

# 大学生におけるレジスタンス運動後の気分と 唾液アミラーゼ活性の変化

東 浦 拓 郎

## Changes in Mood State and Salivary Alpha Amylase Activity following a Single Bout of Resistance Exercise in College Students

Takuro Higashiura

### Abstract

The aim of this study was to investigate the influence of a single bout of resistance exercise on mood and salivary  $\alpha$ -amylase activity in college students.

Sixteen healthy, college students (11 men and 5 women; mean age  $19.8 \pm 1.2$  yrs) participated in this study. Heart rate, mood, as assessed by the Profile of Mood States, and salivary  $\alpha$ -amylase (sAA) activity were measured before and after a lecture on resistance training or an acute resistance exercise (70–80% of maximal voluntary contraction) for about 40 minutes in the control and exercise conditions, respectively.

Positive feeling scores such as vigor-activity significantly increased after the resistance exercise ( $p = 0.035$ ). The  $\Delta$ sAA activity as amount of change in the sAA between pre- and post-measurement tended to increase under the exercise condition compared with control condition ( $p = 0.051$ ).

These findings suggest that moderate resistance exercise elicits beneficial psychologic effects. Moreover, these positive effects on mood may be caused by the exercise-induced arousal level.

### 1. はじめに

身体活動・運動がヒトの健康の維持増進に効果的であることは広く知られている。特に有酸素運動を主とする身体活動量の増加は、内臓脂肪面積

の減少 (Ross et al., 2000)、脂質代謝の改善 (Tambalis et al., 2009)、動脈硬化度の低下 (Tanaka et al., 2000)、心血管疾患 (Seals et al., 2008) や脳血管疾患 (Diep et al., 2010)、悪性新生物 (Inoue et al., 2008)、2 型糖尿病 (Aune et al., 2015) の発症率の低下など、生活習慣病の予防・改善に寄与することが報告されている。そして、このような健康にとって有益な効果は必ずしも体重減少 (肥満の改善) を介したものではなく、身体活動・運動自体による効果であることも示唆されている (Carroll & Dudfield et al., 2004)。

前述の通り、身体活動・運動は身体疾患の予防・改善に効果的であると考えられるが、ヒトの健康を考える上では、身体的健康に加えて精神的健康 (メンタルヘルス) も考慮する必要がある。我が国においては精神疾患患者の増加が顕著であり、従来までの重点的に対策を進める 4 疾病 (悪性新生物、脳血管疾患、心血管疾患、糖尿病) に精神疾患が加えられ、平成 25 年より 5 大疾病の一つとして、精神疾患に対しても重点的な医療計画が実施されている (厚生労働省, [http://www.mhlw.go.jp/kokoro/nation/iryoku\\_keikaku.html](http://www.mhlw.go.jp/kokoro/nation/iryoku_keikaku.html), 閲覧日: 2018 年 3 月 21 日)。精神疾患の中でも、うつ病は自殺を誘引する大きな原因の一つであることが示唆されている (Mann et al., 2005)。若年層における死因の第一位は自殺であり、平成 28 年人口動態統計月報年計 (概数) の概況によれば、15-19 歳の自殺の 10 万人対死亡率は悪性新生物 (死因の第三位) の 3.6 倍、20-24 歳では約 6.3 倍にもものぼる (厚生労働省, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai16/dl/h7.pdf>, 閲覧日: 2018 年 3 月 21 日)。したがって、特に大学生においては、メンタルヘルスの維持増進を図ることが生活の質を高めるだけでなく、死亡のリスクを低減する上でも非常に重要であると考えられる。

メンタルヘルスに対する身体活動・運動の影響についても、有酸素性の全身運動を主とした研究が行われている。例えば Woo et al. (2009) は、30 分の中強度のトレッドミル走運動後に活気の増大を報告している。Fumoto et al. (2010) においても、15 分の中強度の自転車ペダリング運

動後にネガティブな気分尺度（緊張-不安と混乱）が低下し、活気が増大する傾向にあることを示している。同様に Moraes et al. (2011) は、最大心拍数の 80% に相当する負荷の自転車ペダリング運動を 20 分間実施し、運動後にネガティブな気分尺度（怒り-敵意とネガティブな気分状態を総合的に表す total mood disturbance）が低下し、活気が増大することを示している。さらに、Cooney et al. (2013) はランダム化比較試験を対象にメタアナリシスを行った結果、身体活動・運動は抑うつの改善に対して中程度の効果（効果量 = 0.62）を及ぼすことを明らかにした。その他にも、中強度以上の身体活動・運動は、抑うつの予防・改善に効果的であることが示唆されている (Kvam et al., 2016; Mammen & Faulkner, 2013)。

