生理的指標を利用したアスリートに対するストレス研究 —内分泌指標の研究への適用

菅生 貴之¹⁾, 門岡 晋²⁾, 小笠原佑衣³⁾

1) 大阪体育大学

2) 金沢星稜大学

3) 大阪体育大学大学院

キーワード：コルチゾール, 起床時反応, 身体的ストレス, リカバリー

(ストレス科学研究 2019, 34, 9-17)

Abstract

Athletes tend to conceal their tiredness for various reasons, including environmental and cultural factors, high motivation to increase their competitiveness, and the desire to be selected for games. Stress evaluation using physiological indicators has been focused as a method of evaluating the stress levels of such athletes. In this paper, we reviewed research that has used cortisol, which is an indicator of the endocrine system. However, athletes regularly perform high-load training; and cortisol as a stress index is susceptible to the effects of exercise, metabolism, and immunosuppression. Therefore, it is necessary to consider its specificity. Moreover, when evaluating stress, it is necessary to consider physical and psychological stress separately. However, this line of research has begun only recently, and future developments are required. Recently, studies have begun to focus on the possibility of recovering from stress by using appropriate recovery methods that correspond to the strength of the stressors. Recovery is referred to as “an inter-individual and intra-individual multi-level (e.g., psychological, physiological, social) process in time for the re-establishment of performance abilities. Recovery includes an action-oriented component, and those selfinitiated activities (proactive recovery) can be systematically used to optimize situational conditions and to build up and refill personal resources and buffers” (Kellmann and Kallus, 2001). It has been pointed out that the root cause of psychological problems caused by chronic stress is insufficient recovery, rather than stress (Kellmann, 2002).

Keywords: cortisol, awakening response, physical stress, recovery

1. はじめに

アスリートにおけるストレスの生理的指標を利用した研究においてまず考えなくてはならないことは、ア

スリートと一般的スポーツ愛好家それぞれにおける、「スポーツをする」ことの意義に大きな違いがあることであろう。本稿で扱う「アスリート」の語は「競技者」としての意味合いで用いることとするが、一般的に愛好されているスポーツとはその行う目的や取り組

Stress research for athletes using physiological indicators—Application to the study of endocrine system—

Takayuki Sugo¹⁾, Susumu Kadooka²⁾, Yui Ogasawara³⁾

1) Osaka University of Sport and Health Sciences

2) Kanazawa Seiryō University

3) Graduate School of Osaka University of Sport and Health Sciences

Received October 29, 2019, Accepted January 22, 2020

doi.org/10.5058/stresskagakukenkyu.2019008

み方に本質的な違いがある。

例えば適度で快適な運動は心身の健康を増進し得ると考えられており、特に心理的側面については運動の抗うつ効果がよく報告されている。動物実験ではランニング時の脳内ノルアドレナリンの上昇が、抗うつ効果のメカニズムであるとする仮説が提案されている。運動トレーニングによってノルアドレナリンに起因する神経伝達効率が増加することで抑うつ状態が改善されることが示唆されている。

一方で、アスリートの場合は記録や競技成績向上のために、ある意味心身の健康状態を犠牲にしてでも、高強度のトレーニングや練習を継続していくことが要求される。中込¹⁾は精神病理的とも言える問題を呈したアスリートの事例を挙げ、アスリートの心理的問題について、成績の停滞や過度なトレーニング、周囲のプレッシャーといったアスリート特有の競技ストレスが、抑うつ、神経症、バーンアウトなどの心理的問題に及ぼす影響について論考している。そこで、アスリートに対するストレス研究はそれら精神的病理的症狀やそれに伴うパフォーマンス低下などを予防するために、その心理社会的要因を明らかにすることに主眼が置かれてきたと思われる。例えば岡ほか²⁾は、大学生アスリートを対象に行った調査において、競技者がある一定の、競技場面に限られたストレス（例えば「競技成績・記録の停滞」と同時に日常場面での一般的なストレス（例えば「人間関係」や「学業との両立」）も同時に経験しているとしており、その高いストレス状態を測定する尺度を開発している。

本稿では、そうしたアスリートのストレス状態を同定する生理・生化学的な指標として近年よく用いられている、内分泌応答物質であるコルチゾールを取り上げて概説し、その研究の発展の可能性や課題について論考を進めて行くこととする。

