

女子長距離選手の起床時の心拍変動および 唾液中コルチゾール反応

山田クリス孝介 加納樹里

Awakening Response of Salivary Cortisol and Heart Rate Variability in
Female Athletes of Long Distance Runner

Abstract

It is important for athletes to assess their own mental and physical condition in order to demonstrate their ability to the full. The aim of this study was to investigate cortisol awakening response (CAR) and heart rate variability (HRV) on awakening to measure and evaluate athlete's conditioning. Six female long distance runners collected their saliva, recorded electrocardiographic R-wave and completed Profile of Mood States(POMS) on awakening for each 4 days. The data suggested a feasibility of measurement and evaluation for athlete's condition using biomarkers. It could be also helpful to use a combination subjective evaluations and biomarkers. It was discussed that further research is needed to establish a theory and methodology to support and regulate athletes' condition.

1. 目 的

アスリートにとって、試合時に自身の実力を十分に発揮するかは、日々の練習はもちろん日常生活全般にわたって心身の状態をいかに整えていくかにかかっている。したがって、心身の状態、すなわちコンディションを正確に測定し、パフォーマンス発揮のために効果的に評価することが重要である。

アスリートを対象とした心身のコンディションに関する研究は、主に主観的な報告（アンケートや質問紙など）によって行われてきた。しかしながら、主観的な報告には信頼性の欠如

の可能性を拭いきれないという潜在的な問題があり、多くの議論がなされてきた¹⁾。このような主観的な報告に内在する問題を解決するために、各種の生理情報を利用して心身のコンディションを客観的に測定・評価しようと試みられてきた²⁾。たとえば、加納ほか^{3,4)}は、陸上競技の長距離選手を対象に起床時の心拍数を測定し、これがコンディショニングの指標となる可能性を示した。また、Passelergue and Lac⁵⁾は、唾液中コルチゾールを測定し、トレーニング・ストレスの評価への利用可能性を示唆した。しかし、心身のコンディションの測定と評価に関する科学的な研究は十分に なされているとは言い難いのが現状である。特に、本邦では研究数が非常に少ない。

ところで、ストレス科学分野においてコルチゾールが多くの研究者の興味を引いている。コルチゾールは副腎皮質で産生され、糖新生作用、水利尿作用、血管収縮作用、抗炎症作用、免疫抑制作用などの生理的機能を有する生命維持にとって必須のホルモンである。ラットにおいて副腎を摘出し、コルチコステロン（ヒトのコルチゾールと同様の物質）の分泌を阻害すると、数日で死に至る。さらに、この生体に不可欠なコルチゾールは、精神的なストレス（以下、「ストレス」と略す）と関連することが知られている⁶⁾。外部からのストレス刺激により、脳の視床下部 (hypothalamus) から副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモン (corticotropin releasing hormone : CRH) が放出されて下垂体 (pituitary) が活性化する。すると、下垂体から副腎皮質刺激ホルモン (adrenocorticotrophic hormone : ACTH) が放出される。ACTHは副腎皮質 (adrenal gland) に作用し、コルチゾールが分泌される。これがストレスに対する生体の防御系、すなわち視床下部—下垂体—副腎皮質軸 (hypothalamus-pituitary-adrenal [HPA] axis) である。一般的に、ストレスによってコルチゾールは増加する⁶⁾。

コルチゾールには概日リズムがあり、朝に高く、日中徐々に減衰し、夜に低くなる。この頑健な概日リズムのうちで起床時の唾液中コルチゾール反応が日常の心身のストレスを反映するという知見が、最近注目を集めている⁷⁾。起床30分後が一日のうちで最も高くなり、この時点のコルチゾール反応の高さがストレスを反映すると考えられている^{7,8)}。この現象は起床時コルチゾール反応 (cortisol awakening response : CAR) とよばれ、多くの研究が行われている。たとえば、週末より仕事の日のほうが高い⁹⁻¹¹⁾、働き過ぎていると高い^{12,13)}、日常のストレス状況下で高い^{14,15)}などが実証されている。

