

# 博 士 論 文

水難救助活動期間中におけるライフセーバーの  
コンディショニングに関する研究

平成 30 年度

荒井 宏和

筑波大学

## 目 次

本研究で使用する略語と記号

表のタイトル一覧

図のタイトル一覧

<b>第 1 章</b>	<b>序論</b> .....	<b>1</b>
1 - 1.	研究の背景.....	1
1 - 2.	研究の目的.....	17
<b>第 2 章</b>	<b>本研究の課題および研究の限界</b> .....	<b>18</b>
<b>第 3 章</b>	<b>ライフセーバーのコンディションに関する予備調査（研究課題 1）</b> .....	<b>20</b>
3 - 1.	目的 .....	20
3 - 2.	方法 .....	20
3 - 3.	結果 .....	22
3 - 4.	考察 .....	33
3 - 5.	結論 .....	36
<b>第 4 章</b>	<b>唾液 SIgA を用いたコンディション評価（研究課題 2）</b> .....	<b>38</b>
4 - 1.	目的 .....	38
4 - 2.	方法 .....	38
4 - 3.	結果 .....	43
4 - 4.	考察 .....	54
4 - 5.	結論 .....	57
<b>第 5 章</b>	<b>唾液 SIgA 分泌速度と睡眠との関連（研究課題 3）</b> .....	<b>58</b>
5 - 1.	目的 .....	58
5 - 2.	方法 .....	58
5 - 3.	結果 .....	64

5 - 4. 考察 .....	75
5 - 5. 結論 .....	78
<b>第 6 章 総合討議.....</b>	<b>79</b>
6 - 1. 本研究の目的 .....	79
6 - 2. 本研究で得られた成果 .....	79
6 - 3. 本研究の意義と今後の課題.....	81
<b>第 7 章 結語 .....</b>	<b>84</b>

謝辞

参考文献

付記

本研究で使用する略語と記号

SIgA : Secretory immunoglobulin A : 分泌型グロブリン A

IgA: Immunoglobulin A: 免疫グロブリン A

IgG: Immunoglobulin G: 免疫グロブリン G

HPA: Hypothalamic-pituitary-adrenal axis : 視床下部 - 下垂体 - 副腎系

URTI : Upper respiratory tract infection : 上気道感染症

ELISA: Enzyme-linked immunosorbent assay : 酵素免疫測定法

POMS: Profile of Mood States : 気分プロフィール検査

BMI: Body mass index : 体格指数

PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index : ピッツバーグ睡眠質問票

## 表のタイトル一覧

### 第 3 章

- 3-1. 活動前後における尿蛋白および尿潜血出現回数の比較
- 3-2. 部位別外傷・障害発生件数と割合

### 第 4 章

- 4-1. 被験者の身体的特性と活動歴および活動率
- 4-2. 経験者群と非経験者群の唾液および SIgA

### 第 5 章

- 5-1. 被験者の身体特性
- 5-2. 唾液および睡眠関連指数の変動
- 5-3.  $\Delta$  SIgA 分泌速度と  $\Delta$  睡眠との関連
- 5-4. 活動前後における PSQI スコアの比較

## 図のタイトル一覧

### 第 1 章

- 1-1a. J-shaped model of relationship between varying amounts of exercise and risk of upper respiratory tract infection (URTI). This model suggests that moderate exercise may lower risk of URTI, while excessive amounts may increase the risk. (Nieman., Med Sci Sports Exerc ,1994)
- 1-1b. The open window hypothesis. During moderate as well as severe exercise the immune system is enhanced, but severe exercise is folially virus, may invade the host and infections may be established. However, in those who perform regular moderate exercise the immune system will often be enhanced and this will protect them from infections. (Pedersen et al., Med Sci Sports Exerc, 1994)
- 1-2. Sleep duration (measured by wrist actigraphy) averaged over a 7-day period before virus exposure is associated with percentage of participants who subsequently developed a cold. The percentage of colds is based on predicted values (Prather et al., Sleep, 2015).

