

高校男子長距離走選手の試合期における酸化ストレス, 心理的状态及び主観的コンディションに関する研究

谷口耕輔¹⁾, 杉田正明²⁾

¹⁾御嶽濁河高地トレーニングセンター

²⁾日本体育大学

キーワード: 高校男子長距離走選手, 酸化ストレス, コンディション, 心理的状态

【要旨】

高校男子長距離走選手を対象に, 酸化ストレス指標を大会までの一定期間測定し, 心理的状态, 主観的コンディションとの変化からコンディショニングのための客観的指標として利活用するための知見を得ることを目的とした. 期間は 5 週間実施し, 週 1 回の項目として, 酸化ストレス度 (d-ROMs), 抗酸化力 (BAP), POMS, 毎日の項目として主観的コンディション, 睡眠及び練習状況のアンケートを実施した. d-ROMs の平均値は各測定日とも 300U.CARR 以上を示したが, 大会を控えた第 5, 6 週の測定日にかけては有意な低下 ($p < 0.05 \sim 0.01$) を示した. 潜在的抗酸化能 (BAP/d-ROMs) の経時的な推移を各選手の最大値を 100% とした相対値として検討すると, A 選手の推移は測定期間中右肩上がりの推移を示し, 大会結果との関連を得た. 酸化ストレスの評価はトレーニング状況や怪我などの影響を反映していることが示され, 心理的状态とともに評価することで, より詳細にコンディションを把握することが可能であることが示された. また, 酸化還元バランスを評価する BAP/d-ROMs が最もコンディショニングや競技パフォーマンスを予測する指標として有用であり, その評価については競技レベルを考慮することの必要性が示唆された.

スポーツパフォーマンス研究, 12, 57-72, 2020 年, 受付日: 2019 年 10 月 18 日, 受理日: 2020 年 2 月 25 日

責任著者: 谷口耕輔 509-3111 岐阜県下呂市小坂町落合 2376-1

kosuke-taniguchi@gifuspo.or.jp

Changes in the oxidative stress, mental state, and subjective condition of male high school long-distance runners

Kosuke Taniguchi¹⁾, Masaaki Sugita²⁾

¹⁾ Ontake Nigorigo High altitude Training Center

²⁾ Nippon Sport Science University

Key words: male high school long-distance runners, oxidative stress, condition, mental state

【Abstract】

The present study aimed to find objective indices for conditioning male high school long-distance runners by measuring changes in runners' mental state and subjective condition that are associated with oxidative stress for a period of time before a competition. The participants in the study were 10 male high school long-distance runners. The following were measured once a week: oxidative stress (measured by diacron-reactive oxygen metabolites; d-ROMs) and antioxidative activity (measured by a biological antioxidant potential test; BAP test). In addition, the participants completed the Profile of Mood States (POMS) questionnaire weekly, and, every day, completed a questionnaire about subjective condition, sleeping, and training status. The average value of d-ROMs in Carratelli units exceeded 300U.CARR at all measurement times, but it declined significantly ($p < 0.05 \sim 0.01$) in the fifth and sixth weeks, which were immediately before a competition. The relative value of potential antioxidative activity (BAP/d-ROMs) for runner A over time showed a continuous increase during the period that corresponded to his results in competition. Because oxidative stress depends on training conditions and the influence of injuries, it may be possible to understand players' condition in more detail if a measure of their mental state were added. BAP/d-ROMs is useful for evaluating the oxidation reduction balance, and can be the most useful index for anticipating conditioning and competitive performance if competition level is taken into account.

I. 研究目的

コンディションとは、スポーツにおいて変動する競技的状态を構成する心身の状態、及びアスリートのパフォーマンスに影響を与える全ての要因と定義され(西嶋ほか, 1999), 現在のコンディションと目標とするコンディションとの間のギャップを最小化するプロセスがコンディショニングと考えられている(西嶋ほか, 1999). 選手のパフォーマンスに影響を与える客観的な指標を, より明確に提示することができれば, 目標とした競技会に対するコンディショニングを行ううえで, 重要な手がかりとなってくると考えられる。

これまでのコンディション評価に関する研究は, 選手自身によるセルフモニタリングとして心拍数, 体重, 自覚的コンディションなどがあり, これらを起床・就寝時に継続的に記録することでコンディションの変化を捉えることが有効であるとする研究(松村, 2009; 白倉・河野, 1990)や, 尿検査や血液検査によってトレーニング負荷の適正と選手の疲労を把握する研究(松生・永富, 2006; 新畑, 2000; 和久ほか, 1995)などが行われてきている。尿や血液から得られる指標として様々な指標が存在するが, 選手のコンディションをより精度を高く評価することができれば, コンディショニングに対してより良い効果を得ることができると期待される。また, ベストコンディションを維持するためには, 選手自身の主観的指標のみならず, 的確にチェックできる客観的指標も必要であろう。

近年, 少量の血液サンプルを対象に酸化ストレス度(Reactive Oxygen Metabolites, d-ROMs)と抗酸化力(Biological Anti-Oxidant Potential, BAP)が測定できる機器が開発されたことによって, トレーニング現場での酸化ストレスを比較的簡便に調査することが可能となった(Albeti et al., 2000). 酸化ストレス状態の評価がその後の運動パフォーマンスを推測できる可能性が示唆されており(杉田, 2014), これらの指標を用いた定期的なモニタリングに関しても, 実業団競技者や大学生競技者を対象とした研究がなされてきている(谷口・杉田, 2017; 琉子ほか, 2014). しかしながら, 高校生競技者に対する情報は少なく, 大会までの一定期間において, 酸化ストレス状態の変化や心理的状态との関連, 大会結果や競技レベルの違いなどから検討を行うことは, コンディション評価のために酸化ストレス指標をよりの確に利活用するための観点からも意義深いと言える。

そこで本研究では, 高校男子長距離走選手を対象に, 酸化ストレス指標を大会に向けた期間において定期的に測定し, 心理的状态, 主観的コンディションとの変化からコンディショニングのための客観的指標として有用であるかを検討し, コンディションチェックのための指標として利活用するための知見を得ることを目的とした。

II. 研究方法

1. 対象者

高校男子長距離走選手 10 名(平均値±標準偏差, 年齢:17.5±0.8 歳, 身長:173.4±3.9cm, 体重:54.2±3.2kg)を対象とした。2016 年 11 月 16 日の時点での 5000m 走の平均ベスト記録は, 14 分 31.9±15.1 秒である。選手及び保護者には事前に今回の測定の内容及び危険性を口頭及び書面で十分に説明し, 本調査の参加の承諾を得た。本実験において不利益なことが起こった場合には, いつでも実験を中止できることを説明し, インフォームドコンセントの手続きを行い, ヘルシンキ宣言に遵守した。なお, 選手 10 名のうち 7 名が 2016 年 12 月の全国高等学校駅伝競走大会に出場した選手であっ

た.

2. 測定期間及び測定回数

測定期間は2016年11月16日から2016年12月20日の大会5日前までの5週間の期間であった(図1). 測定は, 選手に昼食前のAM12時にトレーニングルームに来室してもらい, 週1回の間隔にて計6回実施した. どの測定日においても前日の練習は実施しており, 当日の早朝練習は実施していない状態での測定であった. また, 対象者は期間中サプリメントや薬の服用はしていなかった. なお, 主観的体調などを聞き取るコンディションアンケート(図2)については, 期間中毎日実施した.