そこで、本研究ではアスリートの心身のコンディションを客観的に測定および評価することを目指し、起床時の心拍数と唾液から得られる起床時コルチゾール反応について基礎的な検討を行うことを目的とした。

2. 方 法

2.1 参 加 者

首都圏の4年制大学陸上部に所属する6名の女性長距離選手が参加した(平均年齢20.7歳)。参加者の人口統計学的属性を表1に示した。競技歴は平均8.2年(SD=2.78)であった。実験を実施する前に指導者へ本研究の説明を行って実験実施の承諾を得た上で、参加者全員から署名による研究参加への同意を得た。

表1 参加者の人口統計学的属性

| ID | Age | Height (cm) | Weight (kg) | Body Mass Index (BMI) |
|----|-----|-------------|-------------|-----------------------|
| 1 | 20 | 160.0 | 49 | 19.1 |
| 2 | 21 | 154.0 | 50 | 21.1 |
| 3 | 21 | 162.2 | 52 | 19.8 |
| 4 | 21 | 166.0 | 55 | 20.0 |
| 5 | 21 | 163.0 | 50 | 18.8 |
| 6 | 20 | 158.8 | 45 | 17.8 |

2.2 主 観 評 定

起床時の気分や疲労感などの主観的な状態を測定するため、気分プロフィール検査(Profile of Mood State : POMS) とストレス度を Visual Analogue Scale (VAS) 法で行うと共に、睡眠感と身体疲労度を4ポイントのリッカート法(感じない[1]—とても感じる[4])で行った。VASはリッカート法のように数値で回答するのではなく、一定の長さをもつ直線上の任意の箇所に斜線を記入させ、直線の基点から直線と斜線の交点までの長さを主観的な程度として数値化する方法である。また、POMSはスポーツ科学分野で頻繁に使用される気分状態を測定するための自記式主観評定法である¹⁶⁾。POMSは気分を表す6つの因子(「緊張—不安」, 「抑うつ」, 「怒り—敵意」, 「活気」, 「疲労」, 「混乱」)から構成される。コンディションが良い場合には「活気」が最も高く、その他の因子は低くなることが知られている¹⁷⁾。

2.3 唾液中コルチゾール

唾液サンプルはストローで専用のプラスチック製容器に採取した(詳しくは Granger et

al.¹⁸⁾を参照)。唾液サンプルは測定を行うまで -20°C で保存された。

測定を行う際、唾液サンプルを解凍した後、3000回転で15分間遠心分離を行った。前処理された唾液サンプルから、EIAキット (Salimetrics LLC, USA) を用いた酵素免疫測定法によってコルチゾール濃度を測定した (測定法の詳細については、Dressendörfer et al.¹⁹⁾を参照)。

2.4 心拍変動

心拍変動を測定するため、心拍計 (POLAR, USA) を用いて心電図 R-R 間隔を測定した。心拍変動は心電図 R-R 間隔から心臓を支配している自律神経系 (交感神経系および副交感神経系) の活動を推定するための指標である。測定した心電図 R-R 間隔から、各種の指標をオフラインで算出した^{20,21)}。すなわち、Mean interbeat interval (Mean IBI), Mean heart rate (Mean HR), Standard deviation of IBI series (SDNN), Root mean square of successive differences between IBIs (RMSSD), cardiac sympathetic index (CSI), cardiac vagal index (CVI), Mean absolute successive IBI difference (MSD), Proportion of consecutive IBI differences > 50 ms (PNN50) であった。Mean IBI と Mean HR は交感神経と副交感神経の両方の影響を受ける指標である。Mean HR は一般的によく用いられる指標である。一方、SDNN と RMSSD は交感神経と副交感神経の両方の影響を受ける心拍変動の全体を要約する指標である。また、CSI は推定上の交感神経活動の指標であり、CVI と MSD と PNN50 は推定上の副交感神経活動の指標である。

2.5 手続き

唾液の採取および心拍変動の測定は参加者自身が行った。そのため、実験実施前に参加者全員を対象に本研究の説明および実験手続きや各測度の測定方法等について詳細に説明する機会を設け、可能な限り正確な測定を行えるように指示した。