このように中強度以上の有酸素運動はメンタルヘルスに効果的であることが示されている一方、筋肥大や筋力の向上を目的としたレジスタンス運動の影響については一致した見解が得られていない (Focht & Koltyn, 1999; Garvin et al., 1997; Koltyn et al., 1995; Raglin et al., 1993)。Raglin et al. (1993) は学生アスリートを対象に、運動様式が状態不安に及ぼす影響を検討している。2つの運動様式（自転車ペダリング運動と上・下肢・体幹のレジスタンス運動）それぞれについて、最大努力の 70-80% に相当する強度で 30 分間の運動を実施し（レジスタンス運動は、6-7 種目それぞれについて、反復回数 6-10 回/セットを 3 セット実施）、運動前・直後・20 分後・60 分後の状態不安について比較している。その結果、自転車ペダリング運動については、運動終了後 60 分で状態不安が低下した。一方、レジスタンス運動では、運動終了直後に状態不安が増大し、時間経過とともに運動前の値に戻る傾向を示した。Garvin et al. (1997) も自転車ペダリング運動とレジスタンス運動（運動強度：最大努力の 70%、運動時間：50 分間）を用いて、運動様式と状態不安との関係を調査している。自転車ペダリング運動では Raglin et al. (1993) を支持する結果が得られているものの、レジスタンス運動においては状態不安に変化がみられなかった。また、Focht & Koltyn (1999) は最大拳上重量（one repetition maximum : 1RM）の 50%（反復回

数 12-20 回／セット×3 セット) と 80% (反復回数 8 回／セット×3 セット) の強度の異なる 2 つのレジスタンス運動条件を設定し、レジスタンス運動が気分には及ぼす影響を検討している。その結果、50% 1RM 条件では運動直後と 20 分後に活気の低下と 180 分後に状態不安の低下が認められたものの、80% 1RM 条件では気分に変化がみられないことを示した。これらの研究は、対象の体力水準や運動強度、運動時間などの実験条件が異なるため、統一した見解が得られていないものと推察される。このように、中強度以上のレジスタンス運動と気分との関係は明らかにされていない。また、中強度以上のレジスタンス運動に伴う身体的ストレスへの応答について、前述の先行研究では内分泌系の指標 (カテコラミン、コルチゾール、 $\alpha$ -アミラーゼなど) が測定されていないため、その点も不明である。

ストレスに対する応答は、主に交感神経-副腎髄質系と視床下部-下垂体前葉-副腎皮質系が関与している。交感神経-副腎髄質系の賦活によりカテコラミン (ノルアドレナリン、アドレナリン、ドーパミンなど) の分泌が (McCarty & Gold, 1996; Natelson et al., 1987)、コルチゾールは視床下部-下垂体前葉-副腎皮質系を介して副腎皮質から分泌され、中・高強度運動のような身体的ストレスによって分泌量が増加する (O'Connor & Corrigan, 1992; Stupnicki & Obminski, 1987)。したがって、カテコラミンやコルチゾールは身体的ストレスに対する応答の指標として有用である。しかしながら、カテコラミンの測定には血液採取が必要であり、コルチゾールは唾液から採取できるものの、専用キットを用いる分析がやや煩雑である。

それに対して、唾液中の  $\alpha$ -アミラーゼ (salivary  $\alpha$ -amylase : sAA) は唾液の採取から分析まで 1 分程度で終えることのできる機器が開発され (山口ら, 2007)、ストレス応答の指標として注目されている。sAA はカテコラミン、特にノルアドレナリンとの高い相関が報告されており (Chatterton et al., 1996)、身体活動・運動による身体的ストレスへの応答の指標として有用である。

そこで、本研究は健康な大学生を対象に、中強度のレジスタンス運動前

後に気分と sAA を測定することで、中強度のレジスタンス運動が気分とストレス応答に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

### 2-1. 参加者

参加者は本学のヘルス&フィットネス（トレーニング機器の使用法やトレーニング理論を学習するとともに、体力の向上を目指したトレーニングを実践する授業）を受講する健康な大学生 16 名（男性：11 名、女性：5 名、年齢範囲：18-22 歳）であった。表 1 には参加者の身体的特徴を示した。参加者の健康状態は良好であり、神経疾患や精神疾患の既往歴のある者はいなかった。すべての参加者に対して、事前に実験の目的、方法などの詳細を口頭で説明し、実験参加の同意を得た。