### 第 3 章

- 3-1. 活動期間中の日内行動と実験デザイン
- 3-2. POMS(疲労, 活気)と海浜利用者数の比較 (A 地区)
- 3-3. POMS(疲労, 活気)と海浜利用者数の比較 (B 地区)
- 3-4. 活動前半と後半における POMS の比較
- 3-5. 活動前後における尿蛋白出現率の割合

## 第4章

- 4-1. 活動期間中の日内行動と実験デザイン
- 4-2. 自覚的疲労度における割合の推移
- 4-3. 経験者群と非経験者群における SIgA 分泌速度の変化量
- 4-4. 経験者群と非経験者群における SIgA 分泌速度の変化量 (Start-4W の平均値)
- 4-5. URTI 群と非 URTI 群における SIgA 分泌速度の変化量
- 4-6. URTI 群と非 URTI 群における SIgA 分泌速度の変化量 (2W-Post の平均値)
- 4-7. URTI 発症者における SIgA 分泌速度の推移

## 第5章

- 5-1. 活動期間中の日内行動と実験デザイン
- 5-2. 唾液分泌量の変動
- 5-3. 唾液 SIgA 分泌速度の変動
- 5-4. 睡眠効率の変動
- 5-5. 入眠潜時の変動

## 第 1 章 序論

### 1-1. 研究の背景

#### 1-1-1. はじめに

世界保健機構による Global report on drowning a leading killer(2014)の報告では、世界で年間約 37 万 2,000 人が溺水によって命を失っていると報告している。このことを深刻な問題として捉え、各国で対策を講じることが必須である。また同時に世界に発信された溺水事故の予防に関する対策には、①水辺の立ち入りを防止するためのフェンスを設置する。②子供が安全に遊べる場所を確保する。③安全に泳ぐための指導、④救命や蘇生法を指導する。⑤洪水対策などの安全対策を講じることが述べられている。これに対し、各国の政府、非政府組織、水辺の安全に関与する組織は、溺水事故防止に向けた戦略的な計画と目標を策定した。このうち溺水事故防止において、国レベルで対策に取り組んでいるオーストラリアの Australian Water Safety Council (2016) の報告では、2004～2015 年の間に 25～64 歳の年齢層で 1,364 人が溺死しており、その発生場所は主に、川や溪谷 (29%)、海や港 (22%)、ビーチ (21%) であったとしている。これを受けて、2020 年までに国内で発生する溺死事故を 50%減少させることを目標設定として掲げている。

水難救助活動のために様々な取り組みを具現化する役割として、ライフセーバーの存在がある。中塚ら (2008) は、このライフセーバーが果たす役割について、海水浴場などの水辺利用者に対して、安全な環境を提供する活動であるとしている。そのための具体的な活動には、事故発生の前段階である事故防止の取り組みに基づいたリスクマネジメントの考えに基づき (五木田, 2010)、海水浴場で発生する潜在的な危険因子を予



測して、早期発見と可能な限りこれらを排除し、事故防止に努めることを目的とした監視活動がある。また、事故が発生した場合に損失を最小限に留めるためのあらゆる取り組みを実施する危機管理の考えに基づき（大泉, 2004）、溺水事故のような重大な事案に対して、適切な救助方法を選択しながら迅速且つ確実な救助を遂行する救助活動がある。

水難救助活動は、監視活動と救助活動を包括的に捉えて遂行され、ライフセーバーによる水辺における安全環境の構築に対する貢献は大きい。

しかしながら、水難救助活動期間中においてライフセーバーが円滑に活動を遂行するためには、自身が被る身体的および精神的負荷とされる要因が、活動そのものに対して阻害するものと考えられる。

