

# 中等度強度の運動後の唾液緩衝能および酸化還元能に 及ぼす月経周期の影響

橋本 茜\*・松尾絵梨子\*\*・松原 茂\*\*・鈴木政登\*\*\*・塩田正俊

Effects of the menstrual cycle on the buffering capacity and the oxidation-reduction potential  
in saliva after moderate bicycle exercise

HASHIMOTO Akane, MATSUO Eriko, MATSUBARA Shigeru,  
SUZUKI Masato and SHIOTA Masatoshi

(Received September 25, 2015)

## Abstract

**Purpose:** Although Saliva provided with various defense mechanisms, such as the buffering and the antioxidant defense systems, there is little information concerning the changes which occur in salivary defense system in response to exercise in the follicular (low temperature) and luteal (high temperature) phases of the menstrual cycle. Therefore, we investigated that the effects of the menstrual cycle on markers of salivary buffering action and oxidation-reduction status after moderate exercise.

**Methods:** Seven healthy females completed the exercise by bicycle ergo-meter of 50% HR reserve (50%HRR) for 30 min during the follicular and luteal phases in the menstrual cycle. Saliva samples were collected before, immediately, and 30 and 60 min after exercise, and the buffering capacity (sBC) and oxidation-reduction potential (sORP) of whole saliva are determined.

**Results:** The sBC increased immediately and 30 min after exercise compared with that of before exercise, but spH was practically unchanged. The correlation coefficient between the increment of sBC from before exercise and the increment of blood lactate concentration was 0.383 ( $p=0.0786$ ). While the sORP decreased immediately, 30 and 60 min after exercise compared with that of before exercise. The sPO decreased 30 and 60 min after exercise compared with that of immediately after exercise and the salivary uric acid concentration in follicular phase at 30 min after exercise was higher than that of luteal phase. The decrement of sORP from before exercise is a good correlated with the changes of salivary uric acid concentration ( $r=0.632$ ,  $p<0.001$ ).

**Conclusion:** These results suggest that moderate exercise during the follicular (low temperature) and luteal (high temperature) phases of the menstrual cycle did not influence the sBC and the sORP, however, the salivary antioxidant, such as salivary uric acid, may be influenced during exercise between menstrual cycle phases.

**Key Words:** Moderate exercise, menstrual cycle, sORP, sBC, spH, salivary uric acid

---

\* 山口大学教育学部スポーツ健康科学、\*\* 日本大学薬学部健康・スポーツ科学、  
\*\*\* 東京慈恵会医科大学臨床検査医学

## I. はじめに

健康への関心の高まりから日常的に運動を取り入れる女性は多く、運動に伴う身体の影響を月経周期ごとに精査することは、女性の健康を考える上で重要である。また、体調の変化の指標として、血液や尿による種々のマーカーの検査が有効であるが、侵襲的で、かつ簡単に測定できないことが課題として残っている。唾液による検査は、非侵襲的であれば結果が出るため、検査の方法として広まることが期待される。

唾液は3大唾液腺、すなわち耳下腺、舌下腺、顎下腺と小唾液腺から生成される。その唾液生成には、2段階の過程が考えられ、第1段階では、腺房部で血液とほぼ等張の原唾液がつくられ、第2段階では、排泄管に至るまでに $\text{Na}^+$ と $\text{Cl}^-$ の再吸収、 $\text{K}^+$ と $\text{HCO}_3^-$ の分泌によって低張な唾液が口腔内に排泄される<sup>2)</sup>。唾液腺機能は主に交感神経・副交感神経に影響されるが、唾液腺に性ホルモン受容体の存在が明らかとなり<sup>9)</sup>、これらの性ホルモン受容体を介し、唾液電解質や水分量などが修飾される可能性が示唆されている<sup>29)</sup>。これらのことから、月経周期に伴う性ホルモンの変動は唾液分泌量や唾液成分に影響する可能性が考えられるが、これまでのところ唾液分泌量に関しては、エストロゲン投与により耳下腺からの唾液分泌量が増加したとする報告<sup>19)</sup>と影響はなかったとする報告<sup>25)</sup>があり、必ずしも一致した見解ではない。

さて、唾液腺機能は飲料摂取などにより影響を受け、とくに清涼飲料水のようなpHが低い(清涼飲料水・酸性飲料のpH2.9~3.8)飲料摂取では、摂取刺激により口腔内の唾液分泌速度が亢進し、重炭酸塩濃度も上昇する。これにより清涼飲料水摂取などでは唾液pH (spH) はそれほど低下しないように緩衝能により調節される<sup>27)</sup>。運動では血中の二酸化炭素濃度( $\text{CO}_2$ )濃度や乳酸濃度が上昇し、体内の酸性化に伴い唾液緩衝能(salivary Buffering Capacity: sBC)が作用することは十分予想される。運動後の唾液緩衝能については運動強度との関係が検討されている<sup>19, 31)</sup>。一方、運動時の唾液酸化還元能(Salivary oxidation-reduction potential; sORP)の変化については、その生理学的意義は明確ではない。岡崎<sup>20)</sup>はsORP値の変化から「体調度」を検討し、sORP値が低い方が「好ましい体調にある」と報告している。運動後のsORP値の変化については、塩田ら<sup>23)</sup>は、70%心拍予備(70%Heart rate reserve: 70%HRR)強度で運動を30分間行い、運動後にsORP値が低下したことから、運動が生体内を酸化状態から還元状態へと移行させ、体調を改善する可能性を示唆している。また、林田ら<sup>7)</sup>は、運動後のsORPの変化を酸化ストレスの指標として捉え、乳酸閾値強度の運動後の酸化ストレスに及ぼす月経周期の影響について検討し、ストレス度の高い月経期に安静時のsORP値が最も高かったことから、唾液中のORP値を指標に「酸化ストレス」を評価できると示唆している。

