

事例・症例報告

エリート女子セーリング選手を対象とした
唾液中分泌型免疫グロブリンAを用いたコンディショニングの検討
Examination of the physical condition management
using salivary secretory immunoglobulin A for elite female sailing athlete

柴田聡¹⁾, 田原麗衣²⁾, 萩原正大³⁾, 渡部厚一⁴⁾, 藤井範久⁴⁾
Satoshi Shibata¹⁾, Rei Tahara²⁾, Masahiro Hagiwara³⁾, Koichi Watanabe⁴⁾, Norihisa Fujii⁴⁾

Abstract : In this report, we performed a retrospective analysis of the relationship between salivary secretory immunoglobulin A (SIgA) and daily subjective conditions and changes in physical condition during the expedition period in sailing competitions. We performed continuous salivary SIgA measurements on one elite female windsurfing athlete over about 1.5 months, which included participation in two international competitions. The two international competitions and their preparatory periods were divided into phase 1 and 2, respectively. The salivary SIgA concentration was calculated using “SIgA simple detection kit” developed by us. We calculated salivary SIgA secretion by multiplying it with saliva secretion per minute. The subjective condition indicator and physical symptoms were input into the measurement iPod application. In phase 2, subjective complaints of URTI (Upper Respiratory Tract Infection) symptoms were observed for a total of 4 days. When salivary SIgA secretion was compared within phase 2 according to the presence or absence of URTI symptoms. Looking at the variation of salivary SIgA secretion, a decrease in salivary SIgA secretion was observed before complaining of subjective URTI symptoms. There was no clear association between subjective conditioning indicator and the salivary SIgA secretion. However, there were cases in which recovery of salivary SIgA occurred with a delay, and subjective complaints of URTI symptoms were subsequently observed, even though the sense of fatigue was improved by adjusting the exercise intensity. The windsurfing competitions are held in a natural environment where the climates are highly variables, and the travel time for games and training camps, and expedition periods are long, so maintaining the condition during the expedition has been an issue. From the results of this report, it is thought that the measurement of salivary SIgA over time as an objective indicator to monitor the state of fatigue is useful for maintaining good condition.

Key words : saliva, SIgA, upper respiratory tract infection, windsurfing, conditioning

キーワード : 唾液, SIgA, 上気道感染症, ウインドサーフィン, コンディショニング

¹⁾茨城県立医療大学, ²⁾成蹊大学, ³⁾日本セーリング連盟, ⁴⁾筑波大学

¹⁾ Ibaraki Prefectural University of Health Sciences, ²⁾ Seikei University, ³⁾ Japan Sailing Federation, ⁴⁾ University of Tsukuba

E-mail : shibatasa@ipu.ac.jp

受付日 : 2022 年 1 月 15 日

受理日 : 2023 年 1 月 19 日

I. 緒言

アスリートが日常的に行っている高強度トレーニングの繰り返しは、疲労によってコンディションを低下させ、パフォーマンス発揮に悪影響を及ぼすだけでなく、免疫機能の低下に伴う上気道感染症（Upper Respiratory Tract Infection：URTI）の発症や、慢性疲労に伴うオーバートレーニング症候群を引き起こす可能性がある⁷⁾。実際に、重要な大会前にも関わらず URTI を発症しコンディションを崩す事例があることから^{10),12)}、スポーツ現場で疲労状態を評価し、コンディションを調整することは重要な課題である。

そこで、我々はスポーツ医科学分野において免疫機能や疲労の評価指標として用いられてきた唾液中の分泌型免疫グロブリン A（唾液 SIgA）^{6),8)}に着目し、良好なコンディション維持に寄与する可能性を見出した。唾液 SIgA はウイルスや細菌などの病原体の体内侵入を防ぐ役割があり、激しい運動による身体的ストレスや精神的ストレスによって低下する^{13),14),20),21)}。過去の報告では、剣道の寒稽古¹⁾やラグビーの合宿²⁴⁾といった高強度の継続的なトレーニングによって低下状態が続くことが示されている。また、長期にわたって唾液 SIgA の動態を調査した先行研究においては、唾液 SIgA の低下によって URTI 罹患リスクが増大することが示されており¹⁵⁾、唾液 SIgA の変動を観察することで URTI 発症の予測に役立つことが示唆されている。さらに、試合に向けたテーピング期では、強化期に比べて唾液 SIgA は回復することから¹⁶⁾、唾液 SIgA を継続的に観察することで、日々の疲労状態と免疫機能を把握できるとともに、トレーニング量の調節にも役立つと考えられる。

唾液を用いたコンディション評価は、血液検査に比べて侵襲がなく、感染リスクも少ない。さらに、採取に特別な資格は必要なくいつでも繰り返し可能であるという利点がある。しかし、従来の唾液 SIgA 測定は実験室内での解析が基本であり、唾液サンプルを保管する冷凍庫の確保が必要であることや解析に約半日を要することから、現

場で測定しフィードバックすることは困難であった。そこで、我々は唾液 SIgA をスポーツ現場で迅速かつ簡便に測定すべく、唾液 SIgA 測定チップおよび測定リーダーの開発を行ってきた。持ち運び可能な小型の測定リーダーを用いてイムノクロマトグラフィ法により唾液 SIgA 濃度を算出し、1 分間当たりの唾液分泌量で補正することで唾液 SIgA 分泌速度を算出する。本測定キットによって唾液の採取から測定結果を得るまでの所要時間が約 15 分となったため、遠征期間中であっても唾液採取当日に唾液 SIgA 分泌速度を算出することが可能となった。日々の唾液 SIgA の変動を観察することで、コンディションに関する客観的な情報を得られトレーニング量の調節などへの活用につながり良好なコンディショニングに寄与すると考えた。

本報告では、セーリング競技の一種であるウインドサーフィンのエリート女子選手 1 名に対して、2020 年 1 月から 2 月の 1 か月半の間で継続して唾液 SIgA 測定を実施した事例について報告する。セーリング競技は、洋上での競技であり気候変化の大きい自然環境の中で行われること、競技会場での風や潮流などのレースを左右する情報を収集するために、比較的長期間の事前練習期間を設けることから、遠征先での滞在が 1 か月程度になることもあるという特徴がある。遠征先での滞在が長期に渡ることで競技活動とともに生活環境を整備する必要があるが、選手によっては生活環境整備がおろそかになることでコンディションを維持することが困難になり、遠征期間中にコンディションを崩すことが課題であった。今回開発した唾液 SIgA 簡易検出キットを使用することで迅速かつ簡便に唾液 SIgA が測定でき、遠征期間中であっても客観的なコンディション評価指標を得ることにつながる点でセーリング競技においては意義が大きいと考えた。そこで、本報告ではセーリング競技における遠征と大会期間中に唾液 SIgA と主観的なコンディション指標の変動とともに URTI 症状の有無について後方視的に分析を行い、唾液 SIgA を用いたコンディショニングに

