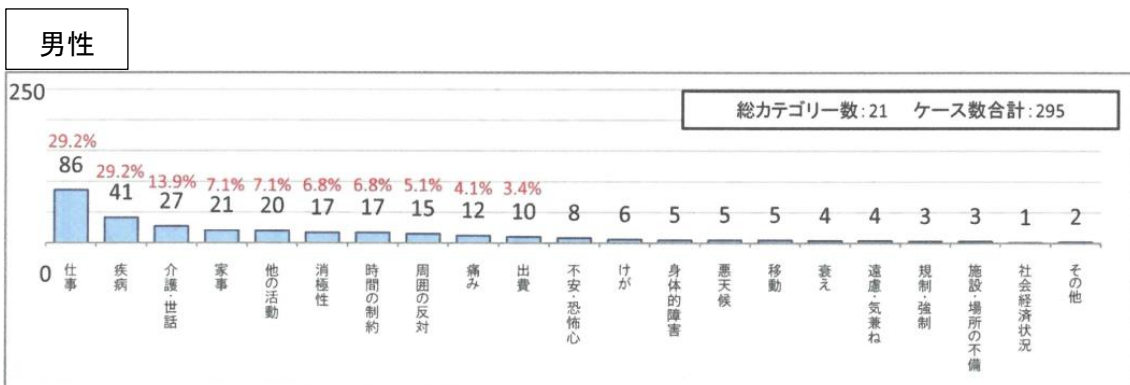
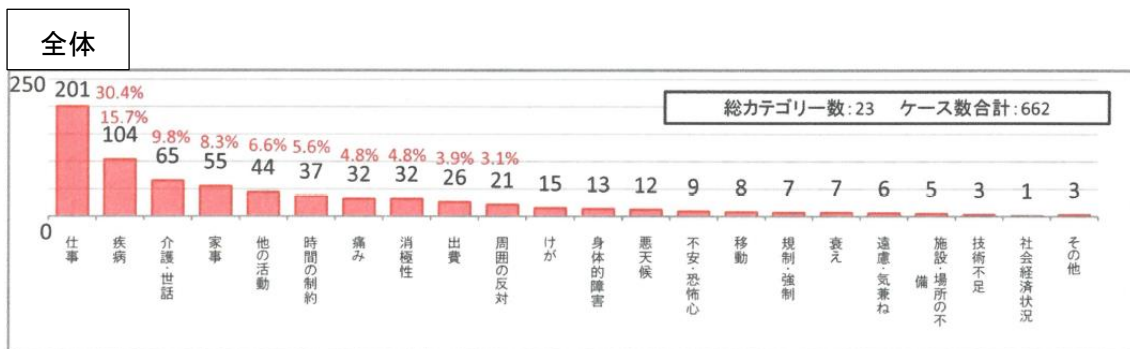
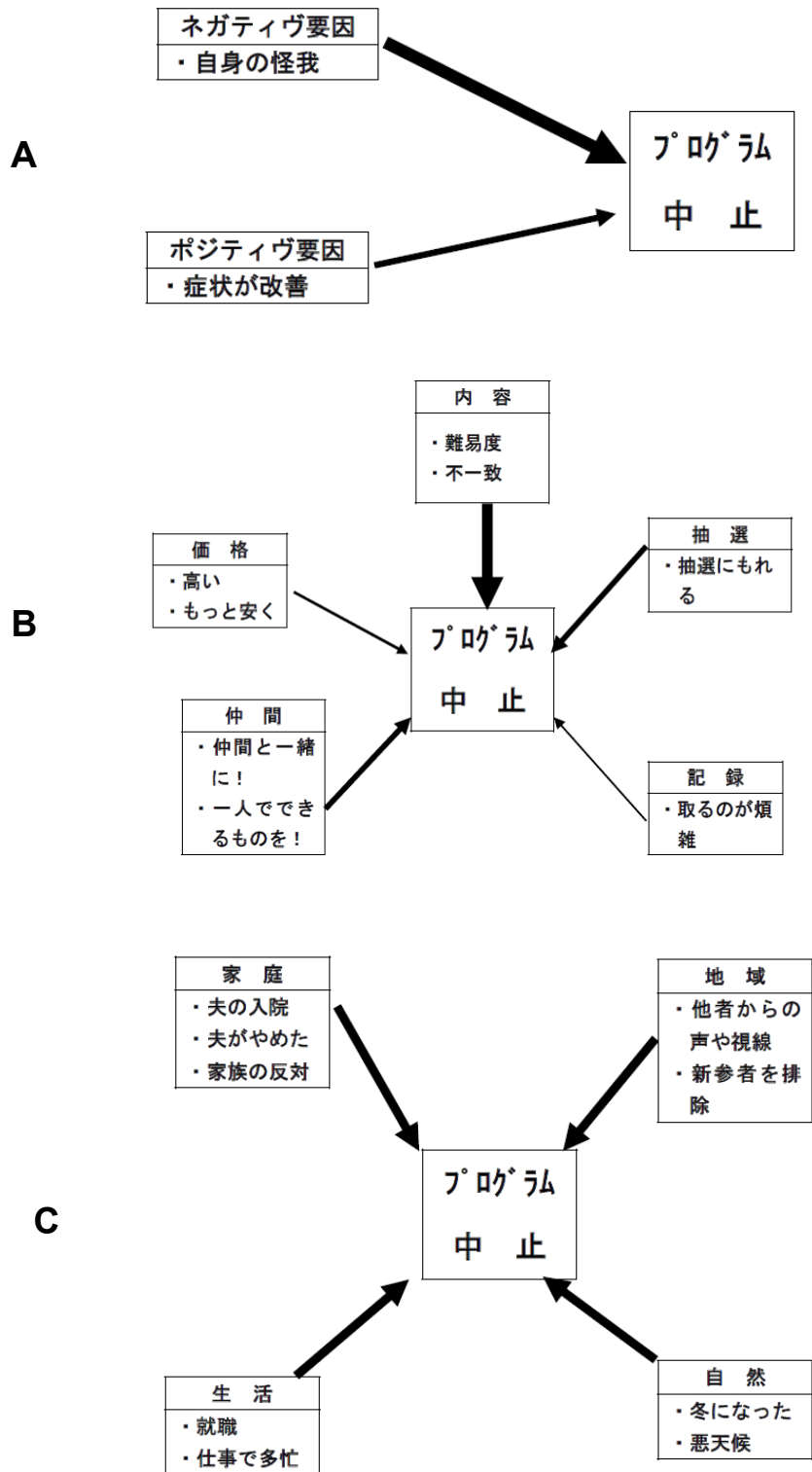


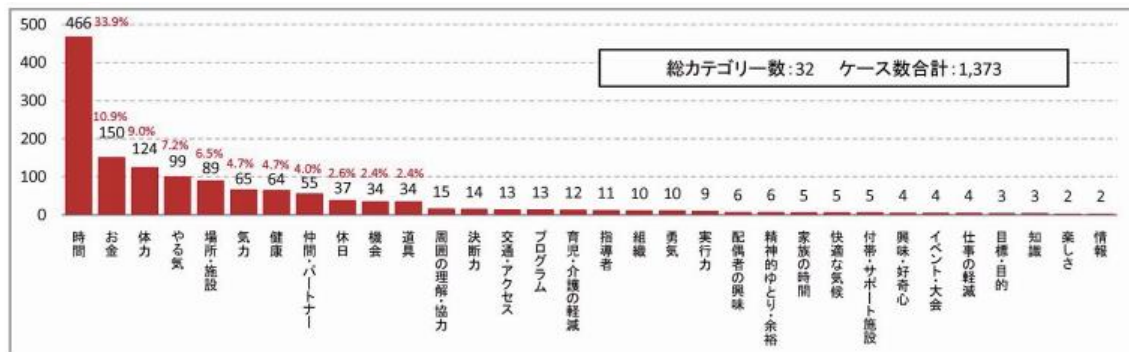
図 1-7. 実施を希望する種目に対する阻害要因カテゴリの出現頻度
(財団法人健康・体力づくり事業財団, 2009 著者改変)



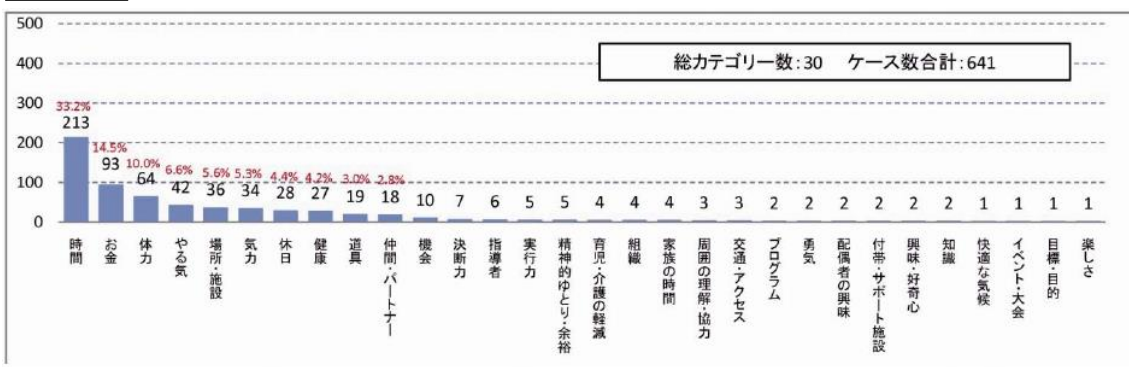
※矢印の線の太さは、因果関係の強弱を示す。

図 1-8. エクササイズプログラム参加者のプログラム中止に影響を及ぼす要因
 A. 参加者個人の要因、B. プログラムの要因、C. 参加者の環境要因
 (財団法人健康・体力づくり事業財団, 2008 著者改変)

全体



男性



女性

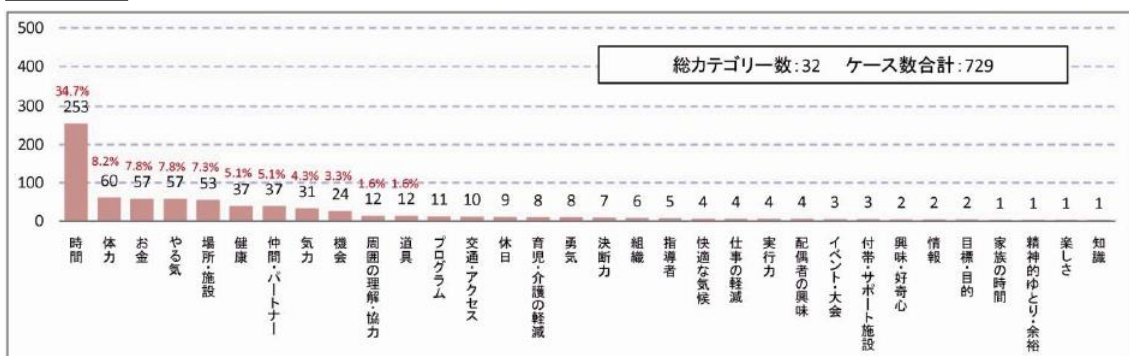


図 1-9. 実施を希望する種目の促進要因の抽出と出現頻度
(財団法人健康・体力づくり事業財団, 2009 著者改変)

2. Self-Efficacy について

2.1 Self-Efficacy とは

Self-Efficacy (SE : 自己効力感) は、1977 年に Albert Bandura が社会的認知理論の中で提唱した概念のことである。社会的認知理論では人の行動を決定する要因について述べられており、その要因の 1 つである予期機能には、結果予期 (outcome expectancy) と効力予期 (efficacy expectancy) があるとしている。結果予期とは、「ある行動がどのような結果を生み出すか」という予期のことであり、効力予期とは、「ある結果を生み出すために必要な行動をどの程度うまく行うことができるか」という予期のことである。Bandura (1977) は特に効力予期を重視し、人がある行動を起こす前にその個人が感じる「遂行可能感」、すなわち、自分自身がやりたいと思っていることに対する実現可能性に関する知識や、自分にはこのようなことがここまでできるのだという考えのことを、SE と定めた (図 1-10)。具体的には、「〇〇するために “××することができる”」ということであり、例えば、「健康の維持・増進のために、“エクササイズをすることができる”」という遂行可能感が SE である。

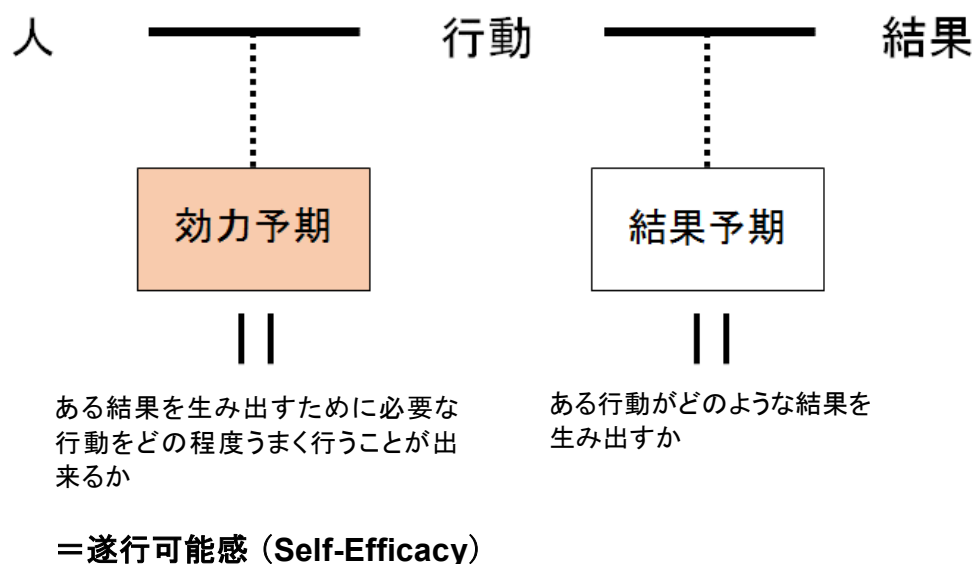


図 1-10. 結果予期と効力予期の関係 (Bandura, 1977 著者改変)

また、Bandura (1997) によると、SE は「遂行行動の達成」、「代理的経験」、「言語的説得」、「生理的・情動的状態」という 4 つの情報源を通じて、個人が自ら高めていくものと考えられている。これら 4 つの情報源は個々に経験するよりも、相互に組み合わせあって経験することが多いため、Bandura は 4 つの情報を統合することの重要性を強調している。

これら 4 つの情報源が身体活動やエクササイズに対する SE に影響を及ぼす際には、次のようなことを意味する。まず、「遂行行動の達成」は、ある課題や行動を実際に行った結果としての成功体験のことを指す。エクササイズの実施者が「これならできる」というような目標設定の方法を教え、それを蓄積していくことが SE に最も大きな影響を及ぼす情報源である。次に、「代理的経験」は、実施者が実際に行動するのではなく、自身が行おうとしている行動を他者がうまく行っている場面を見たり、聞いたりすることによって SE が高まるということである。自身とかけ離れている人ではなく、似たような状況にいる人や同じ目標を持っている人の成功している姿を見たり聞いたりすることでその効果は顕著にみられ、「あの人にできるなら、私にもできるのでは」と感じるという。3 つ目の「言語的説得」は、自身が遂行する課題に対する努力や結果が、専門性に優れ、信頼できる他者によって評価されることである。どんな些細な事でもできたことに対して褒めたり、激励したりすることが重要であり、エクササイズの楽しさを感じることにつながる。

しかし、できなかったことに対して一方的に責めたり、非難したりすることは実施者の SE を下げてしまうことになる。4 つ目の「生理的・情動的状態」は、エクササイズの実施者が自身の設定した目標が達成できなかったために、「やはり自分にはできない」と精神的に落ち込んでしまうことや、エクササイズによって大幅に増加する心拍数や呼吸数、筋肉痛と疲労の発生といった生理的な状態の経験のことである。自分ができないからこのような状態になっているのだという思い込みが SE を低下させることもあるため、その思い込みを和らげることが必要である。また、実際に適度なエクササイズを経験することによって気分が良くなり、楽しさを感じることはそのエクササイズの継続に対する SE を向上させることにもつながる (Bandura, 1997; 坂野・前野, 2002)。このように、身体活動やエクササイズに対する SE に影響を与える 4 つの情報源、すなわち、この 4 つの要因によって SE は何らかの影響を受ける可能性がある。

表 1-5. 身体活動とエクササイズを増進にかかわる SE を高めるための情報と方略

(坂野・前野編著, 2002 著者改変)

SEの4つの情報源	SEを高める情報	SEを下げる情報	SEを強化するための方略
遂行行動の達成	<ul style="list-style-type: none"> ・自分で行動し、達成できたという成功体験の蓄積 「これならできる」 	<ul style="list-style-type: none"> ・失敗体験の蓄積・学習性無力感 「やはり自分にはできない」 	<ul style="list-style-type: none"> ・目標設定 無理のない目標を設定する
代理的経験	<ul style="list-style-type: none"> ・自分と似た状況、同じ目標を持っている人の成功体験、問題解決法の学習 「あの人にできるなら私にもできるかもしれない」 	<ul style="list-style-type: none"> ・条件が整っている人が運動しているのを見たり、聞いたりすること 「あの人にはできるが、私には条件が整っていないからできない」 	<ul style="list-style-type: none"> ・モデリング VTRなどのメディアを通して、同じような境遇の人が楽しそうに運動をしている姿を見せる
言語的説得	<ul style="list-style-type: none"> ・指導者、自分と同じような属性を持っている人による正確な評価、激励、賞賛 ・自己評価 「こんなこともできた」 	<ul style="list-style-type: none"> ・一方的叱責 ・無視・無関心 	<ul style="list-style-type: none"> ・グループ学習 ・自己強化
生理的・情動的状態	<ul style="list-style-type: none"> ・できないという精神的な思い込みからの解放 「私が悪いのではなく、私が立てた目標が悪かった」 	<ul style="list-style-type: none"> ・課題遂行時の生理的な反応の自覚(疲労、不安、痛み) 	<ul style="list-style-type: none"> ・セルフモニタリング ・認知再体制化 「視点(思い込み)を変えさせる」

2.2 エクササイズの継続に関わる Self-Efficacy (Exercise Self-Efficacy)

