運動負荷に対する唾液アミラーゼ反応の男女差

Gender Differences in Salivary Alpha Amylase Responses to Exercise

白岩 加代子¹⁾ 長谷 いずみ²⁾ 田中 聡³⁾

KAYOKO SHIRAIWA¹⁾, IZUMI NAGATANI²⁾, SATOSHI TANAKA³⁾

¹⁾ Faculty of Health Science, Kyoto Tachibana University: 34 Ohyakeyamada, Yamashina-ku, Kyoto-city, Kyoto 607-8175, Japan.
TEL+81 75-571-1111 E-mail: shiraiwa@tachibana-u.ac.jp

²⁾ Seifu Health Care Group Itsukaichi Memorial Hospital

³⁾ Faculty of Health and Welfare, Prefectural University of Hiroshima

Rigakuryoho Kagaku 28(4): 451-455, 2013. Submitted Dec. 25, 2012. Accepted Feb. 20, 2013.

ABSTRACT: [Purpose] We investigated the effect of exercise on salivary amylase levels. [Subjects] The subjects were university students. [Method] Both male and female subjects performed exercise of equal intensity, and their salivary amylase levels were measured pre-exercise, post-exercise, and every five minutes thereafter for thirty-five minutes. [Result] The post-exercise salivary amylase level showed no significant difference from the pre-exercise level in the male group whereas that of the female group showed significant increases. Regarding temporal changes in the salivary amylase levels, the male group showed no distinctive change, whereas the female group demonstrated a bimodal change, although individual differences in time intervals was noted. [Conclusion] These results suggest a difference in the effect of exercise on salivary amylase levels between males and females.

Key words: exercises, salivary amylase, impact of sex

要旨:〔目的〕運動負荷による唾液アミラーゼ反応について検討した。男女ともに同じ負荷で運動を行い、運動開始前、運動終了後、その後5分毎に35分後まで唾液アミラーゼ値の測定を行った。運動終了後の唾液アミラーゼ値は、男性群では有意な変化はみられなかったのに対し、女性群では運動開始前よりも有意に増加する結果が得られた。さらに運動終了後からの唾液アミラーゼ値の経時的変化では、男性群では特徴的な変化がみられなかったのに対し、女性群は、時間間隔には個人差がみられるものの二峰性を示す傾向がみられた。このことより、運動負荷に対する唾液アミラーゼ反応は男女で異なることが示された。

キーワード: 運動負荷, 唾液アミラーゼ, 男女差

¹⁾ 京都橘大学 健康科学部 理学療法学科: 京都府京都市山科区大宅山田町 34 (〒607-8175) TEL 075-571-1111

²⁾ 医療法人社団清風会 五日市記念病院 技術部リハビリ技術科

³⁾ 県立広島大学 保健福祉学部 理学療法学科

I. はじめに

近年、ウォーキングやスポーツなどのような運動のみならず、画面の中の仮想空間を利用してゲーム的要素を取り入れて身体を動かすなど運動様式は多様化してきている。身体活動は、血圧や心拍数の上昇、呼吸数の増加などエネルギー代謝や循環を促進させる。乳酸性作業閾値以上の運動では、下垂体前葉から副腎皮質刺激ホルモン分泌が亢進し、副腎皮質からのグルココルチコイドの分泌を促す。グルココルチコイドはフィードバック機能により海馬に作用し、視床下部に対して抑制的に働き、したがって適度な運動は、身体機能の向上に加え、不快な感情や情緒の緊張などのネガティブな感情を一時的に低下させ、気分の改善や活力、ポジティブな感情を高める¹⁻⁵⁾。一方、強度の強い運動では、視床下部室傍核における副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモンが過剰に分泌されていることが推測され、食欲不振、睡眠障害などを引き起こすと報告されている^{1,6,7)}。

長時間運動時の感情の変化について男女を比較した研究では、男子は運動継続中に快感情やリラックス感、不安感の感情が回復する傾向を示したのに対し、女子では運動終了後までこれらの感情についての回復がみられなかったと報告している⁸⁾。また、心臓血管外科後の運動習慣を調査した研究によると、女性では「全く行っていない」が最も多く、運動習慣に性差がみられたと報告している⁹⁾。これらのことから、運動負荷が与える影響には性差があり、女性は男性に比べ、運動負荷をストレスと受けとめる傾向が強いと推測した。

