

平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：82632

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2017

課題番号：25750341

研究課題名(和文)唾液コルチゾールを用いた新たなコンディション評価法の確立

研究課題名(英文) Establishment of novel training-monitoring index using salivary cortisol

研究代表者

大岩 奈青(Ohiwa, Nao)

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツ研究部・研究員

研究者番号：50443247

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、起床時コルチゾール反応(CAR)に着目し、唾液コルチゾールに関する課題を精査して、測定評価方法を確立するため、1)短期トレーニング前後、2)長期トレーニング期におけるトレーニング負荷に応じたCARの変化について検討した。

1)短期間高負荷トレーニングによるオーバーリーチング時には、起床直後の唾液コルチゾール値は合宿前後で有意に増加していた。2)エリート長距離選手のトレーニング負荷と起床30分後の唾液コルチゾール値には、有意な正の相関関係が認められた。これらの結果により、CARは有用なコンディション指標であり、トレーニング負荷が高い選手ほど、その有用性が期待できることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Cortisol awakening response (CAR) is a non-invasive salivary index defined as the change in cortisol concentration which increases in 30 minutes immediately after awakening. CAR is one of a candidate which can monitor the impact of training load and fatigue status in elite athletes. To estimate the utilization of CAR, we examined the effect of two types of training on CAR; 1) short-term intensified training and 2) long-term training.

1) short-term intensified training induced overreaching in collegiate judo athletes. In this situation, salivary cortisol concentrations immediately after awakening was significantly increased before and after training. 2) In long-term training, significant positive correlation was observed between weekly total running distance and peak increase percentage of salivary cortisol concentration. This significant correlation was observed only in elite runner. These results suggested that CAR is an available training-monitoring index especially in elite athletes.

研究分野：運動生化学

キーワード：唾液コルチゾール トレーニングモニタリング CAR salivary cortisol 起床時コルチゾール反応  
オーバーリーチング

## 1. 研究開始当初の背景

コルチゾールは副腎皮質から分泌されるステロイドホルモンであり、医科生理学分野ではストレス反応の指標として用いられている。コルチゾールは免疫系、心臓血管系、代謝系、中枢系に対して様々な生理作用を有し、心理・身体的状態を考える上で重要なホルモンである。

トレーニング時の安静コルチゾール値の変化については多くの先行研究がオーバートレーニングと安静コルチゾール値の関係について報告しているが、トレーニング期間に毎朝起床時の採血を行うことは難しく、競技者への応用が困難だった。そこで、近年血液に代わるストレスの生理学的な評価方法として唾液コルチゾールが着目されていた。井澤らは唾液中のコルチゾールは血中のコルチゾールと相関が非常に高いことを報告しており、特に侵襲的な刺激を回避する心理社会的ストレス実験等で用いられている。

非侵襲的な採取方法やその簡便性から唾液コルチゾールを用いたトレーニング時のコンディション評価についても研究が始まっている。Gatti らの総論では、唾液コルチゾールは血中コルチゾール値と高い相関があり、侵襲的な採血に代わるトレーニング誘発性のストレス反応の指標として有用であると結論付けている。しかしトレーニング時に継続的に唾液コルチゾール値を測定した研究では一定の見解は得られていない。Nunes らは50日間のトレーニング前後での唾液コルチゾール値に有意な増加はみられなかったとし、Slivka らも21日間トレーニング前後に唾液コルチゾール値に変化がないことを報告している一方、Passelergue らは15週間のトレーニング前後で同項目値が増加したことを報告しており、唾液コルチゾール値の信頼性については測定の簡便性とは裏腹に、血中の同項目を比較すると疑問が残るのが現状だった。

これら結果の相違の一因としては、コルチゾールの日内変動を考慮していない可能性が考えられた。コルチゾールは一般的に朝高く、夜低いという日内変動がある。さらに、唾液コルチゾール値には、起床30分後に上昇する、起床時コルチゾール反応 (Cortisol Awakening Response; CAR) が報告されている。つまり、毎朝起床後に唾液コルチゾールを測定する場合、起床後の測定時間を厳密に管理しなければピーク値を検出できず、唾液採取の利点を最大限に生かしていない可能性があった。