表 1 参加者の身体的特徴

	全体 (n = 16)	男性 (n = 11)	女性 (n = 5)
年齢 (歳)	19.8 ± 1.2	20.2 ± 1.3	19.0 ± 0.7
身長 (cm)	166.9 ± 7.8	171.0 ± 5.0	157.7 ± 3.3
体重 (kg)	59.3 ± 7.7	62.9 ± 6.4	51.5 ± 2.8
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21.2 ± 1.6	21.5 ± 1.8	20.7 ± 1.2
体脂肪率 (%)	18.1 ± 4.6	15.9 ± 3.8	22.9 ± 1.5

平均 ± 標準偏差

### 2-2. 手順

図 1 には実験プロトコルを示した。本研究はコントロール条件とレジスタンス運動条件からなり、1-2 週間の間隔を空けて別の日に実施された。コントロール条件では、約 40 分間のレジスタンストレーニングに関する講義の前後で安静時心拍数 (RS400, Polar 社製) 及び sAA 活性の測定、気分検査が行われた。レジスタンス運動条件では、運動直後速やかに各測定を実施するため、1 回の実験は 4 名ずつとした。参加者は 2 組のペアとなり、約 10 分間のストレッチに続いて約 30 分間の上・下肢のレジスタン

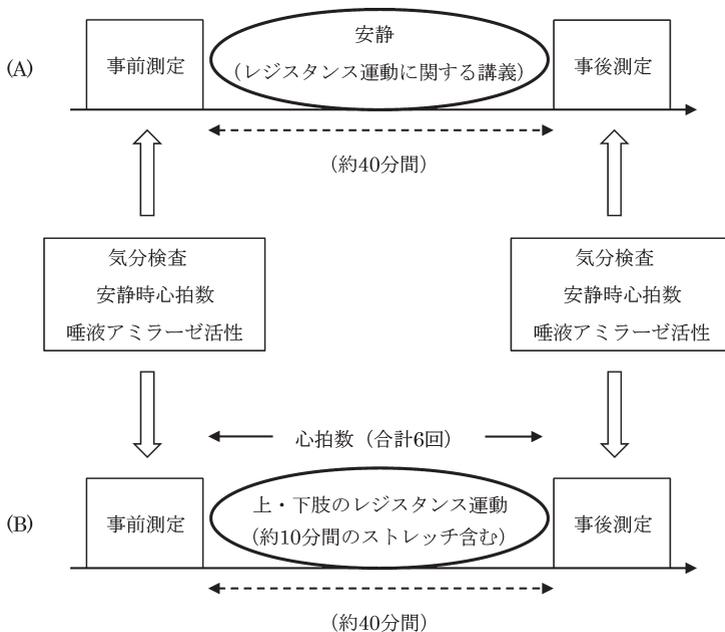


図1 実験プロトコル (A:コントロール条件、B:レジスタンス運動条件)

ス運動を実施した。そして、レジスタンス運動の前後にコントロール条件と同様に安静時心拍数、sAA 活性の測定、気分検査が行われた。レジスタンス運動条件においては、運動時の心拍数として各運動の直後の心拍数も記録した。なお、各測定項目における日内変動の影響を避けるため、両条件ともに測定は同じ時間帯 (12:50-14:20) に実施された。

### 2-3. レジスタンス運動

本研究におけるレジスタンス運動は、主に上・下肢の大筋群に負荷をかける6種目で構成され(上肢:チェストプレス、オーバーヘッドプレス、ラットプル、下肢:レッグプレス、レッグエクステンション、レッグカール)、それぞれの種目は本学のトレーニングセンターに常設されている専用マシンを用いて行われた。レジスタンス運動の負荷設定は70-80% 1RMとした。