唾液によるストレス評価は、採取する際に非侵害的で、医師でなくても容易に採取や測定が可能であるとして、多く用いられている。唾液中の α アミラーゼ(唾液アミラーゼ)は、交感神経系の亢進に伴い分泌が増加する。また、不快な刺激では唾液アミラーゼ活性が上昇し、快適な刺激では低下することから、唾液アミラーゼによって快適と不快を判別できる可能性があることが示されている^{10,11)}。

しかし、唾液アミラーゼを用いたストレス評価の多くは、精神的ストレスラーを用いた場合が多く、運動負荷を用いた報告は少ない。さらに、性差について明確にした論文も少ない。そこで本研究は、男女同量の運動負荷を与えた場合、唾液アミラーゼ反応に、性差があるか明らかにすることを目的として行った。

II. 対象と方法

対象は、健常な大学生70名(男性35名、女性35名)で、2つの異なる運動負荷を設定し、運動開始前と運動終了後における唾液アミラーゼ値の計測を行なった。喫煙習慣者は対象から除外している。運動量は、「健康づくり

のための運動指針2006」を参考に、1Ex.(エクササイズ)に相当する負荷量を設定したトレッドミル歩行とした。運動負荷1では運動強度は3METs、時間は20分とし、男性35名、女性35名を対象として行った。運動負荷2では運動強度は5METs、時間は12分とし、男性15名、女性15名を対象として行った。

運動開始は、運動開始3分前から10秒毎に心拍数を計測し、安定するのを確認してから行った。心拍数は、運動中も同様に計測し、運動中における心拍数から、運動強度を推定した。運動強度の推定($\%VO_{2max}$)は、(運動時最大心拍数-安静時心拍数)/((220-年齢)-安静時心拍数) $\times 100$ で算出した。

全被験者の唾液アミラーゼ値の測定は、朝方と夕方を避け、食後1時間30分以上経過してから行った。運動開始前に口腔内を水で十分に洗浄し、被験者の舌下にチップの唾液採取部が位置するように設置し、30秒間チップを含ませた。口腔内から取り出したチップは唾液アミラーゼモニター(ニプロ社製)を用いて、唾液アミラーゼ値(kIU/L)を測定した。運動終了後に同様の手順にて再測定を行い記録した。さらに運動負荷1を実施した被験者の中から無作為に抽出した男性10名、女性11名は、運動終了後に安静座位をとらせ、5分毎に35分後まで唾液アミラーゼ値の測定を行った。

各運動負荷の男性群と女性群における運動開始前と運動終了後の唾液アミラーゼ値を比較した。男性群と女性群それぞれにおいて、運動習慣について、「1回30分以上の運動を週2回以上実施している」の有無でグループ分けを行い、同様に比較した。測定値は平均 $\pm$ 標準偏差で示し、性差の比較は対応のないt検定で行い、各群内における比較に関しては対応のあるt検定を用いた。統計解析にはエクセル統計2004を使用して、危険率は5%未満とした。

本研究では、あらかじめ研究目的や方法、予想される身体的負担に関して十分な説明を行い、書面にて参加の同意を得られたものを対象とした。

III. 結果

唾液アミラーゼ値がモニターの測定範囲内の数値(10~200 kIU/L)であったものを対象とし解析した。その結果、運動負荷1の被験者は男性32名、女性30名であった。運動負荷2の被験者は男性14名、女性14名であった。被験者については表1に示す。

唾液アミラーゼ値は表2に示す。運動開始前の唾液アミラーゼ値は、男性群と女性群を比較した場合、有意な違いは認められなかった。また、男性群の運動開始前の唾液アミラーゼ値は、運動負荷1と運動負荷2では有意な違いは認められなかった。女性群においても同様であった。