監視活動において主要となる内容には、多くの遊泳者の中から、溺水の危険性がある遊泳者の発見に努めるスキヤニングや、砂浜を歩き海浜利用者とのコミュニケーションを実施しながら、重大事故を未然に防ぐことに努めるビーチパトロールである。このスキヤニングで行われる視覚走査は、長時間の眼球運動による影響により、疲労を被る原因に繋がることが報告されている（Harrell, 1999）。また、Page et al., (2011)は、経験が浅い比較的初心者に近い者は、熟練者と比較して、非効率的な視覚走査をする傾向にあり、これによって身体的疲労を被ることが大きいと報告している。

一方、ビーチパトロールによって砂浜を歩行する場合の特徴は、股関節の可動域を制限されることによる歩行動作の負荷が、歩行速度を低下させる（Leicht et al., 2007）。これらに関連して砂浜の歩行は、芝生面と比較した場合、身体のエネルギー消費量や（Pinnington et al., 2001）、運動負荷が、有意に高い( $p < 0.05$ )と報告している（Binnie et al., 2013）。

その他にも海浜の特徴的な環境を考慮すると、高温環境下による身体活動が、運動パフォーマンスの低下を招き (Galloway et al., 1997)、身体的疲労が大きいとされる報告があり (Parkin et al., 1999)、これらの要因がライフセーバーの日内活動の中で身体的疲労に影響するものと考えられる。また、Shattuck et al. (2017)は、日光の曝露時間が、1日30分以上だった者が30分以下の者と比較して睡眠時間が約40分(10%)低下したことを報告している。さらに、吉田ら(2006)は、気象条件の急変に伴い、海浜利用者を安全区域へ誘導することが精神的ストレスを与えているとしている。これらの先行研究から、監視によるスキヤニングやビーチパトロールでは、疲労を招く複合的な要因が顕在的に存在し、心身への負荷に影響するものと考えられる。

ライフセーバーは実際の水難救助において、迅速且つ確実な行動が求められ、高い身体能力が必要とされる。Prieto et al. (2016)は、ライフセーバーを対象とした調査において、最大酸素摂取能力が43 ml/kg/min以下でありながら、このうち自身の有酸素能力が高いと自覚している者が93.7%であり、実際の能力との差異があることを報告している。これは、ライフセーバーが、自身の能力の過信を招くことにより、重大事故を遭遇する原因に繋がるものと考えられる。救助には潮流や波抵抗の影響を受けることによって、人工的な屋内プールとは異なる高い身体負荷を被ることになる。実際の海で泳ぐ経験がないスイマーは、波の抵抗や潮流の影響を受け経験のあるライフセーバーよりも泳力が低いことが報告されている(Tipton et al., 2008)。また、Gulbin et al. (1996)は、50mの屋外プールにおいてスイムやレスキューボードによる水難救助場面を仮想した環境で運動負荷試験を実施したところ、水難救助による酸素摂取量が57.9ml/kg/minであり、救助終了3分後の血中乳酸濃度が

14.0mmol/lであったと報告している。

水難救助時には、救助器材を用いることによって、救助者が迅速に要救助者に到達することができ、また効率的な活用方法として考えられている。Saborit et al. (2010) は、人工的に 1.7m の波を発生させた造波プールにおいて救助シミュレーションを行なった結果、救助器材を用いない場合の酸素摂取量は  $34.0 \pm 0.8$  ml/kg/min であり、器材を用いた場合は  $33.0 \pm 0.8$  ml/kg/min であった。救助器材を用いることによって、身体への負荷は軽減されるとしている。

一方で Barcala et al. (2016) は、救助時において、最も利用頻度が高い救助器材は、フィン、レスキューチューブ、レスキューボードであるとし、ボルグの指標を用いた主観的運動強度による評価を行なった結果、レスキューボードによる器材を用いた場合の運動強度より、「救助器材を使用しないで泳ぐ」、「フィンを装着して泳ぐ」、「フィンを装着してレスキューチューブを使用して泳ぐ」方法などが高いと報告している。器材を用いた救助は、ライフセーバー自身の安全を確保することを前提条件として捉え、救助を必要とする遊泳者に対して、救助者自身の力量と救助を行う自然環境による影響を考慮して、適切な救助器材を使い分けることにより、身体への負荷を軽減させる影響を及ぼすと考えられる。