2. スポーツ心理学的指標としての内分泌指標 —コルチゾールを中心に

近年、精神神経内分泌免疫学（Psychoneuroendocrinology；以下 PNEI と略す）指標を用いて、アスリートを対象とした競技不安や競技生活上のストレスに対する検討が行われている³⁾。中でも HPA 軸の終末において副腎皮質束状帯から分泌されるコルチゾールは、その研究の中心を担っており、殊にスポーツを対象とした PNEI 研究の増加に大きな貢献をしてきたといえるだろう。

2.1 コルチゾールの心身における生理学的特性

コルチゾールは、唾液からの採取が可能で非侵襲性

が高く、またその生理的特徴として血糖値を高める機能や、運動やトレーニングなどの身体的負荷に対するエネルギー供給にも深く関わっている。さらに、コルチゾールの抗炎症・抗免疫作用は運動後の筋損傷に対する免疫機能の過剰反応を抑制するうえで大変重要な機能を有していることで知られている。その一方で、骨格筋のタンパク質分解を促進することから、筋の肥大を目的としたストレングストレーニングではネガティブな影響があることが明らかとなっている⁴⁾⁵⁾。このようにアスリートにとってはトレーニングの効果や適応について、ポジティブにもネガティブにも作用する、重要な機能を持った物質であることがいえる。

上記のように、「ストレスホルモン」として知られるコルチゾールは、運動・トレーニングとも関連が深い。以下においてはまず、コルチゾールを中心に、その生理・心理学的特性について概観することとする。

2.2 スポーツ活動における内分泌応答

アスリートのストレス状態を内分泌指標によって評価するにあたって、まずはスポーツ活動に伴って誘導される身体的ストレスに対する内分泌応答について理解しておくことが必要である。身体的な運動負荷ストレスに対しては、情動ストレスにおける HPA 軸と SAM 軸の動態に類似した反応が起こる。最大酸素摂取量（ VO_2max ）の 50～60% の運動強度、あるいは乳酸性閾値（Lactate threshold; LT）を境に、カテコールアミン、糖質コルチコイドなどの分泌が亢進する⁶⁾⁷⁾。心理的変数としてもよく用いられている主要な糖質コルチコイドであるコルチゾールは、高強度の無酸素性運動で分泌が増加し（Figure 1, 2）、たんぱく質を分解する異化ホルモンとして代謝に深く関与する。これら複数のホルモンの分泌が LT 付近を境に亢進することは、運動負荷に適応するための防御反応のひとつと捉えられる。スポーツの実施に伴って起こる内分泌反応の生体に及ぼす短期的・長期的影響は甚大である。しかし、こうした一連の神経内分泌経路と免疫系、さらには自律神経系間の相互作用には多くのホルモンが関わっており、極めて複雑なためまだよくわかっていないことも多い。また、実施する運動の強度や持続時間、継続期間の違いや疲労に対するリカバリーの質・量など多様な要因が複雑に絡み合っていることが考えられる。したがって、PNEI 指標を用いた心理反応の解釈には測定の手続きや分析手法の工夫などが必要となる。

2.3 競技不安に関連した研究

アスリートを対象にした、心理的側面における PNEI 指標を用いた研究では主に試合や結果に対する

Figure 1 運動時の血中ホルモン動態と主なホルモン作用⁷⁾

認知的評価とそれに伴う感情状態、およびパフォーマンスへの影響について検討されている。重要な試合などにおいてよりその状況を脅威としてとらえるアスリートは、競技場面において過剰な反応を示し、結果として“自信が持てない”というような心理的な傾向を示す時がある。こうした試合に対する結果予期や気分・感情などは内分泌応答に影響を与える。

例えば Jimenez, et al.⁹⁾ は、バドミントン選手の試合前後のテストステロンおよびコルチゾールの唾液中濃度を検討したところ、勝者はテストステロン濃度が上昇し、コルチゾールの濃度は不変であった。一方敗者はテストステロン濃度は低下し、コルチゾールの濃度は上昇していた。Salvador¹⁰⁾ は、これらの反応について競技に対するコーピング反応のひとつであると考えた。例えば試合に向けて挑戦者としてのポジティブな感情状態であればテストステロンや交感神経系のシステムが賦活される。逆に、状況を脅威であり制御不能のものととらえればそれらの賦活は低減され、コルチゾールの分泌が促される。前者は勝利の可能性を高め、後者はパフォーマンスを低下させることが示唆されている。つまり、試合に対する認知的評価によって賦活される一連の内分泌反応は、心理反応とパフォー