トレーニング時に CAR を用いてコンディション評価を行っている論文は当初2本しか報告されていなかった。Gouarne らはトライアスロン選手と非鍛錬者を対象に10ヶ月間3回(3-4ヶ月に1回)のCAR測定を行い、トライアスロン選手では対照群よりCARが有意に低く、さらに3回の測定中にCAR値が漸減した2名の選手はオーバートレーニ

ング症候群にいたったことを報告していた。また、Minetto らはサッカー選手を対象に7日間の高強度トレーニング前後のCAR反応の変化をパフォーマンステストと併せて検討し、7日間後のCAR反応はトレーニング前と比較して有意に上昇し、パフォーマンスは低下したことを報告していた。しかし、どちらも長期トレーニング時に継続したCAR測定は行っていなかった。

## 2. 研究の目的

唾液コルチゾールを用いた新しいトレーニング誘発性ストレスの評価法を確立するために、下記の二つについて検討することを目的とした。

起床時コルチゾール反応 (CAR) を用いた短期トレーニング時のストレス反応評価方法について検討する

CAR を用いた長期トレーニング時のストレス反応評価法について検討する

については、5日間の短期高強度トレーニング時に唾液を用いてCARを測定し、採取時間、サンプリングポイントの最適化を行う。加えてその他の生理・生化学的指標(血中クレアチンキナーゼ活性、起床時心拍数・心拍変動など)および自覚的疲労度について比較し、妥当性を検討する。については実際のトレーニング現場への応用を視野に入れ、3ヶ月の長期トレーニング時のCAR、自覚的疲労度、心拍変動等を継続的に測定し、トレーニングにより引き起こされるストレス反応の指標となりうるかについての検証を行った。

## 3. 研究の方法

下記二つの実験を実施した。

**実験1.** 短期トレーニング前後におけるCARの変化。

### 3-1. 方法(実験1)

大学男子柔道選手20名を対象に、短期合宿前後のCARの変化について検討した。合宿前後で、唾液コルチゾール、運動テスト(握力、4方向片足ジャンプ、カウタームーブメントジャンプ:CMJ)、心拍変動(HRV)について測定し、疲労度等に関する質問紙調査を行った。合宿中は、毎朝夕に唾液コルチゾール測定を実施し、就寝前に筋組織の損傷マーカーであるクレアチンキナーゼ(CK)活性の測定、および疲労度に関する質問紙調査を行った。合宿時の測定プロトコルおよび練習メニューについて表1に示した。

### 3-2. 方法(実験2)

15週間の長期トレーニング時の大学長距離選手(RR)とエリート長距離選手(ER)を対象に、長期トレーニング時のCARの変化について検討した。安静値を測定するため、毎週トレーニングのない休養日の翌日を測定日とし、週1回CAR、HRVについて測定を実施した。1~3週目はCAR、HRV測定に慣れてもらうための試行期間とし、4週目以降の合

計 12 週間を実際の測定期間とした。週 1 回の CAR, HRV 測定(測定手順を表 2 に示す)に加えて、毎日走行距離、練習メニュー、トレーニングや日常活動に伴う主観的疲労度 (Total Fatigue score, TFS として算出, 表 3) について記録した。

表 1. 測定プロトコル (実験 1)