ついて、今後の活用方法を検討することを目的とした。

II. 方法

1. 対象

対象はエリート女子ウインドサーフィン選手1名とした(2020年4月時点、世界ランキング25位)。なお、本測定および唾液 SIgA 簡易検出キットの開発は、スポーツ庁委託事業/独立行政法人日本スポーツ振興センター再委託事業として実施した令和元年度ハイパフォーマンスセンターの基盤整備(スポーツ技術・開発事業)「唾液分泌型 SIgA 簡易検出キットの開発」によって行われた。また、本測定は筑波大学体育系研究倫理委員会の承認(承認番号:体 29-121)を得て行われており、対象者には測定に関する説明を行い参加に同意を得て実施した。

2. 測定方法

1) 測定期間

測定は、2020年1月15日から2月29日までの期間で実施した。この期間において、1月21日から25日の期間でワールドカップ(Hempel World Cup Series - Round 2, Miami @Miami, USA)、2月25日から29日の期間で世界選手権(RS:X Windsurfing World Championships @Sorrento, AUS)が開催された。

測定期間を、大会期間に合わせて2つの phase に分けた。phase1 は1月15日から25日までとした。この期間中の1月21日から25日までアメリカ合衆国のマイアミにて RS:X 級のワールドカップ(Hempel WCS Miami 2020)が開催され、大会に向けた準備期間として日本を出国した1月15日から大会終了時の1月25日までとした。phase2 は2月1日から29日までとした。この期間中の2月25日から29日までオーストラリアのソレントにおいて RS:X 級の世界選手権が開催され、大会に向けた準備期間として日本を出国した2月1日から大会終了時の2月29日までとした。

2) 唾液採取方法

唾液採取は、運動や食事による影響を排除するため、すべて起床後の朝食前に選手自身で行った。最初にミネラルウォーターで30秒間、口腔内を十分にすすぐ。その後、1分間座位での安静を保持したのち、サリベット(SALIVETTE、Sarstedt社製)内の滅菌綿を口に含み1秒間に1回の頻度で1分間咀嚼することによって唾液を綿に吸い取らせた。唾液を採取したサリベットの重量を測定し、1分間当たりの唾液分泌量とした。

3) 解析方法

唾液 SIgA 濃度の測定には、本事業にて開発した唾液 SIgA 簡易検出キットを使用した。唾液 SIgA 簡易検出キットは以下で構成された(figure 1)。

- iPod touch で稼働する測定アプリ(測定および測定値をグラフ化する機能を含む)
- 測定に使用する測定専用ケース
- 手動の小型唾液採取器
- 測定チップ(SIgA の唾液中バイオマーカー測定チップ)

測定手順は、まず採取した唾液を開発した小型唾液採取器を用いて綿から抽出した。抽出した唾液をサリベット内からピペットを用いて10μL採取し、希釈液内に注入し100倍希釈を実施した。唾液が注入された希釈液をよく振り、唾液と希釈液を混合したのちに、測定チップに100μL滴下した。唾液を滴下した測定チップは、その後10分間の待機時間を経過したのちに、測定台に挿入し、測定アプリを使用して唾液 SIgA 濃度を算出した。唾液 SIgA 分泌速度($\mu\text{g}/\text{min}$)は、唾液 SIgA 濃度 $\times$ 唾液分泌量 $\times 100$ によって算出した。なお、本測定期間における唾液 SIgA 濃度の解析はすべて選手自身で実施した。唾液 SIgA 濃度の解析においては、あらかじめ作成した測定チップに SIgA の標準試薬を滴下し検量線を算出することで測定アプリでの測定値の設定を行っている。本測定に使用した検量線は $R^2 = 0.9407$ であったことから、十分な測定精度を有していると考えられる。

また、分析にあたって、Nevilleら¹⁵⁾は唾液

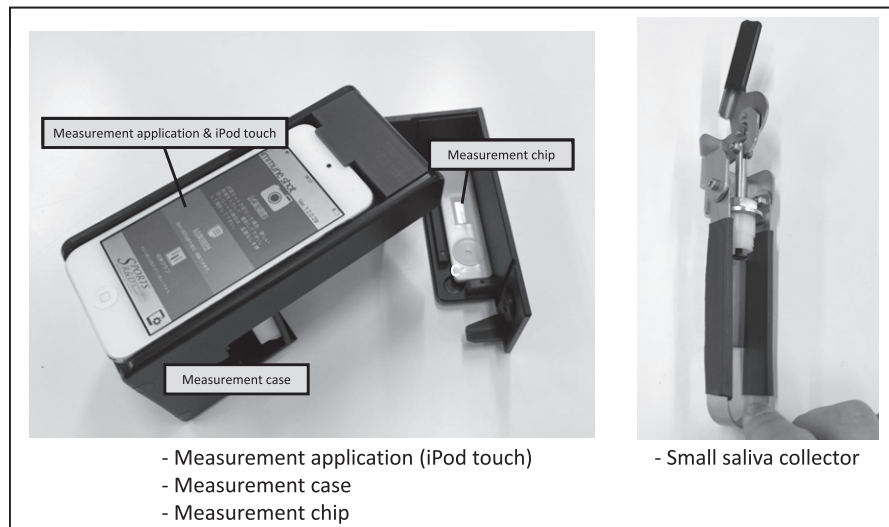


Figure 1. SIgA simple detection kit

SIgA 分泌速度が基準値から 30% 低下することで URTI 発症リスクが高まることを報告している。そこで今回は、全日程での測定値の平均値を基準値として設定し、そこから 30% 低下した値を注意喚起目安とした。

測定にあたって、事前に測定意義や測定値の解釈についての簡単な講習を行い、測定結果は選手と担当コーチによって管理された。測定期間中のフィードバックは行わず、選手とコーチで協議の上、必要があればトレーニング量の調節などに活用することとした。