このような SE の概念を利用し、SE を身体活動やエクササイズの遂行および継続に関わる一つの指標とした考え方が「Exercise Self-Efficacy (ESE)」である。ESE は、エクササイズをしようと意図し、それを長期間続けるようになるために大きな影響力を持つ (McAuley & Blissmer, 2000)。そのため、近年、多くの先進国において深刻化し、公衆衛生上の重大な問題となっている身体活動の低下 (身体不活動) (Kohl et al., 2012) を食い止めるための重要な指標となることが考えられる。

6 ヶ月間のエクササイズプログラムを実施した対象者を追跡調査した研究では、プログラム終了後に ESE が高値であった人は、その後、6 ヶ月、18 ヶ月と長期間経過した後もエクササイズの実施を維持し、身体活動レベルも高かったことが報告されている (McAuley et al., 2003)。図 1-11 には、McAuley et al. (2003) の研究による ESE と情動、エクササイズの頻度などの変数および、ESE と 6 ヶ月、18 ヶ月経過後の身体活動との関係を表したパス図を示した。さらに McAuley et al. (2007) は、2 年間の追跡調査で ESE が高く、身体活動の高い人のほとんどは、5 年後に追跡調査を行っても活動的であることを報告した。このように、ESE の高さは長期間経過してもなお、エクササイズの継続や身体活動レベルの高さと関連することが示されている (前場・竹中, 2012)。それゆえ、規定されたエクササイズプログラムの実施や、エクササイズの実施と継続そのものを促進するために、ESE と関連する要因を明らかにする必要があるだろう。

前述のように Bandura (1997) は、ESE に影響を与える 4 つの要因を特定した。これに関する先行研究では、ESE は現在の運動行動や身体活動レベル (McAuley et al., 2003; Magnan et al., 2013)、環境的なサポート (McAuley et al., 2000, 2003)、言語による称賛 (Jerome et al., 2002)、あるいはエクササイズ前の ESE (Pender et al., 2002) など、経験や社会的要因に応じて変化することが示唆されている。これらの結果は、成功体験をし、エクササイズプログラムを実施するためのより良い環境下にいた人は、エクササイズプログラムの遵守が促進されやすく、そのエクササイズに対する ESE が強化されたことを示唆している。これらのことから、ESE は 4 つの要因によって影響され、強化することが可能であることが証明され、ESE はエクササイズの継続に重要な因子であることが示された。

また、ESE は、ある特定の場面で遂行される特定の行動に影響を及ぼすため、様々な行動に対して特異的である (Bandura, 1977)。そのため、このような ESE を用いた研究を行う際には、ESE を用いて何を明らかにしたいのかということが重要であり、ESE の尺度もその研究の目的に合わせて、特異的でなければならない。図 1-12 は荒井と竹中 (2010) の研究で用いられた ESE 尺度を示し、図 1-13 には McAuley (1993) の研究で用いられた ESE 尺度を示した。本論の第 2 章において用いた ESE の尺度もこれらを参考にしつつ、研究の目的に合わせて作成したものである。

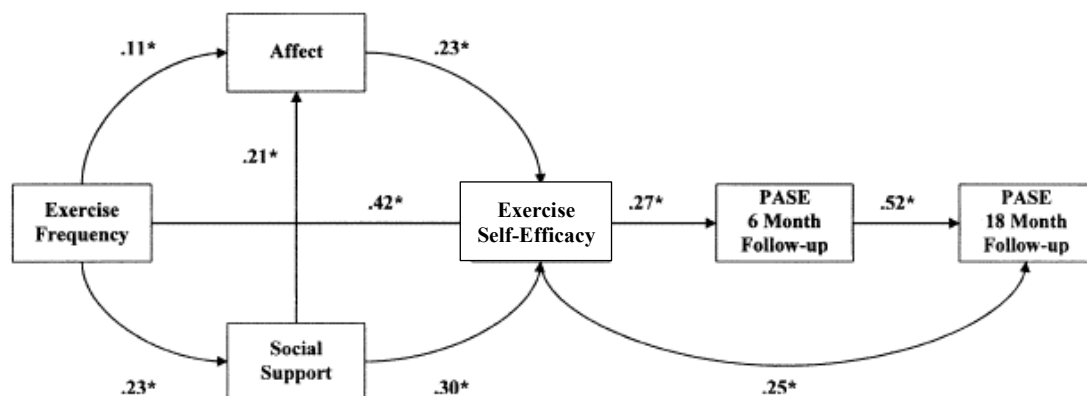


図 1-11. 18 ヶ月追跡時の身体活動を予測する最適なモデル

*有意に標準化されたパス係数 ($P < 0.05$) (McAuley et al., 2003)

あなたは「ややきつい」運動を
うまく継続して行える自信がどれくらいありますか？
0%から100%の範囲で教えてください。

10分間 _____ %

20分間 _____ %

30分間 _____ %

40分間 _____ %

50分間 _____ %

60分間 _____ %

図 1-12. 荒井と竹中(2010)による Self-Efficacy 尺度

	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
NOT AT ALL CONFIDENT											
MODERATELY CONFIDENT											
HIGHLY CONFIDENT											

1. I am able to continue to exercise three times per week at moderate intensity, for 40+ minutes without quitting for the NEXT WEEK

	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
NOT AT ALL CONFIDENT											
MODERATELY CONFIDENT											
HIGHLY CONFIDENT											

2. I am able to continue to exercise three times per week at moderate intensity, for 40+ minutes without quitting for the NEXT TWO WEEKS

	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
NOT AT ALL CONFIDENT											
MODERATELY CONFIDENT											
HIGHLY CONFIDENT											

3. I am able to continue to exercise three times per week at moderate intensity, for 40+ minutes without quitting for the NEXT THREE WEEKS

	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
NOT AT ALL CONFIDENT											
MODERATELY CONFIDENT											
HIGHLY CONFIDENT											

4. I am able to continue to exercise three times per week at moderate intensity, for 40+ minutes without quitting for the NEXT FOUR WEEKS

	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
NOT AT ALL CONFIDENT											
MODERATELY CONFIDENT											
HIGHLY CONFIDENT											

5. I am able to continue to exercise three times per week at moderate intensity, for 40+ minutes without quitting for the NEXT FIVE WEEKS

	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
NOT AT ALL CONFIDENT											
MODERATELY CONFIDENT											
HIGHLY CONFIDENT											

6. I am able to continue to exercise three times per week at moderate intensity, for 40+ minutes without quitting for the NEXT SIX WEEKS

	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
NOT AT ALL CONFIDENT											
MODERATELY CONFIDENT											
HIGHLY CONFIDENT											

Mark your answer by circling a %:

7. I am able to continue to exercise three times per week at moderate intensity, for 40+ minutes without quitting for the NEXT SEVEN WEEKS

	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
NOT AT ALL CONFIDENT											
MODERATELY CONFIDENT											
HIGHLY CONFIDENT											

8. I am able to continue to exercise three times per week at moderate intensity, for 40+ minutes without quitting for the NEXT EIGHT WEEKS

	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
NOT AT ALL CONFIDENT											
MODERATELY CONFIDENT											
HIGHLY CONFIDENT											

図 1-13. McAuley(1993)による Exercise Self-Efficacy 尺度

2. 3 Exercise Self-Efficacy と主観的反応

ESE に影響を与える要因の 1 つである「生理的・情動的状態」の解釈を反映する、エクササイズに対する情動反応が先行研究から明らかになっている (Focht et al., 2007; Kwan & Bryan, 2010; Magnan et al., 2013; McAuley et al., 2003; Pender et al., 2002)。例えば、エクササイズ後の ESE のレベルがエクササイズ前と比較して増加 (Katula et al., 1999; Pender et al., 2002) または減少 (Focht et al., 2007; Katula et al., 1999; Welch et al., 2010) したことが示されており、この ESE の増減の違いは、エクササイズ実施時に設定した運動強度が一因であったことが報告されている (Katula et al., 1999; Welch et al., 2010)。これらの結果は、ESE が主観的運動強度 (Ratings of Perceived Exertion (RPE) ; Borg, 1982) や快感情尺度 (Feeling Scale (FS) ; Hardy & Rejeski, 1989) など、エクササイズ実施時の個々の主観的な状態に応じて変動することや、エクササイズ実施の経験を高い ESE の時に成功したのか、それとも低い ESE の時に失敗したのかという経験に影響される。それは、エクササイズとその背景にある生理的反応に対する情動反応が個人の ESE を変化させる際の重要な要因の一つであるのかもしれない。

エクササイズの遂行に伴う ESE は一般に、自分自身がエクササイズをする中で感じる身体的なきつさ、つまりエクササイズ中の身体的な疲労感を評価する RPE (Borg, 1982) と高い関連性があることがわかっている (Ekkekakis & Petruzzello, 1999; Pender et al., 2002; Ekkekakis et al., 2009)。さらに ESE は、気分・感情・情動などの要因と関連し、ESE は、ネガティブな感情や精神的な疲労感がエクササイズ実施後に改善されたことによってより高くなる (Kwan & Bryan 2010)。そして、エクササイズに対する肯定的な感情は、その後のエクササイズに対する ESE の増加と関連することも報告されている (McAuley et al., 2003; 荒井・竹中, 2010)。これらのことから、エクササイズ中に主観的に評価された RPE や気分・感情・情動などが ESE に影響を及ぼし、変動させていることが考えられる。

3. エクササイズ実施時の主観的状态と生理的状态

3.1 エクササイズ実施時の運動強度の設定

エクササイズを実施する際には、ただやみくもに行うだけではエクササイズの効果を最大限得ることは難しい。運動強度が過剰であれば怪我や疾病が発生するだけではなく、場合によっては死に至ることもあり、運動強度が過少であればその効果は得られない。そのため、健康の維持・増進を目的とする場合には、個人に適した運動強度を設定することが重要である（図 1-14）。

現在、用いられている運動強度の設定基準には、主に 3 つの尺度がある。まず 1 つ目に、作業負荷（1 分間当たりの Watt や kpm）、ウォーキングやランニングなどに用いられる速度（m/sec、m/min や km/h）などの物理的尺度がある。2 つ目に、METs、呼吸数、心拍数（Heart rate: HR）、酸素摂取量（VO₂）、心拍出量、血圧、血中乳酸能濃度などのエクササイズに伴う生体内の様々な応答としての生理的尺度がある。3 つ目は、あるエクササイズを行った際に個人が主観的に感じる“楽である”、“きつい”などを知覚する RPE（Borg, 1982）や、その RPE に対応した HR として指示心拍数（indicated HR）などの心理的・主観的な尺度がある（山路, 2013）。さらに、速度（スピード）や重さ（kg）、HR（beat/min : bpm）や VO₂（ml/kg/min）などが運動強度となる場合には絶対的運動強度となるが、それぞれの尺度の最大値の何%の運動強度ということになれば相対的運動強度となる。絶対的運動強度の場合には、個人の性別や年齢、体力などに関係なく全ての対象者に対して一律の基準となるため、体力などがほぼ同一のグループに対して用いる場合には適している。一方、相対的運動強度の場合には性別や年齢、体力などが異なる様々な個人に合わせた運動強度の設定が可能であるため、個人のプロフィールに合わせて適用することができる（山路, 2013）。

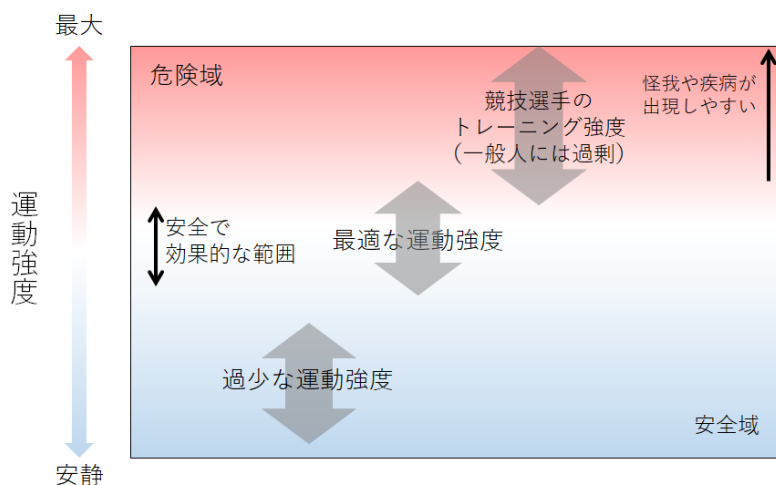


図 1-14. 運動強度設定のイメージ(田中・渡辺, 2012 著者改変)

しかし、先行研究では、生理的な尺度の相対的運動強度、あるいは自己が選択した主観的な尺度を用いて参加者個人に合わせた運動強度でエクササイズを実施した場合でも、エクササイズによる生理的および主観的な反応には個人間でかなりの違いがあることが示されている (DaSilva et al., 2011; Ekkekakis & Lind, 2006; Rose & Parfitt, 2007, 2010, 2012; Ekkekakis et al., 2009)。これは、エクササイズの実施によって起こる様々な生理的变化やそれに伴う主観的な変化、あるいは、個人の持つ特性が要因となっているのかもしれない。

3.2 生理的反応と主観的反応との関連

気分・感情・情動は、発汗や HR の増加など身体の生理的变化の影響を大きく受けることが知られている (Montano et al., 2009)。発汗や HR の増減には自律神経活動が深く関わり、それを評価する手法として心拍変動 (Heart rate variability: HRV) のパワースペクトルを用いる方法が知られている。これは、HRV のパワースペクトルを周波数の領域によって、低周波成分帯域 (Low-frequency: LF, 0.04-0.15Hz) と高周波成分帯域 (High-frequency: HF, 0.15-0.4Hz) とに分け、HF (n.u.) を副交感神経活動、LF/HF を交感神経活動の指標とする手法である。この手法は、安静時の HR の自律神経調節を検証するために用いられている確立された非侵襲的ツールである (TaskForce, 1996)。しかし、エクササイズ中の HRV データによる検証については、議論の余地がある (Perini & Veicsteinas, 2003; Sandercock & Brodie, 2006)。また、副交感神経と交感神経は、正反対に作用する (拮抗作用) と言われている。例えば、HR の場合には、交感神経は HR を促進し、副交感神経は HR を抑制する (山路, 2013)。2 つの自律神経の活動が同時に強まることは少なく、通常はどちらか一方の活動だけが活性化される。

このような手法などを用いて評価された安静時の自律神経系の活動は、一般的に気分や感情の状態と相関することが考えられている (Ekman et al., 1983; Christie & Friedman, 2004; Kreibig, 2010)。この手法を用いた研究では、Sakuragi & Sugiyama (2006) が、運動習慣のないヒトに 4 週間の定期的な歩行運動を介入したところ、抑うつ気分の改善と自律神経バランスが副交感神経優位へと変化したことを明らかにした (図 1-15)。また、Weinstein et al. (2007) は、運動習慣のある人に対してそのエクササイズを 2 週間中断させた場合、もともと交感神経が優位である人ほど、エクササイズを中断させると身体的・精神的な疲労が増加し、意欲の低下が起こりやすいことを報告した (図 1-16)。このように、HRV のパワースペクトル解析を用いて、エクササイズに伴う気分・感情・情動などの主観的反応と、個人ごとの安静時の副交感神経活動や交感神経活動などの生理的反応との関連性を検討することができることが推察される。また、これらの反応と運動習慣の有無には何らかの関連性があることも考えられ、ESE の違い (高い、低いなど) に関連する要因をこの手法を用いて探ることができるかもしれない。

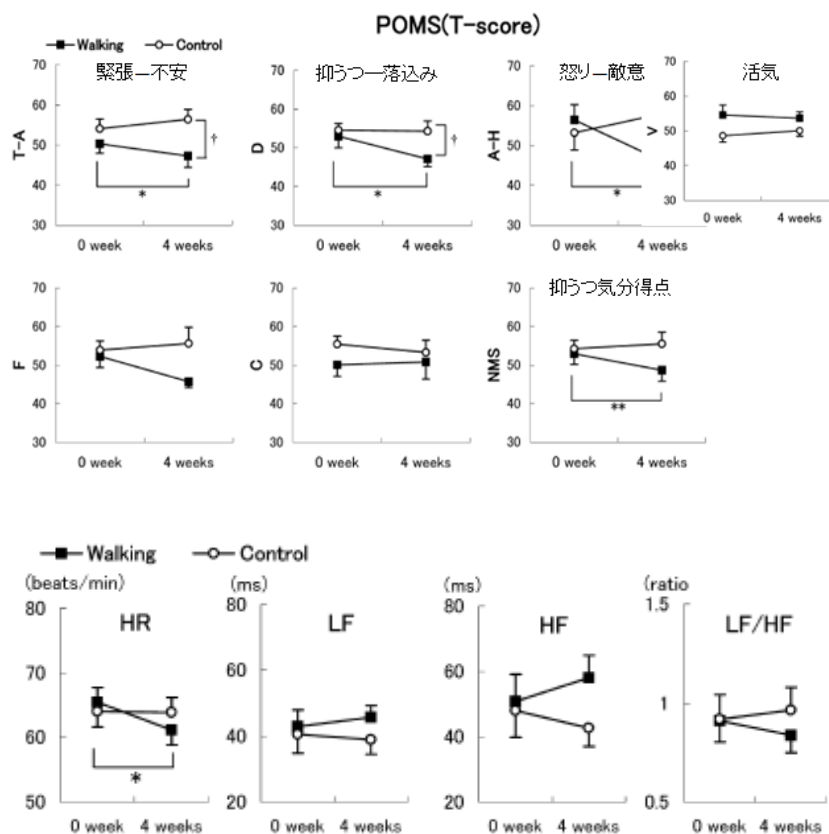


図 1-15. 上段:4 週間の歩行運動前後の気分状態(Profile of Mood States: POMS)の変化
下段:4 週間の歩行運動前後の仰臥位安静における HR、LF、HF、LF/HF の変化
(Sakuragi & Sugiyama, 2006)