この負荷は、アメリカスポーツ医学会が健康増進のために推奨する中強度以上のレジスタンス運動に該当し（ACSM, 2009）、筋肥大を目的としたレジスタンストレーニングにおいても一般的に用いられていることから設定された。参加者には70-80% 1RMの範囲内になるようトレーニングマシンの負荷重量を調節し、合致しない場合には、その範囲に最も近い負荷重量に設定するよう指示した。各種目の動作のペースは1秒/回とした。相対的に同程度の負荷重量であっても、個々が有する筋線維の特徴などの違いから、反復可能な回数には個人差が生じる。そこで、相対的に同程度の負荷をかけるため、参加者は連続して反復できなくなるまで動作を繰り返した。参加者は1セットごとにペアと交代して休憩を挟み、各種目2セットずつ行った。なお、1セット目の連続反復回数が12回以上の場合は、2セット目に負荷重量を1段階引き上げるよう指示した。また、参加者は各種目において2セット目終了時に心拍数を記録した。運動時の心拍数として、記録した6回分の心拍数の平均値を算出した。

#### 2-4. 気分検査

レジスタンストレーニングに関する講義（コントロール条件）、レジスタンス運動（レジスタンス運動条件）の前後には気分検査が行われた。気分検査には気分プロフィール検査（Profile of Mood States 2nd Edition : POMS 2）日本語版（成人用・短縮版）が用いられた。これは35個の質問項目からなる質問紙で、7つの下位尺度（①怒り-敵意、②混乱-当惑、③抑うつ-落込み、④疲労-無気力、⑤緊張-不安、⑥活気-活力、⑦友好）から気分を評価することができる。参加者は、各質問項目に対して「まったくなかった」(=0)、「少しあった」(=1)、「まあまああった」(=2)、「かなりあった」(=3)、「非常に多くあった」(=4)のいずれかの中から該当する数字(0-4)を1つ選択した。回答に要する時間は約5分間であった。

## 2-5. sAA 活性

レジスタンストレーニングに関する講義（コントロール条件）、レジスタンス運動（レジスタンス運動条件）の前後には sAA 活性が測定された。飲食は sAA 活性に影響を及ぼすため、参加者には実験開始の 2 時間以内に飲食をしない（水は除く）よう指示をした。参加者は水で口内を洗浄した後、sAA 活性の測定用チップを舌下部に 15 秒間挿入し、唾液を採取した。唾液アミラーゼモニター（CM-3.1、ニプロ社製）を用いて、採取された唾液から sAA 活性が測定された。分析に要する時間は、唾液採取を含めて 1 分程度であった。この測定方法は、先行研究においても用いられている一般的な測定方法であり（Hatta et al., 2013; Inagaki et al., 2010; Robles et al., 2011; Shetty et al., 2011）、測定精度、再現性も確認されている（Shetty et al., 2011; 山口ら, 2007）。

## 2-6. 統計処理

各変数の測定結果は平均値±標準偏差で示した。参加者 16 名から得られたそれぞれの POMS 2 の各下位尺度及び sAA 活性に対して、条件（コントロール・レジスタンス運動）×測定（事前・事後）の 2 要因による反復測定分散分析（analysis of variance : ANOVA）が行われた。主効果が認められたときには、対応のある t 検定を行った。また、交互作用が認められたときには、下位検定を行った。ANOVA に際し、モークリーの球面性検定を行い、球面性が棄却されたときには Greenhouse-Geisser のイプシロン（ $\epsilon$ ）を用いて自由度、有意確率を再計算した。また、POMS 2 の各下位尺度と sAA 活性ともにレジスタンス運動前から運動後の変化量（運動後－運動前）を  $\Delta$  POMS 2（ $\Delta$ 怒り－敵意や  $\Delta$ 混乱－当惑など）、 $\Delta$  sAA 活性と定義し、それぞれ条件（コントロール・レジスタンス運動）について対応のある t 検定を行った。有意水準は 5% 未満に設定した。

### 3. 結果

#### 3-1. 心拍数

表2には各条件における心拍数を示した。70-80% MVCのレジスタンス運動時の平均心拍数は $123.8 \pm 14.9$ 拍/分であった。

表2 各条件における心拍数 (n = 16)

	コントロール条件		レジスタンス運動条件		
	前	後	前	中	後
心拍数 (拍/分)	$73.0 \pm 9.7$	$71.6 \pm 9.8$	$73.9 \pm 7.9$	$123.8 \pm 14.9$	$91.9 \pm 9.0$
	平均 ± 標準偏差				