このように運動後のsBCおよびsORPの変化が検討され始めてきたが、運動後のsBCやsORPが月経周期により、どのような影響を受けるかについては十分明らかではない。

本研究では、月経周期に伴う体温変化から黄体期(高温期)および卵胞期(低温期)を調べ、それぞれの期に50%HRR強度の自転車運動を30分間負荷し、中等度強度の運動後のsBCおよびsORPを測定し、月経周期および運動の影響について検討した。

## II. 方 法

### 1. 被験者

被験者は健康な女子大学生7名であった。被験者の年齢、身長および体重の平均値±標準偏差は、それぞれ $20.1 \pm 1.1$ 歳、 $159.2 \pm 3.4$  cm、 $52.3 \pm 6.5$  kgであった。なお、本実験を行うにあ

たり、ヘルシンキ宣言（1964年、2008年改定）にある倫理的原則を基に、本研究の目的、方法および運動負荷に伴う不快感などを被験者に説明し、同意の上で実験に参加してもらった。

## 2. 実験手順

図1に、実験プロトコルを示した。

被験者は、午前9時に実験室来室後、先ず心拍計(HRモニター、ポラール社、RS400)を装着し、次いで口腔を30秒間、3回洗浄した。その後椅座位安静を保ち、安静20分目から唾液採取、血中乳酸濃度測定を、安静25分目から5分間の呼気ガス採取を、それぞれ行った。この安静期間で最も低い心拍数を安静時心拍数とした。安静時の測定終了後、自転車エルゴメータを用いて、5分間のウォーミングアップを負荷漸増法にて行い、運動時目標心拍数(50%HRR)の±5拍/分に到達した段階で30分間の運動負荷試験を開始した。運動時には5分間隔で呼気ガスを採取し、また、運動15分目には血中乳酸濃度の測定を行った。運動終了直後にクーリングダウン(5分間)を行うとともに、乳酸濃度測定および唾液採取を行った。運動後は30分で乳酸濃度測定を、また、30分と60分に唾液採取を行い、実験を終了した。

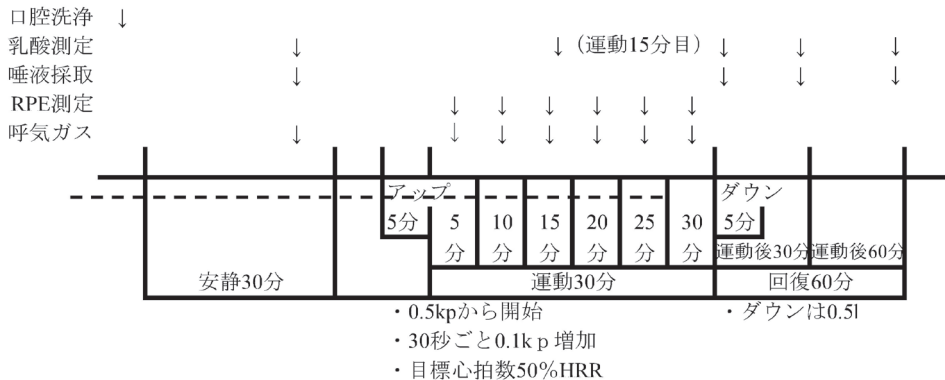


図1. 実験プロトコル

## 3. 運動負荷方法

自転車運動を行うにあたり、運動強度は50%HRRにあたる心拍数に設定した。50% HRRは次の式で求めた。 $50\% \text{ HRR} = (\text{予測最大心拍数} (220 - \text{年齢}) - \text{安静時心拍数}) \times 0.5 + \text{安静時心拍数}$ である。運動負荷は0.5 kpから始め、50%HRR強度の心拍数に到達するまで30秒ごとに0.1 kpずつ負荷を上げた。目標心拍数に達するまでは、ウォーミングアップを兼ねて5分間、自転車運動を行った。目標心拍数の±5拍/分に達してから、本運動を開始した。本運動は運動時目標心拍数を保つよう負荷の調節をしながら正味30分間行った。

## 4. 基礎体温の測定方法

排卵の時期の確認をするために、毎朝基礎体温を電子体温計（テルモ社、テルモ電子体温計C502）で測定させた。基礎体温は起床直後、寝た姿勢で舌下に体温計をくわえて測定させた。基礎体温の高温期と低温期および月経開始日を参考にして、卵胞期（月経終了から10日間）および黄体期（排卵から月経までの期間）を算出し、それぞれの期間に自転車運動を行った。また、基礎体温測定において黄体期および卵胞期の判断がつかない場合に、月経周期の日数を参考に実験を実施した。本研究における被験者の月経周期は $30.1 \pm 4.6$ 日/周期であった。

## 5. 測定項目および測定方法

(1) 呼気ガス測定：呼気ガスの採取は、ダグラスバッグを用いて行った。採取した呼気ガスは酸素 ( $O_2$ ) 濃度、 $CO_2$ 濃度を微量ガス分析装置（アルコシステム社、AR-1 Type2）で測定し、ガス量は乾式ガスメーター（品川精器、乾式ガスメーター）により測定した。

(2) 血中乳酸濃度：ラクテートプロ（アークレイ社、ラクテートプロ）で測定した。

(3) 心拍数 (HR)：HRはHRモニター（ポラル社、RS400）により、安静開始から回復期終了まで1分間隔で連続測定した。

(4) sBCの測定：sBCの測定は、唾液0.5mlに0.02N HClを50  $\mu l$  ずつ添加し、pHメーター（HORIBA社、pH meter F-22）でpHが4以下になるまで添加し、測定した<sup>30)</sup>。