唾液の採取と心拍数の測定はシーズン中盤である8月中旬から下旬にかけての決められた4日に行った。ストレス状態の有無を把握するため、練習のない1日 (オフ日: Day 1), オフ明けの練習初日 (Day 2) および2日の練習日 (Day 3, 4) を設けた。指定した練習日は競技会への準備期間を含んでいたため、練習内容によって異なる運動強度となるよう設定した。運動強度は Day 3, Day 4, Day 2 の順に強かった。練習内容は、Day 2 がオフ明け初日の軽めの練習 (ジョギング, ペース走等), Day 3 が走り込み中心の追い込み練習 (中短距離の反復走, 筋力トレーニング等), Day 4 が調整のための中程度の練習 (ジョギング, 長距離走等) であった。尚、練習時間は一日に占める全体の練習時間を記録した。また、Day 2-4 は朝練

を含む2部練習が行われた。

測定日の1日前の状態を把握するため、参加者は測定日の前夜に当日の生活や出来事および練習内容や練習時間について日記に記入した。そして、心拍計を装着して就寝した。翌朝、起床した時点(P1)、起床30分後(P2)、就寝時(P3)の合計3回唾液を採取した。心拍計は1回目の唾液採取(P1)後に取り外し、測定された心電図R-R間隔データを専用のパソコンにダウンロードした。また、唾液採取の1回目(P1)と2回目(P2)の間に主観評定を測定した。

実験手続きに関わる活動以外は普段通りの生活を送るよう求めた。

2.6 統計解析

全ての数値は自然スプライン補間法で欠損値処理を施し、参加者全員の平均値を算出した。全ての統計解析は平均値を用いた。

練習時間と睡眠時間について測定日で違いがあるかどうか確かめるために反復測定の一元配置分散分析を行った。

主観評定は、POMSの各因子、ストレス度、睡眠感、身体疲労度のそれぞれについて反復測定の一元配置分散分析を実施した。

唾液中コルチゾール濃度は、採取日(4)×採取時点(3)の反復測定の二元配置分散分析を行った。また、唾液中コルチゾール濃度はP1とP2の値を用いてArea under the curve (AUC)法によってAUCg (Area under the curve with respect to the ground) およびAUCi (Area under the curve with respect to the increase) を算出した²²⁾。AUC法は内分泌学や神経科学分野で頻繁に用いられ、特定の期間における全体の分泌量を査定する方法である²²⁾。AUCgは零点(ゼロ)からの分泌量を、AUCiは安静値からの分泌量をそれぞれ示す。AUCgとAUCiについては反復測定の一元配置分散分析を行った。

心拍変動は、各指標について反復測定の一元配置分散分析を行った。

さらに、変数間の相関関係を調べるため、主観評定、コルチゾールのAUCgとAUCi、心拍変動の各指標のそれぞれについて、測定日ごとにPearsonの相関係数を算出した。

分散分析のその後の検定は全てBonferroni法で行い、全ての統計的検定での有意水準は5%とした。

3. 結 果

3.1 練習時間と睡眠時間

練習時間は Day 1 が他の日に比べて有意に短かった (Day 1 : 0.75時間 ; Day 2 : 7.37時間 ; Day 3 : 6.83時間 ; Day 4 : 6.75時間 ; $F[3, 15] = 55.16, p < 0.00001$).

睡眠時間に有意差は認められなかった (Day 1 : 5.17時間 ; Day 2 : 6.17時間 ; Day 3 : 6.17時間 ; Day 4 : 6.33時間 ; $F[3, 15] = 1.04, p = 0.40$).