4) 主観的コンディションおよび身体症状の入力

唾液 SIgA 分泌速度の解析時に、測定アプリ内に主観的コンディション、身体症状の入力を選手自身で行った。主観的コンディション指標は、睡眠の質、疲労感、体のキレとし、1:悪い、3:普通、5:良い、の 1～5 の 5 段階で、主観的運動強度は、0:練習を行わない (OFF)、1:低い、3:普通、5:高いとして、0～5 の 6 段階で入力した (figure 2-A)。本測定期間において、練習を行わなかった日 (OFF) は、1 月 19 日、28 日、29 日、2 月 1 日、7 日、16 日、17 日、23 日であった。次に、その日の身体症状として自覚的な URTI 症状の有無、

傷害発生状況を入力した (figure 2-B)。自覚的な URTI 症状については先行研究を参考に^{11),19)}、頭痛・下痢・腹痛・悪寒・熱感・咽頭痛・関節痛・鼻水・嘔吐感・睡眠障害・せき・たん・風邪の自覚症状・食欲不振の 14 項目について入力した。URT I 症状のうち 2 つ以上が少なくとも 2 日連続して報告された場合を、URT I 症状あり²²⁾として定義した。傷害発生状況については、首・肩・上腕・肘・前腕・手関節・手指・背部・腰・股関節・大腿前面・大腿後面・膝・下腿・足関節・足部・その他、の各部位について入力した。さらに、当日の体重、睡眠時間、起床時脈拍、体温を入力した。

3. 分析方法

本測定期間内で、2 月 14 日から 17 日までの間で自覚的な URTI 症状を認めた。そこで、phase2 内で URTI 症状を有した期間と、症状を有しなかった期間での唾液 SIgA 分泌速度、唾液分泌量、体重、睡眠時間、起床時脈拍、体温の平均値を比較した。さらに、phase2 内での URTI 症状の有無による睡眠の質、疲労感、体のキレ、主観的運動強度についても比較した。また、唾液 SIgA 分泌速度と各測定項目との関係を検討するために、全

A: Subjective condition indicator

主観的項目

- 未設定 5 良い 4 やや良い 3 普通 2 やや悪い 1 悪い

睡眠の質

- 5 4 3 2 1

疲労感

- 5 4 3 2 1

体のキレ

- 5 4 3 2 1

- 未設定
5 高い 4 やや高い 3 普通 2 やや低い 1 低い 0 オフ

運動強度

- 5 4 3 2 1 0

キャンセル 決定

B: Physical symptoms (URTI symptoms, injury occurrence)

怪我・内科

内科

☒ 頭痛 ☐ 下痢 ☐ 腹痛

☐ 悪寒 ☐ 熱感 ☐ のど痛

☐ 関節痛 ☐ 鼻水 ☐ 嘔吐感

☐ 睡眠障害 ☒ せき ☐ たん

☐ 風邪の自覚症状 ☐ 食欲不振

怪我

左 右

首 ☐ 肩 ☐

上腕 ☐ 肘 ☐

前腕 ☐ 手関節 ☐

手指 ☒ 背部 ☐

腰 ☐ 股関節 ☐

大腿前面 ☒ 大腿後面 ☐

膝 ☐ 下腿 ☐

足関節 ☒ 足部 ☐

その他 ☐

キャンセル 決定

Figure 2. Input screen

A: Subjective condition indicator, B: Physical symptoms (URTI symptoms, injury occurrence)

測定期間において唾液 SIgA 分泌速度と睡眠時間、睡眠の質、疲労感、体のキレ、主観的運動強度について Spearman の順位相関係数を用いて解析した。統計処理は、IBM SPSS statistics 26 を用いて行い、有意水準は 5% とした。なお、これらの分析は、すべての測定終了後に後方視的に実施した。

Ⅲ. 結果

1. 唾液分泌量および唾液 SIgA 分泌速度

全日程における 1 分間当たりの唾液分泌量 (g/min) および唾液 SIgA 分泌速度 ($\mu\text{g}/\text{min}$) の変動を figure 3 に示した。また、グラフ上に唾液 SIgA 分泌速度の全日程での平均値を実線で、平均値から 30% 低下した値を注意喚起目安と設定し破線で示した。また、2 月 6 日の測定においては測定チップに十分な発色が得られておらず、十分な測定が行えなかったと判断し測定結果から除外した。

唾液分泌量の平均値は、全日程では 1.3 ± 0.4 g/min であり、全体を通しておおむね 1 ~ 2 g/min の間で変動していた。phase1 では 1.5 ± 0.3 g/min、phase2 では 1.2 ± 0.4 g/min であった。唾液

SIgA 分泌速度の平均値は、全日程では 809.3 ± 440.4 $\mu\text{g}/\text{min}$ であり、phase1 では 701.7 ± 517.2 $\mu\text{g}/\text{min}$ 、phase2 では 802.6 ± 403.4 $\mu\text{g}/\text{min}$ であった。

phase1 においては、大会が開始するまでの前半期間では全日程における平均値を下回っており、唾液 SIgA 分泌速度は低値を示したが、大会期間中は 1 月 21 日を除いてほとんどの測定日で平均値を上回っていた。phase2 においては、2 月 2 日から 11 日までの期間ではほとんどが全日程における平均値を下回っており、全体的に唾液 SIgA 分泌速度は低値を示した。さらに、平均値から 30% 低下した注意喚起目安を下回る測定日も 4 日間認めた。2 月 12 日から 18 日にかけては平均値を上回ることがほとんどであり、比較的高値を示した。その後、2 月 19 日から 23 日にかけては平均値を下回る測定日が多かった。2 月 24 日からは唾液 SIgA 分泌速度は増加傾向を示し、2 月 25 日から 29 日の大会期間中は平均値を上回っており、高値を保っていた。