時間	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6
5:00		CAR+HRV 測定				
6:00		運動テスト	朝食 200m走 x 10本	朝食 200m走 x 10本	朝食 200m走 x 10本	CAR+HRV 測定
7:00		朝食	朝食	朝食	朝食	運動テスト
8:00						山登り
9:00		午前練習 柔道練習 寝技打ち込み 打ち込み 1人打ち込み	午前練習 柔道練習 寝技打ち込み 持ち上げ打ち込み 投げ込み	午前練習 柔道練習 寝技打ち込み 打ち込み 3人打ち込み 投げ込み	午前練習 柔道練習 寝技打ち込み 打ち込み 投げ込み 手押しジャンプ車 相撲	
10:00						
11:00						
12:00		昼食	昼食	昼食	昼食	昼食
13:00						質問紙記入
14:00	合宿先に移動					
15:00		14:30-17:00 午後練習 1.5km クロスカントリー走 x 4本 set interval 30min	14:30-17:00 午後練習 1.5km クロスカントリー走 x 4本 set interval 30min	14:30-17:00 午後練習 1.5km クロスカントリー走 x 4本 set interval 30min	14:30-17:00 午後練習 1.5km クロスカントリー走 x 4本 set interval 30min	
16:00						
17:00		唾液採取	唾液採取	唾液採取	唾液採取	唾液採取
18:00		夕食	夕食	夕食	夕食	夕食
19:00		指尖採血および 質問紙記入	指尖採血および 質問紙記入	指尖採血および 質問紙記入	指尖採血および 質問紙記入	指尖採血および 質問紙記入
20:00	自由時間	夜練習 腕立て	夜練習 腕立て	夜練習 腕立て	夜練習 腕立て	なし
21:00						
22:00	就寝	指尖採血および 質問紙記入	指尖採血および 質問紙記入	指尖採血および 質問紙記入	指尖採血および 質問紙記入	指尖採血および 質問紙記入
23:00		就寝	就寝	就寝	就寝	就寝

表 2. 測定プロトコル (実験 2)

時間	姿勢	やること
0:00	起床	ゆっくり起き上がり、一度口をゆすぐ。座って1分ほどしてから口内の唾液を一度飲み込む
0:05		唾液採取 2分間
		ポラールをつける
		心拍変動 5分間
0:10		ポラールをはずす
		唾液を一度飲み込む
0:15	座位安静	唾液採取 2分間
0:20		座って安静
0:25		唾液を一度飲み込む
0:30	測定終了	唾液採取 2分間

表 3. TFS 質問紙

番号	質問項目	点数						
1	トレーニングのきつさ	1	2	3	4	5	6	7
2	非常にきつければ?、全くつなければ?	1	2	3	4	5	6	7
3	よく眠れた	1	2	3	4	5	6	7
4	非常によく眠れたら?、全く眠れなかったら?	1	2	3	4	5	6	7
5	自分の足が軽く感じた	1	2	3	4	5	6	7
6	トレーニング中、足が非常に軽く感じた?、非常に重く感じたら?	1	2	3	4	5	6	7
7	風邪/感染症/インフルエンザにかかった	1	2	3	4	5	6	7
8	熱、鼻水、咳、咽喉痛が強く感じたら?、全く感じなければ?	1	2	3	4	5	6	7
9	集中できた	1	2	3	4	5	6	7
10	非常に集中できていたら?、全く集中できなかったら?	1	2	3	4	5	6	7
11	効果的なトレーニングができた	1	2	3	4	5	6	7
12	効果的なトレーニングでなかったら?、全くできなかったら?	1	2	3	4	5	6	7
13	不安もしくはイライラした	1	2	3	4	5	6	7
14	不安やイライラを強く感じたら?、全く感じなければ?	1	2	3	4	5	6	7
15	日常生活でストレスを感じた	1	2	3	4	5	6	7
16	日常生活で強いストレスを感じたら?、全く感じなければ?	1	2	3	4	5	6	7

トレーニング日誌には、1-2、2-6、等、質問項目-その項目の点数を記入しておくください。

## 4. 研究成果

### 4-1. 結果 (実験 1)

合宿前後の運動テストの結果を表 4 に示した。右手の握力、4 方向片足ジャンプ、カウンタームーブメントジャンプ (CMJ) とともに、合宿前と比較し合宿後で有意に低下して