図2に、0.02 N HClを50  $\mu l$  ずつ添加した時の唾液緩衝能曲線の一例を示した。エナメル質脱灰限界pHである5.4に到達したときのHCl量を緩衝能の指標として用いたが、この例では、運動前の黄体期（高温期）のsBCは360  $\mu l / 0.5 ml$ 、卵胞期（低温期）のsBCは1,020  $\mu l / 0.5 ml$  となる。

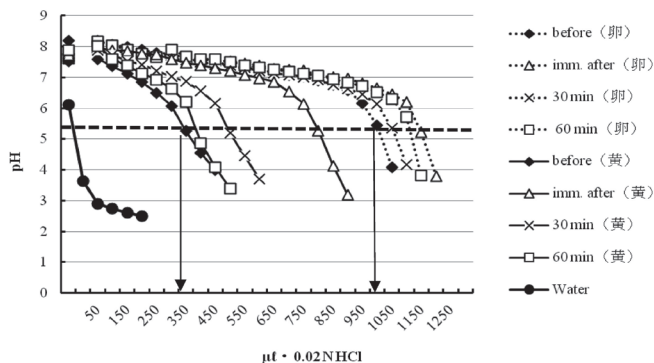


図2. 被験者Aの唾液緩衝能曲線

卵:卵胞期、黄:黄体期、◆:運動前、△:運動直後、×:運動30分後、  
□:運動60分後、●:water(蒸留水)  
:卵胞期および黄体期の運動前唾液緩衝能、pH5.4;エナメル質脱灰限界pH

### (5) その他の唾液成分

spHの測定はpHメーターを、sORPは酸化還元電位計（佐藤商事、ORP-meter）を、それぞれ用い測定した。また、唾液ペルオキシダーゼ活性値 (salivary Peroxidase activity; sPO) の測定はo-ジアニシジン法（和光純薬）を用いて、唾液尿酸値の測定はウリカーゼ・TOOS法（和光純薬、尿酸—C—テストワコー）を用いて、それぞれ測定した。

## 6. 実験時の環境条件

実験期間中の実験室内の気温および相対湿度は、それぞれ $20.7 \pm 1.1^\circ C$ および $45.8 \pm 11.3\%$ であった。

## 7. 統計処理

各測定項目の値は平均値±標準偏差で示した。時間経過に伴う各測定項目間の黄体期と卵胞期の比較は、反復測定による二元配置（周期（黄体期および卵胞期）要因×時間要因）分散分析法を用いて行った。分散分析の結果、交互作用が認められた場合にはTurkey法により、各

群間について検定を行った。時間要因が有意であった場合には各時間（運動前、運動直後、運動後30分および運動後60分）での両期合わせた平均値を求め、各時間の平均値について対応のあるt検定で比較検討した。また、血中乳酸濃度および唾液成分との相関関係については、唾液採取時間と対応する血中乳酸濃度測定時間が運動前、運動直後および運動後30分のデータしかないため、唾液成分についても運動直後および運動後30分の値から運動前の値を引いた変化量（ $\Delta$ ; n=14）について、ピアソンの積率相関係数を求め検討した。有意水準はいずれも5%とした。

### Ⅲ. 結果

#### 1. 基礎体温および運動時のO<sub>2</sub>摂取量について

基礎体温調査の結果、7名の被験者について黄体期の基礎体温は $36.48 \pm 0.33^\circ\text{C}$ 、卵胞期が $36.24 \pm 0.23^\circ\text{C}$ で黄体期の体温が有意（対応のあるt検定： $p < 0.05$ ）に高値であった。また、黄体期および卵胞期の運動時の体重当たりの平均酸素摂取量（ $\dot{V}\text{O}_2$ ）および平均二酸化炭素排泄量（ $\dot{V}\text{CO}_2$ ）は、順に、黄体期で $\dot{V}\text{O}_2$ が $22.17 \pm 5.03$  ml/kg/min、 $\dot{V}\text{CO}_2$ が $20.66 \pm 5.00$  ml/kg/min、卵胞期で $\dot{V}\text{O}_2$ が $22.75 \pm 4.36$  ml/kg/min、 $\dot{V}\text{CO}_2$ が $20.92 \pm 3.99$  ml/kg/minと $\dot{V}\text{O}_2$ 、 $\dot{V}\text{CO}_2$ ともほぼ同様な値（いずれも対応のあるt検定：NS）を示した。

#### 2. 運動時および運動後の血中乳酸濃度の変化について

図3に、黄体期および卵胞期の50%HRR強度の自転車運動時の血中乳酸濃度の変化について示した。二元配置分散分析（周期要因×時間要因）の結果、時間要因だけが有意であり、多重比較検定の結果、運動前に比べ運動15分値で有意（ $p < 0.05$ ）に高値を示し、運動直後ではほぼ運動前値水準まで戻った。