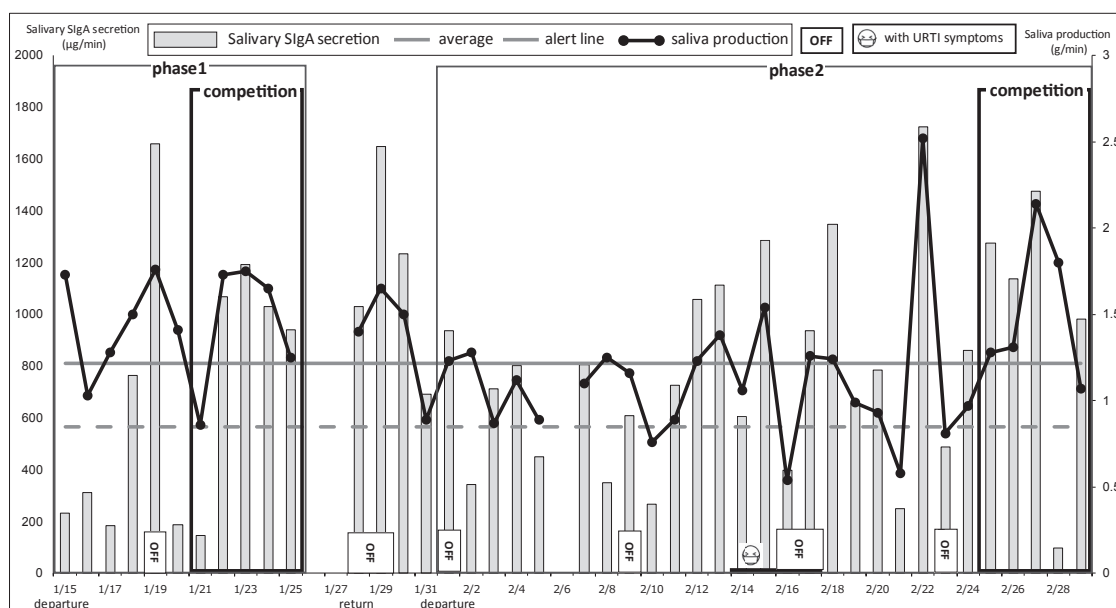


Figure 3. Variation in salivary SIgA secretion and saliva production (all data)

2. URTI 症状と唾液 SIgA 分泌速度

自覚的な URTI 症状について、2 月 13 日には“咽頭痛”、2 月 14 日には“咽頭痛・鼻水・風邪の自覚症状”、2 月 15 日には“咽頭痛・鼻水・せき・風邪の自覚症状”、2 月 16 日には“鼻水・せき・たん・風邪の自覚症状”、2 月 17 日には“鼻水・せき”、2 月 18 日には“鼻水”の入力があった。さらに、2 月 21 日には“鼻水”の入力があった。本報告においては、URT I 症状のうち 2 つ以上が少なくとも 2 日連続して報告された場合を、URT I 症状ありと定義したため、2 月 14 日～17 日に URT I 症状はあったこととなる。

次に、phase2 内において、URT I 症状を有していた期間と有していなかった期間の唾液 SIgA 分泌速度とその他の指標の平均値を table 1 に示した。URT I 症状を有していた期間の唾液 SIgA 分泌速度は $990.8 \pm 435.5 \mu\text{g}/\text{min}$ で、有していなかった期間の唾液 SIgA 分泌速度は $771.2 \pm 398.9 \mu\text{g}/\text{min}$ であり、唾液 SIgA 分泌速度は URT I 症状を有していた期間の方が高値だった。

3. 主観的コンディションと唾液 SIgA 分泌速度

全日程における唾液 SIgA 分泌速度の変動と睡眠の質との関係を figure 4 に、疲労感との関係を figure 5 に、体のキレとの関係を figure 6 に、運動強度との関係を figure 7 に示した。さらに、唾液 SIgA 分泌速度と睡眠時間および各主観的項目との相関係数を table 2 に示したが、有意な相関関係を認めなかった。

phase1 において、睡眠の質は練習を OFF とした 1 月 19 日以降は大会期間中を通して 5 (良い) を保っていた。疲労感は、1 月 19 日以降次第に増大したが、4 を超えることはなかった。体のキレは、大会前から大会期間中を通して 3 もしくは 4 であった。運動強度は、大会期間の前半は 4 であったが、次第に減少した。phase2 においては、睡眠の質は、3 から 5 であった。疲労感は、大会前の 2 月 7 日・8 日には 5 であったが、それ以降は 1～4 であり、大会期間中は 2 から 5 へと増大した。体のキレは、期間を通して 3 もしくは 4 であった。運動強度は、大会前の準備期間では最大で 4 であったが、大会中は 5 であった。

Table 1. Comparison with and without URTI symptoms

	No symptoms	With symptoms
Salivary SIgA concentration ($\mu\text{g/ml}$)	6.5 ± 2.4	8.5 ± 1.6
Saliva production (g/min)	1.2 ± 0.4	1.2 ± 0.4
Salivary SIgA secretion ($\mu\text{g/min}$)	771.2 ± 398.9	990.8 ± 435.5
Body weight (kg)	56.7 ± 0.3	57.2 ± 0.2
Sleep time (h)	7.6 ± 1.1	7.9 ± 0.3
Heart rate when walking up (times)	60.0 ± 6.1	54.0 ± 6.9
Body temperature (degrees)	36.0 ± 0.3	36.1 ± 0.4
Sleep quality (1-5)	4.0 (1.0)	5.0 (0.0)
Fatigue (1-5)	3.5 (1.0)	1.5 (1.3)
Sharpness of the body (1-5)	3.0 (1.0)	3.5 (1.2)
Perceived exertion (0-5)	4.0 (2.0)	0.5 (1.5)

4. その他の測定項目と唾液 SIgA 分泌速度

睡眠時間の平均値は、全日程では 7.7 ± 1.2 時間であり、phase1 では 8.0 ± 1.3 時間、phase2 では 7.7 ± 1.0 時間であった。phase1 では、大会前は短かったものの、大会期間中は 8 時間以上の睡眠が確保されていた。起床時脈拍の平均値は、全日程では 57.7 ± 5.8 回、phase1 では 55.9 ± 4.3 回、phase2 では 59.0 ± 6.4 回であった。体重の平均値は、全日程では 56.8 ± 0.3 kg、phase1 では 56.9 ± 0.2 kg、phase2 では 56.8 ± 0.4 kg であり、最大値が 57.8 kg、最小値が 56.2 kg であった。体温の平均値は、全日程では $35.9 \pm 0.4^\circ\text{C}$ 、phase1 では $35.6 \pm 0.3^\circ\text{C}$ 、phase2 では $36.0 \pm 0.3^\circ\text{C}$ であり、2 月 14 日に最大値をとり 36.8°C であった。