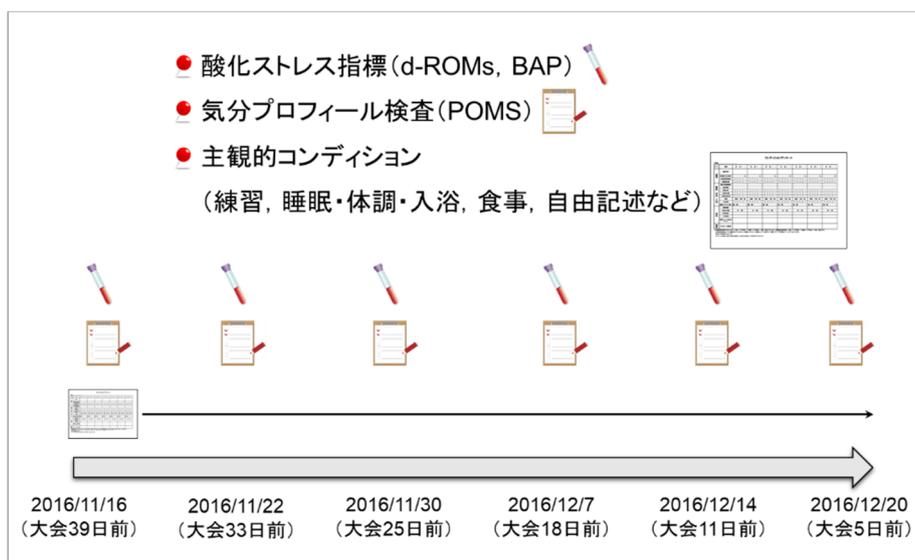


図1. 測定期間及び測定項目

コンディションアンケート								
氏名 _____								
カテゴリ	項目	月 日 ()	月 日 ()	月 日 ()	月 日 ()	月 日 ()	月 日 ()	月 日 ()
練習	練習内容							
	練習量(走行距離)	km						
	主観的練習強度	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
	練習遠程度	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
睡眠・体調・入浴	前日の就寝時刻							
	起床時刻							
	睡眠の質	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
	主観的体調	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
	主観的疲労度	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
食事	排便	快便・下痢・無						
	入浴状況	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
	治療(セルフケア含む)	無・有()						
感想	朝食時間							
	朝食の有無	有・無						
	昼食時間							
	夕食時間							
食事について気を付けたこと								
感想	今日の一言感想							

※5段階評価は数字の大きい方から、5(良い)・4(やや良い)・3(普通)・2(やや悪い)・1(悪い)を記入する。ただし、練習強度と疲労度は、5(良い)・4(やや良い)・3(普通)・2(やや悪い)・1(悪い)を記入する。
 入浴状況は目安として、5(湯船にゆっくりつかった)・4(湯船につかった)・3(普通にシャワーを浴びた)・2(軽くシャワーで汗を流した)・1(入っていない)とする。
 時間は24時間表記で記入する。
 カテゴリの「練習」に関する項目は総床時、それ以外の項目は一日を繰り返して記入する。

図2 コンディションアンケート

3. 測定方法及び測定項目

(1) 酸化ストレス度及び抗酸化力の測定

血液中の酸化ストレス度 (d-ROMs) と抗酸化力 (BAP) は、フリーラジカル解析装置 (FREE carpe diem: Diacron International 社製, 輸入元ウイスマー社) を用いて測定した。この装置を用いた測定法の妥当性及び再現性については、これまでに他の論文において報告されている (Iamele et al., 2002; Nakayama et al., 2007)。測定手順としては、来室後、採血用穿刺器具 (セーフティプロプラス: ロッシュ・ダイアグノスティックス社製) を用いて指先より約 100 μ l の血液を採取し、検体を装置内の遠心分離機にて 2 分間遠心分離させた。d-ROMs の測定方法は、遠心後の血液から 20 μ l の血漿を採取し、pH4.8 の酸性緩衝液に入れ混合、さらに、無色の芳香族アミン水溶液 (呈色液クロモゲン) を添加し混合、装置内の光度計に入れ 5 分後に 505nm の吸光度の減少を測定し、変化率から血漿中ヒドロペルオキシド濃度を計算する。d-ROMs は生体内の活性酸素やフリーラジカルを直接計測するのではなく、それらにより生じた血中のヒドロペルオキシド (ROOH) 濃度を呈色反応で計測し、生体内の酸化ストレス度の状態を総合的に評価するものである (関, 2009)。単位は U.CARR (ユニット・カール) が用いられ、1 U.CARR が過酸化水素 0.08mg/dl に相当する。U.CARR は、d-ROMs テストの発明者である化学者 Mauro CARRATELLI にちなんで独自の単位である (関, 2009)。基準値としては、正常値: 200-300, ボーダーライン: 301-320, 軽度の酸化ストレス: 321-340, 中程度の酸化ストレス: 341-400, 強度の酸化ストレス: 401-500, かなり強度の酸化ストレス: 501 以上が適用されており (関, 2009), かなりの強度の酸化ストレスのように大きく高値を示す状態においては、癌など重篤な疾患を患っている場合が考えられる値である (永田ほか, 2008)。一方、BAP の測定方法は、チオシアン酸誘導体を含む試薬と鉄イオンを含む試薬を混合し、装置内の光度計に入れ 505nm の吸光度を測定する。この混合液に 10 μ l の血漿を加え、37°C で 5 分間保温した後、再び吸光度を測定する。5 分間の吸光度の変化から酸化された鉄イオン濃度を計算する。BAP は血漿の溶液が三価鉄 (Fe^{3+}) から二価鉄 (Fe^{2+}) に戻す能力 (還元反応) を示したものである。単位は μ mol/L であり、基準値としては、最適値: 2200 以上, ボーダーライン: 2000-2200, 抗酸化力がやや不足: 1800-2000, 抗酸化力が不足: 1600-1800, 抗酸化力がかなり不足: 1400-1600, 抗酸化力が大幅に不足: 1400 以下が適用されている (Iorio, 2010)。不足を表す場合などは、食事内容など外因的要素をよく反映していることが指摘されている (永田ほか, 2008)。d-ROMs は酸化ストレス度, BAP は抗酸化力を示す指標である。また、d-ROMs と BAP の比である潜在的抗酸化能 (BAP/d-ROMs) を算出し、酸化ストレス防御系を包括的に評価した (永田ほか, 2008)。

(2) 気分プロフィール検査

気分検査として、気分プロフィール検査 (Profile of Mood States: POMS) 日本語版 (成人用・短縮版) を用いた。この検査は、35 個の質問項目からなる質問紙法による検査であり、6 つの尺度「緊張-不安 (TA: Tention-Anxiety)」、「抑うつ-落込み (D: Depression-Dejection)」、「怒り-敵意 (AH: Anger-Hostility)」、「活気 (V: Vigor)」、「疲労 (F: Fatigue)」、「混乱 (C: Confusion)」から調査を行うことができる (横山・荒記, 1994)。記入後の質問紙から結果票を用いて採点し、各項目の T 得点を算出した。また、ネガティブな尺度である「緊張-不安」、「抑うつ-落込み」、「怒り-敵意」、「疲労」、「混乱」の得点の合計からポジティブな尺度である「活気」の得点を引き、ネガティブな気分状態を示すとされる「総合的

