

専門学校生の踏み台運動負荷による唾液アミラーゼ値  
及び心拍数への影響（第2報）

Influence of Step Ladder Exercise on Salivary Amylase Value  
and Cardiac Rate (II)

眞木俊夫<sup>1)</sup>、朝日直人<sup>1)</sup>、池田大佑<sup>1)</sup>、岩井秀明<sup>1,2)</sup>

Toshio Maki<sup>1)</sup>, Naoto Asahi<sup>1)</sup>, Daisuke Ikeda<sup>1)</sup>, and Hideaki Iwai<sup>1,2)</sup>

1) 武蔵野栄養専門学校、2) 武蔵丘短期大学

Abstract

The influence of fatigue and stress on nutrition college students after step ladder exercise was investigated from salivary amylase values and cardiac rates. The students exercised on a step ladder for 6 minutes. The salivary amylase values and cardiac rates were measured before exercise, 2 minutes after the end of the exercise and 8 minutes later. The salivary amylase values and cardiac rates, of both males and females, taken in the morning and afternoon classes showed a maximum value at 2 minutes after the start of the exercise and a slightly decreased value after 8 minutes. The saliva amylase values of males taken in the morning showed higher values than those taken in the afternoon, but cardiac rates did not differ. On the other hand, the salivary amylase values of females taken in the morning were the same level as those taken in the afternoon, however, their cardiac rates were higher in the afternoon. This is considered to be due to individual differences. It was also found that the recovery time for females was longer than that of males.

Key words : Step ladder exercise, salivary amylase, cardiac rate, Nutrition college

## I はじめに

前報<sup>1)</sup>において、当校の男女学生の疲労やストレス感を基本とするアンケート調査を実施し、多数の学生が日常的に疲労・ストレス感を訴えていることが分かった。この要因には、男女共通して睡眠時間の不足が明らかになった。これまで疲労・ストレス感の評価には、脳波、血圧、心拍数、心電図などの物理計測値に加え、血液中のカテコールアミン、コルチゾール、尿中のカテコールアミン、唾液中のアミラーゼなど、さまざまなバイオマーカーの化学計測値が指標の候補として紹介されている<sup>2,3)</sup>。特に生体は、疲労・ストレスを強く受けると、交感神経が興奮し、副腎髄質からアドレナリンなどのカテコールアミン、副腎皮質からコルチゾール<sup>2,3)</sup>を血液中に放出する。従って、これらの関連物質を分析すれば数値化は可能である。しかし、採血は医療従事者の必要行為であり、かつ被験者にとって精神的苦痛を

伴うことが多く、同時に身体的な負担も伴う。疲労やストレスの度合いを評価する上で故意のストレスは出来るだけ避け、非侵襲的であることが望ましい。同様に、採尿についても被験者にとって抵抗を覚えやすい。これらの観点から唾液を用いた評価法<sup>2~5)</sup>が望ましいといえる。

唾液は、被験者本人が自由に採取でき、随時性、量の豊富さ、採取場所を限定することなく、採血、採尿に比して大きな利点をもつ。唾液の分泌及び唾液アミラーゼ値は、自律神経の制御によって広く知られており、疲労・ストレス負荷を反映する指標としても有用であることが示された<sup>6,7)</sup>。平常時におけるヒトの唾液は、透明でサラサラしているが、生活環境により粘性の異なる唾液を分泌する。疲労やストレスを受け始めると、交感神経の作用により粘性の強い唾液を分泌し、唾液中のアミラーゼ濃度が増加<sup>3)</sup>する。筋疲労のような局所的な疲労とは異