表1 被験者の内訳

	運動負荷1		運動負荷2	
	男性群 (n=32)	女性群 (n=30)	男性群 (n=14)	女性群 (n=14)
年齢	21.3 ± 0.9	21.9 ± 1.0	21.2 ± 0.9	21.0 ± 0.6
身長 (cm)	169.8 ± 4.4	159.7 ± 4.2	169.9 ± 4.1	158.6 ± 5.2
体重 (kg)	60.6 ± 5.6	49.4 ± 5.4	60.8 ± 6.4	48.1 ± 5.2
BMI	21.0 ± 1.5	19.4 ± 1.5	21.0 ± 1.7	19.1 ± 1.4

表2 唾液アミラーゼ値の変化

		単位 [kIU/L]	
		運動開始前	運動終了後
運動負荷1	男性群 (n=32)	30.8 ± 16.9	29.0 ± 12.7
	女性群 (n=30)	34.4 ± 14.9	53.0 ± 35.1*
運動負荷2	男性群 (n=14)	28.1 ± 12.5	31.7 ± 10.3
	女性群 (n=14)	37.8 ± 23.6	63.6 ± 39.8*

*：運動開始前の唾液アミラーゼ値と比較した場合， $p<0.05$.

表3 運動負荷1における運動習慣の有無による比較

	男性群		女性群	
	運動習慣あり (n=20)	運動習慣なし (n=12)	運動習慣あり (n=8)	運動習慣なし (n=22)
年齢 (歳)	21.1 ± 1.0	22.0 ± 0.9	20.5 ± 0.5	20.7 ± 1.1
身長 (cm)	170.6 ± 4.0	168.2 ± 5.0	158.6 ± 4.0	159.6 ± 4.3
体重 (kg)	61.5 ± 6.2	58.8 ± 4.0	46.4 ± 5.0	50.9 ± 5.1
BMI	21.1 ± 1.6	20.8 ± 1.4	18.3 ± 1.5	19.9 ± 1.2
運動開始前の 唾液アミラーゼ値 (kIU/L)	34.4 ± 16.9	28.3 ± 18.0	41.8 ± 17.8	32.9 ± 15.7
運動終了後の 唾液アミラーゼ値 (kIU/L)	33.6 ± 26.1	34.5 ± 20.9	66.4 ± 40.5*	53.2 ± 40.8*

*：運動開始前の唾液アミラーゼ値と比較した場合， $p<0.05$.

運動負荷1の運動開始前と運動終了後の唾液アミラーゼ値は，男性群では有意な違いは認められなかった．女性群では，運動終了後の唾液アミラーゼ値は運動開始前の値より有意に増加していた．運動負荷2の運動開始前と運動終了後の唾液アミラーゼ値は，男性群では有意な違いは認められなかった．女性群では，運動終了後の唾液アミラーゼ値は運動開始前の値より有意に増加していた．

運動習慣による影響を検討する目的で，運動負荷1を行った男性32名，女性30名をグループ分けした．男性群では運動習慣あり20名，運動習慣なし12名，女性群では運動習慣あり8名，運動習慣なし22名であった．男性群の運動習慣ありグループの運動負荷前後の唾液アミラーゼ値は，有意な違いは認められなかった．男性群の運動習慣なしグループでも同様の結果であった．しかし女性群では，どちらのグループでも運動終了後の唾液ア

ミラーゼ値は運動開始前の値より有意に増加していた(表3)．

運動終了後から35分後まで計測した男性10名，女性11名の唾液アミラーゼ値の経時的変化は，女性群の11名中7名は，運動終了後5分では一時的に減少し，運動終了後20～25分に再び増加，その後は減少する傾向を示した．再びピークを示した時の唾液アミラーゼ値(52.7 ± 28.5 kIU/L)は，運動開始前の値(37.0 ± 14.6 kIU/L)より有意に増加していた．残りの4名に関しては，運動終了後に運動開始前よりも減少し5分後に増加を示す者や，運動終了後10分に最も高い値を示す者もいた．一方，男性群では，女性群と同じ傾向を示したのは10名中1名であり，他は運動終了後には増加したが，5分後に減少してから変化があまりみられない者，運動終了時に運動開始前よりも減少し，そのまま変化がみられない者，運動終了後10分に最も高い値を示す者など様々な傾向