気分状態」の TMD (Total Mood Disturbance) 得点を算出した(横山, 2005)。

(3) コンディションアンケート

測定期間中の主観的な状態の聞き取りとして, 図 2 のコンディションアンケートを実施した. コンディションアンケートは, 主に「練習」, 「睡眠・体調・入浴」, 「食事」の項目についての 5 段階評価及び自由記述とした。

(4) 統計処理

測定値は全て平均値(±標準偏差)で示した. 各測定日における諸変量の比較は線形混合モデルを用い, 有意差が認められた項目については, Bonferroni の多重比較を用いて検討を行った. また, 相関分析は Pearson の積率相関係数によって分析した. 統計処理には, 統計処理ソフト(IBM SPSS Statistics 21)を用いた. いずれの場合も危険率 5%未満を有意とした。

III. 測定結果

1. 測定期間中の経時的変化について

(1) 酸化ストレス(d-ROMs, BAP, BAP/d-ROMs)

測定開始日の 2016 年 11 月 16 日から 2016 年 12 月 20 日(大会 5 日前)までの 5 週間の経時的な推移を図 3~5 に示した. d-ROMs の平均値は, 各測定日とも 300U.CARR 以上を示す推移であった. 大会約 3 週間前までの期間において, d-ROMs は有意に高く推移し, 大会を控えた第 6 週(2016 年 12 月 20 日)の測定日にかけては有意な低下($p < 0.05 \sim 0.01$)を示した(図 3). 一方, BAP はどの測定日との間にも有意な差は認められなかった. BAP の平均値は, 各測定日とも $2000 \mu\text{mol/L}$ 以上を示し, ボーダーラインよりも高い抗酸化力を表す値であった(図 4). BAP/d-ROMs の平均値は, 第 2, 3 週目(2016 年 11 月 22 日, 11 月 30 日)がそれぞれ 6.67, 6.64 と測定期間中においては, 最も低値を示したが, 有意な差は認められなかった(図 5).

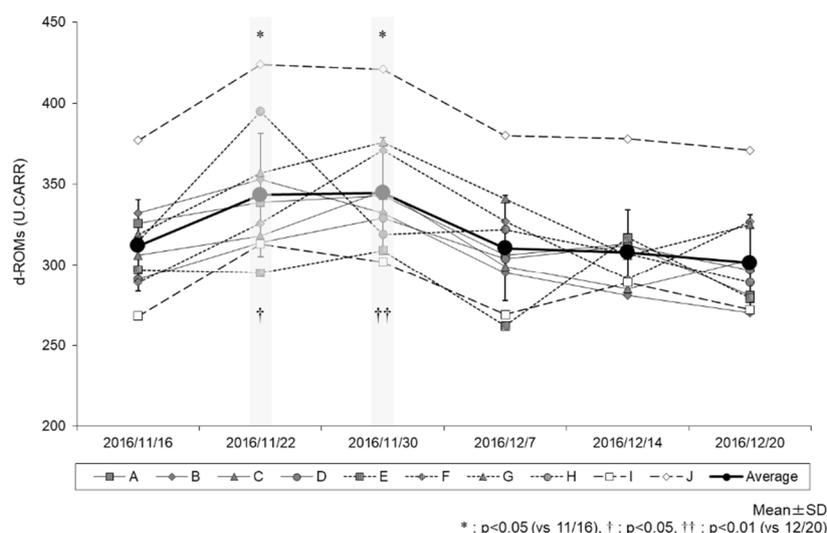


図 3 酸化ストレス度(d-ROMs)の推移

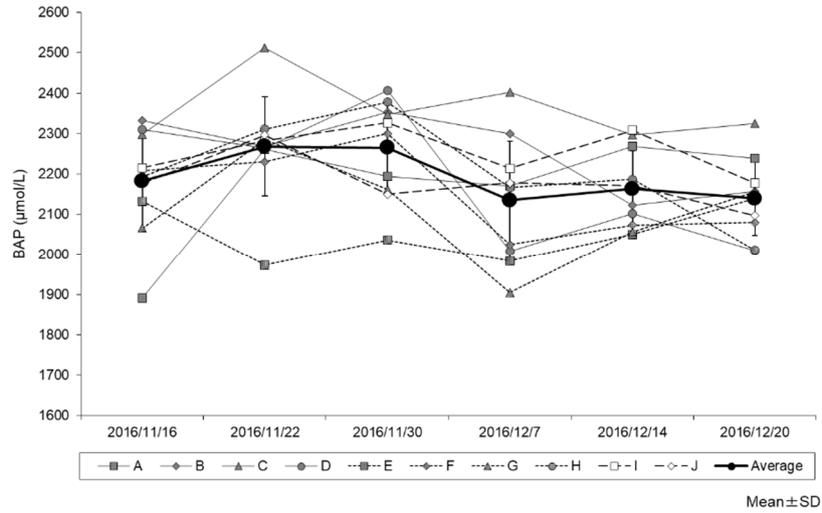


図 4 抗酸化力 (BAP) の推移

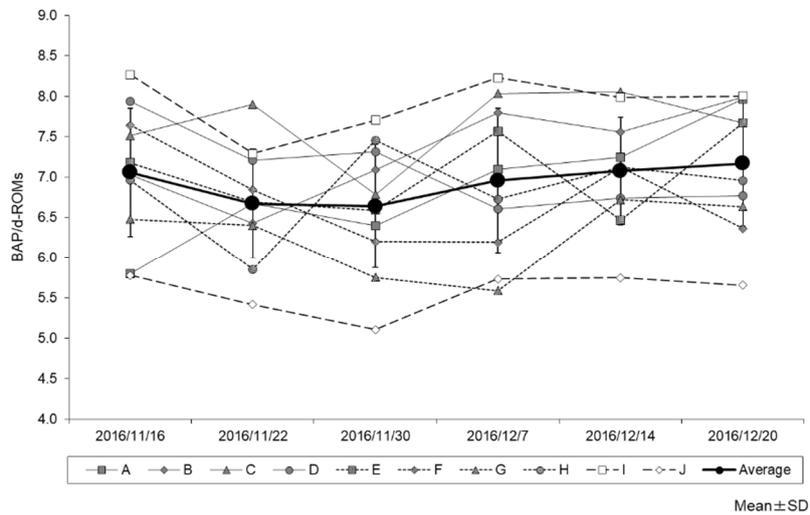


図 5 潜在的抗酸化能 (BAP/d-ROMs) の推移

(2) 気分プロフィール検査

測定開始日の 2016 年 11 月 16 日から 2016 年 12 月 20 日 (大会 5 日前) までの 5 週間の経時的な推移を表 1 に示した. TMD 得点の平均値は, 第 4 週目 (2016 年 12 月 7 日) 測定期間中においては, 最も高値を示したが, 有意な差は認められなかった. (表 1). また, TA, D, AH, V, F, C の項目に関しても TMD と同様にどの測定日との間にも有意な差は認められなかった (表 1).