なる全身疲労の1つの評価として、唾液アミラーゼ値を測定することにより、疲労・ストレスの度合いを求めることが可能である<sup>4)</sup>。唾液アミラーゼ値に影響を与える要因には、性差、口腔内の刺激（歯磨き）、飲食後の喫煙、唾液の採取場所及び職位<sup>8)</sup>、スピーチ<sup>6,9)</sup>による場合などが示され、これまで救急隊員<sup>8)</sup>、大学生<sup>6,9)</sup>、事務職員<sup>10,11)</sup>、あるいは女子大生<sup>12)</sup>等に限定して調査が進められてきた。しかし、多数の男女学生が一堂に会し、運動を行った後の唾液アミラーゼ値及び心拍数と疲労・ストレス感を訴えている度合を数値化して検討した報告は少ない。また、唾液アミラーゼ活性は、日内変動を示す<sup>13,14)</sup>とされている一方、有意差はなかった<sup>11)</sup>という報告もある。

そこで、当校第2学年に在籍する学生に踏み台運動により負荷をかけ、運動前後で得られた唾液アミラーゼ値及び心拍数から、疲労・ストレス感の数値化の可能性を検討し、時間割に従い午前と午後に分けられたクラスの結果について、日内変動の傾向を探り、今後の基礎的調査の一助にすることを目的とした。

## Ⅱ 調査方法

### 1. 対象者及び方法

1) 対象者 アンケート調査<sup>1)</sup>に回答した男性 36 人、女性 128 人、合計 164 人を被験者とした。

2) 装置 唾液アミラーゼモニター（ニプロ株式会社製）、パルスオキシメーター（株式会社トライアンドイー製）

3) 踏み台 高さ 20cm、横幅 180cm、奥行き 67cm の木製の踏み台を用いた。踏み台運動リズムは 120 回/分に設定した。

4) 測定条件 平成 28 年 12 月に実施した。時間割に従い午前 3 クラス、午後 3 クラスに分けられた。午前中は概ね 11 : 00、午後は概ね 14 : 30 に測定を開始した。また、午後クラスは、当校で提供された昼飯を喫食してから調査に参加した。まず、学生は安静座位のまま簡単な説明を受けながら内容確認を行い、運動開始前に精製水で口の中を漱いだのち、5 人が同時に 5 台の唾液アミラーゼモニターで測定を行い、同時に 5 台のパルスオキシメーターで心拍数を測定した。直ちに踏み台運動負荷を一回に 5 人ずつ

6 分間行った。運動終了後、安静座位で 2 分後、さらに 8 分後に唾液アミラーゼ値と心拍数を測定した。なお、唾液アミラーゼモニターによるバックグラウンド値は 3KU/L であったことから、3KU/L 以下の測定値は、データとして採用せず解析を行った。

## Ⅲ 結果及び考察

踏み台運動開始前の安静座位での唾液アミラーゼ値、心拍数を測定し、直ちに運動を 6 分間行い、2 分後と 8 分後において得られた唾液アミラーゼ値及び心拍数を表 1 に示した。唾液アミラーゼモニターで得られた値から経験的に疲労度の判定が可能になっている。

0～30KU/L；疲労・ストレスはない。

31～45KU/L；疲労・ストレスややあり。

46～60KU/L；疲労・ストレスあり。

61KU/L～；疲労・ストレスはかなりあり。

安静時心拍数は、平均 70 回/分として評価した。

踏み台運動負荷調査に先立って、予備実験による唾液アミラーゼ値の最大ピーク時間を求めたところ 10 分以内であることが分かった。山口ら<sup>2)</sup>も同様の時間を示しているため、測定は 2 分後と 8 分後に設定した。