オフ日に軽いウォーキングを行ったとの報告があったが、オフ日には練習を行わず、大きく睡眠時間を減らすことはなかった。

3.2 主観評定

POMS (図1) の6つの因子のうち「疲労」のみに有意差が検出された ($F[3, 15] = 1.62, p < 0.01$). Day 1 が他の日より最も低かった ($ps < 0.05$). また、身体疲労度において測定日に有意な違いが認められ ($F[3, 15] = 11.73, p < 0.0001$), Day 1 が他の日に比べて最も低かった ($ps < 0.05$). 練習日よりオフ日のほうが主観的な疲労度は低かったことが示された。

一方、ストレス度 ($F[3, 15] = 2.98, p = 0.65$) と睡眠感 ($F[3, 15] = 0.74, p = 0.55$) には有意差は認められなかった。

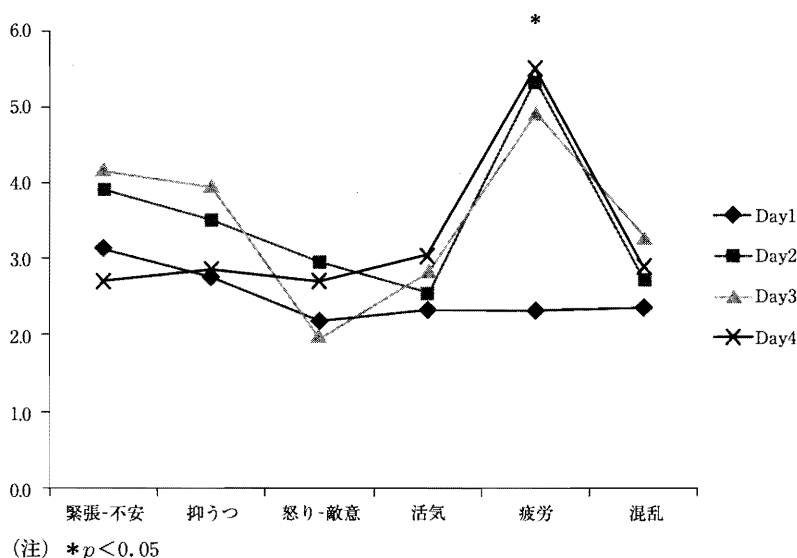


図1 測定日における Profile of Mood State (POMS) のプロフィール

3.3 唾液中コルチゾール

唾液中コルチゾール濃度において (図 2 A), 採取時点の有意な主効果が得られた ($F[2, 10] = 26.60, p < 0.00001$). その後の検定により起床30分後が起床時と就寝前に比べて有意に高かった ($ps < 0.01$). 測定日 ($F[3, 15] = 1.62, p = 0.22$) と交互作用 ($F[6, 30] = 1.76, p = 0.15$) に有意差は検出されなかった. また, AUC_g ($F[3, 15] = 1.66, p = 0.22$) と AUC_i ($F[3, 15] = 1.91, p = 0.17$) においても有意差は認められなかった (図 2 B).

全ての採取日で P2 (起床30分後) の値が最も高く, 典型的な起床時コルチゾール反応を示したが, 採取日での差違, すなわち練習日とオフ日の違いは認められなかった.