表 1 気分プロフィール検査(POMS)の推移

	総合的気分状態	緊張-不安	抑うつ-落込み	怒り-敵意	活気	疲労	混乱
	【TMD】	【TA】	【D】	【AH】	【V】	【F】	【C】
2016/11/16	19.5 ± 7.8	50.6 ± 5.0	49.7 ± 6.3	44.7 ± 5.8	43.9 ± 5.4	50.5 ± 5.9	50.5 ± 6.7
2016/11/22	13.8 ± 6.0	46.5 ± 7.2	45.6 ± 4.0	43.4 ± 4.9	43.4 ± 5.1	48.0 ± 4.7	47.1 ± 5.5
2016/11/30	16.9 ± 6.0	48.5 ± 6.3	44.8 ± 4.5	44.5 ± 6.0	43.5 ± 6.3	49.7 ± 6.5	51.7 ± 4.3
2016/12/7	22.1 ± 10.5	48.7 ± 6.9	46.7 ± 7.1	44.7 ± 7.3	42.8 ± 7.8	48.4 ± 6.5	50.7 ± 5.8
2016/12/14	18.3 ± 9.6	44.5 ± 5.4	43.8 ± 5.0	46.5 ± 7.4	41.0 ± 5.8	45.4 ± 8.0	48.3 ± 4.9
2016/12/20	18.2 ± 8.9	48.8 ± 4.4	48.1 ± 7.1	45.2 ± 8.9	42.8 ± 7.9	48.4 ± 5.1	51.7 ± 7.6
Average	18.1 ± 2.5	47.9 ± 1.9	46.5 ± 2.0	44.8 ± 0.9	42.9 ± 0.9	48.4 ± 1.6	50.0 ± 1.7

Mean±SD

N.S.

(3)コンディションアンケート

測定開始日の2016年11月16日から2016年12月24日(大会1日前)までの5週間の経時的な推移を表2に示した。なお、コンディションアンケート結果の推移に関しては、測定期間中の平均値との差を検討した。走行距離は2016年11月18日、12月10日、11日の測定値が平均値よりも有意に高値を示し、2016年11月20日、27日、12月3日、4日、5日、18日の測定値は、平均値よりも有意に低値を示した($p<0.05\sim 0.01$)。練習強度は、2016年11月18日、23日、25日、12月1日、4日、8日、16日の測定値が平均値よりも高値を示し、2016年11月20日、28日、12月5日、18日の測定値は、平均値よりも有意に低値を示した($p<0.05\sim 0.01$)。練習達成度は2016年12月5日の測定値のみ平均値よりも低値を示した($p<0.01$)。睡眠時間は2016年11月20日、12月3日、4日、18日の測定値が平均値よりも有意に高値を示し、2016年12月5日の測定値は、平均値よりも有意に低値を示した($p<0.05\sim 0.01$)。睡眠の質と体調の項目に関しては、睡眠時間で有意に短い結果となった2016年12月5日の測定値のみが有意に低値を示した($p<0.05\sim 0.01$)。一方、疲労感や入浴状況は、どの測定日とも有意な差は認められなかった。