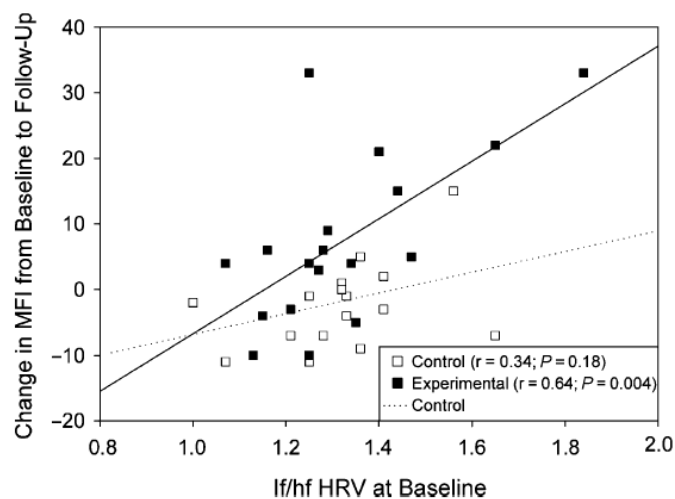


図 1-16. 実験開始前安静時の交感神経活動と実験開始前後の多面的疲労尺度 (Multidimensional Fatigue Inventory: MFI) の変化量との相関関係
(Weinstein et al., 2007)

4. 本研究の目的

以上のことから、エクササイズの継続的な実施が健康の維持・増進に欠かせないことは広く認知されているにもかかわらず、エクササイズ自体の実施や継続は社会的・環境的な阻害要因によって困難である。そのような困難とされているエクササイズの継続的な実施を促進するための重要な指標としては、ESE が確立されており、ESE は、エクササイズに伴う気分や感情などの主観的反応に関連することが多くの研究によって明らかとなっている。また、エクササイズに伴う主観的反応と HR や自律神経活動（副交感神経、交感神経）などの生理的反応には、関連性が認められている。すなわち、エクササイズの阻害要因には、社会的・環境的要因だけではなく、エクササイズ実施時の個人に内在する主観的および生理的反応が関係しているのかもしれない。また、それとは反対に、エクササイズの促進要因にも、前述のような要因が関係している可能性がある。しかしながら、ESE と主観的反応および生理的反応、特に自律神経活動との関連性について同時に評価した研究は見当たらない（図 1-17）。

そこで、エクササイズの実施に伴う主観的および生理的な反応と、ESE との関連性を探ることにより、日常的なエクササイズの継続に関わる（個人に内在する）主観的および生理的要因を検討することに意義があると考え、本研究を行った。

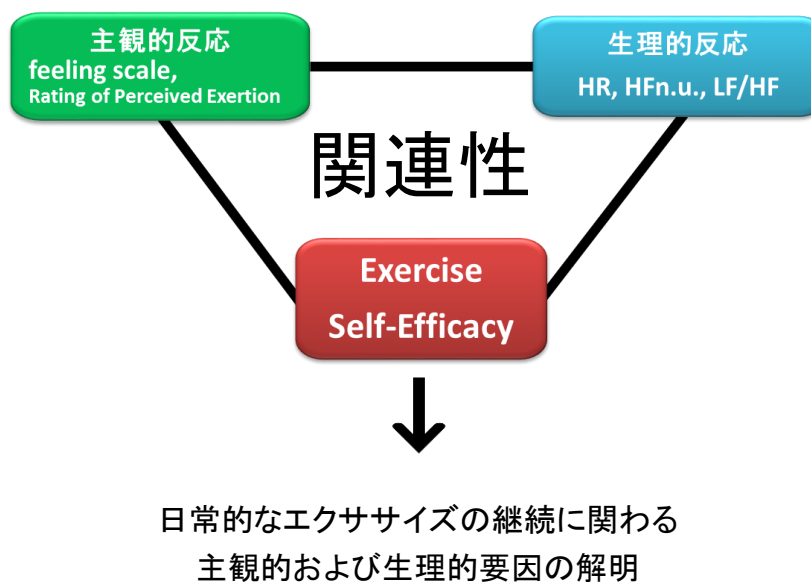


図 1-17. 本研究の目的と検討事項

第 2 章

研究 1

エクササイズ実施時の主観的および生理的反応と
エクササイズに対する再度遂行可能感との関連性

第2章 研究1：エクササイズ実施時の主観的および生理的反応とエクササイズに対する再度遂行可能感との関連性

1. 目的

人の心身の健康に対して多くの有益性があることが知られるエクササイズの実施や継続には、様々な阻害要因が影響し実践は難しい。エクササイズの実施や継続には Exercise Self-Efficacy (ESE) が重要な決定因子であることが示されており (McAuley & Blissmer, 2000)、ESE はエクササイズに対する RPE や気分・感情・情動などの主観的要因と関連することが報告されている (Focht et al., 2007; Kwan & Bryan, 2010; Magnan et al., 2013; McAuley et al., 2003; Pender et al., 2002)。これは、同程度の運動強度でエクササイズを行った場合でも、主観的および生理的反応に個人内や個人間で相違があることに起因する可能性がある (DaSilva et al., 2011; Ekkekakis & Lind, 2006; Rose & Parfitt, 2007, 2010, 2012; Ekkekakis et al., 2009)。このように、エクササイズ実施時の主観的反応や、個人による主観的および生理的反応の相違が ESE に影響を及ぼすことが示唆されているにもかかわらず、ESE と生理的反応との関連性については不明である。主観的な反応は自律神経活動などの生理的变化の影響を大きく受けることが知られているため (Montano et al., 2009)、この手法を用いて ESE と生理的反応との関連性を探ることとした。また、本研究では、「今、実施したエクササイズを再度行うことができる」という ESE について評価することを目的としたため、エクササイズ後にエクササイズ再度遂行可能感 (Post Exercise Self-efficacy : PESE) を評価した。

以上のことから、実験1では、生理的尺度を用いて中等度のレベルに設定した運動強度で1回のエクササイズを遂行し、その後に評価した PESE と関連する要因を、主観的および生理的反応から明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 参加者

参加者は、運動習慣がなく、治療や服薬も行っていない健康な大学生 43 名 (女性 28 名、男性 15 名) とした。参加者とは事前に面接を行い、定期的なエクササイズやスポーツ、肉体労働等を行っていないこと、自転車エルゴメーターも頻繁に使用していないこと、健康状態について確認した。実験当日には研究室に来る 2 時間前までに食事を済ませておくことと、アルコールやカフェインの含まれた飲食物は摂取して来ないように指示をした。また、エクササイズに対する主観的および生理的反応が PESE に及ぼす影響に焦点を合わせるために、参加者にはエクササイズに対する経験的、社会的な因子についての質問は行わなかった。実験の実施に際しては、参加者の人権への倫理的配慮に基づき、一人一人に対してインフォームド・コンセントを実施した。インフォームド・コンセントは参加者に対し

て説明文書を補助資料として配布し、十分な理解が得られた者に対して書面での同意を得た。なお、本研究は昭和女子大学倫理委員会（承認番号：13-07）および日本大学薬学部倫理審査委員会（承認番号：12-007）の承認を得て行われた。

2.2 エクササイズ再度遂行可能感（Post-Exercise Self-Efficacy）

本研究で使用した PESE 尺度は、McAuley の ESE 尺度（McAuley et al., 1993）を改訂したものであり、先立って行われた、30 分間のエクササイズを再度遂行できるかどうかの確信に関する 3 つの項目で構成されていた（図 2-1）。この 3 つの項目とは、(1)「今日行った強度の+10%の運動を週に 3～5 回、継続して 30 分間行えますか」、(2)「今日行った強度の運動を週に 3～5 回、継続して 30 分間行えますか」、(3)「今日行った強度の-10%の運動を週に 3～5 回、継続して 30 分間行えますか」であった。参加者は、0%（全く確信がない）から 100%（強い確信がある）を範囲とした 11 段階評価で、各項目を評価した。PESE の評価方法については、実験セッション前に参加者に対して説明し、参加者は、エクササイズを遂行できるとの確信に基づき、PESE を評価するよう指示を受けた。PESE の値は、3 項目の質問票に対する回答の平均値をデータ分析に使用した。McAuley et al. (1993) の ESE 尺度の内部整合性は良好（クロンバックの α (Cronbach, 1951) = 0.92）であり、本研究の評価値も良好な内部整合性を示した（ $\alpha = 0.92$ ）。

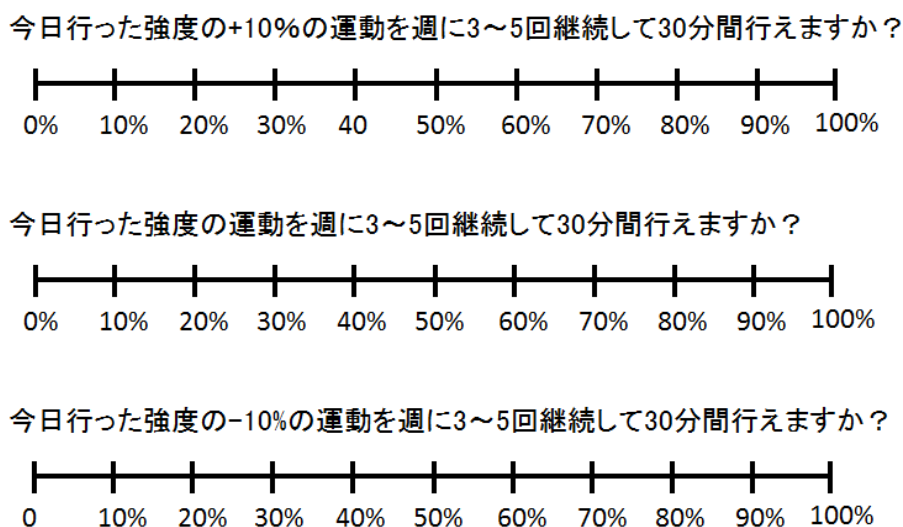


図 2-1. 本研究に用いたエクササイズ再度遂行可能感
(Post-Exercise Self-Efficacy : PESE) 尺度

2.3 主観的反応の記録

本実験では参加者の主観的反応として主観的運動強度（Rating of Perceived Exertion : RPE; Borg, 1982）および快感情尺度（Feeling Scale : FS ; Hardy & Rejeski, 1989）の2種類の尺度を記録した。RPE は、主観的運動強度として一般的なものであり、自分自身がエクササイズをする中で感じる身体的な疲労感を6（非常に楽である）から20（非常にきつい）までの15段階から構成される尺度で評価するものである（図2-2A）。FS は、快感情の主観的な評価であり、エクササイズ中に感じる「気分の良さ（快—不快）」を−5（とても悪い）から+5（とても良い）までの11段階から構成された尺度で評価するものである（図2-2B）。RPE および FS の説明は実験開始前に行い、参加者にはその時の状態を質問紙に記入してもらった。

2.4 実験手順

全ての参加者は、体格指数（Body Mass Index : BMI）を算出するため、体重および身長測定（In Body J10, 株式会社インボディ）を行った。1回の実験にかかる時間は82分間であり、その内訳は22分間の実験前の椅子安静（Pre）、30分間のエクササイズ（Ex）、エクササイズ終了後30分間の椅子安静（Post）であった（図2-3）。参加者の呼吸回数に制限はなく自由とし、心拍数（Heart Rate : HR）は実験中、2人以上の研究者によって継続して監視した。30分間のエクササイズには、自転車エルゴメーター（エアロバイク 900-U-ex, 株式会社コナミスポーツライフ）を用いた。各参加者におけるエクササイズ中の運動強度は、最大HRと安静時HRとの差である予備心拍数（Heart rate reserve : HRR）の40%に設定した。これは、健康な成人の体力を改善する際に推奨される中等度の運動強度である（Garber et al. 2011）。それに相当する目標HRは以下の式によって算出した。最大HRは「220−年齢」として算出し、安静時HRはPreの15分間におけるHRの平均値とした。

$$\text{目標 HR} = \text{安静時 HR} + 0.4 \times (\text{最大 HR} - \text{安静時 HR})$$

実験セッションは、まず、参加者が実験環境に慣れるために10分間の椅子安静を保ってから開始した。Preの間、参加者は自転車エルゴメーター横の椅子に着席し、実験開始から20分後（Pre20）にFSを記録した。その後、椅子から自転車エルゴメーターに移動し、実験開始から22分後（Pre22）にエクササイズを開始した。エクササイズの開始から最初の5分間は自転車の負荷を徐々に強め、参加者が目標HRのレベルでエクササイズができるよう調整した。その後、参加者のHRを常にモニタリングしながら、負荷を5分毎に調整した。負荷の調整を行うことで、参加者は目標HRのレベルでエクササイズを遂行することができた（負荷の最大調整範囲は1回の実験で±10W）。エクササイズ開始から30分後に参加者はエクササイズを終了（Post0）し、すぐにRPEおよびFSを自転車

エルゴメーター上で記録した。その後、自転車エルゴメーターから椅子へと移動し、エクササイズ終了から 30 分間の椅座位安静の間はリラックスした状態で着席するよう指示した。そして、エクササイズ終了後の椅座位安静から 30 分後 (Post30) に、FS および PESE を記録した。

参加者の自己回答による評価値に焦点を合わせやすくなることから、RPE はエクササイズ終了時の Post0 時点のみに記録し、FS は各セッションの終了時である Pre20、Post0、Post30 の時点で記録した。

A

20	
19	非常にきつい
18	
17	かなりきつい
16	
15	きつい
14	
13	ややきつい
12	
11	楽である
10	
9	かなり楽である
8	
7	非常に楽である
6	

B

+5	とても良い
+4	
+3	良い
+2	
+1	やや良い
0	ふつう
-1	やや悪い
-2	
-3	悪い
-4	
-5	とても悪い

図 2-2. 本研究に用いた主観的指標

A. 主観的運動強度 (Rating of Perceived Exertion : RPE)

B. 快感情尺度 (Feeling Scale : FS)

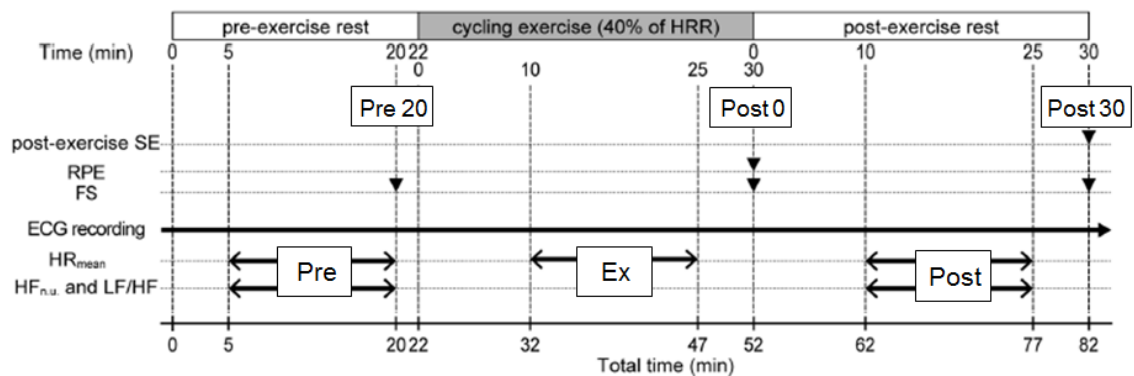


図 2-3. 本実験のプロトコル

本実験は、エクササイズ前安静（Pre: 22 分間）、エクササイズ（Ex: 30 分間）、エクササイズ終了後安静（Post: 30 分間）の 3 つのセッション（計 82 分間）より構成されている。塗りつぶされた三角（▼）は、左に示した主観的反応を記録した時点を示す。両頭の矢印（←→）は、定常状態の HR データ（ HR_{mean} 、 $HF_{n.u.}$ 、 LF/HF ）を抽出し、解析した期間を示す。

2.5 生理的データの記録および分析

実験の間は、心電計（ベッドサイドモニタ BSM-2401 ライフスコープ I，日本光電工業株）を用いて参加者の HR を常にモニタリングした。心電計からの出力信号は、生体信号収録装置（PolymateII AP216，ティアック株）により連続的に記録し（サンプリング周波数=1,000 Hz）、実験後にオフラインで分析した。連続する心電図データの R-R interval（RRI）は、82 分間の実験中に収録された全ての出力データを用いて算出した。次に、主に実験中の大きな動作により生じたと思われる異常値を RRI データから探し、過剰な HR に対しては除外し、およそ 2 倍またはおよそ 3 倍の HR に対しては、除した値を挿入し補正した。82 分間の実験における異常な HR の平均発生率は 0.23% であり、そのほとんどは、椅子と自転車エルゴメーターとの移動時に認められた。補正後の RRI データから定常な RRI データ（Pre の 5～20 分、Ex の 10～25 分、Post の 10～25 分）を抽出して、1 分間当たりの HR データ（beat/min : bpm）に換算し、さらに定常状態の 15 分ごとの平均 HR を算出した（ HR_{mean} ）。その後、30 分間のエクササイズ実施時の %HRR 値を算出した。

次に、三次スプライン関数を用いて定常状態の RRI を内挿し、10 Hz でサンプリングを行うことで、等間隔のサンプルを入手した。その後、高速フーリエ変換アルゴリズムを用いて、HRV データのパワースペクトル解析を実施した。そのデータを高周波成分 (High-frequency : HF ; 0.15-0.40 Hz) と低周波成分 (Low-frequency : LF; 0.04-0.15 Hz) に分類し、関連するパワースペクトル密度関数 (ms^2) で積分として算出した。正規化した HF パワー [$\text{HF}_{\text{n.u.}} = \text{HF}/(\text{LF} + \text{HF}) \times 100$] を副交感神経活動として、LF/HF 比を交感神経活動として算出した (TaskForce, 1996)。また、これらは、Matlab R2012b (MathWorks inc.) を用いてデータ分析を行った。

2.6 統計解析

PESE と主観的および生理的反応の値との関連を検証する必要条件として、本実験が予定通りに遂行されたかどうか (参加者の特性および実験設定)、参加者がどのようにして主観的および生理的にエクササイズに反応したかを確認する必要があった。そこで、まずは参加者の特性とエクササイズのパラメータに関して男女の性別で対応のない t 検定を実施した。次に、主観的 (FS) および生理的反応の値 (HR_{mean} 、 $\text{HF}_{\text{n.u.}}$ 、 LF/HF) の時間的な変化を検証した。FS は、3 つの時点 (Pre20、Post0、Post30) を被験者内因子として、 HR_{mean} は 3 つの時間帯 (Pre、Ex、Post) において反復測定分散分析 (repeated measures ANOVA) を行った。反復測定分散分析では、Mauchly の検定を用いて球面性の仮定を検証し、必要があれば Greenhouse–Geisser 法を用いて自由度を補正した。多重比較が必要な場合には、Bonferroni の補正をした対応のある t 検定を実施した。エクササイズ前後の椅坐位安静時 (Pre および Post) における $\text{HF}_{\text{n.u.}}$ と LF/HF については、対応のある t 検定を実施した。