表4 運動中における心拍数から推定した運動強度

運動強度 (%VO ₂ max)	運動負荷1		運動負荷2	
	男性群 (n=32)	女性群 (n=30)	男性群 (n=14)	女性群 (n=14)
	18.5 ± 5.3	21.6 ± 8.8	45.4 ± 18.7	61.1 ± 4.0*

*：男性群と女性群を比較した場合， $p<0.05$ 。

を示した。

運動中における心拍数から推定した運動強度は，表4に示す。運動負荷2では，男性群より女性群の方が，推定運動強度が有意に高かった。

IV. 考 察

唾液アミラーゼ値は，男性群では運動負荷1，運動負荷2ともに，運動前後で有意な違いが認められなかった。その一方で，女性群は両方の運動負荷において，運動終了後の唾液アミラーゼ値は運動開始前の値に比べ有意に増加していた。また運動負荷1後における女性群の唾液アミラーゼ値の変化では，運動終了後で値が有意に増加し，その後一度減少するが，再び増加，その後減少する者が多かった。

生体のストレス反応は，視床下部－下垂体前葉－副腎皮質系（hypothalamic-pituitary-adrenocortical system; HPA system）の活動の亢進によるコルチゾールの分泌亢進と，視床下部－交感神経－副腎髄質系（sympathetic-adrenal-medullary system; SAM system）の2つの系で構成されている¹⁰⁻¹⁵⁾。SAM systemでは，ストレスが加わると交感神経の亢進により副腎髄質からカテコールアミンが放出され，血中のカテコールアミン濃度が増加する。唾液アミラーゼの働き度合いを示す唾液アミラーゼ活性は，血漿ノルアドレナリン濃度と相関が高いといわれている¹²⁾。したがって，唾液アミラーゼは，SAM systemの神経活動を評価するための指標になりえると考えられている。また交感神経は，唾液腺の活動に関与しており，アミラーゼの分泌を制御している¹⁰⁾。この直接神経作用により唾液アミラーゼの分泌が亢進される場合は，応答時間が1分から数分と短い。SAM systemの副腎髄質を介する唾液アミラーゼの濃度変化は，刺激から通常20～30分要するといわれている¹³⁾。本研究で示した女性群における唾液アミラーゼ値の2度目の増加は，運動終了後約20～25分であったことから，ノルアドレナリンの作用によって引き起こされたものと推測できる。したがって，運動終了直後における唾液アミラーゼ値は，直接神経作用による反応であり，2度目の増加は，SAM systemの作用によって唾液アミラーゼの分泌が増加したと推測される。このことから，女性の場合，運動負荷がストレスラーとして働いていた可能性が示唆された。

田中ら¹⁶⁻¹⁸⁾は，ストレス反応におけるひきがね機構について報告しており，生体が一度ストレスにさらされてしまうと，ストレスから解放された後もノルアドレナリンの放出は亢進しており，ごく短時間のストレス負荷であっても，ある程度連続してストレスを負荷したのと同様の脳内ノルアドレナリン放出の亢進が生じると述べている。さらにストレスによる脳内ノルアドレナリン放出亢進を減弱させるには，ストレス負荷直前が有効であり，一度ストレスにさらされてしまうと，たとえ減弱作用をもつ薬物であってもその作用が出現しないことを明らかにしている。女子大学生を対象とした研究報告では，身体活動を高めることがストレス反応を減少させる効果があると述べている¹⁹⁾。また，牛島ら¹⁾や斎藤ら⁷⁾の報告も考慮すると，特に女性の場合は一度不快な感情が生じると克服するのが困難であるが，運動の導入がうまくできれば習慣化させるのは難しくないのではないかと考える。最近では運動指導の際の男女別介入方法の違いにも注目されている²⁰⁻²²⁾。女性の場合「どのような」運動を行わせるというよりは，同じ運動でも「どのように」行わせるかが重要であると考ええる。

本研究結果では，女性では運動負荷に対する唾液アミラーゼ反応が男性とは異なることが示された。しかし，心拍数から推定した運動強度では，同じ運動負荷でも男性群と女性群で違いがみられ，今後さらに検討する必要があると考える。