表2 コンディションアンケート結果の推移

	走行距離 (km)	練習強度 (弱い1~強い5)	練習達成度 (良い1~悪い5)	睡眠時間 (min)	睡眠の質 (良い1~悪い5)	体調 良い1~悪い5	疲労感 (弱い1~強い5)	入浴状況
2016/11/16	14.5 ± 1.8	3.6 ± 1.3	3.2 ± 0.8	427.2 ± 26.2	3.7 ± 0.7	3.6 ± 0.8	3.4 ± 1.0	4.6 ± 0.5
2016/11/17	15.5 ± 2.2	2.6 ± 0.5	3.3 ± 1.0	419.1 ± 39.2	3.6 ± 0.8	3.1 ± 0.5	3.6 ± 1.1	4.3 ± 0.7
2016/11/18	16.4 ± 1.9 *	4.4 ± 0.8 **	3.6 ± 0.8	430.0 ± 30.1	4.0 ± 0.8	3.6 ± 0.7	3.4 ± 1.0	4.4 ± 0.7
2016/11/19	13.3 ± 1.5	3.9 ± 0.7	3.7 ± 0.9	416.5 ± 32.4	3.8 ± 0.6	3.3 ± 0.6	3.7 ± 1.1	4.4 ± 0.7
2016/11/20	5.2 ± 3.7 **	1.4 ± 0.7 **	3.0 ± 1.1	495.0 ± 52.0 *	3.8 ± 0.9	3.6 ± 0.9	2.9 ± 0.8	4.6 ± 0.7
2016/11/21	14.2 ± 0.7	2.5 ± 0.5	3.2 ± 0.9	421.5 ± 35.2	3.4 ± 0.7	3.6 ± 0.8	2.5 ± 0.9	4.1 ± 0.7
2016/11/22	13.8 ± 2.1	3.5 ± 0.5	3.6 ± 0.5	430.6 ± 36.4	3.4 ± 0.5	3.1 ± 0.6	3.3 ± 1.0	4.4 ± 0.5
2016/11/23	12.1 ± 3.1	4.3 ± 0.7 **	4.1 ± 0.6	427.0 ± 33.8	3.6 ± 1.1	3.4 ± 0.7	3.6 ± 0.9	4.2 ± 0.9
2016/11/24	13.8 ± 1.3	2.4 ± 0.7	3.2 ± 1.0	420.5 ± 35.8	3.2 ± 0.6	3.2 ± 0.6	3.4 ± 0.8	4.5 ± 0.7
2016/11/25	13.7 ± 3.1	4.1 ± 0.5 *	3.8 ± 0.7	423.5 ± 28.5	3.6 ± 0.5	3.2 ± 0.4	2.9 ± 0.7	4.1 ± 0.8
2016/11/26	13.3 ± 4.7	2.2 ± 0.4	3.6 ± 1.1	465.0 ± 64.2	3.6 ± 0.7	3.4 ± 0.5	2.9 ± 0.6	4.0 ± 0.7
2016/11/27	8.6 ± 1.9 **	2.0 ± 1.3	2.9 ± 1.4	429.0 ± 42.1	3.7 ± 0.9	3.5 ± 0.5	3.4 ± 1.0	4.3 ± 0.9
2016/11/28	13.2 ± 4.7	2.0 ± 1.0 *	3.4 ± 0.7	444.5 ± 54.6	3.9 ± 0.9	3.1 ± 0.5	3.4 ± 1.0	4.3 ± 0.5
2016/11/29	9.0 ± 2.4	3.5 ± 0.5	4.0 ± 1.0	426.7 ± 55.6	3.7 ± 0.9	3.3 ± 0.5	3.7 ± 0.9	4.3 ± 0.5
2016/11/30	13.6 ± 1.8	2.4 ± 0.5	3.2 ± 0.9	400.0 ± 52.1	3.4 ± 0.8	3.0 ± 0.4	3.5 ± 0.7	4.3 ± 0.5
2016/12/1	11.0 ± 3.6	4.2 ± 0.6 **	4.1 ± 0.9	413.0 ± 50.2	3.5 ± 0.8	3.1 ± 0.5	3.6 ± 1.0	4.4 ± 0.5
2016/12/2	11.6 ± 1.2	2.3 ± 0.5	3.3 ± 0.9	427.5 ± 50.7	3.1 ± 0.6	3.1 ± 0.6	3.4 ± 0.8	4.7 ± 0.5
2016/12/3	9.6 ± 1.6 *	2.7 ± 0.5	3.8 ± 1.0	519.0 ± 27.0 **	4.0 ± 0.8	3.5 ± 0.7	3.0 ± 0.4	4.2 ± 0.6
2016/12/4	5.9 ± 1.3 **	5.0 ± 0.0 **	3.0 ± 1.2	518.0 ± 33.4 **	4.0 ± 1.2	3.5 ± 1.1	2.4 ± 0.5	3.7 ± 1.1
2016/12/5	5.9 ± 2.8 **	1.6 ± 0.7 **	2.1 ± 1.3 **	319.0 ± 114.9 **	2.5 ± 0.7 **	2.4 ± 0.5 *	4.0 ± 0.6	4.6 ± 0.5
2016/12/6	14.9 ± 0.9	2.6 ± 0.5	3.4 ± 1.0	439.5 ± 50.8	3.8 ± 0.8	2.8 ± 0.4	3.4 ± 0.7	4.6 ± 0.5
2016/12/7	12.5 ± 1.4	3.2 ± 0.4	3.2 ± 0.9	417.5 ± 31.6	3.7 ± 0.8	3.0 ± 0.4	3.3 ± 0.8	4.6 ± 0.5
2016/12/8	14.3 ± 2.7	4.5 ± 0.9 **	3.6 ± 1.2	424.5 ± 25.5	3.6 ± 0.8	3.3 ± 0.6	3.4 ± 1.1	4.5 ± 0.5
2016/12/9	12.7 ± 1.2	2.6 ± 0.7	3.1 ± 0.8	430.0 ± 34.6	3.7 ± 0.6	3.1 ± 0.7	3.7 ± 0.6	4.4 ± 0.5
2016/12/10	18.1 ± 2.4 **	2.8 ± 0.7	3.4 ± 1.0	493.5 ± 29.2	3.7 ± 0.9	3.3 ± 0.5	3.3 ± 0.9	4.0 ± 0.8
2016/12/11	19.4 ± 1.3 **	2.7 ± 0.5	3.3 ± 0.8	436.5 ± 23.1	3.5 ± 0.5	3.3 ± 0.5	3.2 ± 0.7	3.9 ± 0.8
2016/12/12	13.7 ± 1.3	3.7 ± 0.5	3.8 ± 0.6	441.5 ± 41.0	3.6 ± 0.9	3.3 ± 0.5	3.4 ± 0.9	4.5 ± 0.5
2016/12/13	14.1 ± 2.4	2.3 ± 0.5	3.3 ± 0.8	436.5 ± 32.2	3.7 ± 0.8	3.4 ± 0.5	3.6 ± 0.7	4.5 ± 0.5
2016/12/14	14.0 ± 1.3	3.3 ± 0.7	3.7 ± 0.7	435.0 ± 25.8	3.7 ± 0.6	3.5 ± 0.5	3.0 ± 0.6	4.5 ± 0.5
2016/12/15	14.0 ± 1.7	2.7 ± 0.7	3.6 ± 0.8	426.5 ± 25.8	3.4 ± 0.5	3.6 ± 0.7	3.3 ± 0.9	4.4 ± 0.5
2016/12/16	12.8 ± 4.0	4.3 ± 0.8 **	4.0 ± 0.7	442.0 ± 38.9	3.5 ± 0.5	3.4 ± 0.8	3.4 ± 0.8	4.5 ± 0.5
2016/12/17	14.1 ± 4.1	3.1 ± 0.8	3.5 ± 1.1	436.0 ± 56.1	3.5 ± 0.7	3.4 ± 0.8	3.8 ± 0.9	4.5 ± 0.5
2016/12/18	8.6 ± 2.2 **	1.8 ± 0.7 **	3.1 ± 0.8	528.0 ± 50.6 **	4.0 ± 0.8	3.2 ± 0.6	3.5 ± 0.9	4.6 ± 0.5
2016/12/19	13.3 ± 2.1	2.8 ± 0.4	3.1 ± 1.0	417.0 ± 31.6	3.5 ± 0.7	3.5 ± 0.7	2.6 ± 0.5	4.5 ± 0.5
2016/12/20	15.4 ± 1.8	3.5 ± 0.8	4.2 ± 0.7	425.0 ± 26.9	3.9 ± 0.6	4.0 ± 0.8	2.9 ± 0.8	4.4 ± 0.7
2016/12/21	15.4 ± 1.8	2.5 ± 0.5	3.7 ± 0.7	424.3 ± 20.8	3.9 ± 0.6	3.9 ± 0.8	3.0 ± 0.5	4.4 ± 0.7
2016/12/22	10.9 ± 0.5	3.5 ± 0.8	4.0 ± 0.8	437.9 ± 42.9	3.9 ± 0.6	4.1 ± 0.6	3.1 ± 0.6	4.4 ± 0.7
2016/12/23	12.8 ± 0.1	2.6 ± 0.5	4.0 ± 0.6	452.9 ± 40.2	3.7 ± 1.2	3.9 ± 1.4	2.9 ± 0.6	4.3 ± 0.9
2016/12/24	10.8 ± 0.6	3.2 ± 0.7	4.0 ± 0.6	497.1 ± 21.9	4.0 ± 0.8	4.0 ± 1.1	3.0 ± 0.9	4.4 ± 0.9
Average	12.7 ± 3.0	3.0 ± 0.9	3.5 ± 0.4	438.8 ± 36.5	3.6 ± 0.3	3.4 ± 0.3	3.3 ± 0.4	4.4 ± 0.2

Mean ± SD

.05, ** : p<0.01 (vs Average)

入浴状況
 5(湯船にゆっくりつかった)
 4(湯船につかった)
 3(普通にシャワーを浴びた)
 2(軽くシャワーを浴びた)
 1(入っていない)

2. 酸化ストレスと抗酸化力及び気分プロフィール検査との関係

酸化ストレス指標と気分プロフィール検査との関係については、各指標について個人差が大きく、散布図上のプロットに偏りがみられることから、全体としての傾向を検討するために以下の分析を行った。各対象者の全期間中の平均値を指標ごとに求め、各測定日の値との変化率を算出することで、指標間の関係性について検討した。

d-ROMs, BAP/d-ROMs と気分プロフィール検査との関係についてみると、どの項目間とも有意な相関関係は認められなかった(表 3)。BAP については、ネガティブな気分状態と抗酸化力の状態との間に関係性があることが示された(表 3, 図 6)。一方、その他の項目との間には有意な相関関係は認められなかった(表 3)。

表 3 酸化ストレスと気分プロフィール検査の関係

	総合的気分状態 【TMD】	緊張-不安 【TA】	抑うつ-落込 【D】	怒り-敵意 【AH】	活気 【V】	疲労 【F】	混乱 【C】
d-ROMs	-0.644	-0.132	-0.408	-0.624	0.498	0.237	-0.243
BAP	-0.744	p<0.1	-0.132	-0.348	-0.551	0.517	-0.294
BAP/d-ROMs	0.506	0.123	0.440	0.650	-0.453	-0.224	0.186