マンスを結びつける重要な役割を有しているのかもしれない。

2.4 コンディショニングに関する研究

2.4.1 起床時コルチゾール反応 (Cortisol Awakening Response; CAR) を用いた慢性的ストレスに関する研究

近年上記のような競技場面での急性の反応ではなく、競技者が慢性的に体験しているストレスについて評価する PNEI 指標として、表題の CAR が用いられるようになってきている。CAR は起床後 30 分の間の急激なコルチゾールの上昇反応であり、慢性的なストレスの指標として様々な文脈で検討が進められており、研究が急増している^{11) 12)}。

スポーツ選手の慢性的ストレスを評価する研究も、近年多くみられるようになってきた。例えば我々の研究グループでは学生競技者を対象として CAR の反応性を検討しており、個人内の安定性と性差を確認している (Figure 3, 4)¹³⁾。Gunnarsson¹⁴⁾ は 9 ヶ月間の世界一周レース期間中のヨットレーサーを対象に測定した結果、レース初期の CAR は減弱し、終期において CAR が通常の反応値を示したことを報告している。

Figure 2 負荷漸増運動における LT 強度の運動に対する血中ホルモン分泌と運動時の筋—脳内機構の想定図⁸⁾

Figure 3 競技者における連日の CAR の変動¹³⁾
連続する 2 日間の起床時における唾液コルチゾールレベル (± SE)

Figure 4 競技者における CAR の男女間比較¹⁸⁾
唾液コルチゾールレベル (± SE) の男女間比較

また, Strahler, et al.¹⁵⁾ は重要な試合 (国内選手権) 直前の一週間に, 20 名の男性武道家を対象として, CAR の総分泌量の指標である Area under the curve respect to ground (AUCg) を用いて検討した結果, 対象者の不安尺度の上昇は認められたものの, CAR には有意な上昇は認められず, また心理指標との相関も認められなかったとしている。CAR をスポーツ選手に対する慢性的ストレス反応の測定に適用した研究はまだ端緒についたばかりである。今後発展が期待される分野といえるだろう。

2.4.2 ストレスに対するリカバリー

アスリートにおけるストレス関連の検討においては, オーバートレーニング症候群 (Over Training Syndrome; OTS) の語がよく用いられる。OTS とは「競技者の過重なトレーニングによって過労状態となり, その結果パフォーマンスの低下を来し, 短期間の休息やトレーニング量の減少によっても疲労が容易に回復しなくなった状態」であり¹⁶⁾, 欧米の文献等ではステイルネス (Staleness) の語もよく用いられている。従来生体のストレスに対する恒常性維持機構の説明

にはホメオスタシスという概念が用いられてきた。しかしながら運動実施のような心身の負荷が入り混じった複雑な現象を説明することは困難であり、近年、アロスタシス（allostasis：動的適応能）の概念が適用されている。アロスタシスは、人が運動をしている時などの環境や生体内の状況の変化に対して、「変化をすることによってホメオスタシスを維持する」という生体反応の概念である¹⁷⁾。運動という過大なストレスに対してアロスタシスが正常に作動すれば運動適応が促進される。一方で、アロスタシスによるストレスへの適応が長期にわたり継続され、適切な休養がとられなくなるとアロスタシスがうまく作動しない、アロ

スタティック負荷（allostatic load）の状態に陥る。McEwen¹⁷⁾はその異常なアロスタティック反応を図示しているが（Figure 5）、反応が過剰になったり欠如したり、もしくは不適切反応を起こす（津田，2007）。アロスタティック負荷が超過し、身体諸機能が不全となった状態がOTSといえる。

そうした中で我々の研究グループでは、近年ストレスに対するリカバリーに着目している。リカバリーとは「パフォーマンス能力を再構築するための個人間及び個人内の多階層（ex. 心理的，生理的，社会的）過程」¹⁹⁾とされている。Kellmann & Kallus¹⁹⁾はScissors Model (Figure 6)を提唱し、オーバーリーチングの回