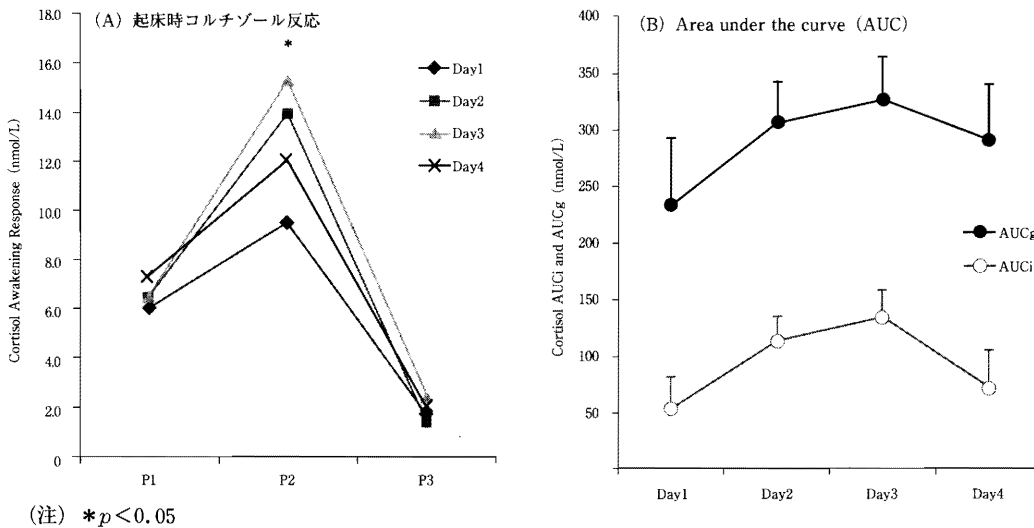


図2 測定日ごとのコルチゾールの変化

3.4 心拍変動

心拍変動の各指標では (表 2), Mean IBI ($F[3, 15] = 6.14, p < 0.01$) と Mean HR ($F[3, 15] = 6.54, p < 0.01$) においてのみ有意差が検出された. Mean IBI は Day 1 が Day 4 よりも高かった ($p < 0.01$). Mean HR は Day 1 よりも Day 3 と Day 4 のほうが高かった ($ps < 0.05$). その他の指標では有意差はなかった (SDNN: $F[3, 15] = 1.69, p = 0.21$; RMSSD: $F[3, 15] = 0.31, p = 0.82$; CVI: $F[3, 15] = 0.79, p = 0.52$; CSI: $F[3, 15] = 1.82, p = 0.19$; MSD: $F[3, 15] = 0.24, p = 0.87$; PNN50: $F[3, 15] = 1.76, p = 0.20$).

心拍変動のほとんどの指標には測定日の違いは認められなかったが, 最も一般的な指標である Mean IBI と Mean HR においてオフ日と練習日の差違が認められた.

表2 心拍変動の各指標の平均値 (標準偏差)

| | Day 1 | | Day 2 | | Day 3 | | Day 4 | | |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|--|--|
| | Mean (SD) | Mean (SD) | Mean (SD) | Mean (SD) | Mean (SD) | Mean (SD) | Mean (SD) | | |
| Mean IBI | 1405.1 (150.5) | 1297.0 (113.8) | 1337.5 (128.9) | 1310.4 (157.0) | ** | | | | |
| Mean HR | 43.4 (4.4) | 47.1 (4.3) | 45.7 (3.9) | 47.0 (5.4) | * | | | | |
| SDNN | 98.8 (21.4) | 119.0 (22.2) | 125.2 (51.7) | 129.0 (34.8) | | | | | |
| RMSSD | 143.1 (32.1) | 149.4 (32.9) | 152.4 (54.0) | 148.1 (45.3) | | | | | |
| CVI | 5.3 (0.2) | 5.4 (0.1) | 5.4 (0.3) | 5.4 (0.2) | | | | | |
| CSI | 1.3 (0.1) | 1.5 (0.3) | 1.6 (0.0) | 1.7 (0.5) | | | | | |
| MSD | 95.6 (30.1) | 101.8 (28.2) | 94.0 (45.3) | 96.4 (35.4) | | | | | |
| PNN50 | 65.6 (11.9) | 67.3 (8.4) | 55.6 (23.9) | 58.8 (14.4) | | | | | |

(注) 有意差は Day 1 との比較 (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$)

3.5 各指標の相関関係

Day 1 では、POMS の「活気」と AUC_i との間 ($r = 0.85, p < 0.05$) および POMS の「怒り—敵意」と CSI との間 ($r = 0.93, p < 0.01$) に有意な正の相関が検出された。また、AUC_i と SDNN ($r = -0.94, p < 0.01$), RMSSD ($r = -0.91, p < 0.05$), CVI ($r = -0.91, p < 0.05$), MSD ($r = -0.89, p < 0.05$), PNN50 ($r = -0.86, p < 0.05$) のそれぞれの間には有意な負の相関が検出された。オフ日では主観評定のポジティブな側面とコルチゾールの分泌量との間に正の相関が、主観評定のネガティブな側面と交感神経活動との間に正の相関があった。また、コルチゾールの分泌量と主に副交感神経活動との間に負の相関関係があったことが示唆された。