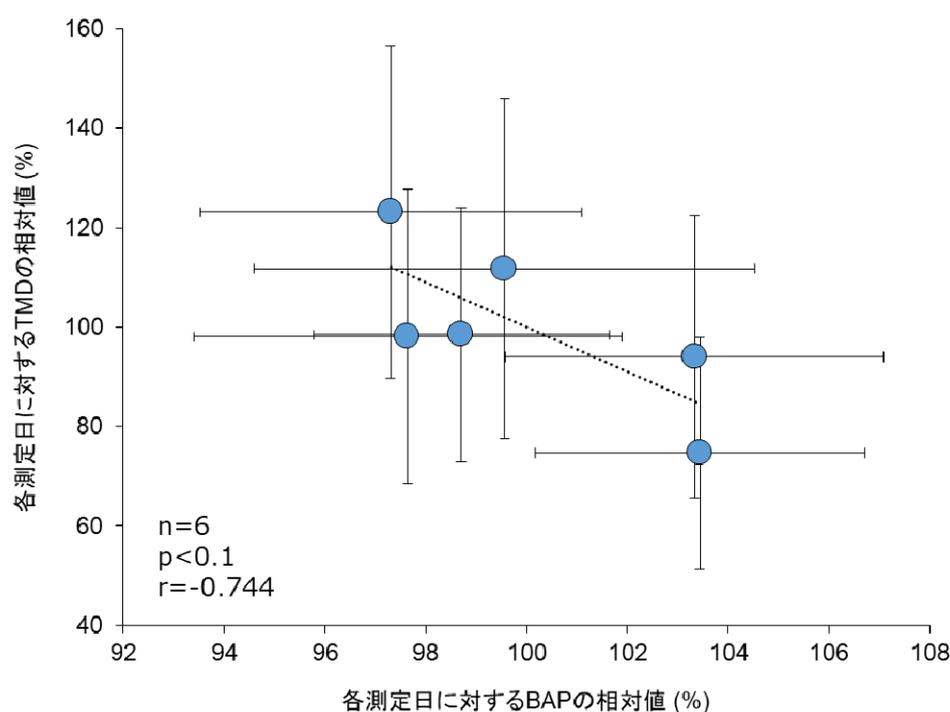


図 6 測定期間中の BAP と TMD の関係

3. 大会結果との関係

大会結果との関係を検討するために、2016年12月25日の全国高等学校駅伝競走大会に出場した選手7名の記録(区間順位)と酸化ストレス指標の平均値や大会5日前の測定値(2016年12月20日)について一覧表で示した(表 4)。A 選手の大会5日前の d-ROMs は、平均値よりも 11.6%低値を

示し, BAP や BAP/d-ROMs についても平均値よりも高値を示した. 特に BAP/d-ROMs は, 16.1%と平均値よりもかなり高い値であった. BAP/d-ROMs について, 測定開始日の 2016 年 11 月 16 日から大会 5 日前の 2016 年 12 月 20 日までの経時的な推移を各選手の最大値を 100%とした相対値として推移を検討したところ, A 選手の推移は, 大会 5 日前にかけて右肩上がり(27%の増加)を示す結果であった(図 7).

表 4 酸化ストレス指標と駅伝競走大会走者の結果一覧

	A選手	F選手	C選手	B選手	E選手	I選手	D選手	
	1区 (10.0km)	2区 (3.0km)	3区 (8.1075km)	4区 (8.0875km)	5区 (3.0km)	6区 (5.0km)	7区 (5.0km)	
記録	0:29:27	0:08:21	0:24:33	0:24:20	0:08:55	0:15:09	0:14:46	
区間順位 (通過順位)	2位(2位)	10位(3位)	11位(5位)	12位(7位)	6位(7位)	15位(6位)	7位(5位)	
平均値	d-ROMs (U.CARR)	318.0	321.8	309.5	310.5	293.2	285.5	307.8
	BAP ($\mu\text{mol/L}$)	2170.5	2152.7	2363.7	2255.8	2052.3	2253.8	2183.5
	BAP/d-ROMs	6.86	6.73	7.66	7.31	7.03	7.91	7.10
12月20日測定値	d-ROMs (U.CARR)	281 ↓	327 ↑	303 ↓	270 ↓	279 ↓	272 ↓	297 ↓
	BAP ($\mu\text{mol/L}$)	2239 ↑	2080 ↓	2325 ↓	2157 ↓	2140 ↑	2177 ↓	2010 ↓
	BAP/d-ROMs	7.97 ↑	6.36 ↓	7.67 ↓	7.99 ↑	7.67 ↑	8.00 ↑	6.77 ↓
変化率(%)	d-ROMs	88.4	101.6	97.9	87.0	95.2	95.3	96.5
	BAP	103.2	96.6	98.4	95.6	104.3	96.6	92.1
	BAP/d-ROMs	116.1	94.6	100.2	109.2	109.2	101.1	95.4

※変化率は平均値と12月20日測定値との変化を表す. ↑:平均値よりも増加していることを示す. ↓:平均値よりも低下していることを示す.