Figure 5 Three types of Allostatic Load¹⁷⁾

Figure 6 Scissors Model.¹⁹⁾

日常及び競技生活でのストレス（□）が増加するほど、リカバリー（○）の要求（Recovery demands）も高まるといったストレスとリカバリーの対称関係を示したモデルであり、それぞれの図形の大きさは「ストレスの大きさ：□」「リカバリー資源の大きさ○」を示している。例えばある大きさのストレス（□）に対して、矢印で直下に示された、適切な大きさのリカバリー（○）が行われることで、左上の小さなストレス（□）に低減することができることを示している。このモデルでは主に「ストレスとリカバリーの最適なバランスが、最適なパフォーマンス発揮（Individual Performance Optimum: IPO）に寄与する」「高いストレスを経験しても、適切なリカバリーにより耐え得る対処資源を有している限り問題（ex. パーフォーマンス低下）は生じない」の2点が強調されている。一方でストレスが適応範囲を超えるほど大きくなったり、必要なリカバリーが資源を超えるような大きさになると、付加的なリカバリーなしにはストレスの低減は難しいものとなる（図中破線矢印）。IPOを説明するストレス/リカバリーの関係性が丁度「鋏み」のように見えるので、Scissors modelと言われている（門岡²¹⁾より引用）。

避と最適なパフォーマンスの達成は、トレーニングストレスとそれに続くリカバリーとの最適なバランスによってアスリートが回復をしている時のみ実現できるとしている。ストレスとその対処であるリカバリーのバランスを測定する指標としては The Recovery-Stress Questionnaire for Athletes (RESTQ-76 Sport) がよく用いられて研究が進められている。近年、慢性的ストレスによって生じる諸問題の根源は、ストレスというよりはむしろリカバリー不足が原因²⁰⁾とも指摘されている。

Filaire, Ferreira, Oliveira, et al.²²⁾ は若年エリート女性テニス選手12名を対象に、16週間のトレーニングが唾液中アミラーゼ、コルチゾール、アミラーゼ/コルチゾール比 (sAA over Cortisol; AOC) に及ぼす影響について、RESTQを用いたストレス/リカバリーのバランスとの関連性に着目して検討している。この研究では16週間後にAOCは増加し、リカバリー得点と負の相関にあることが示されている。これらのことから、競技成績などの社会的評価を伴った要求負荷は、若年テニス選手にとっては大きなストレスであったことを示唆している。

Vacher, Filaire, Mourot, et al.²³⁾ は、トレーニング負荷 (TL) と心理学的指標 (短縮版 RESTQ²⁴⁾ 等)、

生理学的指標 (唾液中コルチゾール、アミラーゼ等) の関連性を検討した。ナショナルチームに所属の水泳選手15名を対象に、12週間に渡る泳力 (swimming speed) 向上を目的としたトレーニング期間中に実施された。測定は、トレーニング第1週目、準備期 (前半6週間) にあたりトレーニング量と強度が増加している第6週目、そしてテーパリング期 (後半6週間) にあたりトレーニング量と強度が減少している第12週目の計3回測定された。唾液サンプルは、起床直後午前7時、起床30分後、起床60分後、午後20時の計4点で収集された。Vacher, Filaire, Mourot, et al.²³⁾ は反復測定相関分析 (repeated measure correlation: RMCORR) を行い12週間に渡るTLと各指標の相関関係を検討した。その結果、TLとストレス/リカバリー、AOCとの間に相関が認められたことを報告している。特にAOCは、コルチゾールやアミラーゼのみの評価よりも高い相関関係が認められたことからAOCによる評価がより有用となり得ることが示唆されている。また、トレーニング期間中に心理学的指標で評価したストレス/リカバリーは有意な変動を示しTLに対して鋭敏に反応したのに対し、CARやAOCは有意な変動が認められなかった。このことから、トレーニング期分けのなかで心理学的指標と生理学的指

標は同じ変動を示さないことが示唆されており、アスリートのコンディショニングにおいて多角的指標を用いた検討の重要性を暗示している。

3. アスリートのストレス評価にあたっての留意すべき点

以上、スポーツという現象に対する内分泌反応に関連する研究概況を紹介してきた。内分泌応答をモニタリングすることは、トレーニングプログラムにおける競技者の内的な適応過程やトレーニング効果の判定において有益な情報を提供しうるものと考えられる。一方で、こうした生理学的指標を用いたストレス状態の評価にあたっては、アスリート特有の要因についてより深く検討していくことが求められる。以下には、我々の研究グループで取り組んでいく2つの課題について問題提起をしたい。