今回の調査に参加した全男生の運動開始前の唾液アミラーゼ値は平均 24KU/L、心拍数は平均 71 回/分であった。山口ら<sup>15)</sup>は、当校学生らとほぼ同世代の男性の平均唾液アミラーゼ値は 25.6KU/L であったと報告している。被験者である当校の男性学生らの値はこれらの範囲内であった。運動 2 分後のアミラーゼ値は 28KU/L、心拍数 80 回/分で運動負荷による影響が現れた。アミラーゼを分泌する唾液腺と疲労・ストレス感をもたらす身体の状態との関係は、自律神経の制御によるとされ、特に交感神経の興奮により唾液アミラーゼ値は増加すると報告<sup>3)</sup>されている。また、個人の性格も分泌量に関与しているのではないかと推察した。恒次ら<sup>16)</sup>は、男子大学生について被験者の性格が「せかせか」タイプより「のんびり」タイプの方が安静時の唾液アミラーゼ値は高かったと述べているが、当校男性学生らは、31%であった「せっかち」タイプが 34KU/L、69%であった「のんびり」タイプは 22KU/L と前者の方

が高かった。8 分間安静座位を維持しても 28KU/L と増減がなく、疲労・ストレスありと判定するには至らなかった。心拍数は 74 回/分にまで下降し、心

身的に落ち着いた状態がみられた。Kudielka ら<sup>17)</sup>の報告と同様にストレス負荷中、心拍数は大きく上昇したが終了とともに減少傾向がみられた。

表 1 運動前後における唾液アミラーゼ値と心拍数

| 運動<br>間隔 |         | 全男性<br>n=36 | 全女性<br>n=128 | 午前         |            | 午後         |            |
|----------|---------|-------------|--------------|------------|------------|------------|------------|
|          |         |             |              | 男性<br>n=17 | 女性<br>n=64 | 男性<br>n=19 | 女性<br>n=64 |
| 開始前      | 唾液アミラーゼ | 24±19       | 24±15        | 29±22      | 24±16      | 19±13      | 23±13      |
|          | 心拍数     | 71±13       | 75±12        | 70±15      | 71±10      | 72±11      | 78±13      |
| 2 分後     | 唾液アミラーゼ | 28±26       | 26±17        | 34±31      | 23±16      | 23±19      | 27±18      |
|          | 心拍数     | 80±14       | 85±15        | 80±14      | 81±13      | 80±15      | 90±16      |
| 8 分後     | 唾液アミラーゼ | 28±24       | 24±15        | 33±30      | 25±17      | 23±17      | 24±14      |
|          | 心拍数     | 74±11       | 82±15        | 73±12      | 77±12      | 75±11      | 87±15      |

唾液アミラーゼ単位：KU/L、

心拍数単位：回/分

一方、全女性の運動開始前の唾液アミラーゼ値は 24KU/L、心拍数 75 回/分を示した。心身とも平穏な状態を示し、疲労・ストレス感を殆ど感じていない値と思われた。運動開始前の唾液アミラーゼ値を全男性群と比較した場合、有意差は認められなかった。白岩ら<sup>5)</sup>も同様な見解を示している。運動 2 分後に唾液アミラーゼ値は 26KU/L、心拍数 85 回/分と双方とも上昇した。特に心拍数は著しく上昇し、ピークを示した。運動による酸素摂取量の要求があったものと考えられる。8 分後の唾液アミラーゼ値は 24KU/L、心拍数 82 回/分を示し、8 分間安静座位を経過するとアミラーゼ値は殆ど変化がない一方、心拍数は開始前に回帰することはなかった。心拍リズムは、心臓の洞結節に存在するムスカリンレセプターにより制御されており、副交感神経の支配によって鋭敏な変動を示すが、運動による酸素摂取量への影響が大きいと考えられ、Kudielka ら<sup>17)</sup>の報告とは異なる傾向を示した。

今回のアンケート調査<sup>1)</sup>から、男女とも平均睡眠時間は 5.57 時間と極めて短く、不足していることが

分かった。山田<sup>18)</sup>は、睡眠時間が短くなるほど、疲労に関わる主観的訴えが増加することを報告している。睡眠時間が短いほど疲労・ストレスを受けていることが予想され、当校学生らの唾液アミラーゼ値は高いと思われた。しかし、男女ともに「疲労・ストレスはない」という結果であった。