IV. 考察

本報告では、エリート女子ウインドサーフィン選手 1 名を対象に 1 か月半にわたり継続的に唾液 SIgA 分泌速度の測定を行った事例を報告した。

1. 自覚的な URTI 症状と唾液 SIgA 分泌速度の関係

本測定期間中に、自覚的な URTI 症状の訴えが 4 日間で認められ、そのすべてが phase2 の期間であった。さらに、phase2 内において URTI 症状を有していた期間と有していなかった期間での唾液 SIgA 分泌速度を比較すると症状を有していた期間の方がむしろ高値だった。phase2 における唾液 SIgA 分泌速度の変動と URTI 症状の有無との関係をグラフ上から見ると、URT I 症状の見られた 2 月 14 日から 17 日の期間の前の 2 月 5 日から 11 日の期間で唾液 SIgA 分泌速度が平均値を下回っており、特に 2 月 5 日・8 日・10 日で注意喚起目安と設定した平均値から 30% 低下していた。継続的な運動に伴って、唾液 SIgA 分泌速度が正常時よりも 30% 低下することで 3 週間以内に 28% が URTI に罹患し、さらに 60% 低下することで 48% が罹患することが報告されている¹⁵⁾ことから、自覚的な URTI 症状がみられる前の期間での免疫機能の低下が URTI 症状につながったと考え

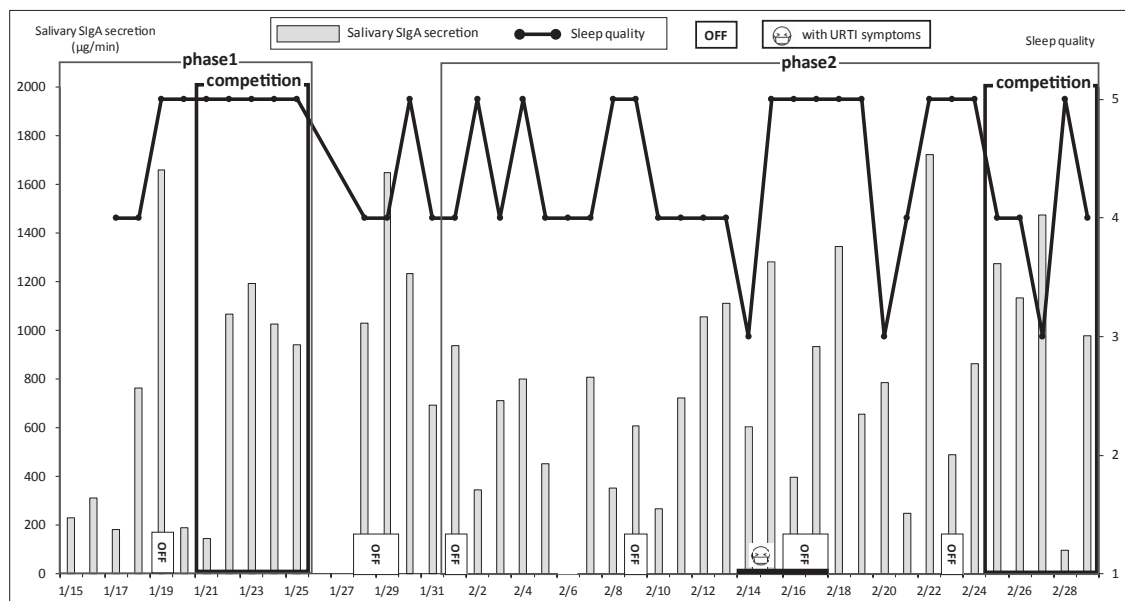


Figure 4. Relationship between salivary SIgA secretion and sleep quality (all data)

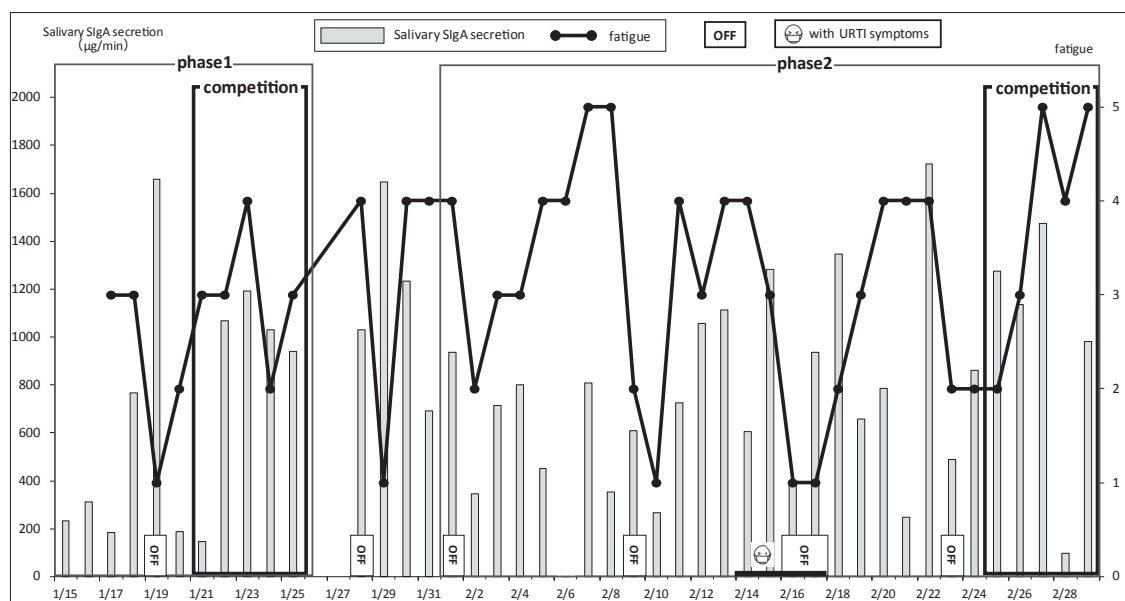


Figure 5. Relationship between salivary SIgA secretion and fatigue (all data)

られる。URTI 症状の発症までの潜伏期間の影響も考えられ、実際の自覚症状が発現する前の期間での唾液中 SIgA 分泌速度の低下が問題になってくる可能性がある。今後は、URTI 症状の発症前