いた。

表 4. 合宿前後の運動テスト項目の変化

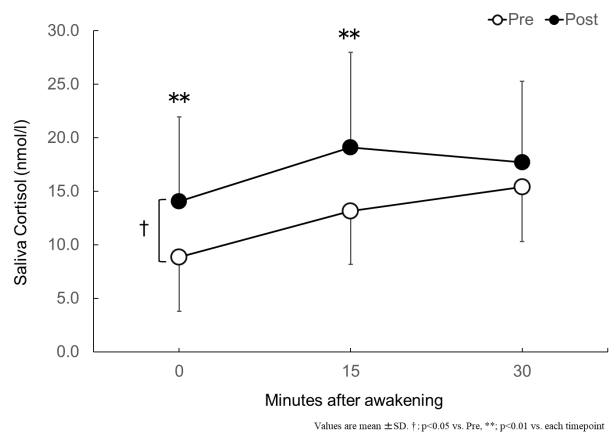
	Pre	Post
握力		
右	53.3±6.6	50.3±5.7**
左	49.6±5.1	49.2±4.8
4方向片足ジャンプ		
右	65.1±7.3	55.9±5.4**
左	64.6±5.8	58.1±7.4**
CMJ (n=17)	36.0±4.4	30.0±4.8**

Values are mean±SD. \*\* p<0.01 v.s. Pre

疲労度についても合宿前後で有意に増加しており、合宿前後で、運動パフォーマンスが低下し、主観的疲労度が増加していた (ともに p<0.01)。これらの結果より、合宿時の高負荷トレーニングで、オーバーリーチング状態に至ったことが確認できた。

同タイムポイントでの CAR は、合宿前後でその増加パターンに有意な交互作用が認められ (†; p<0.05 vs. Pre)。起床直後および 15 分後の唾液コルチゾール値は合宿前と比較して合宿後で増加していた (\*; p<0.05, 図 1)。

図 1. 短期高負荷合宿前後の CAR の変化



Values are mean ±SD. †: p<0.05 vs. Pre. \*\*: p<0.01 vs. each timepoint

CAR では、唾液コルチゾール値の絶対値の比較だけでなく、起床直後からピークまでの増加率もストレス反応評価には有用とされている。起床直後からピーク値までの唾液コルチゾール増加率は、HRV の副交感神経活動の指標となる HF 成分と有意な相関が認められた (r=0.496, p=0.005)。合宿前後の起床直後の唾液コルチゾールと、HFnu の変化にも、有意な負の相関が認められた (r=-0.419, p=0.021)。

### 4-2. 結果 (実験 2)

15 週間の長期トレーニング時の大学長距離選手 (RR) とエリート長距離選手 (ER) の唾液コルチゾール値と、そのトレーニング負荷

との関係について検討した結果、トレーニング負荷の増加に応じて、起床 30 分後の唾液コルチゾールは有意に増加し、両選手とも 12 週間の測定期間中全ての測定日で、30 分後にピークを示した。ただし、トレーニング負荷の増加に伴う HRV や、唾液コルチゾール値の変動については、ER でのみ有意な相関関係を示した。ER の起床直後からピーク値までの唾液コルチゾール増加率は、HRV の副交感神経活動の指標となる HF 成分と有意な負の相関が認められた ( $r=-0.650$ ,  $p=0.022$ )。唾液コルチゾールと、週間走行距離にも、有意な正の相関が認められた ( $r=0.581$ ,  $p=0.047$ ) (図 2)。