次に、午前の男性群は、運動開始前の唾液アミラーゼ値が 29KU/L、心拍数は 70 回/分で、運動前から 30KU/L に近値していた。疲労・ストレスを感じ緊張していたものと推察された。事実、被験者の男性学生らの 78%は、平常時からストレスを感じていると訴えていた<sup>1)</sup>。運動終了 2 分後には 34KU/L に上昇し、「疲労・ストレスややあり」となり運動負荷の影響が現われた。心拍数も 80 回/分に上昇し、酸素摂取量の要求が増大したものと考えられる。唾液アミラーゼ値と心拍数は、運動終了後 2 分という短時間でも迅速に応答することが分かった。唾液アミラーゼの分泌を制御<sup>2,8)</sup>するのは交感神経作用によるが、山口ら<sup>2)</sup>は、唾液アミラーゼの分泌が 1～数分以内で亢進し応答するのは、交感神経作用とは別

の機序で、直接神経作用によると指摘している。8分経過した場合でも唾液アミラーゼ値は減少することではなく、疲労・ストレス感が継続していた。

山口ら<sup>2)</sup>は、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と報告している。また、岡本ら<sup>8)</sup>は、疲労状態による唾液アミラーゼ活性値は、「眠気感とだるさ感」より「不快感と不安定感」の方がより増加すると述べている。これらから、午前の男性群らは、日常生活の中で「不快感と不安定感」を強く感ずる何らかの要素を受けているか、踏み台運動自体を不快と受けとめていたのではないかと推察した。心拍数は、運動開始前までに減衰していることが分かった。酸素摂取量の要求度が低下し始めたからと思われた。唾液アミラーゼ値と心拍数双方ともピークに達する時間が短いにも関わらず、回復時間にズレが生じ、心拍数が運動前に回復するには、ある程度時間が必要であることも分かった。

午前の女性群は、運動開始前の唾液アミラーゼ値が24KU/L、心拍数は71回/分で、緊張感は殆どないと思われた。これは、午前の男性群との大きな違いであった。2分後の唾液アミラーゼ値は24KU/Lと運動後にも関わらず、疲労による上昇は観察されなかった。しかし、心拍数は80回/分と上昇してピークを示し、午前男性と同様に酸素摂取量の要求が増大した。8分後になると唾液アミラーゼ値は25KU/L、心拍数77回/分と唾液アミラーゼ値は殆ど変動を示さず、疲労・ストレス感との強い関係は観察できなかった。運動による影響が心拍数のみに現われ、運動開始前まで回帰するには、更なる時間を要すると同時に、開始前に戻る速度が遅いことが判明した。疲労・ストレス感と交感神経の作用及び心拍数とに時間差を生じることが分かった。白岩ら<sup>9)</sup>は、運動終了後の唾液アミラーゼ値が女性群で運動前の値より有意に増加していると報告しているが、午前の男女では、逆の傾向がみられた。2分後、8分後のいずれの時間帯でも性差に有意差が認められた ( $p<0.05$ )。午前の男性群の方が高値を示した理由には、一般に青年期女性の血圧は低く、副交感神経の作用が亢進されているため、唾液量は多くても、唾液アミラーゼ量が少なかったと推定した。