と発症後の期間に分けて、唾液中 SIgA 分泌速度と URTI 症状との関係についてのさらなる検討が必要である。

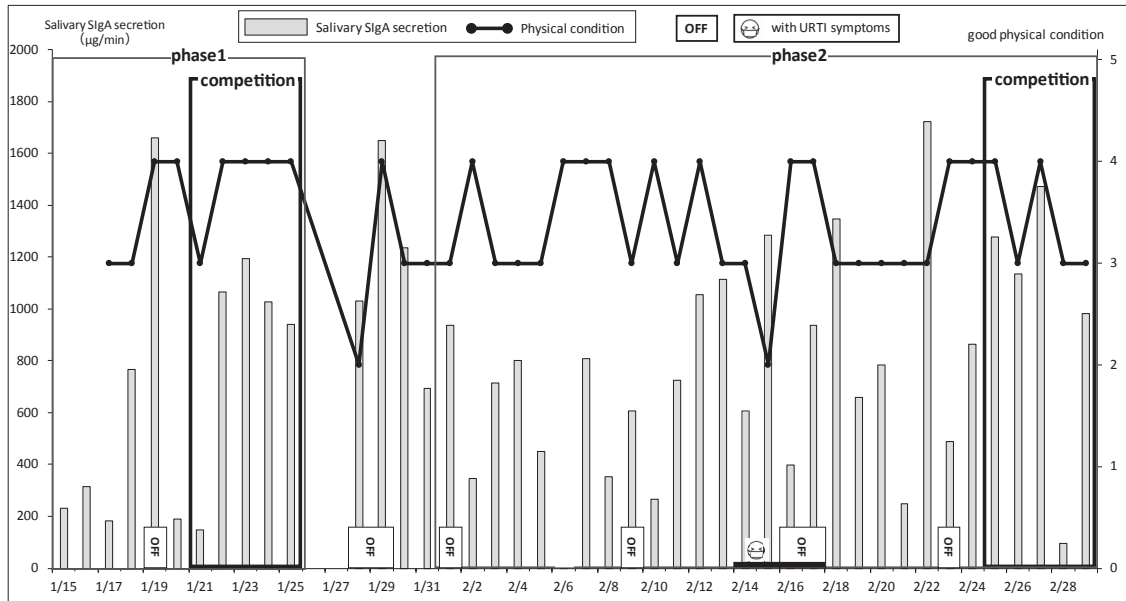


Figure 6. Relationship between salivary SIgA secretion and sharpness (all data)

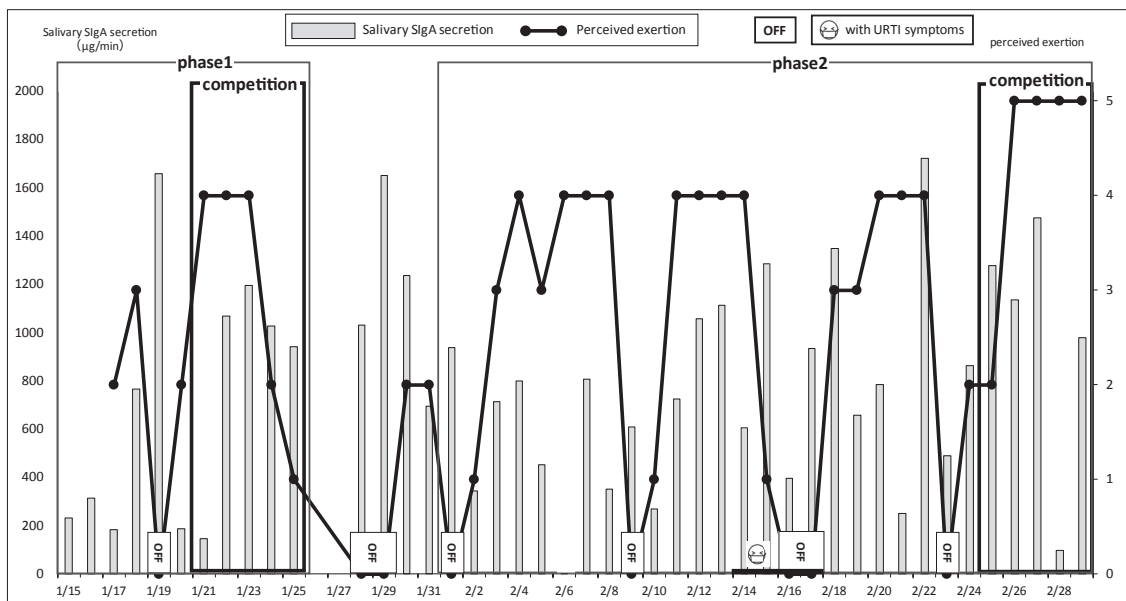


Figure 7. Relationship between salivary SIgA secretion and perceived exertion (all data)

2. 主観的なコンディション指標と唾液 SIgA 分泌速度の変動

唾液 SIgA 分泌速度と、睡眠時間や睡眠の質、疲労感、主観的運動強度との間には有意な相関関

係を認めなかった。長期間の学術試験下では、学術試験の6日後から2週間後まで唾液 SIgA 濃度は低下したことが報告されており³⁾、慢性ストレスによる唾液 SIgA の低下は長期間継続すると

Table 2. Correlation coefficient between the salivary SIgA secretion and the subjective condition indicator

		Sleep time	Sleep quality	Fatigue	Sharpness	Perceived exertion
Salivary SIgA secretion ($\mu\text{g}/\text{min}$)	correlation coefficient	0.182	0.009	-0.022	0.016	-0.032
	p value	0.237	0.956	0.889	0.922	0.840

もに、低下するまでには多少のタイムラグがある可能性がある。本報告では、入力した当日の唾液 SIgA 分泌速度との関係を検討したことから主観的コンディション指標との有意な相関関係を認めなかったと考えられる。そこで、唾液 SIgA 分泌速度と主観的なコンディション指標の日々の変動との関係をグラフから見ると、phase2 の初期においては運動強度が増大するとともに疲労感も段階的に増大しており、さらに運動強度・疲労感ともに大きかった 2 月 5 日から 8 日で唾液 SIgA 分泌速度も低値を示した。以上のように唾液 SIgA 分泌速度が低下している状態であったために、選手とコーチで協議し 2 月 9 日はトレーニングを OFF とし、2 月 10 日も運動強度は 1 とするようにトレーニング量の調節をしたことで自覚的な疲労感は改善したものの、唾液 SIgA 分泌速度は回復せず 2 月 14 日から自覚的な URTI 症状の訴えが見られた。つまり、トレーニング量を調節したことで自覚的な疲労感は改善しても、唾液 SIgA 分泌速度は低値である場合は、URT I 罹患リスクは高いままであったと考えられる。唾液 SIgA は高強度の持久性運動により低下し、その回復には 1 日を要することや、フルマラソン後に生じる唾液 SIgA の低下は 1 日経過しても回復しきらない¹⁸⁾といったように、運動の持続時間が長くなるほど回復には時間がかかることが報告されている。本測定においては、練習時間を明確に記録していないが、運動強度の調節によって主観的な疲労感が解消された後でも唾液 SIgA 分泌速度の回復には時間を要していることや、当日の運動強度や疲労感と唾液 SIgA 分泌速度には相関関係を認めなかったことから、主観的コンディション指