さらに、PESE に関連する要因を特定するために、ステップワイズ法を用いた重回帰分析 (stepwise multiple regression analysis) により検討した。従属変数は PESE とし、説明変数には、参加者の身体的特性 (BMI)、エクササイズ前安静時の主観的および生理的反応 (Pre の HR_{mean} 、 $\text{HF}_{\text{n.u.}}$ 、 LF/HF 、Pre20 の FS)、エクササイズ実施時の主観的および生理的反応 (Ex の HR_{mean} 、Post0 の RPE、FS)、エクササイズ後安静時の主観的および生理的反応 (Post の HR_{mean} 、 $\text{HF}_{\text{n.u.}}$ 、 LF/HF 、Post30 の FS) を投入した。

全ての統計解析は SPSS Statistics 19.0 (IBM SPSS) を用いて行った。統計の有意水準は 5%未満 ($p < 0.05$) とし、データは平均値 \pm SD として示した。

3. 結果

3.1 参加者の特性およびエクササイズの設定

参加者 43 名（女性 28 名、男性 15 名）の特性（年齢、身長、体重および BMI）とエクササイズのパラメータ（自転車エルゴメーターの負荷および%HRR）を表 2-1 に示す。身長（ $t_{41} = 7.17$, $p < 0.01$, $d = 2.32$ ）および体重（ $t_{41} = 4.21$, $p < 0.01$, $d = 1.25$ ）において性別に有意な差が示されたが、BMI に有意差は示されなかった（ $t_{41} = 0.84$, $p = 0.41$, $d = 0.26$ ）。また、BMI においては参加者の 4 人が「低体重」（BMI 16.0～18.5）、5 人が「肥満 1 度」（BMI 25～30）に分類されたが、34 人は「普通体重」（BMI 18.5～25）に分類された。「重度低体重」（BMI が 16.0 未満）または「肥満 2 度以上」（BMI が 30 以上）の参加者はいなかった。

次に、自転車エルゴメーターの負荷には性別における有意な差が示されたが（ $t_{41} = 5.50$, $p < 0.01$, $d = 1.58$ ）、%HRR に有意差は示されなかった（ $t_{41} = 0.85$, $p = 0.40$, $d = 0.40$ ）。これらの結果により、ほとんどの参加者が正常な身体特性を有し、女性および男性参加者ともに予定通り、相対的に同等な強度でエクササイズを実施したことを示す強力な根拠が得られた。また、年齢、BMI、%HRR においては性別による有意な差は示されなかったことから、以下の分析では男女ともに全参加者のデータを蓄積し行なった。

表 2-1. 参加者の特性とエクササイズのパラメータ

	female (n = 28)	male (n = 15)	
Age (year)	21.0 ± 1.2	20.7 ± 1.7	
Height (cm)	158.9 ± 4.7	169.4 ± 4.4	*
Weight (kg)	53.2 ± 5.5	62.3 ± 8.7	*
BMI (kg/m ²)	21.1 ± 2.0	21.7 ± 2.6	
Workload (W)	70.4 ± 11.3	99.3 ± 23.3	*
%HRR	40.3 ± 2.0	39.3 ± 3.1	

Mean ± SD.

BMI: Body mass index.

* 対応のない(女性 vs 男性) t 検定 ($p < 0.05$)

3.2 エクササイズによる主観的および生理的反応

エクササイズによる主観的および生理的反応を表 2-2 に示す。PESE の値は、 69.4 ± 23.4 (%)であり、参加者の回答範囲は 20-100 (%)であったことから、PESE には個人差があることが示された。RPE には、本実験における中等度のエクササイズが参加者にとって「ややきつい」エクササイズであったことが示された。FS には、3 つの時点での有意な影響は示されなかった ($F_{2,42} = 2.02$, $p = 0.13$, $\eta^2_p = 0.05$)。また、 HR_{mean} には有意な影響が示され ($F_{2,42} = 2960.5$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = 0.98$)、さらに多重比較により、Pre と Ex ($t_{42} = -63.3$, $p < 0.01$, $d = 10.33$)、Ex と Post ($t_{42} = 58.9$, $p < 0.01$, $d = 9.60$)、Pre と Post ($t_{42} = -6.29$, $p < 0.01$, $d = 0.58$) において有意な差が示された。この結果より、HR は各実験セッションに応じて全参加者で同様に変化し、Post での HR_{mean} は安静時の値 (Pre の HR_{mean}) まで完全に回復しなかったことが考えられる。また、 $HF_{n.u.}$ は Pre に比べて Post で有意に増加し ($t_{42} = 2.93$, $p < 0.01$, $d = 0.26$)、LF/HF は Pre に比べ Post で有意に低下したことが明らかとなった ($t_{42} = -2.58$, $p < 0.05$, $d = 0.35$)。これらの結果は、副交感神経と交感神経活動の状態がエクササイズ前後で異なることを示している。

このように、中等度のエクササイズを実施した場合の主観的反応や生理的反応には、様々な変動が見られた。このことが、PESE の顕著な個人差の一因となっている可能性がある。そこで、次に、ステップワイズ法による重回帰分析を用いて PESE に関連する要因を検討した。

表 2-2. エクササイズによる主観的および生理的反応と PESE

		Pre20	Post0	Post30	
PESE (%)				69.4 ± 23.4	
Subjective Responses	RPE		13.0 ± 2.1		
	FS	1.28 ± 1.56	1.88 ± 1.53	1.49 ± 1.74	
		Pre-exercise rest	Exercise	Post-exercise rest	
Physiological Responses	HR_{mean} (bpm)	69.6 ± 6.5	121.4 ± 2.9	73.3 ± 6.5	#
	$HF_{n.u.}$	0.40 ± 0.17		0.36 ± 0.16	*
	LF/HF	1.91 ± 1.11		2.43 ± 1.78	*

Mean \pm SD.

PESE: Post-Exercise Self-Efficacy, RPE: Rating of Perceived Exertion, FS: Feeling Scale, $HF_{n.u.}$: high-frequency power of heart-rate variability in normalized unit, LF: low-frequency power of heart-rate variability.

反復測定分散分析による有意な時間の主効果 ($p < 0.05$)

* 対応 (エクササイズ前安静 vs エクササイズ後安静) のある t 検定 ($p < 0.05$)

3.3 エクササイズ再度遂行可能感に関連する要因の検討

PESE を従属変数としたステップワイズ法による重回帰分析の結果を、表 2-3 に示す。重回帰分析の結果、最終モデルにおいて、PESE には、エクササイズ直後の RPE (RPE at Post0) が負 (標準偏回帰係数 $\beta = -0.343$, $p < 0.05$) に、エクササイズ直後の FS (FS at Post0) が正 (標準偏回帰係数 $\beta = 0.369$, $p < 0.05$) に、エクササイズ後安静時の HF_{n.u.} (HF_{n.u.} in Post) が負 (標準偏回帰係数 $\beta = -0.324$, $p < 0.05$) に関連するモデルが示された。

この結果は、参加者がエクササイズ直後に RPE を低く、FS を高く報告し、エクササイズ後の安静時に副交感神経活動が低いことが明らかになった場合、エクササイズ 30 分後において PESE を高く評価することを示している。すなわち、エクササイズ直後に身体的な疲労が少なく、エクササイズ直後に気分が良いと感じ、エクササイズ後安静時に副交感神経が減退、つまり交感神経優位なことがエクササイズを実施した後の高いエクササイズ再度遂行可能感と関連することを意味している。

表 2-3. ステップワイズ法による重回帰分析の結果

Dependent variable: PESE							
step	Adjusted R^2	F	Explanatory variable	B	SE	β	t
Step 1	0.146	8.192	RPE at Post0	-4.569	1.596	-0.408	-2.861
Step 2	0.258	8.308	RPE at Post0	-4.602	1.488	-0.411	-3.093
			FS at Post0	5.440	2.029	0.356	2.681
Step 3	0.347	8.445		126.226			
			RPE at Post0	-3.846	1.427	-0.343	-2.694
			FS at Post0	5.626	1.905	0.369	2.954
			HF _{n.u.} in Post	-48.697	19.170	-0.324	-2.540

PESE: Post-Exercise Self-Efficacy, adjusted R^2 : 自由度調整済決定係数, B : 偏回帰係数, SE : 標準誤差, β : 標準偏回帰係数, RPE: Rating of Perceived Exertion, FS: Feeling Scale, HF_{n.u.}: High-frequency power in normalized units, Ex: exercise, Post: post-exercise rest.
 $PESE = 126.226 - 3.846 * RPE \text{ at Post } 0 + 5.626 * FS \text{ at Post } 0 - 48.697 * HF_{n.u.} \text{ in Post}$

4. 考察

本研究の目的は、エクササイズ再度遂行可能感である PESE と関連する要因を、主観的および生理的反応から明らかにすることであった。自転車エルゴメーターを用いて中等度 (40%HRR) で 30 分間のエクササイズを実施し、そのエクササイズに対する主観的 (RPE、FS) および生理的 (HR_{mean} 、 $HF_{n.u.}$ 、LF/HF) 反応と、エクササイズ終了から 30 分後の時点での PESE を記録した。ステップワイズ法による重回帰分析の結果は、PESE がエクササイズ直後の RPE および FS、エクササイズ後安静時の $HF_{n.u.}$ と関連することを示唆するものであった。これまでの先行研究では、エクササイズ再度遂行可能感と主観的反応との関連性を検討するのみであり、生理的反応、特に自律神経活動とエクササイズ再度遂行可能感との関連を検討した研究は見当たらない。このことに本研究の意義があるといえよう。

まず、全参加者が確実に本実験の設定通りの運動強度 (40%HRR) でエクササイズを行ったかどうかを確認したところ、全参加者がほぼ設定通りのエクササイズを実行したことを示す根拠が得られた。したがって、本研究で検討したその他の変数 (RPE、FS、 HR_{mean} 、 $HF_{n.u.}$ 、LF/HF) は、本研究の目的の通り、中等度の運動強度で行ったエクササイズに対する参加者の主観的および生理的反応を表すものであったと言えよう。このように運動強度が生理的に同等となるよう厳格に設定したにもかかわらず、エクササイズ直後の FS の値は、個別に見ると、-1~5 の範囲を示し、「気分がやや悪い~気分がとても良い」という評価であり、個人間に大きな差が見られた。これは、先行研究の結果 (Rose & Parfitt, 2007, 2010; Haile et al., 2013) と同様の結果であった。さらに、エクササイズ直後の RPE についても、平均的には「ややきつい」エクササイズであったことが示されたが、個別で見ると 9~19 であり、身体的疲労感は「かなり楽である~非常にきつい」と広範囲であった。このことから、生理的尺度によって同程度の運動強度を設定しエクササイズを実施しても、エクササイズ後の気分や身体的疲労感には、個人間で著しく差があることが考えられた。また、PESE についても 20~100(%) の範囲であり、個人間で著しい差が示された。RPE と ESE とは高い関連性が示されている (Ekkekakis & Petruzzello, 1999; Pender et al., 2002; Ekkekakis et al., 2009)。そのため、本研究においても、先行研究のような RPE や FS の個人間による顕著な差が、PESE と関連することが推察される。

本研究における運動強度の「中等度」レベル (40%HRR) は、ACSM の運動強度分類 (Garber et al. 2011) では、健康な成人の体力を改善する際に推奨される中等度の運動強度 (範囲: HRR の 40~59%) に相当する。しかし、本研究で設定した 40%HRR は、中等度の運動強度の範囲では下限に当たり、運動強度としては比較的低いレベルであった。それにもかかわらず、前述のように RPE は広範囲に評価されていた。このことから、本研究の参加者には、体力レベルの低い者~高い者が含まれていたことが推察される。先行研究では、エクササイズ時の酸素摂取量や HR などの生理的な値で運動強度を調整した場合、

体力レベルの低い人に比べて高い人では、RPE は低くなることがわかっている (Travlos & Marisi, 1996)。一方、運動強度を RPE で調整した場合には、体力レベルが低い人は高い人に比べて、エクササイズ時の生理指標が増加することが報告されている (Kaufman et al., 2006)。すなわち、運動習慣はないが体力レベルが不明であり、ばらばらの体力レベルを有しているような参加者を対象に PESE と関連する主観的および生理的要因を検証するためには、比較的低い運動強度が適していると推測した。

エクササイズ前およびエクササイズ後の安静時の生理的反応については、エクササイズ前安静時に比べてエクササイズ後安静時に HR_{mean} が有意に増加した。さらに、エクササイズ前安静時に比べてエクササイズ後安静時において $HF_{n.u.}$ (副交感神経活動) が有意に低下し、 LF/HF (交感神経活動) は有意に増加した。これらの結果は、おそらく、中等度で 30 分間の自転車エルゴメーターによるエクササイズ実施後の安静時において、エクササイズを行った後の生理的反応の残効により、参加者の交感神経が優位になっていたことを示すものである。このように、同じ中等度のエクササイズを実施したことによる、参加者の主観的および生理的反応の多様性は、PESE の著しい個人差の因子の 1 つである可能性がある。したがって、ステップワイズ法による重回帰分析を用いて探索的に PESE に影響する要因を明らかにすることは重要である。

ステップワイズ法による重回帰分析の結果、PESE には、エクササイズ実施後の RPE が負に、FS は正に、 $HF_{n.u.}$ は負に関連していた。この結果は、エクササイズ直後に身体的な疲労感が少なく、エクササイズ直後に気分が良いと感じ、エクササイズ後安静時に交感神経優位なことと、エクササイズを実施した後のエクササイズ再度遂行可能感を高めることとの関連性を意味する。PESE とエクササイズ実施後の RPE との関連は、エクササイズ中の RPE の値がその後の PESE の相違を一部説明するとした先行研究結果と類似している (Pender et al., 2002)。この結果の興味深い点は、重回帰分析で抽出された説明変数が、運動強度を直接的に反映するエクササイズ中の HR_{mean} ではなく、参加者の主観的な状態を通じて相対的な運動強度を間接的に反映する、エクササイズ直後の RPE と FS であったことである。つまり、参加者の PESE は、エクササイズ中の生理的な状態よりも身体的なストレスや運動強度、疲労を表す主観的な状態による影響を強く受けることが示唆された。さらに、PESE には、エクササイズ後安静時の $HF_{n.u.}$ が負に影響していたことが明らかとなった。この PESE と副交感神経活動との有意な関連は、非常に興味深いものである。この結果により、エクササイズ後安静時に副交感神経活動が低い、つまり、交感神経活動が優位である参加者は、自身のエクササイズ再度遂行可能感を高く評価することが推察される。このことから、エクササイズ後安静時に興奮や活動的な状態が残っていた人は、エクササイズに対する再度遂行可能感が高いことが考えられる。また、これは、PESE がエクササイズ後安静時における HR の自律神経調節のバランス、特に副交感神経活動と関連する可能性を示唆するものである。

本研究では、Bandura (1997) の ESE に影響する 4 つの因子の 1 つである、生理的反

応への解釈に着目した。そこで、PESE はエクササイズに対する主観的および生理的反応に関連するとの仮説を立て、エクササイズに対する生理的反応と PESE との関連性に焦点を当てた。その結果、PESE がエクササイズに対する主観的反応だけでなく、エクササイズ後の副交感神経活動にも関連することが示された。一方、先行研究ではその他の社会的な要因や経験的な要因が PESE に影響することが報告されている (McAuley et al., 2000, 2003; Magnan et al., 2013)。また、エクササイズ前の ESE は、その後のエクササイズに対する主観的反応に影響していた (Katula et al., 1999; Jerome et al., 2002; Focht et al., 2007; Magnan et al., 2013)。しかし、この一過性のエクササイズで評価した PESE のレベルが、次のエクササイズ参加時期まで、経時的に安定し続けるかどうかについては、明らかになっていない。つまり、エクササイズへの参加に応じて、おそらく修正されるであろう PESE が、PESE に関連する多くの因子によって、その後どのように変化していくのか、その過程について検証することは重要である。今後は、エクササイズ前・後の SE とその他の多くの因子との相互関係を明らかにすることによって、ESE と関連する要因について、より一層説明していくことができるであろう。

次に、本研究におけるいくつかの方法論的な限界について考察する。まず、本研究のサンプルサイズは小規模であったことが挙げられる。今回の実験設定上、重回帰分析（効果量 f^2 [large] = 0.35, α = 0.05, 検出力 = 0.8, 予測因子の数 [説明変数] = 12）のサンプルサイズは、先験的に 61 と推定された。一方、本データ（効果量 f^2 = 0.39）を用いて事後に算出した検出力は 0.61 であった。小規模なサンプルサイズとその検出力に基づき、重回帰分析の結果は慎重に解釈する必要があるだろう。さらに、今回の参加者における年齢の範囲は 18 歳～24 歳と狭く、BMI 16 以下のやせすぎや BMI 30 以上などの極端な体格の参加者はいなかった（BMI : 17.1-26.3）。また、参加者の日常的な身体活動レベルに関するデータの収集も行わなかった。情動反応の変化のパターンが正常体重者（BMI < 25）、過体重者（BMI \geq 25）、肥満者（BMI \geq 30）で異なることが先行研究によって示されている (Ekkekakis et al., 2006, 2009) ため、BMI の違いによって PESE に関連する要因が異なることも考えられる。このような検討課題は、肥満や身体不活動などの公衆衛生上の問題 (Kohl et al., 2012; WHO, 2010) の改善に寄与する研究として重要である。より大規模で多様なサンプルを用いたさらなる研究を実施し、その際には参加者の特性を厳密に調べる必要があるだろう。2 つ目の限界として、本研究で使用された運動強度 (%HRR) は、換気性作業閾値ではなく HR に基づくものであったことが挙げられる。エクササイズ時の感情や気分 (Rose & Parfitt, 2007) および自律神経活動 (Yamamoto et al., 1992) は、換気性作業閾値の上下で異なることから、参加者の PESE は換気性作業閾値を超えたか否かで影響を受けた可能性がある。3 つ目の限界として、従来の HRV 分析をエクササイズ中の HR データに適用することの是非は依然として結論が出ていない (Perini & Veicsteinas, 2003; Sandercock & Brodie, 2006) ことから、本研究ではエクササイズ前およびエクササイズ後の安静時にのみ、HRV 指標を評価し、エクササイズ中については対応しなかった。

粗視化スペクトル解析 (Yamamoto & Hughson, 1991) やポアンカレプロット (Tulppo et al. 1999)、短時間フーリエ変換を用いた時間周波数解析 (Cottin et al., 2004; Pichon et al., 2004) といった、エクササイズ時における HRV の解析を改良した方法がいくつか提案されている。これらの解析方法を適用することで、エクササイズ時の HR の自律神経調節に関するより詳細な情報が得られるであろう。

5. まとめ

本章では、エクササイズ再度遂行可能感と関連する要因として、次のような結果が得られた。

エクササイズ直後に身体的な疲労が少なく、エクササイズ直後に気分が良いと感じ、エクササイズ後安静時に副交感神経活動が低下、つまり交感神経優位であることが、そのエクササイズを実施した後の、高いエクササイズ再度遂行可能感と関連することが示された。エクササイズ再度遂行可能感と主観的および生理的反応との関連性を検討した研究は、本研究が初めてである。この結果より、運動習慣のない人のエクササイズ再度遂行可能感がエクササイズによる主観的な反応だけではなく、エクササイズ後の副交感神経活動、つまり生理的反応とも関連することがわかった。すなわち、この手法を用いて PESE と関連する要因を実験的に検証できる可能性が示された。

なお、第 2 章の一部については、以下の論文に掲載済みである。

Eriko Matsuo, Shigeru Matsubara, Seigo Shiga, Kentaro Yamanaka. Relationships between psychophysiological responses to cycling exercise and post-exercise self-efficacy. *Front. Psychol.* 2015, 6: 1775.