3.1 アスリートのストレスの特異点ーアスリートを取り巻く特異な環境・風土

アスリートのストレス状態をモニタリングする際にはアスリート特有の心理的な特性や環境・風土などについても考慮する必要がある。雨宮ほか²⁵⁾はバーンアウトを引き起こしやすいパーソナリティ傾向としてアレキシサイミア傾向を取り上げ、アスリートに対して検討を行っている。アレキシサイミア傾向の高いアスリートは自身の感情を正確に認識して他者に表現するということが困難であり、問題に対する適切な対処や他者との関係性の構築を難しいものとしてしまうことから、バーンアウト傾向と関連が高いことを示唆している。アスリートにおいてはその環境・風土の要因から、競技生活・日常生活両面のストレスが自覚されづらい面があり、ややもすると無視されたり、隠蔽されたりしがちである。また、強い競技力向上へのモチベーションや試合における選手選考など様々な理由で、疲労状態にあることを秘匿する傾向がある²⁶⁾。これらのアスリート特有の問題を考慮すると、PNEI指標は心理的なバイアスの影響を受けづらいことはその利点であろう。

本項で紹介したようなPNEI指標を競技場面で用いることが可能となれば、指導者が提供するトレーニングプログラムに対する心身のコンディションの理解に貢献して、適切なトレーニング負荷を選択する際の有用な情報となると考えられる。

3.2 アスリートのストレスの特異点ー身体的ストレスと心理的ストレス

これらの研究の本質的に抱えている課題は、長期的

または短期的な生理学的反応の変化が、身体的な負荷を反映したものであるのか心理的な機序によるものであるのかが混濁しており、分離することが難しいということである。

Anderson & Lane²⁷⁾ はアマチュア長距離アスリート15名を対象として、トレーニング負荷とCARとの関係性を評価している。対象者自身が行っている持続的トレーニングを2週間実施中に、モニターチェストストラップ(Polar)によって、練習時刻、時間(分)、距離(km)、および平均HRを含む、すべてのトレーニングおよび競技会のセッションを記録して、Banister法に基づきトレーニング負荷(Training Impulse: TRIMP)を算出した。CARは起床直後と30分後で測定している。対象者の負荷と起床時反応を関連付けるために、各週の最大および最小のトレーニング負荷(TRIMP)の後の朝のサンプルを対応させた。その結果、CARとCAR%は、前日のトレーニング負荷と有意に関連($p = 0.025$, $r^2 = 0.352$, $p = .012$, $r^2 = .373$)を見出している。アマチュアアスリートにおいて、定期的な運動のトレーニング負荷によってCARが影響を受けることが示唆された。

また、Minetto, et al.²⁸⁾ は、激しいトレーニングがHPA軸の活動に及ぼす影響を明らかにするために、競技年数2~15年のサッカー選手15名を対象として検討を行った。シーズンに備えた7日間の強化合宿の前期(1日目と2日目)および後期(9日目と10日目)に起床時コルチゾール反応(起床直後、15分後、30分後)の測定とカウンタームーブメントジャンプ(counter movement jump: CMJ)・20分後に20mマルチステージシャトルランテスト(20-m multi-stage shuttle run test: 20MST)を実施している。また、各日程のトレーニングセッション後(午前・午後含む)にVASによる筋疲労の評価を行った。

その結果、CMJの高さが合宿前後で有意に低下しており、強化合宿に伴うパフォーマンスの低下が示された。さらに7日間の強化合宿後にCAR、深夜コルチゾール濃度が有意に増加した。一方で、起床時コルチゾール反応の増加率とAUCは合宿前後で有意な変化はなかった。また、合宿前後のCMJの変化と起床直後のコルチゾール濃度($r = 0.74$)、起床後のピークのコルチゾール濃度($r = 0.81$)、コルチゾール濃度の増加率($r = 0.75$)、AUC($r = 0.79$)との間に有意な相関が認められ、パフォーマンスの低下が少ないほどCARの増加が大きいことが示唆された。これら一連の結果は、トレーニング後のパフォーマンスの低下とホルモンの変化の低下(あるいは欠如)が起こったアスリートでトレーニングに対する調節不全の適応が発生したことを示している可能性がある。