#### 3-2. 気分

表3には各条件におけるPOMS 2の7つの下位尺度(①怒り-敵意、②混乱-当惑、③抑うつ-落込み、④疲労-無気力、⑤緊張-不安、⑥活気-活力、⑦友好)を示した。

各下位尺度に関して条件(コントロール・レジスタンス運動)×測定(事前・事後)の2要因による反復測定のANOVAを行った結果、「混乱-当惑」と「緊張-不安」において測定[F(1, 15) = 7.23, p = 0.017; F(1, 15) = 4.97, p = 0.042]に主効果が認められた。測定について対応のあるt検定を行った結果、「混乱-当惑」と「緊張-不安」のいずれもコントロール条件において、レジスタンストレーニングに関する講義前に比べて講義後で有意に低かった[t(1, 15) = 4.57, p < 0.001; t(1, 15) = 2.95, p = 0.010]。また、「活気-活力」においては条件×測定[F(1, 15) = 4.70, p = 0.047]の交互作用が認められた。条件×測定の交互作用について下位検定を行った結果、レジスタンス運動後の「活気-活力」はレジスタンス運動前に比べて有意に上昇し[t(1, 15) = 2.32, p = 0.035]、コントロール条件の講義後に比べても高い傾向を示した[t(1, 15) = 2.13, p = 0.050]。

△POMS 2に関して、条件について対応のあるt検定を行った結果、「△活気-活力」はコントロール条件に比べレジスタンス運動条件で有意に高

表3 各条件における気分尺度 (n = 16)

	コントロール条件		レジスタンス運動条件	
	前	後	前	後
怒り-敵意	3.1 ± 3.3	2.4 ± 3.1	2.8 ± 2.7	3.0 ± 3.9
混乱-当惑	5.4 ± 4.3	3.4 ± 3.8*	5.4 ± 3.6	4.8 ± 4.2
抑うつ-落込み	4.1 ± 3.7	3.1 ± 3.8	4.8 ± 3.3	4.4 ± 3.9
疲労-無気力	6.7 ± 4.2	4.4 ± 3.8	6.7 ± 2.6	7.0 ± 4.4
緊張-不安	5.4 ± 4.7	3.4 ± 4.4*	5.1 ± 2.7	5.6 ± 3.6
活気-活力	10.2 ± 4.4	9.8 ± 5.1	8.9 ± 3.8	11.8 ± 4.4*
友好	10.4 ± 3.0	8.9 ± 4.8	9.7 ± 3.2	9.4 ± 2.4

平均 ± 標準偏差

\*p < 0.05; 前 vs. 後

□ コントロール条件 ■ レジスタンス運動条件

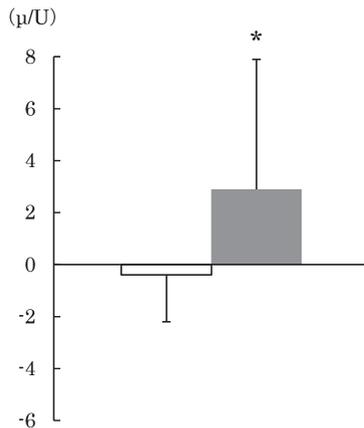


図2 各条件におけるΔ活気-活力

\*p < 0.05; コントロール条件 vs. レジスタンス運動条件

かった [t (1, 15) = 2.17, p = 0.047] (図2)。

### 3-3. sAA 活性

表4には各条件におけるsAA活性を示した。

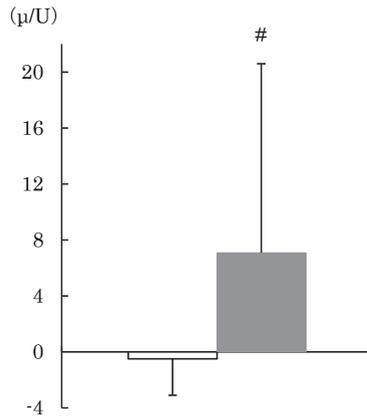
sAA活性に関して条件(コントロール・レジスタンス運動) × 測定(事前・

表 4 各条件における唾液アミラーゼ活性 (n = 16)

	コントロール条件		レジスタンス運動条件	
	前	後	前	後
唾液アミラーゼ活性 ( $\mu$ /U)	9.8 $\pm$ 7.3	9.3 $\pm$ 6.4	10.5 $\pm$ 6.6	17.6 $\pm$ 13.2

平均  $\pm$  標準偏差

□ コントロール条件    ■ レジスタンス運動条件

図 3 各条件における $\Delta$ sAA 活性

#p &lt; 0.10 : コントロール条件 vs. レジスタンス運動条件

事後) の 2 要因による反復測定のアノバを行った結果、いずれの要因においても主効果、交互作用は認められなかった。なお、条件 $\times$ 測定 [F(1, 15) = 4.50, p = 0.051] については交互作用の傾向を示した。