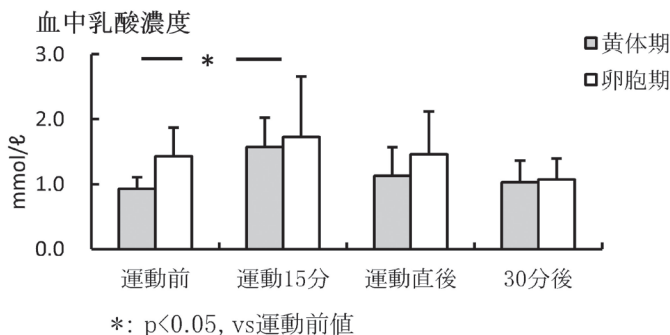


図3. 黄体期および卵胞期における運動前後の血中乳酸濃度の変化

#### 3. 運動後の唾液分泌量、sBC、spH、sORP、sPOおよび唾液尿酸値の変化について

図4に、黄体期および卵胞期の運動後唾液分泌量、sBCおよびspHの変化について示した。唾液分泌量およびspHの分散分析の結果はいずれの要因も有意ではなかったが、sBCについては時間要因だけが有意であり、多重比較検定の結果、運動前値に比べ運動直後および運動後30分で有意（ $p < 0.01$ ）に上昇した。

図5に、sORP、sPO、および唾液尿酸値の変化について示した。分散分析の結果、sORPおよびsPOは時間要因だけが有意であり、sORPは運動前値に比べ運動直後、運動後30分および60分値で有意（いずれも $p < 0.05$ ）に低下した。また、sPOは運動直後値に比べ運動後30分および

び60分値で有意 (いずれも $p<0.05$ ) に低下した。唾液尿酸値には交互作用 ( $p<0.001$ ) が認められ、黄体期では運動前値に比べ運動直後および運動後30分に有意 ( $p<0.05$ ) に低下し、卵胞期では運動前値に比べ運動後60分で有意 ( $p<0.05$ ) に上昇し、また、運動後30分値の黄体期および卵胞期の間には有意 ( $p<0.05$ ) な差が認められた。

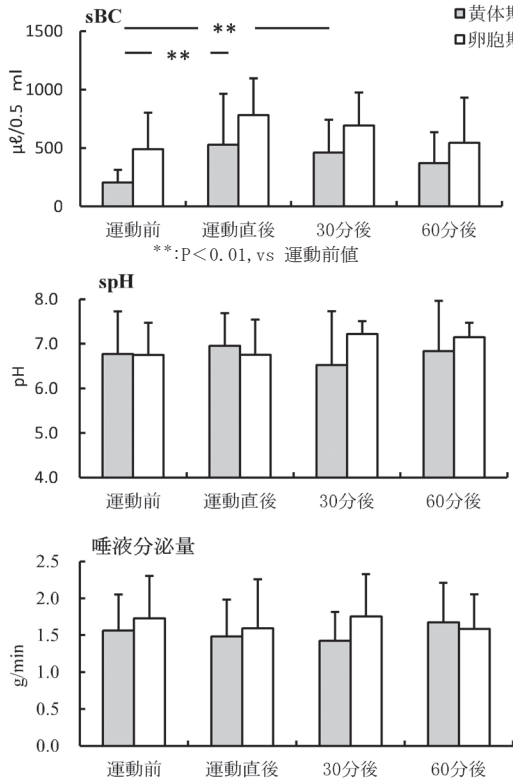


図4. 黄体期および卵胞期における運動前後のsBC、spHおよび唾液分泌量の変化

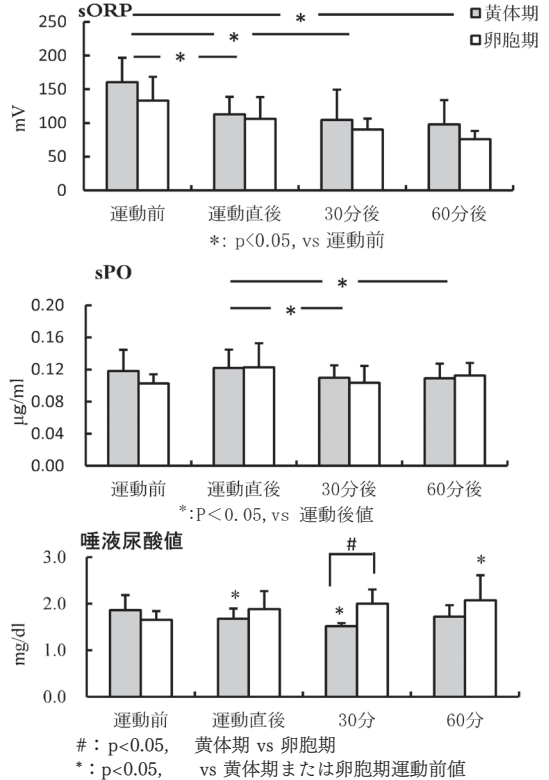


図5. 黄体期および卵胞期における運動前後のsORP、sPOおよび唾液尿酸値の変化

#### 4. 運動後の血中乳酸濃度、唾液分泌量、spHおよびsBCの変化量の関係、sORPとsPOおよび唾液尿酸値の変化量 ( $\Delta$ 運動直後および $\Delta$ 運動後30分) の関係について

図5に、血中乳酸濃度とsBCの運動直後および30分後の値の運動前値からの変化量 ( $\Delta$ ) についての相関関係を示した。正の相関関係 ( $r = 0.383$ ) の傾向にあったが、有意 ( $p = 0.079$ ) ではなかった。また、 $\Delta$ 唾液量と $\Delta$ sBC ( $r = 0.269$ ,  $P = 0.230$ )、 $\Delta$ spHと $\Delta$ sBC ( $r = 0.116$ ,  $P = 0.611$ ) との間にはいずれも有意な相関関係は認めなかった。

図7に、運動前値からの運動直後および運動後30分の変化量 ( $\Delta$ ) を求め、 $\Delta$ sPO活性値と $\Delta$ sORP、 $\Delta$ 唾液尿酸値と $\Delta$ sORPとの関係について示した。 $\Delta$ sPO活性値と $\Delta$ sORPとの間では $r = 0.332$  ( $p = 0.122$ ) と有意な関係ではなかったが、 $\Delta$ 唾液尿酸値と $\Delta$ sORPの間には $r = 0.632$  ( $p < 0.001$ ) の正の相関関係が認められた。