Day 2 では、POMS の「混乱」と AUC_g との間には有意な正の相関 ($r = 0.82, p < 0.05$)、POMS の「疲労」と MSD ($r = -0.82, p < 0.05$) および PNN50 ($r = -0.84, p < 0.05$) との間には有意な負の相関が検出された。

Day 3 では、POMS の「抑うつ」と AUC_i との間には有意な正の相関が検出された ($r = 0.92, p < 0.01$)。

Day 4 では、POMS の「活気」と AUC_g との間には有意な負の相関 ($r = -0.86, p < 0.05$)、POMS の「疲労」と MSD ($r = -0.83, p < 0.05$) および PNN50 ($r = -0.88, p < 0.05$) の間に有意な負の相関が検出された。

Day 2-4 ではコルチゾールと心拍変動との間に有意な相関は認められなかった。

練習日では、運動強度の高かった Day 2 と Day 3 において、主観評定のネガティブな側面とコルチゾールの分泌量との間に正の相関が、また主観評定のネガティブな側面と副交感神経活動との間に負の相関が認められた。さらに、Day 4 においては、主観評定のポジティブな側面

とコルチゾールの分泌量は正の相関関係にあったと同時に、主観評定のネガティブな側面と副交感神経活動は負の相関関係にあったことが示唆された。

4. 考 察

本研究は、心身のコンディションの客観的な測定と評価を目指し、運動強度の異なる4日を対象に、女性長距離走者の起床時のコルチゾール反応と心拍変動および主観評定について検討した。

各指標を単独で見ると、主観評定は、疲労に関する項目（POMSの「疲労」と身体疲労度）においてのみ、加えてオフ日と練習日との違いだけしか測定することができず、運動強度による差は認められなかった。また、起床時コルチゾール反応（cortisol awakening response：CAR）では測定日全てにおいて典型的なCAR^{7,8)}が観察されたが、オフ日と練習日との違いを区別することができなかった。さらに、心拍変動では頻繁に使用される指標のMean IBIとMean HRのみでオフ日と練習日の差違および練習日間での差違が測定された。このように、各指標を単独で扱うと、同じ一日を対象としても様々な評価が行われる可能性がある。

しかしながら、各指標の相関関係からは、各指標を単独で扱うのとは異なる結果が示された。すなわち、オフ日と練習日が区別されるだけでなく、練習日の差違も区別された。運動強度の高かったDay 2とDay 3において、主観評定がネガティブであればあるほど起床時のコルチゾールの分泌量が多くなる傾向があったのと同時に、副交感神経の活動が抑制されるという結果は、運動強度の高い練習によって心身共にストレス状態にあることを示唆している。なぜなら、一般に、ストレス負荷によってコルチゾールは増加し、副交感神経活動は抑制されるからである。したがって、生理指標を用いたコンディションの測定と評価の実現可能性が示唆され、主観評定と生理指標とを組み合わせる利用することが有用な可能性がある。

一方、オフ日では、主観評定がポジティブであればあるほどコルチゾールの分泌量が多くなるという結果となった。休養によって心身がストレスからの回復状態にあるとしたら、主観的にポジティブであればコルチゾールの分泌量は少なくなるという負の相関関係になるはずである。もしかすると、本研究においてオフ日に設定された日には参加者のコンディションが悪い状態にあったのかもしれない。オフ日までの期間に疲労が蓄積されていたことが可能性として考えられる。これは、ネガティブな主観評定と交感神経活動が正の相関関係であったこと、およびコルチゾールの分泌量と副交感神経活動が負の相関関係にあったことから説明することができる。これらの関係はストレス負荷による一般的な生体反応を示すものであり、休養によ

るストレスからの回復とは相反するからである。本研究では測定日を運動強度に基づいて設定したが、疲労の蓄積は考慮されていなかった。コンディショニングは一定の期間における準備過程であることから、疲労の蓄積と回復とが繰り返されるような状態を理解するためには、長期的な縦断的研究が必要である。