$\Delta$ sAA 活性に関して、条件について対応のある t 検定を行った結果、 $\Delta$ sAA 活性はコントロール条件に比べレジスタンス運動条件で高い傾向を示した [t(1, 15) = 2.14, p = 0.051] (図 3)。

#### 4. 考察

本研究は中強度のレジスタンス運動が気分とストレス応答に及ぼす影響

を明らかにするため、健康な大学生を対象に70-80% 1RMのレジスタンス運動を実施し、運動前後の気分とsAAについて検討した。

本研究において、レジスタンス運動時の平均心拍数は $123.8 \pm 14.9$ であった。これは参加者の年齢から予測される最大心拍数(220-年齢)の約60%に相当する。アメリカスポーツ医学会の運動強度の基準によれば中強度に満たないものの、自転車エルゴメーターやランニング等の全身運動ではないこと、各セットの運動時間は10秒程度と非常に短いことを考慮すると、参加者には中強度に準ずる強度の負荷がかかっていたものとする。

POMS 2を用いた各気分尺度について、コントロール条件では、「混乱-当惑」と「緊張-不安」が講義前に比べて講義後で有意に低下した。参加者は本研究のような生理心理実験への参加が初めてであり、POMS 2や心拍数測定に対する気分変化を反映しているものと推察される。一方、レジスタンス運動条件では、「活気-活力」が運動前に比べて運動後で有意に高かった。また、「 $\Delta$ 活気-活力」においても、レジスタンス運動条件はコントロール条件に比べて有意に高かった。中強度の有酸素運動が気分には及ぼす影響を検討した先行研究においては、本研究で用いたPOMS 2の「活気-活力」に相当する「活気」の増大(もしくは増大する傾向)が報告されている(Fumoto et al., 2010; Moraes et al. 2011; Woo et al., 2009)。この結果は、中強度のレジスタンス運動においても、有酸素性の全身運動のようにポジティブな気分変化を生じさせることを示唆するものである。

本研究でみられた中強度のレジスタンス運動後の「活気-活力」の増大について、そのメカニズムは明らかではないが、可能性の一つとして運動誘発性の覚醒水準の変化が考えられる。Fumoto et al. (2010)は、15分間の中強度の自転車ペダリング運動後にPOMSに加えて脳波も記録している。運動後の気分については、「緊張-不安」と「混乱」(POMS 2における「混乱-当惑」)が低下し、活気が増大する傾向がみられている。さらに運動後の脳波については、 $\theta$ 波帯域のパワー値が低下するのに対して、 $\alpha$ 波の高周波帯域でパワー値の増加が示されている。脳波の周波数帯域のパワー

値の変化は覚醒水準と関係しており、覚醒水準が高まると  $\alpha$  波の高周波帯域や  $\beta$  波のパワー値が高まり、逆に覚醒水準が低下すると  $\theta$  波や  $\delta$  波といった低周波帯域のパワー値が増加する。したがって、これは中強度の自転車ペダリング運動による覚醒水準の上昇を意味する。さらに Fumoto et al. (2016) は、疲労困憊に至る短時間の間欠的な高強度運動後に「活気」の低下と  $\theta$  波帯域のパワー値の増加を示し、「活気」の低下と  $\theta$  波帯域のパワー値の増加には負の相関関係があることを報告している。このことから、運動誘発性の覚醒水準の変動は運動後の「活気-活力」の変化に関係しているものと推察される。本研究における中強度のレジスタンス運動後の sAA 活性は、有意ではないものの高まる傾向がみられた。sAA 活性とカテコラミン（特にノルアドレナリン）には相関関係が示されている (Chatterton et al., 1996)。また血中カテコラミン濃度の増加により覚醒水準の上昇がみられることも示唆されている (Chmura et al., 1994)。これらのことから、本研究で認められた運動後の「活気-活力」の増加は、中強度のレジスタンス運動に伴う運動誘発性の覚醒水準の変化が寄与している可能性が考えられる。