午後の男性群は、運動開始前の唾液アミラーゼ値

が19KU/L、心拍数は72回/分であった。78%が疲労感を訴えていたりにもかかわらず、唾液アミラーゼ値は極めて低かった。ストレス感の訴えは56%<sup>1)</sup>と低く、昼食後の時間帯であったことから、副交感神経の作用が亢進し、リラックス状態であったため低値になったと考えられた。岡本ら<sup>8)</sup>は、「ねむけ感」が有意に増加した結果、交感神経活性が抑制作用に働き、唾液アミラーゼ活性が低下すると報告している。さらに、Yamaguchi ら<sup>13)</sup>は、唾液アミラーゼの分泌には日内変動が存在することを指摘し、早朝から午前中の唾液アミラーゼ値は低い傾向を示し、午後から夜にかけて最高値を示すことを明らかにしているが、異なる傾向を示した。午後の男性群らは、生活環境やその日の気分が優位にたち、起床後と同様にリラックス状態にあったと推定した。しかしながら、運動開始前の唾液アミラーゼ値と疲労感との間に強い関係を見出すことは出来なかった。心拍数も72回/分と極めて安定した値であった。2分後の唾液アミラーゼ値は23KU/Lとやや上昇傾向がみられたものの低値であった。しかし、心拍数は80回/分と上昇した。運動負荷による影響が現われたものと推定した。8分後でも23KU/Lと増減は認められず、唾液アミラーゼ値からは、疲労・ストレスはなかったものと思われる。心拍数は75回/分と午前の男性群同様、運動開始前に回帰する傾向を示した。

午後の女性群は、運動開始前の唾液アミラーゼ値が23KU/L、心拍数78回/分であった。唾液アミラーゼ値は平常と思われたが、心拍数は既に運動後の値に近似していた。いずれにしても、平常時から酸素摂取量の要求が高かった。これは心理的な緊張や興奮気味状態によるものと推察した。運動終了2分後には27KU/L、心拍数90回/分とピークに達した。午前の女性群に見られない迅速な応答であった。この応答は直接神経作用が関与していることが同え、また、酸素摂取量の高い要求があったと思われる。運動負荷の影響が強く見られ、心拍数に有意差が認められた ( $p<0.05$ )。8分後の唾液アミラーゼ値24KU/Lは、運動開始前に収まる傾向にあった。緊張や不快によるストレス状態から解放されたものと考えられる。山口ら<sup>4)</sup>も不快な刺激では唾液アミラーゼ活性が上昇し、快適な刺激では逆に低下すると

述べていることとほぼ同一の見解を示した。心拍数は 87 回/分で、午前の女性群と同様に回復は遅く、酸素摂取量の要求が継続していた。

総合的にみると、午前の女性群を除き、運動負荷によって、唾液アミラーゼ値と心拍数双方ともピークに達する時間は短いことが分かった。しかし、それぞれが運動開始前に戻る時間にはズレが生じた。特に心拍数が回復するには、ある程度時間が必要で、女性群に顕著であった。この原因は、学生らの日常的な運動不足が引き金となっていたと考えられた。また、山口<sup>4)</sup>らは、ストレス応答が強いと唾液アミラーゼ値は高い数値を示すと報告しており、この点において、男性群の感受性の方が女性群より高いことが判明した。

唾液アミラーゼ値は、その身体や精神的による快適と不快を判別できる可能性がある。例えば、看護学校での実習内容に満足したとき、疲労感が低いと指摘している<sup>19)</sup>。また、平常時からの運動不足などが唾液アミラーゼ値や心拍数に影響しているとも考えられる。さらには、大幅な睡眠時間不足が原因ということも考えられる。唾液アミラーゼの分泌量は、様々な要因で変動することが予想されることから、さらなる綿密なアンケート調査を実施し、疲労・ストレス感と唾液アミラーゼ値との関係の数値化を可能とするための検討が必要と考える。

#### IV 結論

踏み台運動負荷による男女学生の唾液アミラーゼ値と心拍数から、疲労・ストレス感との関係について調査した。

運動開始前の唾液アミラーゼ値には、性差は認められなかった。男女とも運動後に唾液アミラーゼ値と心拍数に影響が現われた。ピークは午前の女性群を除いて運動後 2 分経過時であった。しかし、疲労やストレスを訴えている割には唾液アミラーゼ値が高くはなく、変量も少なかった。