近年では異化ホルモンであるコルチゾールと、同化ホルモンであるテストステロンとの濃度比（テストステロン/コルチゾール比:T/C ratio）をオーバートレーニング症候群（Over Training syndrome; OTS）の指標として用いることが試みられている。HPA系の亢進はテストステロンの分泌を減少させる。T/C ratioはトレーニングのような継続的なストレスに対する適応度合いを示す、異化・同化のバランス指標である。この減少は、トレーニングによって骨格筋の異化作用が強まる状態を示すものであり、OT状態を示す指標としての利用が試みられてきた²⁹⁾。しかしながら、トレーニング効果やパフォーマンスの改善との関連性において結果は一定せず、むしろオーバートレーニング状態というよりはトレーニングにおける身体的ストレスの状況を示す指標であることが示唆されている³⁰⁾。さらに、厳しいトレーニング期における異化作用の優位傾向は、激しい疲労状態の兆候である筋肉痛の増加や明らかな体重減少といった現象を説明するものであり、パフォーマンスの低下をもたらすことが考えられる。

以上、概観してきた通り、内分泌応答に関するデータの解釈は複雑な要因が抱合されており、データの解釈においては、心理学者のみならず、医療の専門家の判断も仰ぎながら慎重に行う意識を持つことが重要である。また、適用にあたっては現場指導者が必要としている情報がどのようなものであるかという聞き取りや、こうした生物学的なデータを採取することの意義についての十分な議論を行うことが欠かせない。

4. おわりに

以上、アスリートのストレスに対する生理心理学的な検討を、内分泌指標という観点から概観してきた。アスリートを取り囲む種々の環境的・文化的要因により、疲労やストレス状態にあることを訴えることは「忌避すべきもの」として、その重篤な状態を隠蔽しがちである。そうした意味から、生理心理学的な指標を用いてストレス状態を定量的にモニタリングすることは、アスリートの競技力向上の上でも、あるいはバーンアウトの予防の観点からも重要であり、さらなる研究の発展が期待されるといえよう。内分泌指標を用いたストレス評価に関しては近年になって報告例が増えているものの³¹⁾、心理的側面の解釈における高強度トレーニングの影響などまだ検討すべき課題が多いと言える。

そのためにも基礎的な知見をより重ねていき、確たるエビデンスのもと、スポーツ界の風土に新しいモニタリング指標を提供することが求められる。

文 献

- 1) 中込四郎, アスリートの心理臨床 スポーツカウンセリング. 道和書院, 2004.
- 2) 岡浩一郎・竹中晃二・松尾直子・他, 大学生アスリートの日常・競技ストレス尺度の開発およびストレスの評価とメンタルヘルスの関係. 体育学研究 43(5-6), 245-259, 1998.
- 3) Ehrlenspiel, F., & Strahler, K. (Eds.), *Psychoneuroendocrinology of Sport and Exercise: Foundations, Markers, Trends*. London: Routledge, 2012.
- 4) Lindholm, C., Hirschberg, A. L., Carlström, K., et al., Altered adrenal steroid metabolism underlying hypercortisolism in female endurance athletes. *Fertility and Sterility* 63(6), 1190-1194, 1995.
- 5) Bonifazi, M., Mencarelli, M., Fedele, V., et al., Glucocorticoid receptor mRNA expression in peripheral blood mononuclear cells in high trained compared to low trained athletes and untrained subjects. *Journal of Endocrinological Investigation* 32(10), 816-820, 2009.
- 6) 井澤鉄也, 運動とホルモン—液性因子による調節と適応—. ナップ, 2001.
- 7) 井澤鉄也, 内分泌系と運動. 健康運動指導士養成講習会テキスト (上巻). 健康・体力作り事業財団, 2008.
- 8) 征矢英昭・大岩奈青, アロスタシスからみた運動ストレスと内分泌反応. 竹宮隆・下光揮一編, 運動とストレス科学. 杏林書院, 156-170, 2003.
- 9) Jimenez, M., Aguilar, R., & Alvero-Cruz, J. R., Effects of victory and defeat on testosterone and cortisol response to competition: Evidence for same response patterns in men and women. *Psychoneuroendocrinology* 37, 1577-1581, 2012.
- 10) Salvador, A., Coping with competitive situations in humans. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 29-1, 195-205, 2005.
- 11) Pruessner, J. C., Wolf, O. T., Hellhammer, D. H., et al., Free cortisol levels after awakening: A reliable biological marker for the assessment of adrenocortical activity. *Life Sciences* 61, 2539-2549, 1997.
- 12) 井澤修平・城月健太郎・菅谷渚・他, 唾液を用いたストレス評価—採取及び測定手順と各唾液中物質の特徴—. 日本補完代替医療学会誌 4, 91-101, 2007.
- 13) 門岡晋・平田勝士・菅生貴之, 学生アスリートを対象とした唾液中コルチゾールによるストレス評価の基礎的検討—起床時コルチゾール反応に着目して—. 体力科学 62, 171-177, 2013.
- 14) Gunnarsson, L. G., Back, H., Jone, I., et al., Stress recovery during an ocean boat race. *Stress and Health* 20, 165-171, 2004.