一方、中強度のレジスタンス運動を用いた先行研究においては、運動後に活気の変化は観察されていない (Focht & Koltyn, 1999)。また、本研究のレジスタンス運動条件において、「緊張-不安」などのネガティブな気分尺度に変化はみられなかったが、先行研究では中強度のレジスタンス運動直後に状態不安の増大が認められている (Raglin et al., 1993)。このような結果の不一致は実験条件の相違によるものと推察される。今後の課題として、中強度のレジスタンス運動と気分との関係を明らかにするためにも、サンプルサイズや参加者要因（体力水準やレジスタンス運動への動機づけなど）、運動条件などの影響について、体系的に研究を進める必要がある。

## 5. まとめ

本研究は中強度のレジスタンス運動前後に測定した POMS 2 と sAA 活

性から、以下の知見が得られた。まず、中強度のレジスタンス運動は「活気－活力」を増大させ、メンタルヘル스에ポジティブな効果をもたらすことが示唆された。次に、このような「活気－活力」の変化は、身体活動・運動ストレスに伴う運動誘発性の覚醒水準の変動が関わっている可能性が考えられた。最後に、レジスタンス運動が気分やストレス応答に及ぼす影響は、運動条件によって大きく異なることが推察されるため、今後さらなる検討が必要である。

#### 文献

- American College of Sports Medicine: American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41 (3): 687-708, 2009.
- Aune D, Norat T, Leitzmann M, Tonstad S, Vatten LJ: Physical activity and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose-response meta-analysis. *Eur J Epidemiol*, 30 (7): 529-542, 2015.
- Carroll S & Dudfield M: What is the relationship between exercise and metabolic abnormalities? A review of the metabolic syndrome. *Sports Med*, 34(6): 371-418, 2004.
- Chatterton RT Jr, Vogelsong KM, Lu YC, Ellman AB, Hudgens GA: Salivary alpha-amylase as a measure of endogenous adrenergic activity. *Clin Physiol*, 16(4): 433-448, 1996.
- Cooney GM, Dwan K, Greig CA, Lawlor DA, Rimer J, Waugh FR, McMurdo M, Mead GE: Exercise for depression. *Cochrane Database Syst Rev*, 9: CD004366, 2013.
- Chmura J, Nazar K, Kaciuba-Uściłko H: Choice reaction time during graded exercise in relation to blood lactate and plasma catecholamine thresholds. *Int J Sports Med*, 15(4): 172-176, 1994.
- Diep L, Kwagyan J, Kurantsin-Mills J, Weir R, Jayam-Trouth A: Association of physical activity level and stroke outcomes in men and women: a meta-analysis. *J Womens Health (Larchmt)*, 19(10): 1815-1822, 2010.
- Focht BC, Koltyn KF: Influence of resistance exercise of different intensities on state anxiety and blood pressure. *Med Sci Sports Exerc*, 31 (3): 456-463, 1999.
- Fumoto M, Higashiura T, Usui S: The effect of high-intensity interval exercise

- on EEG activity and mood state. *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 22(4): 53-61, 2016.
- Fumoto M, Oshima T, Kamiya K, Kikuchi H, Seki Y, Nakatani Y, Yu X, Sekiyama T, Sato-Suzuki I, Arita H: Ventral prefrontal cortex and serotonergic system activation during pedaling exercise induces negative mood improvement and increased alpha band in EEG. *Behav Brain Res*, 213(1): 1-9, 2010.
- Garvin AW, Koltyn KF, Morgan WP: Influence of acute physical activity and relaxation on state anxiety and blood lactate in untrained college males. *Int J Sports Med*, 18(6): 470-476, 1997.
- Hatta A, Nishihira Y, Higashiura T: Effects of a single bout of walking on psychophysiologic responses and executive function in elderly adults: a pilot study. *Clin Interv Aging*, 8: 945-952, 2013. doi: 10. 2147/CIA. S46405.
- Inagaki T, Miyaoka T, Okazaki S, Yasuda H, Kawamukai T, Utani E, Wake R, Hayashida M, Horiguchi J, Tsuji S: High salivary alpha-amylase levels in patients with schizophrenia: a pilot study. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 34(4): 688-691, 2010.
- Inoue M, Yamamoto S, Kurahashi N, Iwasaki M, Sasazuki S, Tsugane S: Daily total physical activity level and total cancer risk in men and women: results from a large-scale population-based cohort study in Japan. *Am J Epidemiol*, 168(4): 391-403, 2008.
- Koltyn KF, Raglin JS, O'Connor PJ, Morgan WP: Influence of weight training on state anxiety, body awareness and blood pressure. *Int J Sports Med*, 16(4): 266-269, 1995.
- 厚生労働省：知ることからはじめよう、みんなのメンタルヘルス。 [http://www.mhlw.go.jp/kokoro/nation/iryuu\\_keikaku.html](http://www.mhlw.go.jp/kokoro/nation/iryuu_keikaku.html), 閲覧日：2018年3月21日。
- 厚生労働省：平成28年人口動態統計月報年計（概数）の概況，統計表（第7表）死因順位（1-5位）別死亡数・死亡率（人口10万対），性・年齢（5歳階級）別。 <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai16/dl/h7.pdf>, 閲覧日：2018年3月21日。
- Kvam S, Kleppe CL, Nordhus IH, Hovland A: Exercise as a treatment for depression: A meta-analysis. *J Affect Disord*, 202: 67-86, 2016.
- McCarty R & Gold PE: Catecholamines, stress, and disease: a psychobiological perspective. *Psychosom Med*, 58(6): 590-597, 1996.
- Mammen G & Faulkner G: Physical activity and the prevention of depression: a systematic review of prospective studies. *Am J Prev Med*, 45(5): 649-657,