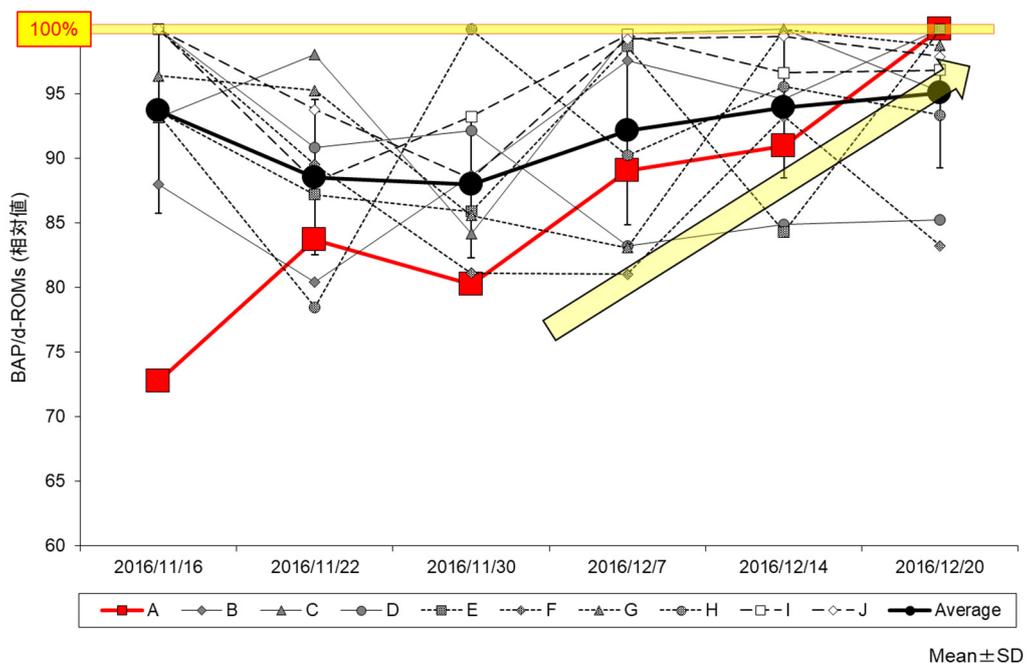


図 7 測定期間中の BAP/d-ROMs の相対値の推移

IV. 考察

高校男子長距離走選手 10 名における大会 5 日前までの 5 週間の経時的な推移をみると、d-ROMs の平均値が各測定日とも 300U.CARR 以上を示す結果であった。これまでに陸上長距離走選手を対象に酸化ストレス指標を調査した研究によると、大学男子駅伝選手における月ごと(4 ヶ月間)の d-ROMs の推移は、290~340U.CARR 程度であることが示されており、月間走行距離と d-ROMs の変動パターンがほぼ同一であったことが報告されている(琉子ほか, 2014)。今回の高校男子長距離走選手の d-ROMs においても同程度の酸化度を示しており、その程度としては軽度(321-340U.CARR)から中程度(341-400U.CARR)の酸化ストレス度を示す範囲での推移であった(関, 2009)。一方で、J 選手の d-ROMs は 400U.CARR 以上の高値を示す期間も見受けられ、かなり強度の酸化ストレスダメージを受けていた。実業団女子長距離走選手を対象とした研究において、疾患を患っていた選手の d-ROMs は 400U.CARR 以上の高値であったことがこれまでに示されている(谷口・杉田, 2017)。J 選手は大会後に疲労骨折していることが発覚し、高い酸化ストレスダメージを受けている場合には、疾患や怪我などの影響を受けている可能性が考えられる。また J 選手のコンディションアンケートからは、主観的疲労度は比較的高い傾向はあるものの体調などに関しては主観的な状態に顕著な変化を捉えることはできなかった。このように J 選手の主観と客観(酸化ストレス度)の間には、少なからずズレがあったものと考えられ、客観的数値として d-ROMs を把握することがコンディション管理として有用である一例であったといえよう。

d-ROMs の変動に関しては、2016 年 11 月 22 日、11 月 30 日において高値を示す結果となったが、この期間は 12 月 4 日の記録会に向けた強化期間に当たる期間であったことから、週単位の変動としても先行研究(琉子ほか, 2014)と同様な傾向を示していたことが考えられる。一方で、週ごとにおける主観的なアンケートの集計結果との関係は見出せず、琉子ほか(2014)の報告とは異なる結果を示した。このことは授業がある中で練習スケジュールが組み立てられており、1 週間の期間中に強度の高い練習(ポイント練習)や JOG のみの日など、週ごとにトレーニングが構成されていたことが要因としてあげられるであろう。また、大会 5 日前の測定日(2016 年 12 月 20 日)に向けて、d-ROMs が低下していく傾向が示されたが、前述のように週ごとの走行距離や練習強度との関連はみられなかった。練習スケジュールにおいては、前半 2 週間の期間はポイント練習を週に 3 日程度、その後大会 3 週間までは週に 2 日程度組み込まれていた。ポイント練習の回数は減ってもその代わり JOG の時間が設けられており、走行距離については 1 日ごとの変動はあるものの、週ごとには大きく変化しなかったものと考えられる。さらに、練習強度の聞き取りが 5 段階評価であったことも今回の結果に影響したものと考えられ、トレーニング時の生理的指標(心拍数や血中乳酸濃度等)を調査し、より詳細に検討することも今後必要であろう。

BAP の推移における変動は、d-ROMs とほぼ同一のパターンを示していることが観察されたものの、その変化については有意な差を認めなかった。BAP の平均値の推移としてはボーダーラインより高値を示していたが、今回の結果においては変動パターンに選手間のばらつきが見受けられたことや BAP の変動は d-ROMs よりも大きいことが影響としたものと考えられる。内分泌系と酸化ストレス指標との関係において、d-ROMs はコルチゾールやノルアドレナリンのような生体への攻撃的因子との相関が強く、BAP は DHEA-S のような生体防御的因子との相関関係が認められたことが報告されている(永田ほか, 2014)。また、永田ほか(2014)によれば、酸化ストレスが増加すると抗酸化力も増加を示すことが示唆さ

れている。今回の BAP の変動は d-ROMs とほぼ同一パターンを示しており、トレーニング負荷によって増大した酸化ダメージに対して、抗酸化力が防御的に高まる傾向であった可能性も考えられる。一方で、抗酸化力は食事内容など外因的要素をよく反映しており(永田ほか, 2008)、本調査内容からは食事内容までは把握できないことから、BAP の変動に影響を与えた要因については、トレーニングや食事内容を基に更なる検討が必要であると考えられる。

これまでにトレーニング量の増加とパフォーマンスや生理学的及び心理学的な指標の変化を検討した研究においては、POMS の疲労数値(F)がトレーニング量の変化とともに増減を示すことが報告されている(Kageta et al., 2015)。本研究においても、心理的状态が大会までの期間中に変動を示すことが予想されたが、先行研究のような傾向は認められなかった。大会には対象選手 10 名のうち 7 名が大会に出場できることになっており、測定期間中においてはレギュラー争いの中であることが心理的状态に大きな相違があったものと考えられる。実際にメンバーから外れてしまった G・H・J 選手は、POMS の疲労の数値が高く、活気の数値が低い傾向があった。POMS 所見と血液検査所見との関連性については、コルチゾールやテストステロンとコルチゾール比と V・F の間に相関を示すことが報告されており、長距離走競技選手としての良い自覚的コンディション状態が客観的に裏づけられていると考えられている(鳥居, 2003)。したがって、今回の対象選手においても POMS から示される自覚的状態には、ある程度コンディションの状態を指し示していたことが推測される。POMS 指標の推移と酸化ストレス指標の推移との関連性を検討したところ、ネガティブな気分状態(TMD)と抗酸化力の状態との間に関係性があることが示された。鳥居(2003)の研究においては TMD との関連については検討されていないことや、本研究においても前述の血液検査を実施しておらず、単純に比較することはできないが、POMS 検査結果のそれぞれの項目から算出される総合的な気分状態とテストステロンやコルチゾール、抗酸化力との間には相互関係が存在するものと推察される。オーバートレーニング症候群の前兆となる自覚症状と生化学的な指標とを組み合わせることで評価することができれば、より詳細な選手のコンディション把握に繋がるものと考えられる。

BAP と d-ROMs との比である潜在的抗酸化能の推移に関しても BAP と同様に変動パターンには有意な差は示されなかったが、特徴的な推移を示す選手(A 選手)が確認された。今回の測定結果と大会結果との関係を見るために、2016 年 12 月 25 日の全国高等学校駅伝競走大会に出場した選手 7 名の記録(区間順位)と酸化ストレス指標の平均値や大会 5 日前の測定値(2016 年 12 月 20 日)について一覧表で示した。特徴的な変動パターンを示した A 選手においては、大会 5 日前の d-ROMs が平均値よりも 11.6%低値を示し、BAP や BAP/d-ROMs についても平均値より高値を示し、特に BAP/d-ROMs は、16.1%と平均値よりもかなり高い値であった。また、測定期間中の潜在的抗酸化能の相対値は、大会 5 日前にかけて 27%の増加を示し、酸化還元バランスが良好に推移していく変動であったと考えられる。実際にこの選手は、最長区間の 1 区において区間 2 位の成績を収め、本来の力通りのパフォーマンスを発揮することができたといえる。測定期間中の A 選手のコンディションアンケートをみると、主観的体調の値は 3 または 4 を示しており、練習コメントでは“余裕を持ってできた”等の記載が多く見受けられた。POMS の各項目との関連は見受けられなかったが、このように主観的な状態として安定したコンディションの状態であったことも A 選手の特記すべき点であろう。前述した J 選手は、主観的な状態と酸化ストレスとの間には相違が見受けられたが、A 選手においては練習コメントからも大会に向