標だけでなく唾液 SIgA 分泌速度も継続してモニターすることは疲労状態を把握するうえで有用な指標になりうる。

また、アスリートが良好なコンディションを保つためには、運動量の管理、休養、栄養素の摂取が重要である。特に、睡眠は休養の要であり、身体的・心理的な疲労からの回復において重要な役割を担う²³⁾。本測定期間中の睡眠の質は、全日程を通して 3 から 5 であり、運動強度や疲労感の影響は認められなかった。一方で 1 月 28 日から 2 月 7 日の期間では睡眠時間の変動が大きく、睡眠の質においても 4 と 5 の間で変動が大きかった。この期間は phase1 における大会終了後のアメリカからの帰国と、phase2 におけるオーストラリアへの出国を含む期間であり、長時間の航空機移動や時差が睡眠時間や睡眠の質の変動に影響を与えた可能性がある。

さらに、航空機を使用した長距離移動によって唾液 SIgA は低下することが報告されている⁹⁾。本報告においては、帰国後の 1 月 28 日から 2 月 1 日までは唾液 SIgA 分泌速度は高値であったものの、2 月 1 日のオーストラリアへの移動後に唾液 SIgA 分泌速度はやや低下し、特に 2 月 5 日から 2 月 11 日の期間では低値を示す日が続いたことから、航空機移動による影響も考えられる。長時間の航空機移動後に唾液 SIgA 分泌速度が低下する要因には、機内が低気圧であることや乾燥状態であることによって脱水が生じ、唾液分泌量が低下した結果であることが示唆されている^{9),18)}。本測定期間においては、アメリカからの帰国直後の 1 月 28 日から 30 日までの唾液分泌量は高い状態が保たれおり、その後のオーストラリアへの出

国後にはやや唾液分泌量は低下したものの測定期間全体からみると顕著なものではないことから、唾液分泌量の低下が唾液 SIgA 分泌速度低下の要因であったかどうかは定かではものの、唾液 SIgA 分泌速度に影響を与える要因として注意を払う必要がある。

3. 唾液 SIgA 分泌速度を使用したコンディショニング管理の今後の課題

剣道の寒稽古¹⁾やラグビーの合宿中²⁴⁾の検討から、継続的なトレーニングによって唾液 SIgA は低下状態が続くことが示されている。反対に、試合に向けたテーパリング期では、強化期や通常期に比べて安静時の唾液 SIgA は高まること¹⁸⁾が確認されており、唾液 SIgA 分泌速度をモニターすることにより練習量の調節や試合前の疲労度合いの確認に使用できる可能性がある。本測定では、phase2 において大会前に唾液 SIgA 分泌速度の低下が確認されたことから、2月9日と10日において練習を OFF としたり運動強度の調節を行ったりしたものの、結果的に URTI 症状の発症を回避できなかった点で課題が残った。一方で、大会期間中の唾液 SIgA 分泌速度はほとんどで全日程の平均値を上回っていたことから、唾液 SIgA 分泌速度という観点では大会期間中は比較的良好なコンディションが保てていた。大会前に自覚的な URTI 症状があったなかで、日々の唾液 SIgA 分泌速度をモニターしながら練習量を調節するなど大会に向けたコンディショニングに活用できた点は、唾液 SIgA を用いたコンディショニング管理が役立つ部分であったといえる。

セーリング競技選手は、競技会場でのレースを左右する要因（風や潮流など）の情報を収集することや、海外のトップ選手との練習期間を確保するために、比較的長時間の事前練習期間を設ける。そのため、競技大会期間と合わせると長いときには1か月程度遠征先に滞在することとなり、競技活動だけでなく自身の生活環境を整える必要がある。選手の中には、競技活動が過度になることや生活環境整備がおろそかになることが原因で、コ

ンディショニングを崩す選手も出てくることが課題であった。本事例におけるコンディショニング評価の取り組みは、普段の主観的なコンディショニング評価に客観的な評価指標を加味することで、主観的指標だけでは不足している情報を客観的指標によって補うことにつながり、2つの指標を組み合わせることでより充実したコンディショニングが可能になると考えられる。

さらに、副次的な効果として選手のコンディショニングに対する日常的な意識を高め、主観的なコンディショニング評価の精度向上にもつながると考えられる。唾液 SIgA のような客観的指標によるコンディショニング評価を常に使用することはコスト面からも困難であり、日常的なコンディショニングにおいては主観的指標が中心になることが想定される。実際のスポーツ現場では、主観的にはコンディショニングが良いと自覚していても唾液 SIgA は低下傾向にあり、その後にパフォーマンスの低下が生じたりコンディショニングを崩したりする場面に遭遇することがある。そのような場合には、現状の主観的なコンディショニング指標だけではコンディショニングには不十分であり、コンディショニングを崩す予兆となるような新たな主観的な徴候の探索が求められる。つまり、唾液 SIgA 分泌速度を用いたコンディショニングを併用することで、新たな主観的なコンディショニング指標の探索と確立に寄与する可能性があり、それによって日常的なコンディショニング評価の精度向上に役立つ可能性がある。

また、唾液 SIgA 分泌速度と URTI 罹患リスクとの関連について、絶対値が 40 μ g/min 以下になると罹患リスクが増大する⁴⁾といった報告があるものの、測定方法の違いが唾液 SIgA 濃度に影響する可能性があることや、唾液 SIgA 分泌速度の絶対値および URTI 症状の発症時期には個人差がある⁵⁾との報告もあることから、唾液 SIgA 分泌速度の基準値を設けることや他者との比較を行うことは困難であるとされている。そこで、我々は Neville らの報告¹⁵⁾を参考に、全日程を通した測定値から平均値を求めて、これを基準値とし、基