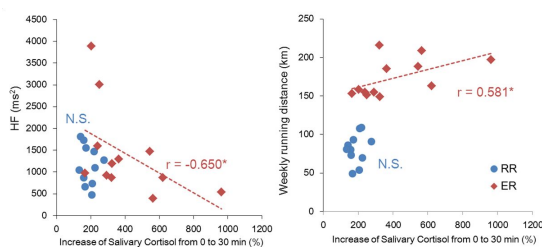


図 2. 唾液コルチゾール増加率と HRV, 週間走行距離の関係

#### 4 - 3 . 結果のまとめ

実験 1 では、短期高負荷合宿によりオーバーリーチング状態となった際の、CAR や HRV, 主観的疲労度の変化について検討し、

1 ) CAR はオーバーリーチング時に増加パターンが変化した。

2 ) そのパターンの変化は、起床直後および 15 分後のコルチゾール値の増加に伴う。

3 ) CAR の増加率は副交感神経活動の指標となる HF 成分と正の相関が認められた。

ことが明らかとなり、実験 2 では、

4 ) 長期トレーニング時には、起床直後の唾液コルチゾール値ではなく、30 分後の唾液コルチゾール値が変化する。

5 ) CAR の変化と HF には負の相関が認められ、週間走行距離とは、正の相関が認められた。

6 ) 上記 2 つの反応は ER においてのみ認められた。

ことが明らかとなった。

3 ) の結果については、実験 2 の結果と一見矛盾するように見えるが、オーバーリーチング時の CAR 増加率の低下は、合宿前後で起床直後の唾液コルチゾール値が増加していたことに起因するものであり、起床直後のコルチゾール値の変化と HFnu にも有意な負の相関が認められることから、CAR と、HF もしくは HFnu には負の相関関係が認められると考えられる。

4 ) については、短期間のトレーニングと、長期間のトレーニングで、CAR の増加ポイントが異なっていたことが興味深い。実験 2 の長期間トレーニング時には、安静時の CAR の変化を測定するため、測定前日は休養日としていたため、起床直後のコルチゾール値について変化しなかった可能性が考えられる。短

期間高負荷合宿時には、合宿後の測定前日までに、高負荷トレーニングを 4 日間実施している。このため、短期間のトレーニング時の急性ストレス反応を評価する場合は、起床直後の唾液コルチゾール値を、長期トレーニング時の慢性ストレス反応を評価する場合は、起床時 15 ~ 30 分後のピーク値について評価すると、よりの確な評価につながる可能性があると考えられる。

6 ) についても、CAR の有用性について考慮するうえでも興味深い知見であり、運動負荷が高いエリート競技者ほど、走行距離および心拍変動など他の生理指標との関連が認められた。CAR 測定を行う際は、被験者の競技レベル、トレーニング負荷についても把握しておく必要があると考える。

これら 2 つの実験により、1 ) CAR は的確な測定条件 (短期間か長期間か) や、測定時間 (起床直後か、ピーク値か) を決めて用いれば有用なストレス反応 (コンディション) 指標となりうる、2 ) トレーニング負荷が高い選手ほど、その有用性が期待できることが示唆された。

#### < 引用文献 >

- (1) Gatti, R. and E. F. De Palo, An update: salivary hormones and physical exercise, *Scand J Med Sci Sports* 21(2): 157-69, 2011.
- (2) Nunes, J. A., B. T. Crewther, et al, Effects of resistance training periodization on performance and salivary immune-endocrine responses of elite female basketball players, *J Sports Med Phys Fitness* 51(4): 676-82, 2011.
- (3) Slivka, D. R., W. S. Hailes, et al, Effects of 21 days of intensified training on markers of overtraining, *J Strength Cond Res* 24(10): 2604-12, 2010.
- (4) Passelergue, P. A. and G. Lac "Salivary hormonal responses and performance changes during 15 weeks of mixed aerobic and weight training in elite junior wrestlers." *J Strength Cond Res* 26(11): 3049-58, 2012.
- (5) Gouarne, C., C. Groussard, et al, Overnight urinary cortisol and cortisone add new insights into adaptation to training, *Med Sci Sports Exerc* 37(7): 1157-67, 2005.
- (6) Minetto, M. A., F. Lanfranco, et al, Changes in awakening cortisol response

and midnight salivary cortisol are sensitive markers of strenuous training-induced fatigue, J Endocrinol Invest 31(1): 16-24, 2008

5. 主な発表論文等  
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

Nao Ohiwa, Taro Iizuka, and Natsumi Suzuki. Changes in awakening cortisol response during long-term training in long-distance runners: A case study. American College of Sports Medicine 62nd Annual Meeting, 2015

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大岩 奈青(Ohiwa, Nao)  
独立行政法人日本スポーツ振興センター・国立スポーツ科学センター・スポーツ研究部・研究員  
研究者番号：50443247

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：

(4) 研究協力者

飯塚 太郎(Iizuka, Taro)  
鈴木 なつ未(Suzuki, Natsumi)  
高嶋 渉(Takashima, Wataru)