第 3 章

研究 2

日常的な運動習慣の有無による主観的および生理的反応と
エクササイズに対する再度遂行可能感との関連性

第3章 研究2：日常的な運動習慣の有無による主観的および生理的反応とエクササイズに対する再度遂行可能感との関連性

1. 目的

第2章では、エクササイズ再度遂行可能感（Post Exercise Self-Efficacy：PESE）と主観的および生理的反応との関連性が認められた。このことから、第2章における手法を用いて PESE と関連する要因を実験的に検証できる可能性が示された。しかし、第2章では、運動習慣のない人のみを対象としたため、運動習慣のある人の PESE と主観的および生理的反応との関連性については検討されていない。

本章では、運動習慣のある人と運動習慣のない人を対象に、エクササイズに伴う主観的および生理的反応と PESE の違いを調べるとともに、さらに、運動習慣の有無による PESE と関連する要因について検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 参加者

参加者は、日常的に運動習慣のある大学生13名（女性7名、男性6名）をエクササイズ群として募り、次にエクササイズ群とほぼ同等の体格の日常的に運動習慣のない大学生13名（女性7名、男性6名）を対照群として募った。参加者には、生活活動とは別に日常的に行っているエクササイズや競技スポーツ、肉体労働等を把握するため、質問紙による調査を行った。両群ともに服薬や治療、喫煙を行っている者は予め除外した。

参加の前日からは生活活動以外のエクササイズや競技スポーツ、肉体労働等に参加しないように、また、アルコールやカフェインを摂取しないように指示した。実施に際しては、参加者の人権への倫理的配慮に基づき、一人一人に対してインフォームド・コンセントを実施した。インフォームド・コンセントは参加者に対して説明文書を補助資料として配布し、十分な理解が得られた者に対して書面での同意を得た。なお、本研究は昭和女子大学倫理委員会（承認番号：13-07）および日本大学薬学部倫理審査委員会（承認番号：12-007）の承認を得て行われた。

2.2 実験手順

実験開始前に身長・体成分分析装置（In Body J10, ㈱インボディ）を用いて身長と体重を測定し、体格指数（Body Mass Index : BMI）を算出した。次に、各参加者の運動強度の決定と詳細な生理データ（HR、酸素摂取量（ VO_2 ）・二酸化炭素排出量（ VCO_2 ））の計測のため、予備実験として運動負荷試験を行った。その後、第2章と同程度の中等度の運動強度になるような負荷値を規定し、その運動強度で30分間のエクササイズと前後の安静時での主観的・生理的反応の計測を含む本実験を行った。予備実験と本実験は別日に行うか、あるいは同じ日に行う場合には3時間以上の間隔を空けてから行った。

2.3 運動負荷試験による運動強度の決定

エクササイズ試験の運動強度を決定するため、全参加者に対して漸増負荷による運動負荷試験を行った。参加者は、はじめに心電図測定用の電極および呼気採取用マスクを装着し、自転車エルゴメーター（エアロバイク 75XLIII, ㈱コナミスポーツ&ライフ）に乗車した。その状態で2分間安静を保持し、その後、10Wの負荷で2分間のウォーム・アップを行った。参加者には1分間当たり60回転で漕ぐように指示した。運動負荷試験は10W/分（1分間当たりの負荷）の漸増負荷で行い、HRが150 bpm（beat/min）を超えた時点で終了とした。運動負荷試験中は、肺運動負荷モニタリングシステム AE-310（ミナト医科学㈱）を用いて、HRとブレスバイブレス法によって VO_2 、 VCO_2 を連続的に計測した。

計測したデータから、負荷—HRの関係の一次式（図3-1A）を算出し、HRが115～120bpm程度になる負荷値を決定した。同様に、この一次式から参加者ごとに最大HR（220—年齢）における最大負荷を算出し、負荷— VO_2 の関係の一次式（図3-1B）に最大負荷を代入して、最大酸素摂取量（ $\text{VO}_{2\text{max}}$ ）を推定した。

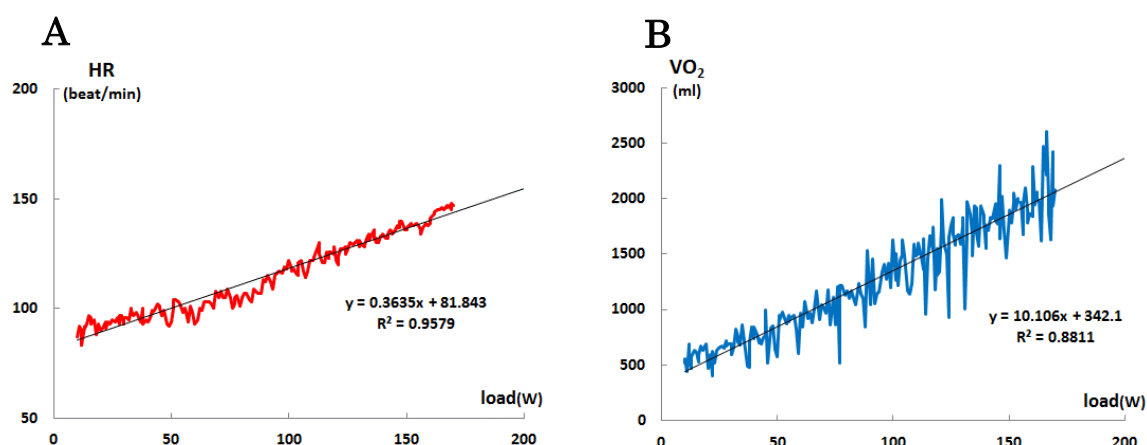


図 3-1. ある参加者における運動負荷試験の結果

A. 負荷—HR の関係、B. 負荷— VO_2 の関係

2.4 エクササイズ再度遂行可能感 (Post Exercise Self-Efficacy)

本研究における PESE は、第 2 章で用いた PESE 尺度 (Matsuo et al., 2015, クロンバックの α (Cronbach, 1951) = 0.92) と同様の尺度を使用し、30 分間のエクササイズ終了から 30 分後に記録した。

2.5 主観的反応の記録

本実験の主観的反応の記録についても第 2 章と同様に、エクササイズ実施時の身体的な疲労感の評価である Ratings of Perceived Exertion (RPE : Borg, 1982) と快感情の評価である Feeling Scale (FS : Hardy & Rejeski, 1989) の 2 種類の尺度を用いて記録した。

2.6 本実験のプロトコル

本実験のプロトコルを図 3-2 に示した。参加者は心電図測定用電極と呼気採取用マスクを装着し、椅坐位にてエクササイズ前の安静状態を 20 分間保った。20 分が経過した時点で FS を記録し、エクササイズ開始 1 分前に自転車エルゴメーターに移動し、実験開始から 22 分が経過した時点で 30 分間のエクササイズを開始した。エクササイズ中は 1 分間当たり 60 回転でペダルを漕いだ。自転車エルゴメーターの負荷は、最初の 4 分間は 1 分毎に各参加者の設定負荷の 20%・40%・60%・80%で、残りの 26 分間は設定した負荷 (100%) でエクササイズを実施した。エクササイズ終了直後に自転車エルゴメーターに乗車した状態で RPE と FS を記録した。その後、再び移動し、椅坐位にてエクササイズ後の安静状態を 30 分間保ち、30 分が経過した時点で PESE と FS を参加者に評価してもらい、記録した。

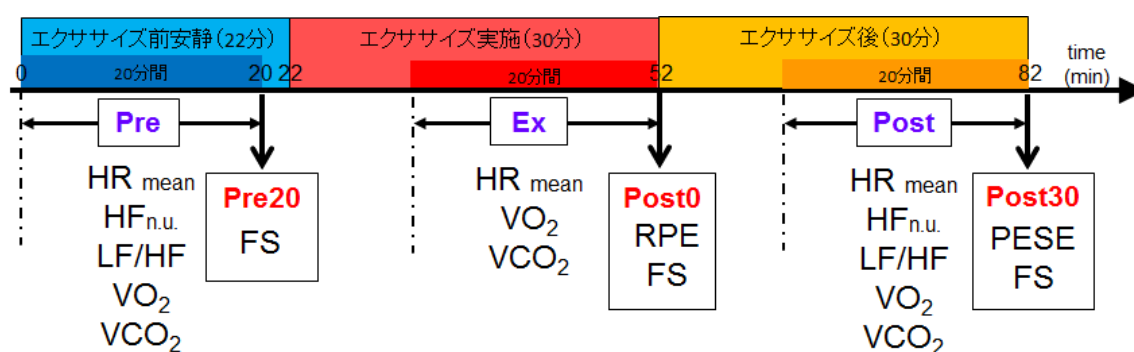


図 3-2. エクササイズ試験のプロトコル

本実験はエクササイズ前安静 (Pre)、エクササイズ実施 (Ex)、エクササイズ後安静 (Post) の 3 つのセッションからなる。

Pre20: エクササイズ前安静開始から 20 分後、Post0: エクササイズ終了直後、Post30: エクササイズ終了 30 分後、HR_{mean}: 心拍数 (Heart rate) の平均値、HF/total: High-frequency/total power (副交感神経活動)、LF/HF: Low-frequency/High-frequency (交感神経活動指標)、VO₂: 酸素摂取量、VCO₂: 二酸化炭素排出量、RPE: Rating of perceived exertion、FS: Feeling Scale

2.7 生理的反応の記録および分析

エクササイズ試験中の生理的反応を運動負荷試験と同じシステムで測定した。HR は記録した心電図データの RRI から算出した。参加者の主観的反応の記録のための動作や、椅子と自転車エルゴメーター間の移動に伴う動作の影響が入らない安定したデータの区間として、エクササイズ前安静 (Pre)、エクササイズ中 (Ex)、エクササイズ後安静 (Post) 各 20 分間のデータを取り出して平均 HR (HR_{mean}) を算出した。実験終了後、安静時の HR と最大 HR ($220 - \text{年齢}$) との差である予備心拍数 (Heart rate reserve : HRR) に基づく相対的なエクササイズ中の運動強度 (%HRR) を求めた。

次に、この安定した 20 分間の HRV のパワースペクトルから、第 2 章と同様の解析方法を用いて、低周波成分 (Low-frequency: LF: 0.04-0.15Hz) と高周波成分 (High-frequency: HF: 0.15-0.4Hz) を算出し、 $HF_{n.u.}$ を副交感神経の活動、LF/HF を交感神経の活動とした (TaskForce, 1996)。

一呼吸ごとの VO_2 と VCO_2 については、まず 1 分間当たりの値を算出した。その後、 HR_{mean} と同様に移動等が影響しない安定した 20 分間のデータから Pre、Ex、Post における VO_2 と VCO_2 それぞれの平均値を算出した。

なお、本研究の主観的反応と生理的反応については第 2 章と同様の項目、時点、区間で評価し、生理的反応には、 VO_2 と VCO_2 を加えた。

2.8 統計解析

参加者の特性は、運動習慣 (エクササイズ群、対照群) および性別 (女性、男性) を要因とした二元配置分散分析を用いて比較した。エクササイズ試験中の運動負荷 (W)、運動強度 (%HRR) および体重あたりの VO_{2max} の両群間の比較には、独立 2 群の t 検定を行った。また、FS と生理的反応については、時間 (FS ; Pre20、Post0、Post30、生理的反応 ; Pre、Ex、Post) と運動習慣 (エクササイズ群、対照群) を要因とした反復測定二要因分散分析を行った。多重比較が必要な場合は Bonferroni の補正をした対応のある t 検定で評価した。

さらに、運動習慣の有無による PESE と関連する要因について詳細な検討を行うこととした。なお、両群ともにサンプル数が 13 であり、統計的には重回帰分析が行えないため、本章では、従属変数を PESE とした単回帰分析を行った。説明変数は参加者の身体的特性 (BMI)、エクササイズ前安静時の主観的および生理的反応 (Pre の HR_{mean} 、 $HF_{n.u.}$ 、LF/HF、Pre20 の FS)、エクササイズ実施時の主観的および生理的反応 (Ex の HR_{mean} 、Post0 の RPE、FS)、エクササイズ後安静時の主観的および生理的反応 (Post の HR_{mean} 、 $HF_{n.u.}$ 、LF/HF、Post30 の FS) とした。

全ての統計解析は SPSS Statistics 19.0 (IBM SPSS) を用いて行った。統計の有意水準は 5%未満 ($p < 0.05$) とし、データは平均値 \pm SD として示した。

3. 結果

3.1 参加者の特性の比較

表 3-1 に参加者の特性を示した。身長 ($F_{1,22}=13.64$, $p<0.05$, $\eta^2_p=0.38$) と体重 ($F_{1,22}=11.37$, $p<0.05$, $\eta^2_p=0.34$)、体重あたりの VO_{2max} ($F_{1,22}=29.98$, $p<0.05$, $\eta^2_p=0.57$) において、性別による有意な影響が示された。また、実験開始前に質問紙によって調査した 1 週間当たりのエクササイズ量は参加者群に有意な主効果が示された ($F_{1,22}=22.93$, $p<0.05$, $\eta^2_p=0.51$)。運動習慣の有無によって参加者を募ったため当然の結果ではあったが、運動習慣のある人として募ったエクササイズ群のエクササイズによる身体活動量が推測された。

表 3-2 には、エクササイズ群と対照群における 30 分間のエクササイズ中の運動負荷と %HRR を示した。運動負荷はエクササイズ群が対照群よりも有意に高値を示した ($t_{24}=2.11$, $p<0.05$, $d=0.83$) が、%HRR には参加者群間に有意な差は示されなかった。この結果から、運動強度は同程度であったが、エクササイズ群ではそれに相当する負荷の値が大きく、体力レベルが優れていることが示された。

表 3-1. 参加者の特性

Group	Exercise (n=13)		Control (n=13)		Statistics ¹⁾	Effect Size η^2_p
	Female (n=7)	Male (n=6)	Female (n=7)	Male (n=6)		
Age (yrs)	21.2 \pm 1.0		21.2 \pm 1.4		NS	0.00
	21.4 \pm 0.8	21.0 \pm 1.3	21.7 \pm 0.5	20.7 \pm 1.9	NS	0.10
Height (cm)	165.5 \pm 9.0		164.6 \pm 6.2		NS	0.01
	160.6 \pm 5.4	171.1 \pm 9.5	160.9 \pm 5.0	168.8 \pm 4.6	$p<0.05$	0.38
Weight (kg)	57.7 \pm 8.8		56.3 \pm 8.3		NS	0.01
	53.1 \pm 6.9	62.9 \pm 8.1	51.9 \pm 6.6	61.4 \pm 7.5	$p<0.05$	0.34
BMI	21.0 \pm 2.2		20.7 \pm 2.2		NS	0.00
	20.6 \pm 2.3	21.5 \pm 2.1	20.0 \pm 2.0	20.7 \pm 2.2	NS	0.08
VO_{2max} (ml/kg/min)	44.3 \pm 52.5		40.2 \pm 62.6		NS	0.15
	39.8 \pm 5.1	49.5 \pm 5.8	34.5 \pm 2.9	46.9 \pm 6.4	$p<0.05$	0.58
Exercise (MET-h/wk)	30.6 \pm 19.3		5.0 \pm 6.5		$p<0.05$	0.51
	23.6 \pm 11.4	38.7 \pm 24.3	3.6 \pm 4.7	6.6 \pm 8.2	NS	0.11

Mean \pm SD.

1) 運動習慣（エクササイズ群 vs 対照群 [各項目上段]）および性別（女性 vs 男性 [各項目下段]）を要因とした二元配置分散分析 ($p<0.05$)

表 3-2. エクササイズ試験における運動負荷および運動強度

Group	Exercise (n=13)	Control (n=13)	Statistics ¹⁾	Effect Size <i>d</i>
Load (W)	84.5 ± 26.5	67.1 ± 13.5	p<0.05	0.82
%HRR	46.0 ± 7.6	44.6 ± 8.7	NS	0.17

Mean ± SD.

%HRR: %Heart rate reserve.