引用文献

- 1) 竹宮 隆，下光輝一：運動とストレス科学。杏林書院，東京，2003，pp156-170。
- 2) 牛島一成，志村正子：有酸素運動が体力および精神状態に及ぼす長期的影響と短期的精神影響。心身医，1998，38(4)：260-266。
- 3) 徳永幹雄，橋本公雄，磯貝浩久・他：運動の爽快感とその規程要因(1)。健康科学，1992，14：9-17。
- 4) Chodzko-Zajko WJ: The world health organization issues guidelines for promoting physical activity among older persons. Journal of Aging and Physical Activity, 1997, 5: 1-8.
- 5) 竹中晃二：運動がメンタルヘルスに与える影響。保健の科学，1999，41(12)：899-904。
- 6) Mitsushima D, Funabashi T, Shinohara K, et al.: Rats living in small cages respond to restraint stress with adrenocortical corticosterone release but not with hippocampal acetylcholine

- release. *Psychoneuroendocrinology*, 2003, 28(4): 574-583.
- 7) Jacks DE, Sowash J, Anning J, et al.: Effect of exercise at three exercise intensities on salivary cortisol. *J Strength Cond Res*, 2002, 16(2): 286-9.
- 8) 齊藤篤司, 鈴木正敏, 後藤真二・他: 長時間運動時の感情の変化に及ぼす性差の影響. *J Health Sci*, 1998, 20: 39-43.
- 9) 松尾善美, 西村真人, 大久保裕介・他: 心臓血管外科後3ヵ月での心理状態, 健康関連QOL, 運動習慣における性差, 心臓リハビリテーション, 2008, 13(1): 151-153.
- 10) 山口昌樹, 金森貴裕, 金丸正史・他: 唾液アミラーゼ活性はストレス推定の指標になり得るか. *医用電子と生体工学*, 2001, 39(3): 46-51.
- 11) Takai N, Yamaguchi M, Aragaki T, et al.: Effect of psychological stress on the salivary cortisol and amylase levels in healthy young adults. *Archives of Oral Biology*, 2004, 49(12): 963-968.
- 12) Chatterton RT Jr, Vogelsong KM, Lu YC, et al.: Salivary alpha-amylase as a measure of endogenous adrenergic activity. *Clin Physiol*, 1996, 16(4): 433-448.
- 13) van Strgeren AH, Wolf OT, Kindt M: Salivary alpha amylase and cortisol responses to different stress tasks: impact of sex. *Int J Psychophysiol*, 2008, 69(1): 33-40.
- 14) Miyata M, Okada D, Hashimoto K, et al.: Corticotropin-releasing factor plays a permissive role in cerebellar long-term depression. *Neuron*, 1999, 22(4): 763-775.
- 15) 山口昌樹: 唾液マーカーでストレスを測る. *日本薬理学雑誌*, 2007, 129(2): 80-84.
- 16) 田中正敏: ストレス反応におけるひきがね機構について. *心身医*, 1999, 39(3): 194-202.
- 17) 権藤雄二: 短時間拘束ストレスによるラット脳内 noradrenaline (NA) 放出の経時的変化. *久留米医誌*, 1989, 52(11): 1219-1237.
- 18) Tanaka M, Ida Y, Tsuda A, et al.: Met-enkephalin, injected during the early phase of stress, attenuates stress-induced increases in noradrenaline release in rat brain regions. *Pharmacol Biochem Behav*, 1989, 32(3): 791-795.
- 19) Kubota T, Munakata T: The relationship between physical activity level and stress response in female university students. *メンタルヘルスの社会学*, 2006, 12(11): 29-35.
- 20) Bandura A: Self-efficacy toward a unifying theory of behavioral change. *Psychol Rew*, 1977, 84(2): 191-215.
- 21) Hankonen N, Absetz P, Ghisletta P, et al.: Gender differences in social cognitive determinants of exercise adoption. *Psychol Health*, 2010, 25(1): 55-69.
- 22) Weik M, Hale BD: Contrasting gender differences on two measures of exercise dependence. *Br J Sports Med*, 2009, 43(3): 204-207.