- 2013.
- Mann JJ, Apter A, Bertolote J, Beautrais A, Currier D, Haas A, Hegerl U, Lonqvist J, Malone K, Marusic A, Mehlum L, Patton G, Phillips M, Rutz W, Rihmer Z, Schmidtke A, Shaffer D, Silverman M, Takahashi Y, Varnik A, Wasserman D, Yip P, Hendin H: Suicide prevention strategies: a systematic review. *JAMA*, 294(16): 2064–2074, 2005.
- Moraes H, Deslandes A, Silveira H, Ribeiro P, Cagy M, Piedade R, Pompeu F, Laks J: The effect of acute effort on EEG in healthy young and elderly subjects. *Eur J Appl Physiol*, 111(1): 67–75, 2011.
- Natelson BH, Creighton D, McCarty R, Tapp WN, Pitman D, Ottenweller JE: Adrenal hormonal indices of stress in laboratory rats. *Physiol Behav*, 39(1): 117–125, 1987.
- O'Connor PJ & Corrigan DL: Influence of short-term cycling on salivary cortisol levels. *Med Sci Sports Exerc*, 19(3): 224–228, 1992.
- Raglin JS, Turner PE, Eksten F: State anxiety and blood pressure following 30 min of leg ergometry or weight training. *Med Sci Sports Exerc*, 25(9): 1044–1048, 1993.
- Robles TF, Shetty V, Zigler CM, Glover DA, Elashoff D, Murphy D, Yamaguchi M: The feasibility of ambulatory biosensor measurement of salivary alpha amylase: relationships with self-reported and naturalistic psychological stress. *Biol Psychol*, 86(1): 50–56, 2011.
- Ross R, Dagnone D, Jones PJ, Smith H, Paddags A, Hudson R, Janssen I: Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med*, 133(2): 92–103, 2000.
- Seals DR, Desouza CA, Donato AJ, Tanaka H: Habitual exercise and arterial aging. *J Appl Physiol* (1985), 105(4): 1323–1332, 2008.
- Shetty V, Zigler C, Robles TF, Elashoff D, Yamaguchi M: Developmental validation of a point-of-care, salivary  $\alpha$ -amylase biosensor. *Psychoneuroendocrinology*, 36(2): 193–199, 2011.
- Stupnicki & Obminski Z: Glucocorticoid response to exercise as measured by serum and salivary cortisol. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 65(6): 546–549, 1987.
- Tambalis K, Panagiotakos DB, Kavouras SA, Sidossis LS: Responses of blood lipids to aerobic, resistance, and combined aerobic with resistance exercise

- training: a systematic review of current evidence. *Angiology*, 60(5): 614-632, 2009.
- Tanaka H, Dinunno FA, Monahan KD, Clevenger CM, DeSouza CA, Seals DR: Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circulation*, 102(11): 1270-1275, 2000.
- Woo M, Kim S, Kim J, Petruzzello SJ, Hatfield BD: Examining the exercise-affect dose-response relationship: does duration influence frontal EEG asymmetry? *Int J Psychophysiol*, 72(2): 166-172, 2009.
- 山口昌樹, 花輪尚子, 吉田博: 唾液アミラーゼ式交感神経モニタの基礎的性能. *生体医工学*, 45(2): 161-168, 2007.