- 15) Strahler, K., Ehrlenspiel, F., Heene, M., et al., Competitive anxiety and cortisol awakening response in the week leading up to a competition. *Psychology of Sport and Exercise* 11, 148-154, 2010.
- 16) 小田切優子・下光輝一, オーバートレーニング症候群とは. *臨床スポーツ医学* 23, 877-881, 2006.
- 17) McEwen, B. S., Protective and damaging effects of stress mediators. *The New England Journal of Medicine* 338(3), 171-179, 1998.
- 18) 津田彰, 生理心理学と健康心理学のコラボレーション. *生理心理学と精神生理学* 25, 93-94, 2007.
- 19) Kellmann, M., Kallus, K. W., The Recovery-Stress Questionnaire for Athletes: user manual, Champaign, IL, Human Kinetics, 2001.
- 20) Kellmann, M., Preventing underperformance in athletes. In: *Enhancing recovery*, Human Kinetics, Champaign, IL, 2002.
- 21) 門岡晋・堀澤栞里・荒木雅信・他. 日本版 Recovery-Stress Questionnaire for Athletes 76 の作成及び信頼性・妥当性の検証. *体力科学* 68(2), 133-143, 2019.
- 22) Filaire, E., Ferreira, J. P., Oliveira, M., et al., Diurnal patterns of salivary alpha-amylase and cortisol secretion in female adolescent tennis players after 16 weeks of training. *Psychoneuroendocrinology* 38, 1122-1132, 2013.
- 23) Vacher, P., Filaire, E., Mourot, L., et al. Stress and recovery in sports: Effects on heart rate variability, cortisol, and subjective experience. *International Journal of Psychophysiology* 143, 25-35, 2019.
- 24) Nicolas, M., Vacher, P., Martinet, G., et al., Monitoring stress and recovery states: structural and external stages of the short version of the RESTQ sport in elite swimmers before championships. *Journal of Sport and Health Science* 8(1), 77-88, 2016.
- 25) 雨宮怜・坂入洋右, スポーツ競技者のアレキシサイミア傾向とバーンアウトに対する抑制因としてのマインドフルネスの役割. *スポーツ心理学研究* 42(2), 81-92, 2015.
- 26) Suay, F., & Salvador, A., Cortisol. In Ehrlenspiel, F., & Strahler, K. (Ed.), *Psychoneuroendocrinology of sport and exercise: Foundations, Markers, Trends*. London: Routledge 43-60, 2014.
- 27) Anderson, T., Lane, A. R., Hackney, A. C., The Cortisol Awakening Response: Association with Training Load in Endurance Runners. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 13, 1158-1163, 2018.
- 28) Minetto, M. A., Lanfranco, F., Tibaudi, A., et al., Changes in awakening cortisol response and midnight salivary cortisol are sensitive markers of strenuous training-induced fatigue. *Journal of Endocrinological Investigation* 31(1), 16-24, 2008.
- 29) Urhausen, A., Gabriel, H., Kindermann, W., Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Medicine* 20-4, 251-276, 1995.
- 30) Urhausen, A., Kindermann, W., Diagnosis of overtraining. What tools do we have? *Sports Medicine* 32-2, 95-102, 2002.
- 31) 菅生貴之, スポーツと内分泌・免疫応答. 堀忠雄・尾崎久記監, 片山順一・鈴木直人編, *生理心理学と精神生理学 第Ⅱ巻 応用*. 北大路書房, 317-328, 2017.