準値から 30% 低下した値を注意喚起目安として設定したが、この基準値は全測定が終了したのちに後方視的に設定したものであった。そのため、選手の体調が良い時も悪い時も含んだ値であり基準値としての精度は十分ではない可能性が高い。個人内での基準値の設定方法として、体調がよいタイミング（①主観的な疲労感が低い時、②睡眠時間が確保されて睡眠の質もよい時、③競技パフォーマンスが高い時や運動時の動きが良い時、など）での測定値を基準にすることが望ましいとされているが¹⁸⁾、今回はそういった事前測定を行っていない。今後はより精度の高い基準値をあらかじめ設定したうえで、コンディショニングの参考にするべきであると考えられる。さらに、他競技においても同様の測定を行い、競技特性や選手特性に応じた唾液 SIgA を用いたコンディショニング方法について検討する必要があると考えられる。

最後に、本報告においてはエリート女子ウインドサーフィン選手を対象としたが、月経周期や測定期間中の月経の有無については聴取していない。陸上長距離選手において、無月経の選手は安静時の唾液 SIgA が低いことが報告されていることから¹⁸⁾、月経周期や月経の有無が唾液 SIgA 分泌速度の変動に何らかの影響を与える可能性がある。今後は、月経の影響などについても考慮して検討する必要がある。

文献

- 1) 秋本孝之, 赤間高雄, 香田泰子, 和久貴洋, 林栄輔, 龍野美恵子, 杉浦弘一, 天野和彦, 河野一郎. 高強度トレーニングによる安静時唾液中分泌型 IgA の変動. 体力科学, 47: 245-252. 1998.
- 2) Cohen S, Doyle WJ, Alper CM, Janicki-Deverts D, Turner RB. Sleep habits and susceptibility to the common cold. Arch Intern Med, 169(1): 62-67, 2009.
- 3) Deinzer R, Kleinneidam C, Stiller-Winkler R, Idel H, Bachg D. Prolonged reduction of salivary immunoglobulin A (sIgA) after a major academic exam. Int J Psychophysiol, 37(3), 219-232, 2000.
- 4) Fahlman MM, Engels HJ. Mucosal IgA and URTI in American college football players: a year longitudinal study. Med Sci Sport Exer, 37(3): 374-380, 2005.
- 5) Francis JL, Glesson M, Pyne DB, Callister R, Clancy RL. Variation of salivary immunoglobulins in exercising and sedentary populations. Med Sci Sport Exer, 37(4): 571-578, 2005.
- 6) Glesson M. Immune function in sport and exercise. J Appl Physiol, 103(2): 693-699, 2007.
- 7) Halson SL. Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. Sport Med, 44: 139-147, 2014.
- 8) Kaeney LC, Kilding AE, Marien F, Dulson DK. The impact of sport related stressors on immunity and illness risk in team-sport athletes. J Sci Med Sport, 21(12): 1192-1199, 2018.
- 9) 今有礼, 前川剛輝, 鈴木なつ未, 飯塚太郎, 谷所慶, 湯田淳, 青柳徹, 高橋英幸. 航空機での長距離移動が一流ジュニアスピードスケート選手の唾液中 SIgA およびコンディショニングに及ぼす影響. J Train Sci Exerc Sport, 21(2): 203-209, 2009.
- 10) 河野一郎. 運動と免疫. 体力科学, 41: 139-146, 1992.
- 11) Kostka T, Berthouze SE, Lacour JR, Bonnefoy M. The symptomatology of upper respiratory tract infections and exercise in elderly people. Med Sci Sport Exer, 32(2): 46-51, 2000.
- 12) Mackinnon LT. Immunity in Athletes. Int J Sports Med, 44: 139-147, 1997.
- 13) Mackinnon LT, Chick TW, van As A, Tomasi TB. The effect of exercise on secretory and natural immunity. Adv Exp Med Biol, 216A: 869-876, 1987.
- 14) MacKinnon LT, Jenkins DG. Decreased salivary immunoglobulins after intense interval exercise

- before and after training. *Med Sci Sport Exer*, 25(5): 678-683, 1993.
- 15) Neville V, Gleeson M, Folland JP. Salivary IgA as a risk factor for upper respiratory infections in elite professional athletes. *Med Sci Sport Exer*, 40(7): 1228-1236, 2008.
- 16) Papacosta E, Gleeson M, Nassis GP. Salivary hormones, IgA, and performance during intense training and tapering in judo athletes. *J Strength Cond Res*, 27(9): 2569-2580, 2013.
- 17) Prather AA, Janicki-Deverts D, Hall MH, Cohen S. Behaviorally Assessed Sleep and Susceptibility to the Common Cold. *Sleep*, 38(9): 1353-1359, 2015.
- 18) 清水和弘. 免疫力 -SIgA が免疫力の大きな鍵を握っている -. *NSCA Japan*, 26(1): 19-23, 2019.
- 19) Spence L, Brown WJ, Pyne DB, Nissen MD, Sloots TP, McCormack JG, Locke AS, Fricker PA. Incidence, Etiology, and Symptomatology of Upper Respiratory Illness in Elite Athletes. *Med Sci Sport Exer*, 39(4): 577-586, 2009.
- 20) Tharp GD, Barnes MW. Reduction of saliva immunoglobulin levels by swim training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 60(1): 61-64, 1990.
- 21) Tomasi TB, Trudeau FB, Czerwinski D, Erredge S. Immune parameters in athletes before and after strenuous exercise. *J Clin Immunol*, 2(3): 173-178, 1982.
- 22) Tsai M, Chou K, Chang C, Fang S. Changes of mucosal immunity and antioxidation activity in elite male Taiwanese taekwondo athletes associated with intensive training and rapid weight loss. *Br J Sports Med*, 45: 729-734, 2011.
- 23) Tuomilehto H, Vuorinen VP, Penttilä E, Kivimäki M, Vuorenmaa M, Venojärvi M, Airaksinen O, Pihlajamäki J. Sleep of professional athletes: Underexploited potential to improve health and performance. *J Sports Sci*, 35(7): 704-710, 2017.
- 24) 山内亮平, 清水和弘, 古川拓生, 渡部厚一, 竹村雅裕, 赤間高雄, 秋本崇之, 河野一郎. 大学ラグビー選手における合宿期間中の唾液中分泌型免疫グロブリン A の変動. *体力科学*, 58(1): 131-141, 2009.