また、本研究の問題点として、4つの事柄が考えられる。第1に、サンプルサイズが小さかった。研究実施上の制約があったことが一因であるが、今後はさらにサンプル数を増やして検討を重ねていく必要がある。

第2に、CARを扱う方法論上の問題がある。つまり、唾液採取が参加者に一任されていたということである。参加者自身が起床直後に唾液を採取するため、起床時刻と唾液採取の時刻が同一かどうか不明である。そこで、唾液採取の専用容器を出し入れすると時刻が記録されるような装置を使用するなどの対策が必要であろう。さらに、参加者が全員女性であったが、生理指標への性ホルモンの影響が考慮されていない。月経周期が唾液中コルチゾール反応に影響を及ぼすことが指摘されているが²³⁾、起床時コルチゾール反応は健康状態には左右されるが月経周期からは影響を受けないという報告もある²⁴⁾。現実場面での研究においては非常に苦慮する問題であるが、月経周期の時期を統一して検討することも必要かもしれない。

第3に、パーソナリティなどの特性と生理指標との関わりが不明である。生理指標は個人差が大きく、反応の仕方も個人によって異なる。しかし、本研究のような実験計画では個人の元々の状態（ベースライン）を把握することが難しく、個人差に言及することができない。したがって、長期にわたって個人を追跡していく研究が必要である。個人を長期間追跡できれば、個人の安静状態とストレス状態あるいは疲労状態などの状態を明確にすることができ、反応の仕方も特定することが可能となる。

最後に、生活習慣や一日の出来事などと生理指標との関連が不明である。心身のコンディショニングは日常の生活や日々の出来事に少なからず影響を受ける。したがって、日常生活と心身の状態との関連とを明確にする必要がある。

本研究によって、心身のコンディションを客観的に測定および評価できる可能性が示唆された。更なる検討を重ねることで、効果的なコンディショニングを支援可能な理論および方法論が確立されるだろう。

5. ま と め

本研究では、アスリートの心身のコンディションを測定および評価する客観的手法の確立を

目指し、起床時の唾液中コルチゾールと心拍変動の利用可能性について検討した。起床時コルチゾール反応と起床時の心拍変動は主観的評価との関連から心身のコンディションを客観的に測定および評価できる可能性が示唆された。しかし、いくつかの問題点があったため、それらを考慮した更なる研究が必要である。

付記 本研究は早稲田大学人を対象とする研究に関する倫理委員会の承認を得た（承認番号2009-147）。

参考文献

- 1) Cohen, S., Kessler, R.C. and Underwood Gordon, L. (Eds.) (1995) *Measuring stress : A guide for health and social scientists*. New York : Oxford.
- 2) Aubert, A.E., Seps, B. and Beckers, F. (2003) Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine*, 33(12) : 889-919.
- 3) 加納樹里・佐藤清貴・阿部記子・里見 潤・坂本剛健 (2007) 運動習慣が男子大学生の夜間心拍変動に及ぼす影響について—ローレンツプロットを用いた分析—. 中央大学保健体育研究所紀要, 第25号 : 1-11.
- 4) 加納樹里・里見 潤・坂本剛健 (2009) 女子長距離選手の心拍変動評価—夏期合宿前後の測定—. 中央大学保健体育研究所紀要, 第27号 : 49-63.
- 5) Passelergue, P. and Lac, G. (1999) Saliva cortisol, testosterone and T/C ratio variations during a wrestling competition and during the post-competitive recovery period. *International Journal of Sports Medicine*, 20(2) : 109-13.
- 6) Dickerson, S. S. and Kemeny, M. E. (2004) Acute stressors and cortisol responses : A theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychological Bulletin*, 130 : 355-391.
- 7) Fries, E., Dettenborn, L. and Kirschbaum, C. (2008) The cortisol awakening response (CAR) : facts and future directions. *International Journal of Psychophysiology*, 72 : 67-73.
- 8) Pruessner, J.C., Wolf, O.T., Hellhammer, D.H., Buske-Kirschbaum, A., von Auer, K., Jobst, S., Kaspers, F. and Kirschbaum, C. (1997) Free cortisol levels after awakening : a reliable biological marker for the assessment of adrenocortical activity. *Life Science*, 61 : 2539-2549.
- 9) Kunz-Ebrecht, S.R., Kirschbaum, C., Marmot, M. and Steptoe, A. (2004) Differences in cortisol awakening response on work days and weekends in women and men from the Whitehall II cohort. *Psychoneuroendocrinology*, 29 : 516-528.
- 10) Schlotz, W., Hellhammer, J., Schulz, P. and Stone, A.A. (2004) Perceived work overload and chronic worrying predict weekend-weekday differences in the cortisol awakening response. *Psychosomatic Medicine*, 66 : 207-214.
- 11) Thorn, L., Hucklebridge, F., Evans, P. and Clow, A. (2006) Suspected nonadherence and weekend versus week day differences in the awakening cortisol response. *Psychoneuroendocrinology*, 31 : 1009-1018.