#### IV. 考察

本研究の目的は、月経周期に伴う基礎体温の変化から黄体期（高温期）および卵胞期（低温期）を調べ、それぞれの期に50%HRR強度の自転車運動を30分間行い、その時のsBCおよびsORPに及ぼす影響を明らかにすることである。

女性における月経周期に伴う体温の変動は、卵胞早期を基準にすると、エストロゲンのみが増加する排卵前では0.2~0.3°C低下し（卵胞後期）、排卵後にプロゲステロンとエストロゲンが増加する黄体期では0.3~0.5°C高くなる<sup>32)</sup>。エストロゲンとプロゲステロンは直接的に体温調節中枢を修飾し、エストロゲンは発汗や皮膚血管拡張の深部体温閾値を低い方向へ、プロゲステロンは高い方へ、それぞれシフトさせる<sup>8)</sup>。本研究における月経周期に伴う体温の変動中は0.01~0.53°Cであり、黄体期および卵胞期の判断がつけにくい被験者が3名ほどいたが、ほぼ黄体期（高温期）および卵胞期（低温期）に運動負荷が行われていたと考えられる。

##### 1. 運動後のsBCに及ぼす月経周期の影響、および中等度運動の影響

運動後の唾液緩衝能については、OBLA強度（血中乳酸濃度：4 mmol/l）の運動直後では唾液緩衝能は男女とも低下し、LT強度（血中乳酸濃度：2 mmol/l）の運動では変化がないことから、唾液緩衝能は運動強度に依存すると考えられている<sup>17, 31)</sup>。本研究で用いた運動の強度は50%HRR強度で、血中乳酸濃度は運動15分で有意に上昇し運動後は低下した。また黄体期および卵胞期の運動時の乳酸濃度に差はなかった。血中乳酸濃度については月経周期の影響はないとするSmekal et al.<sup>24)</sup>の報告と同様であった。また、本研究における運動15分および運動直後の血中乳酸濃度の平均値は2 mmol/l以下であり、乳酸閾値以下の強度の運動であり、この強度の運動であればsBCは変化しないと推測したが、sBCは運動直後および運動後30分で有意に上昇した。この原因については後述する。また、黄体期および卵胞期の運動時の $\dot{V}O_2$ および $\dot{V}CO_2$ にも差はなく、これらについても月経周期の影響はなかった。

運動後のsBCに及ぼす月経周期の影響に関する研究は見当たらないが、安静時のsBCについては、Dural and Çağırankaya<sup>5)</sup>が安静時sBCに月経周期の影響はないと報告している。一方、喜多村と小原<sup>10)</sup>は、24時間にわたる唾液成分の変化から月経周期の影響を検討し、sBCと関係

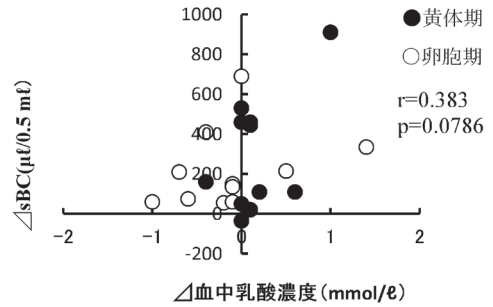


図6. 運動前後の変化量 $\Delta$ 血中乳酸濃度と $\Delta$ sBCとの関係

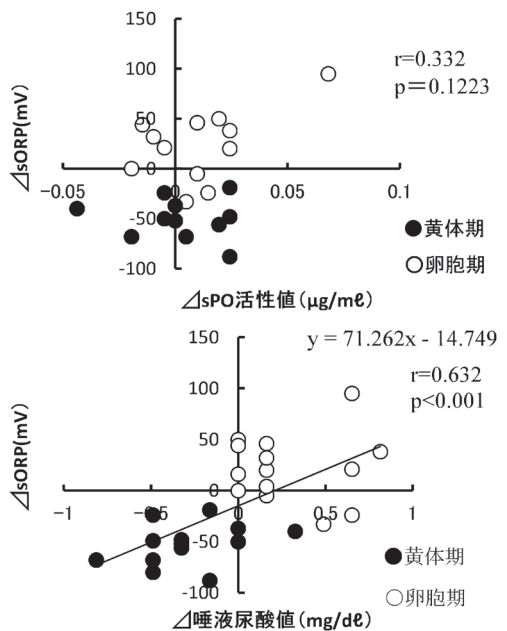


図7. 運動前後の変化量 $\Delta$ sPO活性値と $\Delta$ sORP、および $\Delta$ 唾液尿酸値と $\Delta$ sORPとの関係

があるspHの24時間の平均値では、卵胞期のspHの平均値が黄体期のそれより高値を示したことを報告している。本研究における運動後のsBCおよびspHに月経周期の影響は認めなかった。この違いの原因の一つは観察期間の長さがあるのかもしれない。