一方、心拍数は運動開始前までに回復するには、時間を必要とすることが分かった。

午前の男性群のみ、疲労度を示す唾液アミラーゼ値 30KU/L を僅かに超え、「疲労・ストレスややあり」と判定された。午後の男性群は、運動前後とも

唾液アミラーゼ値は低値であった。午後の女性群の心拍数は運動前から高く、調査終了時においても回復しなかった。個人差、日内変動を含めて自律神経の制御の違いが示唆された。

#### 謝辞

本調査の実施に当たり、主旨に賛同しご協力いただきました武蔵野栄養専門学校第 46 期生の皆様に深謝致します。

#### 【参考文献】

- 1) 朝日直人、池田大佑、岩井秀明、眞木俊夫 専門学校生の疲労・ストレス感に関するアンケート(第 1 報) 武蔵丘短期大学紀要 25 巻, (2017). 印刷中
- 2) 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 129, 80-84 (2007).
- 3) 田中喜秀、脇田慎一 ストレスと疲労のバイオマーカー 日本薬理学雑誌 137, 185-188 (2001).
- 4) 山口昌樹、金森貴裕、金丸正史、水野康文、吉田博 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 応用電子と生体工学 39-3, 234-239 (2001).
- 5) 白岩加代子、長谷いずみ、田中聡 運動負荷に対する唾液アミラーゼ反応の男女差 理学療法科学 8(4), 451-455 (2013).
- 6) 國橋孝寛、平伸二、大平英樹 スピーチによる唾液アミラーゼの変動と達成感の関連 人間環境学研究 11(1), 7-12 (2013).
- 7) 萩野谷浩美、佐伯由香 ストレス評価における唾液  $\alpha$  アミラーゼ活性の有用性 日本看護技術学会誌 10(3), 19-28 (2012).
- 8) 岡本博照、菊川忠臣、神山麻由子、照屋浩司、和田貴子 都市部救急隊員の疲労と唾液アミラーゼ活性値 民族衛生 78(3), 61-75, (2012).
- 9) 入江正洋、福盛英明 大学生のプレゼンテーションストレスと唾液中アミラーゼ反応 健康科学 32, 71-75 (2010).
- 10) 入江正洋、小島恵、森恭子 事務系企業集団を

対象とした職業性ストレス関連事項、生活習慣と唾液アミラーゼ活性に関する検討 健康科学 33, 33-38 (2011).

- 11) 入江正洋、小島恵、森恭子 事務系企業集団を対象とした唾液アミラーゼ活性の日内、週内および季節性変動に関する検討 健康科学 34, 27-33 (2012).
- 12) 大野雅樹、和田美帆子、松井香織 唾液中ストレスマーカーによる女子大生のストレス耐性の評価 京都女子大学発達教育学部紀要(10), 69-76 (2014).
- 13) Yamaguchi, M., Deguchi,., and Miyazaki, Y., The Effects of Exerecise in Forest and Urban Environments on Sympathetic Nervous Activity of Normal Young Adults The Journal of International Medeical Research 34, 152-159(2006).
- 14) 中野敦行、山口昌樹 唾液アミラーゼによるストレスの評価 バイオフィードバック研究 38(1),4-9(2011).
- 15) 山口昌樹、花輪尚子、吉田博 唾液アミラーゼ式交換神経モニタの基礎的性能 生体医工学 45(2), 161-168 (2007).
- 16) 恒次祐子、宮崎良文 唾液ストレスマーカーの個人差にせまる 森林総合研究所 平成 23 年版研究成果選集 36-37
- 17) Kudielka, B.M, Schommer, N.C, Helhammer, D., H and Kirschbaum, C. Acute HPA axis response, heart rate, and mood changes to psychosocial stress (TSST) in humans at different times of day Psychoneurndocrinology 29, 983-992 (2004).
- 18) 山田晋平 疲労兆候検出に関する検討 日本人間工学学会大会講演集 日本人間工学学会第51回大会(2001).セッション ID2D3-02
- 19) 渡邊賢二 看護実習前・中の疲労症状に関する調査 医学と生物学 147, 54-57 (2003).