- 12) Schulz, P., Kirschbaum, C., Pruessner, J. and Hellhammer, D. (1998) Increased free cortisol secretion after awakening in chronically stressed individuals due to work overload. *Stress Medicine*, 14 : 91-97.
 - 13) Steptoe, A., Cropley, M., Griffith, J. and Kirschbaum, C. (2000) Job strain and anger expression predict early morning elevations in salivary cortisol. *Psychosomatic Medicine*, 62(2) : 286-92.
 - 14) Rohleder, N., Beulen, S.E., Chen, E., Wolf, J.M. and Kirschbaum, C. (2007) Stress on the dance floor : the cortisol stress response to social-evaluative threat in competitive ballroom dancers. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 33(1) : 69-84.
 - 15) 山田クリス孝介・尾崎宏樹 (2009) 社会的評価事態への起床時コルチゾール反応：フットサル選手のストレス。日本心理学会第73回大会発表論文集。
 - 16) 横山和仁・荒記俊一・川上憲人・竹下達也 (1990) POMS (感情プロフィール検査) 日本語版の作成と信頼性および妥当性の検討。日本公衆衛生雑誌, 37 (11) : 913-18.
 - 17) Oka, K., Takenaka, K. and Sakata, N. (1994) Iceberg profile as a substitution for POMS. *Okayama Journal of Physical Education*, 1 : 21-30.
 - 18) Granger, D. A., Kivlighan, K. T., Fortunato, C., Harmon, A. G., Hibel, L. C., Schwartz, E. B. and Whembolua, G.-L. (2007) Integration of salivary biomarkers into developmental and behaviorally-oriented research : Problems and solutions for collecting specimens. *Physiology and Behavior*, 92 (4) : 583-90.
 - 19) Dressendorfer, R. A., Kirschbaum, C., Rohde, W., Stahl, F. and Strasburger, C. J. (1992) Synthesis of a cortisol-biotin conjugate and evaluation as tracer in an immunoassay for salivary cortisol measurement. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 43 : 683-92.
 - 20) Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996) Heart rate variability. *European Heart Journal*, 17 : 354-381.
 - 21) Toichi, M., Sugiura, T., Murai, T. and Sengoku, A. (1997) A new method of assessing cardiac autonomic function and its comparison with spectral analysis and coefficient of variation of R-R interval. *Journal of Autonomic Nervous System*, 62 : 79-84.
 - 22) Pruessner, J.C., Kirschbaum, C., Meinlschmidt, G. and Hellhammer, D. (2003) Two formulas for computation of the area under the curve represent measures of total hormone concentration versus time-dependent change. *Psychoneuroendocrinology*, 28 : 916-931.
 - 23) Kirschbaum, C., Kudielka, B. M., Gaab, J., Schommer, N. C. and Hellhammer, D. H. (1999) Impact of gender, menstrual cycle phase, and oral contraceptives on the activity of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis. *Psychosomatic Medicine*, 61 : 154-162.
 - 24) Kudielka, B.M. and Kirschbaum, C. (2003) Awakening cortisol responses are influenced by health status and awakening time but not by menstrual cycle phase. *Psychoneuroendocrinology* 28 : 35-47.
-