鈴木ら<sup>26)</sup>は、安静時および刺激時唾液分泌速度と緩衝能（spHの変化から検討している）との間には有意な正の相関関係（ $r=0.641$ 、 $p<0.05$ ）があり、口腔内のpHの維持には主に重炭酸系緩衝能が関与し、重炭酸塩濃度は唾液分泌量に依存していることを指摘している。唾液分泌と性ホルモンの関係については、老木ら<sup>19)</sup>は、エストロゲン投与により、耳下腺からの唾液分泌量が亢進したことを報告している。この報告からは、エストロゲンの作用時には唾液分泌量が亢進し、口腔内pH、すなわち唾液緩衝能が上昇すると推測されるが、本研究の結果からは、プロゲステロンとエストロゲンが増加する黄体期にその効果は認められなかった。一方でStreckfus et al.<sup>25)</sup>は閉経後にエストロゲン摂取女性と非摂取女性の唾液分泌量について検討し、唾液分泌量に差はなかったと報告している。本研究の運動後の唾液分泌量の結果は両期で差はなく、Streckfus et al.の結果<sup>25)</sup>を支持する結果となった。

本研究の結果およびStreckfus et al.<sup>25)</sup>の唾液分泌量の結果、さらにDural and Çağirankaya<sup>5)</sup>の唾液緩衝能の結果からは、運動後および安静時の唾液緩衝能および唾液分泌量に月経周期の影響は少ないことが考えられるが、本研究においては性ホルモンの測定は行ってはいない。しかし、少なくとも高温期および低温期における運動後のsBC反応に差はなく、この点からは月経周期の影響はなかったと考えられる。

次に、本研究では、運動後にsBCが有意に上昇した。このsBCの変化について考えたい。

運動時にsBCが増加する機序としては、一つには交感神経系の関与が考えられる。一般に運動時には交感神経系が優位になることから、腺房細胞と導管細胞にある $\beta$ -受容体を介して、とくに導管細胞では $\text{HCO}_3^-$ 分泌を含む水分と電解質の輸送が促され<sup>12)</sup>、このため、運動後にはsBCが上昇する可能性がある。とくに運動による $\text{CO}_2$ の産生増加は、血液中から唾液腺への $\text{CO}_2$ 供給を増加させ、炭酸脱水素酵素の作用により $\text{HCO}_3^-$ の分泌を増加させる可能性がある。二つには運動時に産生される乳酸などの酸の影響である。クエン酸溶液の刺激で唾液分泌量が増加することは知られているが<sup>26)</sup>、運動時に産生される乳酸などの酸が唾液腺を刺激した場合、口腔内のpHの維持のために唾液分泌量を増加させ、sCBなどに影響する可能性が考えられる。運動時には血中乳酸濃度と唾液乳酸濃度は濃度の違いこそあれ、ほぼ同様な動態を示し、両者には有意な正の相関関係が示されている<sup>28)</sup>。したがって、運動で生じた乳酸が唾液腺に影響を及ぼす可能性は十分考えられる。本研究における運動後のsBCの上昇の原因は明らかではないが、運動時に優位となる交感神経系活動の刺激や運動に伴い増加する $\text{CO}_2$ の刺激、あるいは運動で生じた乳酸などの酸による刺激などが複合的に唾液腺を刺激し、その結果、 $\text{HCO}_3^-$ 分泌を亢進させ、sBCを上昇させたていたのかもしれない。

これまで唾液緩衝能については、う蝕との関係からエナメル質脱灰臨界pH（pH 5.4）に到達するまでの滴定必要量が検討されてきた<sup>30)</sup>。このような方法を用いて、岡崎ら<sup>21)</sup>は、幼稚園児を対象に唾液緩衝能を検討し、唾液緩衝能には高緩衝群、中緩衝群および低緩衝群が存在し、高緩衝能群のう蝕未処置およびう蝕処置歯数（平均2.28歯数）は中緩衝能群（平均3.65歯数）および低緩衝能群（平均5.50歯数）のそれらより低値を示したと報告している。本研究で認められた中等度強度の運動のsBCの上昇には唾液分泌量の増加は認めなかったが、中等度の運動はsBCを亢進させ、口腔内のう蝕環境を改善する可能性も考えられる。



## 2. 運動後のsORPに及ぼす月経周期の影響、および中等度運動の影響

Nagler et al.<sup>16)</sup> は、唾液腺による抗酸化機能および免疫機能について、耳下腺、舌下腺および顎下腺に分けて検討し、抗酸化物質であるSuperoxide dismutase (SOD)、peroxidase (PO)、尿酸およびTotal anti-oxidant status (TAS)などの抗酸化機能は、主に耳下腺がその役割を担い、一方、IgAおよびlysozymeなどの免疫機能は全唾液腺からの働きによっていることを報告している。

本研究では全唾液腺からの唾液を用いてsORP反応を検討したが、林田ら<sup>7)</sup> も全唾液を用い安静時および運動時のsORPに及ぼす月経周期の影響を検討し、安静時では月経期のsORPが卵胞期に比べ高く、また、卵胞期の中等度強度の運動時のsORP値が有意に上昇したことなどから、sORPが酸化還元反応の指標となることを示唆している。本研究の結果では、両期にsORP値は運動後に低下し、黄体期および卵胞期の影響は見られなかった。この原因については明らかではない。本研究の被験者には、黄体期に明確に基礎体温の上昇のみられない被験者が3名みられ、これらの被験者ではとくに黄体期のプロゲステロン濃度が低下していることも考えられ、このため安静時および運動後のsORPに明確な月経周期の影響が出なかった可能性もある。