けてコンディションが上向きであったことが伺えた。酸化ストレス指標はコンディション管理に有用であることが示唆されるとともに、J 選手の事例のように主観と客観のズレを少なくしてコンディショニングに役立てていく視点も必要であると考えられる。潜在的抗酸化能とパフォーマンスとの関係を調査した研究によると、30 秒間の自転車全力駆動においては d-ROMs が低く、潜在的抗酸化能の高い選手の体重当たりの平均パワーが高いこと(杉田, 2014)や、ロンドンオリンピックにおいて活躍した短距離走選手の潜在的抗酸化能は、高値を示していたことが報告されている(川本, 2013)。A 選手の結果についても先行研究を追試する結果であり、酸化ストレスと抗酸化力のバランスが競技成績に影響を与えることが推察される。しかしながら、他の選手においては、A 選手のような特徴的な推移を示さず、同様な傾向を見出すことはできなかった。A 選手の測定期間前までの 5000m 走の平均ベスト記録は、14 分 01.80 秒であり、高校生競技者において高い競技力を保持しており、この記録は他の選手よりも 20 秒近くも速い記録であった。実業団女子長距離走選手を対象とした研究においては、抗酸化能力の状態が 5000m 走の記録と関連することが報告されている(谷口・杉田, 2017)。一方で、星川ほか(1994)の報告においては、POMS の結果が長距離走の記録と関連することを示しているが、今回の POMS 結果と大会結果との間には、一定の関係性はみられなかった。これらのことから、性差の違いこそあるが、高い競技力を保持した選手においては、酸化還元バランスの客観的指標がその後の競技パフォーマンスの予測に繋がる可能性が推察された。

以上の結果から、高校男子長距離走選手において、自覚的コンディション状態を把握するためには、気分プロフィール検査などから定期的に心理的状态を把握することが有用であることが示された。さらに、酸化還元バランスを評価する潜在的抗酸化能がコンディショニングや競技パフォーマンスを予測する観点からも最も重要な指標となることが示唆された。このような客観的指標については、競技レベルや個人内での変動を捉えて、定期的なモニタリングと他の客観的な数値を照らし合わせいくことが、よりの確にコンディション評価するためには、重要な視点であると考えられる。

V. 結論

本研究の目的は、高校男子長距離走選手 10 名を対象に、酸化ストレスというコンディション指標を、大会に向けた期間、定期的に測定し、心理的状态、主観的コンディションとの変化からコンディショニングのための客観的指標として有用であるかを検討し、高校男子長距離走選手のコンディションチェックのための指標として利活用するための知見を得ることであった。

酸化ストレスの評価は、トレーニング状況や怪我などの影響を反映していることが示され、心理的状态とともに評価することで、より詳細にコンディション状態を把握することが可能であることが示された。また、酸化還元バランスを評価する潜在的抗酸化能が最もコンディショニングや競技パフォーマンスを予測する指標として有用であるとともにその評価については、競技レベルを考慮することが必要であることが示唆された。

VI. 引用文献

- ・ Albeti, A., Bolognini, L., Macciantelli, D., Caratelli, M(2000)The radical cation of N,N-diethyl-para-phenyldiamine : A possible indicator of oxidative stress in

- biological samples, *Research on Chemical Intermediates*, 26(3): 253-267.
- ・ 星川淳人, 鳥居俊, 小林康一(1995)女子マラソン選手における心理的コンディションと競技成績, *日本臨床スポーツ医学会誌*, 3(1):1-5.
 - ・ Iamele, L., Fiocchi, R., Vernocchi, A (2002) Evaluation of an Automated Spectrophotometric Assay for Reactive Oxygen Metabolites in Serum. *Clin Chem Lab Med*. 40(7): 673-676.
 - ・ Iorio, E.L.(2010)The BAP test and the global assessment of oxidative stress in 24 clinical practice. *The President of International Observatory of Oxidative 25 Stress*. : 4-19.
 - ・ Kageta T, Tsuchiya Y, Morishima T, Hasegawa Y, Sasaki H, Goto K(2016)Influences of increased training volume on exercise performance, physiological and psychological parameters. *J Sports Med Phys Fitness*. 56(7-8): 913-921.
 - ・ 川本和久(2009)スポーツトレーニングにおける酸化ストレス, 第 68 回日本体力医科学会大会抄録集:116, 2013.
 - ・ 松村勲(2009)陸上競技女子長距離選手の体調確認の実践事例ーVAS 法の活用ー, *スポーツパフォーマンス研究*, 1:110-124.
 - ・ 松生香里, 永富良一(2006)長距離ランナーのコンディショニング指標としての免疫, *ランニング学研究*, 18:33-40.
 - ・ 永田勝太郎, 長谷川拓也, 広門靖正, 喜山克彦, 大槻千佳(2008)生活習慣病と酸化ストレス防御系, *日本心理医学*, 48(3):177-183.
 - ・ 永田勝太郎, 近藤麻乃, 藤森純子(2014)新しいストレスバイオマーカーとしての d-ROMs test,BAP test,修正 BAP/d-ROMs 値(酸化バランス防御系) (ストレスバイオマーカーの現状と新たな展開), *ストレス科学*, *日本ストレス学会誌*, 29(3), 281-292.
 - ・ Nakayama, K., Terawaki, H., Nakayama, M., Iwabuchi, M., Sato, T., Ito, S(2007) Reduction of serum antioxidative capacity during hemodialysis. *Clin Exp Nephrol.*, 11 : 218-224.
 - ・ 新畑茂充(2000)長距離選手のコンディショニング, *体育の科学*, 50:792-796.
 - ・ 西嶋尚彦, 高倉亜維, 榎本恵子, 中野貴博(1999)単一事例モデルを用いたコンディションの変動分析, *トレーニングジャーナル*, 233:20.
 - ・ 流子友男, 小松崎禎行, 田中博史, 只隈伸也(2014)定期的な酸化ストレス測定は駅伝選手の有効なコンディショニング指標になる, *運動とスポーツの科学*, 20(1):31-39.
 - ・ 関泰一(2009)d-ROMs テストによる酸化ストレス総合評価, *生物試料分析*, 32(4):301-306.
 - ・ 白倉寛, 河野一郎(1990)オーバートレーニングの指標に関する研究〜陸上競技長距離選手における自覚的コンディションの意義〜, *体力科学*, 39(6):509.
 - ・ 杉田正明(2014)酸化ストレスと運動パフォーマンス. 第 12 回酸化ストレス・抗酸化セミナー〜酸化ストレス評価法カラテッリ・パネルの臨床的意義と予知・予知医学への貢献〜, *Lecture7*:116-117.
 - ・ 谷口耕輔, 杉田正明(2017)実業団女子長距離走選手における酸化ストレス評価を用いたコンディシ

ョン評価に関する研究, トレーニング科学, 29(1):43-54.

- 鳥居俊(2003)大学生男子長距離走選手における自覚的コンディションと POMS 所見, 血液検査所見との関連性, 日本臨床スポーツ医学会誌, 11(3):511-517.
- 和久貴洋, 香田泰子, 赤間高雄, 杉浦弘一, 秋本崇之, 龍野美恵子, 河野一郎(1995)競技スポーツ選手のコンディション評価に関する研究, 体力科学, 44(6):820.
- 横山和仁, 荒記俊一(1994)日本版 POMS 手引き, 金子書房.
- 横山和仁(2005)POMS 短縮版 手引と事例解説, 金子書房.