1) 独立 2 群 (エクササイズ群 vs 対照群) の *t* 検定 (p<0.05)

3.2 主観的反応およびエクササイズ再度遂行可能感の比較

表 3-3 に主観的反応である RPE と FS、および PESE を示した。RPE の結果からは、第 2 章のエクササイズと同様に参加者にとって「ややきつい」強度のエクササイズであったことが示された。FS は、時間による有意な主効果が示された (FS: $F_{2,24} = 3.56$, $p < 0.05$, $\eta^2_p = 0.13$) が、参加者群による有意な主効果と、時間と参加者群による有意な交互作用は示されなかった。多重比較の結果、FS は、エクササイズ 30 分後においてエクササイズ前よりも有意に高値であった ($t_{25} = -2.73$, $p < 0.05$, $d = 0.70$)。また、PESE は、対照群よりも運動習慣のあるエクササイズ群で有意に高いことが示された ($t_{24} = 2.95$, $p < 0.05$, $d = 1.17$)。このことは、運動習慣のある人のほうがエクササイズを再度遂行できるということがここに証明されている。

表 3-3. エクササイズ群と対照群における主観的反応および PESE

Group		Exercise (n=13)		Control (n=13)	
Subjective Responses	RPE	Post0	12.5 ± 2.3	13.8 ± 1.9	
	FS	Pre20	0.9 ± 1.2	0.9 ± 2.1	
		Post0	1.9 ± 2.2	1.9 ± 1.4	#
		Post30	1.9 ± 1.7	1.9 ± 1.5	
PESE (%)		Post30	86.2 ± 15.2	67.9 ± 16.2	*

Mean ± SD.

二要因分散分析による有意な時間の主効果 ($p < 0.05$)

* 独立 2 群 (エクササイズ群 vs 対照群) の *t* 検定 ($p < 0.05$)

3.3 生理的反応の比較

表 3-4 に生理的反応である HR_{mean} 、 $HF_{n.u.}$ 、 LF/HF および VO_2 、 VCO_2 を示した。 HR_{mean} ($F_{1,26,24} = 531.47$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.96$)、 $HF_{n.u.}$ ($F_{1,24} = 23.08$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.49$) および LF/HF ($F_{1,24} = 16.53$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.41$) は、ともに時間による有意な主効果が示されたが、参加者群による有意な主効果と、時間と参加者群による有意な交互作用は示されなかった。多重比較の結果、 HR_{mean} はエクササイズ中 (Ex) において、エクササイズ前安静時 (Pre) ($t_{25} = -23.13$, $p < 0.001$, $d = 6.94$) とエクササイズ後安静時 (Post) ($t_{25} = 26.10$, $p < 0.001$, $d = 6.56$) よりも有意に高く、またエクササイズ前安静時 (Pre) よりもエクササイズ後安静時 (Post) で有意に高かった ($t_{25} = -4.57$, $p < 0.001$, $d = 0.61$)。 $HF_{n.u.}$ は、エクササイズ後安静時 (Post) においてエクササイズ前安静時 (Pre) よりも有意に低く ($t_{25} = 4.89$, $p < 0.001$, $d = 0.70$)、 LF/HF はエクササイズ後安静時 (Post) においてエクササイズ前安静時 (Pre) よりも有意に高値であった ($t_{25} = -4.09$, $p < 0.001$, $d = 0.76$)。

VO_2 ($F_{1,01,24} = 502.64$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.95$) と VCO_2 ($F_{1,01,24} = 401.55$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.94$) はともに、時間による有意な主効果と、時間と参加者群による有意な交互作用が示された (VO_2 : $F_{2,24} = 6.23$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = 0.21$; VCO_2 : $F_{2,24} = 3.41$, $p < 0.05$, $\eta^2_p = 0.12$) が、参加者群による有意な主効果は示されなかった。多重比較の結果、 VO_2 と VCO_2 とともに、エクササイズ中 (Ex) においてエクササイズ前安静時 (Pre) (VO_2 : $t_{25} = -20.26$, $p < 0.001$, $d = 5.10$; VCO_2 : $t_{25} = -18.99$, $p < 0.001$, $d = 4.80$) とエクササイズ後安静時 (Post) (VO_2 : $t_{25} = 20.57$, $p < 0.001$, $d = 5.08$; VCO_2 : $t_{25} = 19.35$, $p < 0.001$, $d = 4.82$) よりも有意に高値を示した。さらに、 VO_2 ($t_{24} = 2.34$, $p < 0.05$, $d = 0.92$) は、エクササイズ中 (Ex) においてエクササイズ群が対照群よりも有意に高値であった。同じ区間の VCO_2 については、エクササイズ群が対照群よりも高い傾向ではあったが、有意差は示されなかった。

この結果は、エクササイズ前後の時間に伴う変動が、エクササイズ群と対照群で異なり、特にエクササイズ群の方が対照群よりも酸素摂取量が高く、二酸化炭素排出量も高い傾向であったことから、生理的には対照群よりも楽にエクササイズが行えていたことが推察される。

以上のように、エクササイズ群と対照群の主観的および生理的反応と PESE を比較検討した結果、エクササイズはほぼ同等の運動強度で行えており、主観的反応には参加者群間で有意な差は示されなかった。しかし、エクササイズ群では、エクササイズ再度遂行可能感の PESE と生理的反応であるエクササイズ中の酸素摂取量が有意に高かった。このような主観的および生理的反応が PESE と関連する可能性があると考え、次に、エクササイズ群と対照群それぞれの PESE と関連する要因について検討するために、PESE を従属変数とした単回帰分析を行った。

表 3-4. エクササイズ群と対照群における生理的反応

Group			Exercise (n=13)	Control (n=13)	
Physiological Responses	HR _{mean} (bpm)	Pre	63.3 ± 9.9	68.8 ± 6.5	
		Ex	126.0 ± 8.9	127.2 ± 8.9	#
		Post	68.2 ± 9.6	74.3 ± 5.0	
	HF _{n.u.}	Pre	0.51 ± 0.21	0.40 ± 0.20	
		Post	0.45 ± 0.13	0.32 ± 0.12	#
	LF/HF	Pre	1.39 ± 1.23	1.40 ± 0.77	
		Post	2.10 ± 1.44	2.49 ± 1.26	#
	VO ₂	Pre	228.2 ± 30.5	221.4 ± 46.1	
		Ex	1258.9 ± 268.3	1044.4 ± 193.9	# *
		Post	234.0 ± 28.7	223.5 ± 45.3	
	VCO ₂	Pre	188.5 ± 26.0	188.6 ± 41.7	
		Ex	1154.4 ± 289.1	987.1 ± 199.4	#
		Post	189.3 ± 31.6	180.0 ± 39.0	

Mean ± SD.

二要因分散分析による有意な時間の主効果 ($p < 0.05$),

* 独立 2 群 (エクササイズ群 vs 対照群) の t 検定 ($p < 0.05$)

3.4 エクササイズ群と対照群におけるエクササイズ再度遂行可能感と関連する要因

表 3-5 に、エクササイズ群と対照群における PESE を従属変数とした単回帰分析の全ての結果を示した。第 2 章で PESE と有意な関連性が示されたエクササイズ後安静時(Post)の HF_{n.u.}には、両群ともに有意な関連性は示されなかった。

表 3-5. エクササイズ群と対照群における単回帰分析の結果

Dependent variable : PESE		Exercise (n=13)		Control (n=13)	
		Correlation coefficient (r)	Statistics	Correlation coefficient (r)	Statistics
BMI		-0.104	0.736	0.584	0.036 *
RPE	Post0	-0.551	0.051	-0.584	0.036 *
FS	Pre20	0.296	0.326	0.078	0.800
	Post0	0.589	0.034 *	0.314	0.297
	Post30	-0.002	0.996	-0.016	0.959
HR _{mean}	Pre	0.173	0.571	0.347	0.245
	Ex	-0.658	0.014 *	-0.104	0.736
	Post	-0.275	0.363	0.196	0.521
HF _{n.u.}	Pre	-0.438	0.135	0.264	0.383
	Post	0.035	0.910	0.273	0.366
LF/HF	Pre	0.472	0.104	-0.363	0.223
	Post	-0.274	0.365	-0.374	0.208
VO ₂	Pre	-0.126	0.683	0.328	0.273
	Ex	-0.192	0.529	0.424	0.148
	Post	0.010	0.974	0.367	0.217
VCO ₂	Pre	-0.311	0.301	0.254	0.403
	Ex	-0.333	0.267	0.419	0.154
	Post	-0.056	0.857	0.365	0.220

* : p<0.05

3.5 エクササイズ群におけるエクササイズ再度遂行可能感と関連する要因

表 3-6 に、エクササイズ群の PESE との単回帰分析における有意な結果を示した。また、図 3-3 には PESE と有意に関連する要因として挙げた変数との関係について示した。エクササイズ群の PESE と有意に関連する要因には、エクササイズ中 (Ex) の HR_{mean} ($r = -0.658, p < 0.05$) が負に、エクササイズ直後 (Post0) の FS ($r = 0.589, p < 0.05$) が正に関連していた。

つまり、運動習慣のある人では、エクササイズ中の HR が低く、エクササイズ直後に気分が良いことが、エクササイズ再度遂行感を高め、日常的なエクササイズの継続を促進させる要因であることを意味する。

表 3-6. エクササイズ群の PESE との単回帰分析における有意な結果

Dependent variable: PESE	Variable	Correlation coefficient (r)	Statistics
Exercise (n=13)	HR_{mean} in Ex	-0.658	0.014 *
	FS at Post0	0.589	0.034 *

* : $p < 0.05$

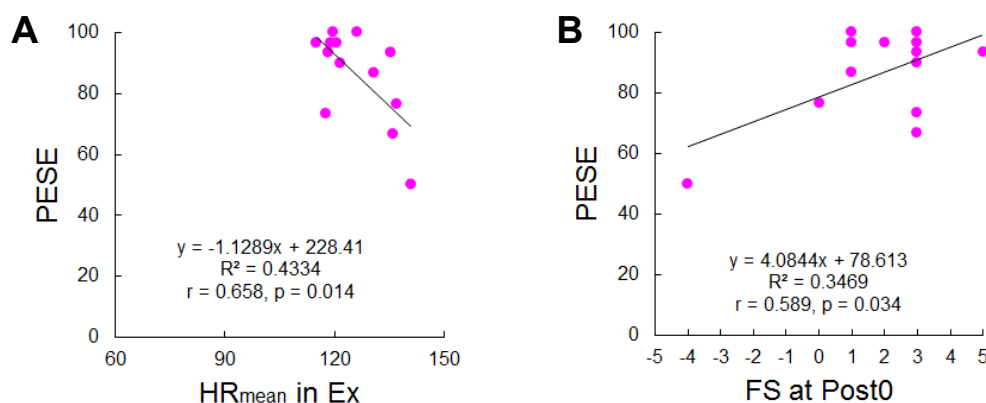


図 3-3. A. エクササイズ群における PESE とエクササイズ中の HR_{mean} との関係
B. エクササイズ群における PESE とエクササイズ直後の FS との関係

3.6 対照群におけるエクササイズ再度遂行可能感と関連する要因

表 3-7 に、対照群の PESE との単回帰分析における有意な結果を示した。また、図 3-4 には PESE と有意に関連する要因として挙げた変数との関係について示した。

エクササイズ群の PESE と有意に関連する要因には、BMI ($r = 0.584$, $p < 0.05$) が正に、エクササイズ直後 (Post0) の RPE ($r = 0.589$, $p < 0.05$) が負に関連していた。

つまり、運動習慣のない人では、BMI は 16.2~24.2 の範囲だったため、この中での BMI が高い人や、エクササイズ直後の身体的な疲労感が少ないことが、エクササイズを再度遂行でき、継続を促進させる要因であることを意味する。

表 3-7. 対照群の PESE との単回帰分析における有意な結果

Dependent variable: PESE	Variable	Correlation coefficient (r)	Statistics
Control (n=13)	BMI	0.584	0.036 *
	RPE at Post0	-0.584	0.036 *

* : $p < 0.05$

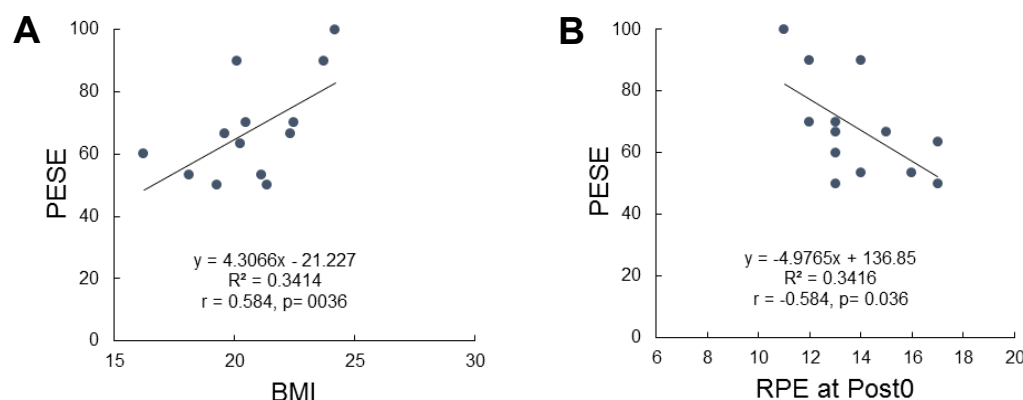


図 3-4. A. 対照群における PESE と BMI との関係
B. 対照群における PESE とエクササイズ直後の RPE との関係

4. 考察

4.1 運動習慣の有無による主観的および生理的反応

エクササイズ群と対照群は体格の類似した参加者を募ったため、参加者群間ではほぼ同じ体格であった。一方、参加者群間では運動習慣に顕著な差が認められた。これらのことから、本研究において参加者群は適切な集団であったことが示された。また、参加者群において、各々の HR を用いて運動強度が同等になるように設定したため、エクササイズ中の %HRR は参加者群間でほぼ同じであった。一方でそれに相当する負荷値はエクササイズ群が対照群よりも高値であった。ここには、日常的に運動習慣のある人は運動習慣のない人よりも筋量が多く、脚筋力や体力レベルが優れていることが反映されていると考えられる。しかし、全身持久力の指標である（勝田ら, 2007） VO_{2max} は、エクササイズ群が対照群よりも有意に高くなることを予測していたが、有意差はなく、高い傾向のみ示された。このことに疑問を持ったため、エクササイズ群が行っているエクササイズの内容を確認したところ、ランニングや水泳の他、野球や筋力トレーニング、バスケットボールなど多種多様なエクササイズであった。エクササイズ群では運動習慣はあるものの、必ずしも全員が全身持久能力を鍛えるようなエクササイズを行っているわけではないことがこの結果に反映されているのであろう。

主観的反応の快感情を評価する FS は、参加者群に有意な主効果は示されなかった。このことから、本研究のような対象者に同程度の運動強度でエクササイズを行った場合の快感情の評価には、運動習慣の有無による違いはないことが考えられた。その一方で、PESE には参加者群による有意な主効果が示され、エクササイズ群が対照群よりも有意に高かった。これらの結果は、エクササイズ実施時の主観的反応は同等であるにもかかわらず、PESE が対照群よりもエクササイズ群で顕著に高いことが証明された。日常的に運動習慣のある人は遂行したエクササイズに対する PESE、つまり再度遂行可能感が高く、行ったばかりのエクササイズを再度遂行できるという遂行可能感や、より強い確信や予測を持っていることが先行研究（McAuley et al., 2003; McAuley et al., 1993）からも考えられる。しかしながら、エクササイズ群と対照群の PESE の顕著な違いには、主観的反応以外の別の背景が存在する可能性が考えられる。そこで、運動習慣の有無と PESE との関係性や背景をさらに調べるために、生理的反応に着目した。

HR には、参加者群による有意な主効果が示されなかったことは、HR を用いて参加者全員のエクササイズ試験の運動強度が同等になるように設定したためであり、本研究における運動強度の設定が適切であったことを示していた。一方、 VO_2 と VCO_2 は時間と参加者群との有意な交互作用が認められ、エクササイズ中の VO_2 には参加者群間に有意な差が示された。これは、エクササイズ中の VO_2 がエクササイズ群において対照群よりも特に高く、 VCO_2 は高い傾向にあったことを示している。この結果からは、エクササイズ群は対照群よりも、エクササイズ中の酸素の取り込みが多く行えており、生理機能的には楽に

エクササイズを行っていたことが推察される。前述の通り、エクササイズ群は様々なエクササイズを運動習慣として行っているため、 VO_{2max} には参加者群間で顕著な差がなかったことが考えられるが、運動習慣のない人よりは、全身持久力が比較的優れていることが考えられる。全身持久力は、有酸素性の能力のことであり、トレーニングを積むことで心肺機能が強化され、酸素運搬能力が高まる（勝田ら, 2007）。このことから、全身持久力を鍛えるようなエクササイズではなくても、エクササイズ群は日常的に行っているエクササイズによって呼吸循環器系が鍛えられ、肺の容量や1回拍出量が多くなり、エクササイズ中の酸素の取り込み能が高まったことが示唆された。

また、LF/HF と HFnuには参加者群による有意な影響は示されなかった。しかし、エクササイズ群は対照群に比べて HFnuが高く、エクササイズ前の安静時の HR も低い傾向が示された。これは、運動習慣によって副交感神経活動水準が亢進され、HF パワーが上昇し、安静時の HR が低下するという先行研究（Sakuragi & Sugiyama, 2002; Melanson, 2000）と一致する。ただし、この安静時 HR の上昇と下降および、交感神経活動と副交感神経活動との関係には個人間や個人内での変動が大きいとされている（山路, 2013）。本研究は同一の個人内でのトレーニング効果を調べたものではなく、別の個人間による比較を行ったものであったため、有意な差が認められなかったのかもしれない。

4.2 エクササイズ再度遂行可能感と関連する要因

次に、エクササイズ群と対照群において、エクササイズ再度遂行可能感である PESE と関連する要因を単回帰分析によって検討した。その結果、エクササイズ群の PESE には、エクササイズ中の HR_{mean} が負に、エクササイズ直後の FS が正に関連していた。すなわち、運動習慣のある人では、エクササイズ中の HR が低く、エクササイズ直後に気分が良いと感じることがエクササイズの継続を促進させ、運動習慣の継続につながる要因であることが考えられた。

これらの結果は、エクササイズ群が定期的に行っているエクササイズによって、エクササイズ中の HR が低く、エクササイズ後の快感情が変化したことに起因することが考えられる。前述の通り、様々なエクササイズを実施しているエクササイズ群のエクササイズ中の HR とエクササイズの種目とを確認したところ、ランニングや水泳、あるいはロードバイクやトレーニングジムでの有酸素性のプログラム実施者において、エクササイズ中の HR が比較的低かった。これらの種目は、いずれも有酸素性の能力が鍛えられるエクササイズであり、継続年数や実施頻度は異なるものの、運動習慣として行っているエクササイズの効果による可能性がある。また、ロードバイクなどは屋外で自転車を漕ぐエクササイズであるが、本研究で使用した自転車エルゴメーターと動きはほぼ同じである。そのため、実験とはいえ、慣れている動作によって違和感なく、いつも通りのエクササイズを行えたこともエクササイズ中の HR を低く保てた一因かもしれない。また、エクササイズを定期的にある一定期間続けていくと、不安や落ち込み、抑うつなどが改善されることが分かっ