血液からみた酸化還元状態および抗酸化物質の研究ではあるが、Lutosławska et al.<sup>13)</sup> は、排卵のある女性と排卵のない女性を対象に、卵胞期および黄体期の安静時の血液中の女性ホルモンと過酸化脂質濃度および赤血球の抗酸化物質について検討し、排卵のない女性（黄体期に明確な体温上昇のない女性）では、排卵のある女性に比べ全体的に女性ホルモン濃度が低く、とくに卵胞期ではエストロジオール濃度が、黄体期ではプロゲステロン濃度がそれぞれ有意に低値を示したこと、しかし、排卵のあるなしに関わらず血液中の過酸化脂質濃度に黄体期および卵胞期の影響はなかったこと、また、赤血球中の抗酸化物質であるSOD、GSHおよびカタラーゼ活性値にも月経周期で差がなかったこと、などを報告している。Massafra et al.<sup>14)</sup> も、赤血球の抗酸化機能に及ぼす月経周期の影響について検討し、赤血球のSODおよびカタラーゼ (CAT) 活性に影響はなかったが、Glutathione peroxidase (GSH-Px) については卵胞期の後期（エストロジェンが上昇する時期）から黄体期の初期にかけて高値を示したことを報告している。さらに、Mira et al.<sup>15)</sup> は、血液中の電解質および尿酸値などに及ぼす月経周期の影響を検討し、電解質濃度に影響は見られなかったが、血清尿酸値については卵胞期の尿酸値が黄体期のそれに比べ有意に高値を示したと報告している。血液中の酸化還元反応に及ぼす月経周期の影響についてもまだ明確ではないようであるが、唾液中酸化還元反応を検討した本研究では、sPOには月経周期の影響はなかったが、運動後30分の卵胞期の尿酸値が黄体期のそれに比べ有意に高値を示した。この唾液尿酸は血漿由来<sup>11)</sup> と考えられ、本研究でみられた卵胞期の唾液尿酸値の上昇と卵胞期で血液中尿酸値が上昇したMira et al.の結果<sup>15)</sup> は同様な結果と考えてよいと思われる。これらの報告から、酸化還元の指標となる唾液酸化還元電位や血清過酸化脂質濃度などには性ホルモンの影響は少なく、GSP-Pxあるいは尿酸などの抗酸化物質は性ホルモンの影響を受け、月経周期により変動する可能性が示唆される。

Powers et al.<sup>22)</sup> は、持久性運動トレーニングが筋中のSODとGPX活性値を増加させ、とくに規則正しい運動トレーニングはGSH (reduced glutathione) 水準を増加させ、活動筋中のGSHによる抗酸化機能の予備能を改善することを示唆している。このことは生体のSODやGPXなどの抗酸化機能は運動などにより改善し、運動も含めた酸化ストレスなどに対してはこれらの抗酸化機能が働き、生体内の酸化還元状態を一定にする、あるいは改善するような機構が存在するのかもしれない。

本研究では運動後のsORPは月経周期に関係なく有意に低下した。このときの運動強度は50%HRR強度であった。また、男性を対象とした研究ではあるが、塩田ら<sup>23)</sup>は、70%HRR強度の運動でも運動後6時間までsORPは低下し、運動後1時間の唾液尿酸値が有意に上昇したことを報告している。同様にBerzosa et al.<sup>1)</sup>は、最大運動および70%VO<sub>2</sub>max運動直後の抗酸化状態を示す血中TAS値がいずれも有意に上昇したと報告している。運動負荷による唾液抗酸化物質の変化については、高い運動強度で運動直後にsPO活性値が増加したこと<sup>4)</sup>、2時間の柔道トレーニング後に抗酸化水準の指標 (free sialic acid) の上昇と唾液抗酸化酵素 (SOD、CATおよびGSH-Px) の増加を認めたこと<sup>3)</sup>、負荷漸増法によるトレドミル走を疲労困憊まで行い、運動後に唾液尿酸濃度の減少と唾液SODが上昇したこと<sup>18)</sup>、トライアスロン競技後の総抗酸化活性が上昇し、唾液尿酸濃度の増加および過酸化脂質濃度の減少を認めたこと<sup>6)</sup> などから、これらの抗酸化物質がスーパーオキシド (O<sub>2</sub><sup>·-</sup>) の除去、過酸化水素の除去およびヒドロキシラジカル (HO<sup>·</sup>) の除去に貢献し、抗酸化水準や総抗酸化活性の上昇が認められたと考えられる<sup>22)</sup>。これらの報告からは、本研究の唾液尿酸濃度やPO活性値の変化と一部一致しない結果も見られるが、唾液中の抗酸化物質は運動強度に関わらず上昇する傾向があり、また、この傾向は血液中でもみられ、運動は抗酸化物質を動員させ、口腔内および生体内の酸化還元状態を改善する可能性があると考えられる。

## V. 結論

以上のことから、(1) 中等度強度の運動後のsBCおよびsORPは月経周期の影響は受けないことが示された。しかし、唾液抗酸化物質の一部、唾液尿酸などは月経周期 (性ホルモン) の影響を受ける可能性が示唆された。(2) 中等度強度の運動では、運動刺激により増加したsBCによりspHは一定に維持される可能性が、また、運動後のsORPの低下は、sPOや唾液尿酸などの抗酸化物質の変化により還元作用が亢進し、sORPは低下した可能性が示唆された。

## VII. 参考文献

- 1) Berzosa C, Cebrián I, Fuentes-Broto L, et al: Acute exercise increases plasma total antioxidant status and antioxidant enzyme activities in untrained men. *J Biomed Biotechnol* 2011: 1-7, 2011
- 2) Catalán MA, Nakamoto T, and Melvin JE: The salivary gland fluid secretion mechanism. *J Med Invest* 56 Suppl: 192-196, 2009
- 3) Cavas L, Arpinar P, and Yurdakoc K: Possible interreactions between antioxidant enzymes and free sialic acids in saliva: A preliminary study on elite Judoists. *Int J Sports Med* 26: 832-835, 2005
- 4) Damirchi A, kiani M, Jafarian V, and Sariri R: Response of salivary peroxidase to exercise intensity. *Eur J Appl Physiol* 108: 1233-1237, 2010
- 5) Dural S and Çağırankaya LB: Does menstrual cycle effect buffer capacity of stimulated saliva? *Clin Oral Invest* 11: 207-209, 2007
- 6) Guerrero J, Gonzalez D, Marquina R, et al: Exhaustive physical exercise causes a decrease in oxidative stress and an increase in salivary total antioxidant activity of elite triathlete. *Rev Fac Rarm* 51 (1) : 2-7, 2009
- 7) 林田はるみ、志村まゆら、菅間 薫、他：月経周期と持久性運動による唾液酸化ストレス