ている (Sakuragi & Sugiyama, 2002; Garber et al., 2011)。エクササイズ群は、各々のエクササイズを一定期間、継続して実施したことでエクササイズ後の気分が良くなることを実感し、それが運動習慣につながっていることが示唆された。

次に、対照群の PESE には、BMI が正に、エクササイズ直後の RPE が負に関連していた。すなわち、運動習慣のない人では、BMI は 16.2~24.2 の範囲だったため、この範囲の中での BMI が高い人や、エクササイズ直後の身体的な疲労感が少ないことが、エクササイズを再度遂行でき、継続を促進させる要因であることが考えられた。

先行研究では、RPE と ESE には高い関連性がある (Ekkekakis & Petruzzello, 1999) ことが報告されている。本研究においても、エクササイズ直後の RPE が関連していたことから、RPE が PESE と関連することは予想通りの結果であった。しかし、エクササイズ群では PESE と RPE との有意な関連性は認められなかった。対照群では、身体的に「きつい、疲れた」と感じるほど、PESE が低くなり、「楽である」と感じるほど、PESE は高くなることが本研究結果に示されている。しかし、エクササイズ群では、エクササイズ直後に RPE=16 であり、「きつい~かなりきつい」の間を評価した人が必ずしも PESE を低く評価しているわけではなく、本研究の中等度のエクササイズが身体的にきつくても、楽でも、ほとんどの人の PESE は 70%以上であった。このことが、エクササイズ群において PESE と RPE との関連性が見られなかった理由として挙げられる。運動習慣のある人では、本研究の中等度のエクササイズは身体的な疲労感があっても再度継続できるものであり、自身の行っているエクササイズの強度と同じか、あるいはそれよりも低強度であったことが考えられる。より高強度のエクササイズを実施することで、運動習慣のある人の PESE と RPE との関連性が見られるのかもしれない。しかし、低強度のエクササイズでは RPE と ESE との相関があるものの、高強度のエクササイズではその関連性は示されないといった報告 (Hall et al., 2005) もある。RPE がより高くなるような運動強度や運動の種類によってはその関係性が弱くなることも考えられるため、エクササイズの設定は慎重に考えるべきであろう。

また、BMI の高い人ほどエクササイズ再度遂行可能感が高いことについて考察する。対照群の BMI は、16.2~24.2 の範囲であり、やせ (BMI<18.5) が 2 名、それ以外は全員普通 ($18.5 \leq \text{BMI} < 25$) の体格に分類された。対照群の中での分布をみると、やせ 2 名が PESE を低く評価し、反対に BMI が高い 2 人 (BMI=24.2、23.7) が PESE を高く評価していた。本研究では、エクササイズ群と類似した体格の対照群を募ったため、BMI の分布はエクササイズ群もほぼ同じであった。しかし、エクササイズ群ではやせに分類される人でも PESE を高く評価しており、ランニングなどを運動習慣としていた。運動習慣のない人では、BMI が「やせ」であることがエクササイズを再度遂行できない、すなわち、運動習慣が身に付かない一因となっていることが考えられる。

5. まとめ

本章では、運動習慣の有無によるエクササイズ再度遂行可能感、主観的および生理的反応の違いと、運動習慣の有無によるエクササイズ再度遂行可能感と関連する要因について、次のような結果が得られた。

エクササイズ再度遂行可能感は、運動習慣のある人が明らかに高値であった。さらに、生理的反応であるエクササイズ中の酸素摂取量についても運動習慣のある人が有意に高かった。しかし、主観的反応には運動習慣の有無による違いは示されなかった。さらに、運動習慣のある人と運動習慣のない人、それぞれの PESE と関連する要因を検討した。運動習慣のある人では、エクササイズ中の HR が低いことや、エクササイズ直後に気分が良いと感じることがエクササイズの継続に関連し、運動習慣の継続につながる要因であることが示された。さらに、運動習慣のない人では、BMI が高い人、つまり本研究では適正な体格である人や、エクササイズ直後に身体的な疲労が少ないことがエクササイズを再度遂行でき、エクササイズの継続の促進に関連する要因であることが示された。

なお、第 3 章の一部については、以下の論文に掲載済みである。

松尾絵梨子, 松原茂, 志賀清悟, 山中健太郎. 日常的な運動習慣の有無による主観的および生理的反応がエクササイズ後の自己効力感に及ぼす影響. 昭和女子大学大学院生活機構研究科紀要. 2016, 25, 21-33.

第 4 章

総 括 論 議

第4章 総括論議

1. 本研究のまとめ

エクササイズの実施や継続は、人の心身の健康に対して多くの有益性があることが知られているにもかかわらず、様々な阻害要因によって実践することは困難である。この要因を明らかにするために、本研究では、エクササイズの実施や継続において重要な決定因子である **ESE** を用いて、エクササイズ実施時の **ESE** とエクササイズの実施に伴う主観的および生理的反応との関連性を探り、**ESE** に影響を及ぼす個人に内在する要因（エクササイズの継続的な実施を阻害または促進する要因）を明らかにすることを目的とした。

まず、第1章では、身体活動とエクササイズ実施の重要性と現状について、健康の維持・増進を目的としたエクササイズの有益性や施策、運動習慣の実施状況とその問題点、エクササイズの実施や継続を阻害する、あるいは促進する個人的・社会的・環境的要因を本研究の背景として、先行研究を概観した。次に、エクササイズの継続的な実施を促進するための重要な指標とされる、エクササイズに対する自己効力感（遂行可能感）（**Exercise Self-Efficacy : ESE**）について、エクササイズ実施時の気分や感情、情動など主観的反応との関連性を示し、さらに、このような主観的反応と心拍数（**HR**）や自律神経活動など生理的反応との関連性についても先行研究をまとめた。これらのことから、エクササイズの阻害や促進要因には、社会的・環境的要因だけではなく、エクササイズ実施時の個人に内在する主観的および生理的反応が関係している可能性がある。しかし、**ESE** と主観的および生理的反応、特に自律神経活動との関連性について同時に評価した研究は見当たらない。そこで、本研究では、エクササイズ実施時の **ESE** と主観的および生理的反応との相互の関連性の解明に焦点を当てて、研究を行った。

第2章では、研究1として、同程度の運動強度でエクササイズを行った場合でも、その時の主観的および生理的反応が個人内や個人間で異なることが **ESE** に影響を及ぼす可能性があることに着目し、運動習慣のない大学生43名（女性28名、男性15名）を対象に研究を行った。

生理的尺度で中等度の運動強度に合わせたエクササイズを行い、「今、行ったエクササイズを再度遂行できる」というエクササイズ再度遂行可能感（**Post Exercise Self-Efficacy : PESE**）と主観的および生理的反応との関連性について検討した。参加者は22分間の椅坐位安静を保った後、中等度の強度（予備心拍数の40%）で自転車エルゴメーターによる30分間のエクササイズを実施し、エクササイズの終了から椅坐位安静を30分間保った。実験中は、**HR** を計測し、主観的反応として主観的運動強度（**RPE**）と快感情尺度（**FS**）を記録した。得られた **HR** データから自律神経活動は、エクササイズ前・後の安静時の副交

感神経活動 ($HF_{n.u.}$) と交感神経活動 (LF/HF) によって評価した。PESE は、エクササイズ終了 30 分後に評価した。PESE を従属変数とし、BMI とエクササイズ実施時の主観的および生理的反応を説明変数としたステップワイズ法による重回帰分析を行った。その結果、PESE はエクササイズ直後の RPE と負に、エクササイズ直後の FS と正に、エクササイズ後安静時の $HF_{n.u.}$ と負に関連していた。つまり、エクササイズ直後に身体的な疲労が少なく、エクササイズ直後に気分が良いと感じ、エクササイズ後安静時に副交感神経が抑制、つまり交感神経優位であることが、エクササイズ実施後の高いエクササイズ再度遂行可能感と関連することが示された。これらの関連性を検討した研究は、本研究が初めてである。この結果より、PESE はエクササイズによる主観的な反応だけではなく、エクササイズ後の副交感神経活動、つまり生理的反応とも関連することがわかった。すなわち、この手法を用いて ESE と関連する要因を実験的に検証できる可能性が示された。

しかし、研究 1 の対象者は、定期的なエクササイズやスポーツ等を行っていない人であったため、運動習慣の有無による PESE、主観的および生理的反応の違いや、PESE と関連する要因については不明であった。

第 3 章では、研究 2 として、予め質問紙によって日常の運動習慣を確認し、運動習慣を有するエクササイズ群 (女性 7 名、男性 6 名) と運動習慣のない対照群 (女性 7 名、男性 6 名) を対象とし、運動習慣の有無による PESE、主観的および生理的反応の違いと、PESE と関連する要因について検討した。まず、参加者は運動負荷試験により、第 2 章と同程度の中等度の運動強度に対応した自転車エルゴメーターの負荷量を規定した。その後、第 2 章と同様のプロトコルで 30 分間のエクササイズを実施した。PESE と主観的反応 (RPE、FS)、生理的反応 (HR、 $HF_{n.u.}$ 、 LF/HF) についても同様に記録した。また、生理的反応には酸素摂取量 (VO_2) と二酸化炭素排出量 (VCO_2) を加え、エクササイズ前・中・後のデータを記録した。その結果、PESE はエクササイズ群で明らかに高値であった。さらに、生理的反応であるエクササイズ中の VO_2 についてもエクササイズ群が有意に高かった。しかし、主観的反応には運動習慣の有無による違いは示されなかった。さらに、エクササイズ群と対照群、それぞれの PESE と関連する要因を検討するため、単回帰分析を行った。重回帰分析は対象者数が少ないため行わなかった。その結果、エクササイズ群の PESE には、エクササイズ中の心拍数の平均値 (HR_{mean}) が負に、エクササイズ直後の FS が正に関連していた。すなわち、運動習慣のある人では、エクササイズ中の HR が低く、エクササイズ直後に気分が良いと感じることが、エクササイズの継続に関連し、運動習慣の継続につながる要因であることが示された。一方、対照群の PESE には、BMI が正に、エクササイズ直後の RPE が負に関連していた。すなわち、運動習慣のない人では、BMI が高い人、つまり本研究では適正な体格である人や、エクササイズ直後に身体的な疲労が少ないことがエクササイズを再度遂行でき、エクササイズの継続の促進に関連する要因であることが示された。

2. 研究 1 と研究 2 の結果の相違点について

研究 1 と研究 2 で示された結果には、共通点だけではなく、相違点も見られた。この相違点について考察する。

まず、研究 1 では、運動習慣のない人の PESE に関連する要因の一つとしてエクササイズ後安静時の副交感神経活動（HF_{n.u.}）が示されたが、研究 2 では示されなかった。図 4-1 には、研究 1 と研究 2 における PESE と副交感神経活動との関係を示した。研究 1 では、エクササイズ後安静時の副交感神経が優位な者も含め、PESE を極端に低く評価した者が 4 名ほど存在した。しかし、研究 2 の運動習慣のない人では、研究 1 のようにエクササイズ後安静時の副交感神経が優位（HF_{n.u.} > 0.6）な者も、PESE を極端に低く評価する者もいなかった。これが、この 2 つの研究結果に相違点が生じた一つの理由と考えられる。研究 1 と研究 2 で計測した身体特性を比較したが、BMI や安静時の HR などに著しく異なる点は見られなかったため、現時点ではこの相違点に関する詳細については不明である。標本数の違い以外に、エクササイズに対する嗜好や運動経験など、本研究では調査できていない別の要因が背景にはあるのかもしれない。

また、図 4-1 のように、運動習慣のある人では大部分が、PESE を 100(%) 近くまで評価していた。そのため、運動習慣のある人の PESE と自律神経活動との関連性を検討する場合には、本研究における運動強度よりも高強度にするなど、いくつかの強度の違いによる検討が必要であろう。

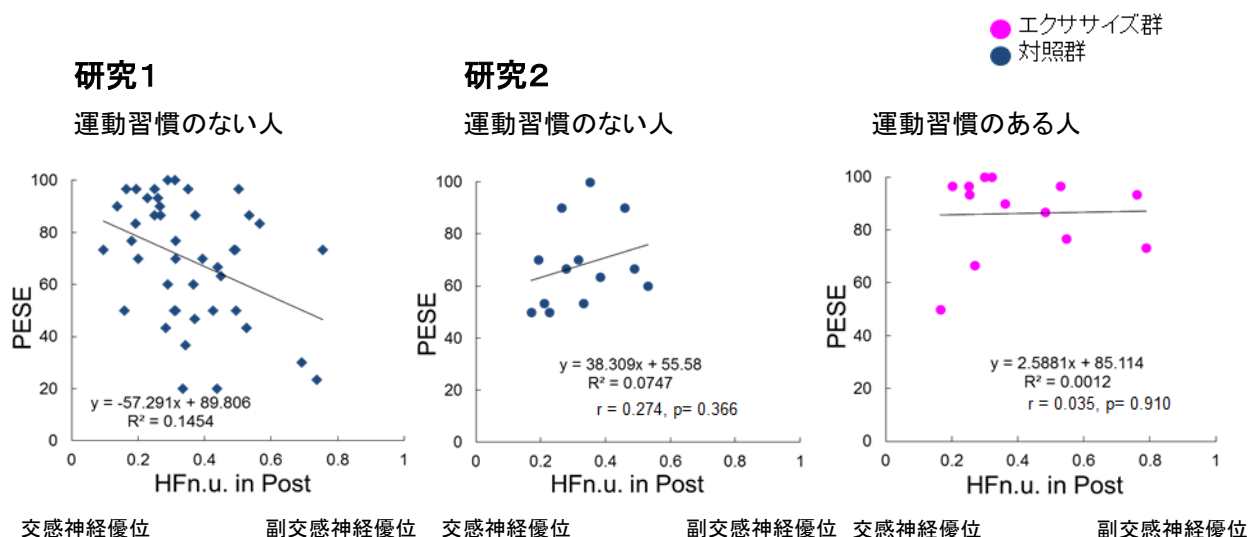


図 4-1. 研究 1 および研究 2 におけるエクササイズ再度遂行可能感（PESE）と副交感神経活動（HF_{n.u.}）との関係

次に、研究 2 における運動習慣のない人では、PESE と BMI が関連していたが、研究 1 では関連性が示されなかった。図 4-2 には、研究 1 と研究 2 における PESE と BMI との関係を示した。

まず、研究 1 の参加者の BMI を確認したところ、4 人が「やせ」(BMI 16.0~18.5)、5 人が「肥満 1 度」(BMI 25~30) に分類されたが、やせや肥満の者が PESE を極端に低く評価したわけでもないため、ここでは関連性が示されなかった。しかし、研究 2 では、運動習慣のないやせ (16.2) の人が PESE を低く評価しており、BMI の分類では普通であるが、この集団の中では高めである人が PESE を高く評価していた。このことが、研究 1 と研究 2 における結果の相違を生み出していた。運動習慣のない人の中には様々な属性の人が含まれていることが考えられるため、前述のように、より詳細なプロフィールの調査が必要であろう。また、BMI が 16.0 未満や 30 以上のような、より広範囲な BMI の参加者に対して同じエクササイズを行った際には、より顕著な関連性が示されることも考えられる。

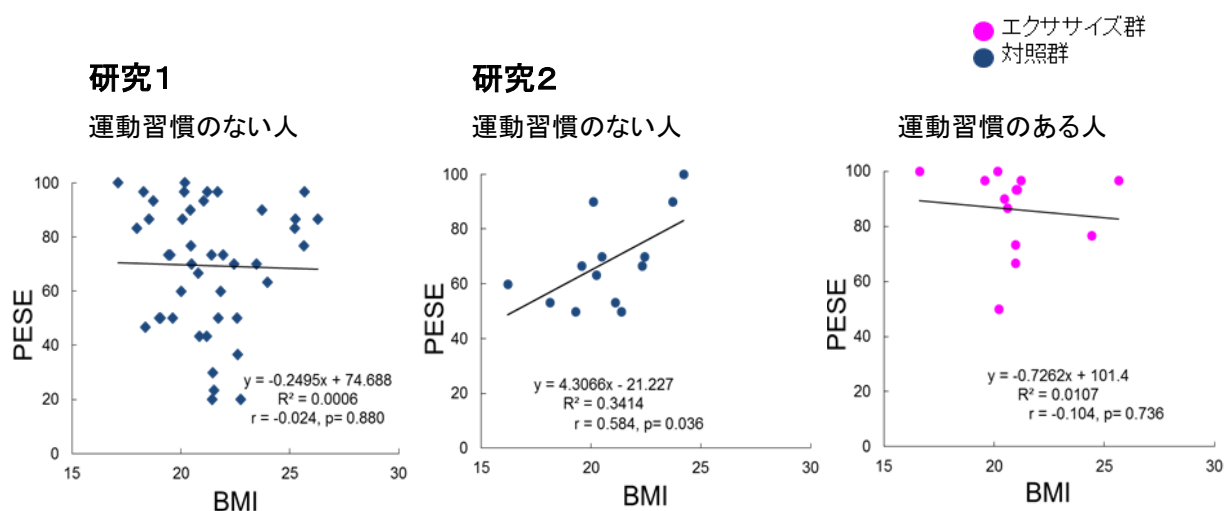


図 4-2. 研究 1 および研究 2 におけるエクササイズ再度遂行可能感 (PESE) と BMI との関係

3. 本研究における限界と今後の課題

本研究結果にはいくつかの限界点や考慮しなければならない点もある。

まず、本研究の参加者はいずれも大学生であり、年齢幅が狭く限られた集団であることが挙げられる。そのため、本研究におけるエクササイズの影響が全年齢層の全ての人に当てはまるかどうかについては、一概には言えない。また、本研究では性差についての詳細な検討は行っていない。よって、年齢や性別、体格などによる様々な属性の参加者における検討が必要である。また、本研究結果の妥当性を高めるために、さらに参加者数を増やし、研究を進めていきたい。