- 指標の変動. 日本補完代替医療学会誌 7: 125-128, 2010
- 8) 井上芳光、桑原智子、小倉幸夫、他: 女性の体温調節と運動. 体育の科学 54 (10) : 797-803, 2004
  - 9) 川口 充、山岸久子: 唾液腺細胞の薬物受容機構. 日薬理誌 105 : 295-303、1995
  - 10) 喜多村尚、小原郁夫: 女子大生の月経周期における唾液分泌反応の日内変動. 日本栄養・食糧学会誌 63 : 79-85, 2010
  - 11) Kondakova I, Lissi EA and Pizarro M: Total reaction antioxidant potential in human saliva of smokers and non-smokers. *Biochem Molecular Biol Int* 47: 911-920, 1999
  - 12) Lee MG, Ohana E, Park HW, et al: Molecular mechanism of pancreatic and salivary gland and HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> secretion. *Physiol Rev* 92: 39-74, 2012
  - 13) Lutosławska G, Tkaczyk J, Panczenko-Kresowska BC, et al: Plasma TBARS, blood GSH concentrations, and erythrocyte antioxidant enzyme activities in regularly menstruating women with ovulatory and anovulatory menstrual cycles. *Clinica Chimica Acta* 331: 159-163, 2003
  - 14) Massafra C, Gioia D, DeFelice C, et al: Effects of estrogens and androgens on erythrocyte antioxidant superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase activities during the menstrual cycle. *Journal of Endocrinology* 167: 447-452, 2000
  - 15) Mira M, Stewart PM, Gebiski V, et al: Changes in sodium and uric acid concentration in plasma during the menstrual cycle. *Clin Chem* 303:380-381, 1984
  - 16) Nagler RM, Klein I, Zarzhevsky N, et al: Characterization of the differentiated antioxidant profile of human saliva. *Free Radical Biol Med* 32(3): 268-277, 2002
  - 17) Nakano S, Yamanaka T, Takahashi T, et al: Effects of exercise on salivary flow rate and buffering capacity in healthy female and male volunteers. *Int J Sports Dent* 2: 25-32, 2009
  - 18) Nazari Y, Damirchi A, Sariri R, and Taheri M: response of salivary antioxidants to intense exercise in non-athlete men. *J Exerc Physiol* 15(3): 1-9, 2012
  - 19) 老木浩之、山本悦生、大村正樹、他: エストロゲンによる唾液分泌能の変化. 耳鼻臨床 88(11): 1433~1438, 1995
  - 20) 岡崎美江子: 唾液のORP数値を限定して”体調度“を確認. 臨床検査 53(7):767-777, 2001
  - 21) 岡崎好秀、東知宏、村上知、他: 新しい唾液緩衝能に関する研究. 小児歯科学雑誌 39 (1): 91-96, 2001
  - 22) Powers SK, Ji LL, Christiaan L: Exercise training-induced alterations in skeletal muscle antioxidant capacity: a brief review. *Med Sci Sports Exerc* 31(7): 987-997, 1999
  - 23) 塩田正俊、上野紘司、松原 茂、松尾絵梨子、鈴木政登: 運動時の唾液酸化還元電位の変化. 山口大学教育学部紀要 63 : 123-131, 2013
  - 24) Smekal G et al.: Menstrual cycle: No effect on exercise cardiorespiratory variations or blood lactate concentration. *Med Sci Sports Exerc* 39: 1098-1106, 2007
  - 25) Streckfus CF, Baur U, Brown LJ, et al: Effects of estrogen status and aging on salivary flow rates in healthy Caucasian women. *Gerontology* 44: 32-39, 1998
  - 26) 鈴木昭、南真紀、渡部茂、他: 唾液の分泌速度、pH、緩衝能とカルシウム濃度、無機リン濃度の個人内変動. 小児歯科学雑誌 42 (3) : 365-374, 2004
  - 27) Takahashi S, Ogihara T, Kuroshita R, et al: Effects of soft drink on salivary pH in the

- mouth. *J Meikai Dent Med* 39(2): 81-84, 2010
- 28) Tékus É, Kaj M, Szabó E, et al: Comparison of blood and saliva lactate level after maximum intensity exercise. *Acta Biologica Hungarica* 63 (Suppl. 1): 89-98, 2012
- 29) 宇都宮結子、澤木康平、川口 充、山口秀晴：性ホルモンと唾液腺機能修飾. *歯科学報* 107 : 163-169, 2007
- 30) 渡部 茂：唾液と口腔内pH -緩衝能の正しい理解. *J Health Care Dent* 12: 25-31, 2010
- 31) Yamamoto-Nakano S, Yakahashi T, Toyoshima Y, et al: Changes in salivary flow rate and buffering capacity after treadmill exercise of varied intensity and duration. *Int J Sports Dent* 3: 37-45, 2010
- 32) 山崎文夫：運動トレーニングと暑熱順化による修飾作用. 平田耕造編：体温. NAP 東京 pp146-155, 2002