次に、本研究の副交感神経活動および交換神経活動等の自律神経活動を HRV のパワースペクトル解析を用いて評価したことが限界点として挙げられる。この解析方法は、主に安静時における HR の自律神経調節を評価するために用いられている確立された非侵襲的工具 (TaskForce, 1996) であるが、この手法をエクササイズ中の自律神経調節の評価に用いることが妥当か否かは議論の分かれるところである (Sandercock & Brodie, 2006)。そのため、本研究ではエクササイズ中の HRV 指標を評価に用いなかった。今後は、Coarse graining spectral analysis (CGSA 法) (Yamamoto & Hughson, 1991) などの他の分析方法を用いてエクササイズ中の HRV 指標を評価することで、より詳細な自律神経活動の変化過程を確認していくことも可能となるであろう。

さらに、本研究の参加者に対しては、運動習慣の有無やエクササイズの内容等以外、詳細なプロフィールについて調査をしていない点も挙げられる。運動経験やエクササイズに対する嗜好、生活の状況など、参加者のプロフィールや当日の体調なども、PESE に影響することが考えられるため、今後は、これらについての詳細な検討も必要である。

本研究により、エクササイズの継続を促進させるための要因が一部明らかになった。実用化のためには、この知見を基にして、運動習慣のない人が「エクササイズを遂行できる」と感じるエクササイズの種類や主観的・生理的反応によるエクササイズを継続できる運動強度の設定方法を検討していきたい。さらに、「エクササイズを遂行できる」と感じるような音楽や香り、雰囲気などの環境づくりなどについても、より継続的な検討を行うことが必要であろう。

このように、これまでのエクササイズに関する知見とは異なる観点から、運動習慣が身につくエクササイズの開発など、新たなアプローチに繋がることが期待できるであろう。

4. 本研究の意味するところ

運動習慣のない人では、中等度のエクササイズに対する再度遂行可能感がエクササイズ実施時の主観的反応だけではなく、生理的反応、特に交感神経活動優位と関連することが示された。この結果は、本研究が初めて明らかにした。

さらに、運動習慣の有無によって、エクササイズを継続できる要因は異なることが明らかとなった。運動習慣のある人では、運動習慣の継続により HR や VO_2 などの生理的反応が変化し、気分が良いとすることが日常的なエクササイズの継続に関わる要因であることが推察された。また、運動習慣のない人に対しては、主観で合わせた運動強度で適度な疲労感が得られるようなエクササイズを行うことに加え、適正な体格を目指すなど健康的な身体づくりのサポートをしていくことが、エクササイズ再度遂行可能感を高め、日常的なエクササイズの継続を促す要因であることが示唆された。

参考文献

- American College of Sports Medicine 編, 日本体力医学会体力科学編集委員会 監訳. 運動処方指針—運動負荷試験と運動プログラム— (原書第 8 版). 東京, 南江堂, 2011.
- 青木邦男. 在宅高齢者の運動行動のステージと関連する要因. 体育学研究. 2005, 50(1), 13-26.
- 荒井弘和, 竹中晃二. 一過性運動に伴う感情: セルフ・エフィカシーとの関連および感情間の関連性. 体育学研究. 2010, 55, 111-123.
- Bandura, A. Self-efficacy: The exercise of control, New York, Freeman, 1997.
- Bandura, A. Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychol Rev.* 1977, 84, 191-215.
- Borg, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1982, 14, 377-381.
- Christie, I. C., and Friedman, B. H. Autonomic specificity of discrete emotion and dimensions of affective space: a multivariate approach. *Int. J. Psychophysiol.* 2004, 51, 143-153.
- Cottin, F., Médigue, C., Leprêtre, P. M., Papelier, Y., Koralsztejn, J. P., and Billat, V. Heart rate variability during exercise performed below and above ventilatory threshold. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2004, 36, 594-600.
- Cronbach, L. J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika.* 1951, 16, 297-334.
- DaSilva, S. G., Guidetti, L., Buzzachera, C. F., Elsangedy, H. M., Krinski, K., De Campos, W., Goss, F. L., and Baldari, C. Psychophysiological responses to self-paced treadmill and overground exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2011, 43, 1114-1124.

- Ekkekakis, P., and Lind, E. Exercise does not feel the same when you are overweight: The impact of self-selected and imposed intensity on affect and exertion. *Int. J. Obesity*. 2006, 30, 652-660.
- Ekkekakis, P., Lind, E., and Vazou, S. Affective responses to increasing levels of exercise intensity in normal-weight, overweight, and obese middle-aged women. *Obesity*. 2009, 18, 79-85.
- Ekkekakis, P., and Petruzzello, S. J. Acute aerobic exercise and affect: current status, problems and prospects regarding dose-response. *Sports Med*. 1999, 28, 337-374.
- Eriko Matsuo, Shigeru Matsubara, Seigo Shiga, Kentaro Yamanaka. Relationships between psychophysiological responses to cycling exercise and post-exercise self-efficacy. *Front. Psychol*. 2015, 6: 1775.
- Ekman, P., Levenson, R. W., and Friesen, W. V. Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions. *Science*. 1983, 221, 1208-1210.
- Focht, B. C., Knapp, D. J., Gavin, T. P., Raedeke, T. D., and Hickner, R. C. Affective and self-efficacy responses to acute aerobic exercise in sedentary older and younger adults. *J. Aging Phys. Act*. 2007, 15, 123-138.
- Garber C. E., Blissmer B., Deschenes M. R., Franklin B. A., Lamonte M. J., Lee I. M., Nieman D. C., and Swain D. P. American College of Sports Medicine position stand: Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011, 43, 1334-1359.
- Haile, L., Goss, F. L., Robertson, R. J., Andreacci, J. L., Gallagher, Jr., M., and Nagle, E. F. Session perceived exertion and affective responses to self-selected and imposed cycle exercise of the same intensity in young men. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2013, 113, 1755-1765.
- Hall, E. E., Ekkekakis, P., and Petruzzello, S. J. Is the relationship of RPE to psychological factors intensity-dependent?. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2005, 37, 1365-1373.

Hardy, C. J., and Rejeski, W. J. Not what, but how one feels: the measurement of affect during exercise. *J Sport Exerc Psychol.* 1989, 11, 304-317.

Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., Macera, C. A., Heath, G. W., Thompson, P. D., and Bauman, A. Physical activity and public health: Updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation.* 2007, 116, 1081-1093.

Jerome, G. J., Marquez, D. X., McAuley, E., Canaklisova, S., Snook, E., and Vickers, M. Self-efficacy effects on feeling states in women. *Int. J. Behav. Med.* 2002, 9, 139-154.

勝田茂, 和田正信, 松永智. 入門運動生理学. 勝田茂. 第3版, 東京, 杏林書院, 2007.

Katula, J. A., Blissmer, B. J., and McAuley, E. Exercise intensity and self-efficacy effects on anxiety reduction in healthy, older adults. *J. Behav. Med.* 1999, 22, 233-247.

Kaufman, C., Berg, K., Noble, J., and Thomas, J. Ratings of perceived exertion of ACSM exercise guidelines in individuals varying in aerobic fitness. *Res. Q. Exerc. Sport.* 2006, 77, 122-130.

Kohl, H. W. III., Craig, C. L., Lambert, E. V., Inoue, S., Alkandari, J. R., Leetongin, G., and Kahlmeier, S. The pandemic of physical inactivity: global action for public health. *Lancet.* 2012, 380, 294-305.

厚生省. 21世紀における国民健康づくり運動（健康日本21）の推進について. 厚生省発健医第115号（平成12年3月31日）. 2000.

http://www1.mhlw.go.jp/topics/kenko21_11/pdf/t1.pdf

厚生労働省. 平成27年国民健康・栄養調査結果の概要. 2015.

<http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-10904750-Kenkoukyoku-Gantaisakukenkouzoushinka/kekkgaiyou.pdf>

厚生労働省. 健康づくりのための運動基準2006～身体活動・運動・体力～ 報告書.

<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/undou02/pdf/data.pdf>

厚生労働省. 健康づくりのための運動指針 2006 ～生活習慣病予防のために～＜エクササイズガイド 2006＞.

<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/undou01/pdf/data.pdf>

厚生労働省. 健康づくりのための身体活動指針（アクティブガイド）, 2013.

<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpr1.pdf>

厚生労働省. 健康づくりのための身体活動基準 2013.

<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpqt.pdf>

Kreibig, S. D. Autonomic nervous system activity in emotion: a review. *Biol. Psychol.* 2010, 84, 394-421.

Kwan, B. M., and Bryan, A. D. Affective response to exercise as a component of exercise motivation: Attitudes, norms, self-efficacy, and temporal stability of intentions. *Psychol Sport Exerc.* 2010, 11, 71-79.

前場康介, 竹中晃二. セルフ・エフィカシーの強化が高齢者の運動継続に及ぼす効果—メタ・アナリシスを用いた予備的検討—. *行動医学研究*, 2012, 18(1), 36-40.

Magnan, R. E., Kwan, B. M., and Bryan, A. D. Effects of current physical activity on affective response to exercise: Physical and social-cognitive mechanisms. *Psychol. Health.* 2013, 28, 418-433.

Marcus, B. H., and Owen, N. Motivational readiness, self-efficacy and decision-making for exercise. *J. Appl. Social Psychol.* 1992, 22, 3-16.

McAuley, E. Self-efficacy and the maintenance of exercise participation in older adults. *J. Behav. Med.* 1993, 16, 103-113.

McAuley, E., and Blissmer, B. Self-efficacy determinants and consequences of physical activity. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 2000, 28, 85-88.

McAuley, E., Blissmer, B., Katula, J., and Duncan, T. E. Exercise environment, self-efficacy, and affective responses to acute exercise in older adults. *Psychol. Health.* 2000, 15, 341-355.

- McAuley, E., Jerome, G. J., Elavsky, S., Marquez, D. X., and Ramsey, S. N. Predicting long-term maintenance of physical activity in older adults. *Prev. Med.* 2003, 37, 110-118.
- McAuley, E., Lox, C., and Duncan, T. E. Long-term maintenance of exercise, self-efficacy, and physiological change in older adults. *J. Gerontol.* 1993, 48, 218-224.
- McAuley, E., Morris, K. S., Motl, R. W., Hu, L., Konopack, J. F., and Elavsky, S. Long-term follow-up of physical activity behavior in older adults. *Health Psychol.* 2007, 26, 375-380.
- McAuley, E., Talbot, H. M., and Martinez, S. Manipulating self-efficacy in the exercise environment in women: influences on affective responses. *Health Psychol.* 1999, 18, 288-294.
- Melanson, E. L. Resting heart rate variability in men varying in habitual physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2000, 32, 1894-1901.
- Montano, N., Porta, A., Cogliati, C., Costantino, G., Tobaldini, E., Casali, K. R., and Iellamo, F. Heart rate variability explored in the frequency domain: a tool to investigate the link between heart and behavior. *Neurosci Biobehav Rev.* 2009, 33, 71-80.
- 向井晶貴, 中村恭子. 民間フィットネスクラブ会員における運動習慣継続要因の検討. 順天堂スポーツ健康科学研究, 2012, 3(3), 176-183.
- 岡浩一郎. 中年者における運動行動の変容段階と運動セルフ・エフィカシーの関係. 日本公衛誌, 2003, 50(3), 208-214.
- 岡浩一郎, 平井啓, 堤俊彦. 中高年者における身体不活動を規定する心理的要因—運動に関する意思決定バランス—. 行動医学研究, 2003, 9(1), 23-30.
- 岡浩一郎, 石井香織, 柴田愛. 日本人成人の身体活動に影響を及ぼす心理的, 社会的, 環境的要因の共分散構造分析. 体力科学, 2011, 60(1), 89-97.
- Pender, N. J., Bar-Or, O., Wilk, B., and Mitchell, S. Self-efficacy and perceived exertion of girls during exercise. *Nurs. Res.* 2002, 51, 86-91.

- Perini, R., and Veicsteinas, A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2003, 90, 317-325.
- Pichon, A. P., de Bisschop, C., Roulaud, M., Denjean, A., and Papelier, Y. Spectral analysis of heart rate variability during exercise in trained subjects. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2004, 36, 1702-1708.
- Rose, E. A., and Parfitt, G. A. A quantitative analysis and qualitative explanation of the individual differences in affective responses to prescribed and self-selected exercise intensities. *J. Sport Exerc. Psychol.* 2007, 29, 281-309.
- Rose, E. A., and Parfitt, G. A. Pleasant for some and unpleasant for others: A protocol analysis of the cognitive factors that influence affective responses to exercise. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 2010, 7: 15.
- Rose, E. A., and Parfitt, G. A. Exercise experience influences affective and motivational outcomes of prescribed and self-selected intensity exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2012, 22, 265-277.
- 坂野雄二, 前田基成編著. セルフ・エフィカシーの臨床心理学. 京都, 北大路書房, 2002.
- Sakuragi, S. and Sugiyama Y. Effects of daily walking on subjective symptoms, mood and autonomic nervous function. *J. Physiol. Anthropol.* 2006, 25, 281-289.
- Sandercock, G. R. H., and Brodie, D. A. The use of heart rate variability measures to assess autonomic control during exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 2006, 16, 302-313.
- 田中喜代次, 渡辺重行. 心疾患（虚血性心疾患）予防と改善に向けたエクササイズ; エクササイズ科学—健康体力つくりと疾病・介護予防のための基礎と実践—. 田中喜代次, 田畑泉編. 東京, 文光堂, 2012.

- TaskForce. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*. 1996, 93, 1043-1065.
- Travlos, A. K., and Marisi, D. Q. Perceived exertion during physical exercise among individuals high and low in fitness. *Percept. Mot. Skills*. 1996, 82, 419-424.
- 常行泰, 山口泰雄, 高折和男. 高齢者の運動ステージと運動セルフ・エフィカシーに影響を及ぼす健康要因と社会心理的要因に関する研究. 体育学研究, 2011, 56(2), 325-341.
- Tulppo, M. P., Makikallio, T. H., Laukkanen, R. T., and Huikuri, H. V. Differences in autonomic modulation of heart rate during arm and leg exercise. *Clin. Physiol*. 1999, 19, 294-299.
- Weinstein, A. A, Deuster, P. A, and Kop W. J. Heart rate variability as a predictor of negative mood symptoms induced by exercise withdrawal. *Med Sci Sport Exerc*. 2007, 39, 735-741.
- Welch, A. S., Hulley, A., and Beauchamp, M. Affect and self-efficacy responses during moderate-intensity exercise among low-active women: The effect of cognitive appraisal. *J. Sport Exerc. Psychol*. 2010, 32, 154-175.
- World Health Organization. Global recommendations on Physical Activity for Health. 2010, http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241599979_eng.pdf
- 山路啓司. こころとからだを知る心拍数. 東京, 杏林書院, 2013.
- Yamamoto, Y., and Hughson, R. L. Coarse-graining spectral analysis: new method for studying heart rate variability. *J. Appl. Physiol*. 1991, 71, 1143-1150.
- Yamamoto, Y., Hughson, R. L., and Nakamura, Y. Autonomic nervous system responses to exercise in relation to ventilatory threshold. *Chest*. 1992, 101(5 Suppl.), 206S-210S.
- 財団法人 健康・体力づくり事業財団. 中高齢者の身体活動に対する潜在的ニーズと選択肢の予測調査, アクティブエイジング全国調査 2008 (報告書). 2009.

財団法人 健康・体力づくり事業財団. 平成 19 年度高齢者を中心とした健康知識と行動のちぐはぐ度調査事業報告書. 2008.

財団法人 健康・体力づくり事業財団. 平成 19 年度老人保健事業推進費等補助事業（老人保健健康増進等事業），健康増進施設に関する実態調査事業—保健指導における運動中止者の阻害要因について—. 2008.

http://www.health-net.or.jp/tyousa/houkoku/pdf/h19_kenkou_zoushin.pdf

謝 辞

本研究の遂行および学位論文作成に当たり、終始、懇切丁寧なご指導を賜りました昭和女子大学大学院生活機構研究科生活機構学専攻教授 江崎治先生に心より感謝申し上げます。細く長く続くようなストーリー性のある研究を、今後も継続して参りたいと思います。ご指導ありがとうございました。

学位論文作成にあたり、ご多忙な時間の中多くのご助言を頂きました、昭和女子大学大学院生活機構研究科生活機構学専攻教授 海老沢秀道先生、高尾哲也先生、東京大学大学院教育学研究科教授 野崎大地先生に厚く御礼申し上げます。三回の審査会に足をお運び下さり、雪で延期になった公開審査会を経て学位取得が叶ったのも先生方のおかげです。ありがとうございました。

また、本研究を遂行し、学位論文をまとめるに当たり多くのご支援とご指導を賜りました、昭和女子大学大学院生活機構研究科生活科学研究専攻教授 山中健太郎先生に深く感謝申し上げます。先生には研究の術だけではなく、研究の楽しさや素晴らしさ、研究者としての心構えなどをご教授頂きました。ご迷惑をお掛けしてばかりでしたが、先生のおかげで今の自分があります。本当にありがとうございました。

さらに、研究全般におけるご支援、ご助言を頂きました元昭和女子大学生生活機構研究科生活機構学専攻教授 志賀清悟先生に厚く御礼申し上げます。博士課程進学時に先生の研究室に受け入れて頂いたおかげで今があります。ありがとうございました。

また、昭和女子大学大学院への進学および本研究におけるご支援を賜りました、日本大学スポーツ科学部教授 松原茂先生に深謝申し上げます。薬学部奉職時より多くのご心配をお掛け致しましたが、ようやく叶いました。ありがとうございました。

そして、野原水紀さん、星野結貴子さん、宇波眞歩さん、岡田郁恵さん、風見公子さん、古川由佳さんを始めとする山中研究室の皆様、ならびに昭和女子大学および日本大学薬学部を始めとし、本実験にご協力頂いた皆様には、本研究の遂行に当たり様々なご支援を賜りました。心より感謝申し上げます。

最後に、博士前期・後期と大学院で学ぶことを理解して下さり、温かく見守ってくれた両親、弟と、どんな時でも様々な面で協力してくれた夫・勝浩、娘・心遥に感謝と敬意を表して謝辞と致します。

平成 30 年 3 月 吉日
松尾 絵梨子