水難救助の後に行なった心肺蘇生法の正確性に及ぼす影響について Abelairas et al. (2017) は、救助器材を用いた場合（フィンとレスキューチューブ）は、何も用いなかった場合よりも時間（フィンあり： $216 \pm 57$ sec; フィン無し： $319 \pm 127$ sec）と距離（フィンあり： $265 \pm 52$ m; フィン無し： $326 \pm 41$ m）が短縮されたものの、救助器材を用いなかった

場合による心肺蘇生法の正確性は 26～28%減少するとしている。しかしながら、救助器材を用いた場合は、心肺蘇生法の正確性に影響は及ぼさなかったと報告している。同様に心肺蘇生法を安静後と救助シミュレーションを行った後に実施し、その正確性を比較した場合、胸骨圧迫と人工呼吸による換気が、救助による身体疲労によって低下するという具体的な報告もある (Barcala et al.2013)。これらのことから、水難救助によって被る身体負荷は、心肺蘇生法の正確性に影響を与えるものと考えられる (Ochoa et al., 1998; Foo et al., 2010; Claesson et al., 2011)。

このように水難救助活動期間における監視活動や救助活動においては、様々な事案に対峙することが想定されることによって、ライフセーバーは身体的、精神的負荷を被ることが考えられる。つまり本活動を円滑に遂行するためには、心身の状態(コンディション)の変化に配慮する必要があり、突発的に発生する水難救助の場面において、コンディションをベストな状態に整え、パフォーマンスを発揮するための準備(コンディショニング)が求められると考える。

スポーツ現場においてコンディションを崩す要因は、トレーニングによる身体活動量が過剰になることが起因するとされ、物理的・化学的ストレス、生理的ストレス、生物学的ストレス、そして精神的ストレスが影響するとされている(猪飼, 1961)。これに対してコンディショニングに向けたアプローチには、オーバートレーニングや免疫学的要因などが起因とされる身体的因子、暑熱環境や時差などが起因となる環境因子、そして対人関係や精神的ストレスなどが起因とされる心因的因子があるとされている(石山, 2007)。

しかし、水難救助活動の現場においては、ライフセーバーの活動を阻害する影響を及ぼすコンディションの要因とその実態について着目され

た知見は少なく，コンディショニングを実施するための多角的な評価によって裏付けられた科学的根拠を得ることは必要不可欠であると考えられる．

#### 1-1-2. 心理的アプローチによるコンディションの評価

精神的ストレスを評価するには，心理学的評価法が採用されている（田中ら，2011）．

このうちアスリートなどを対象にした心理的アプローチによるコンディショニングの評価として用いられる気分プロフィール検査(POMS; Profile of Mood States)は，気分や感情の観点から簡便に評価でき，高い信頼性，妥当性という観点からも頻用されている(McNair et al., 1971). 例えばアメリカンフットボールの夏期合宿では，初心者と上級者を比較した場合，上級者は活動因子を示す値が最も高い「冰山型」を示したことが報告された（時安ら，1995). また，ラグビーの合宿では，合宿前よりも合宿中の「緊張—敵意」，「疲労」，「混乱」の因子が高いことを示し（佐藤ら，1999），レスリングの合宿では，主観的疲労度と POMS による「疲労」因子が同じ傾向を示したことが報告されている(市原ら，2002).

水難救助活動期間が夏季の約 2 ヶ月間に実施されることを考慮すると，ライフセーバーにおいても通常からコンディションに配慮し，コンディショニングすることが必然的に不可欠だと考えられる．そのため本研究で実施した水難救助活動が合宿型の生活様式に類似していることを考慮し，POMS 検査を採用することによって水難救助活動期間中のコンディションについて調査することとした．

### 1-1-3. 尿成分によるコンディションの評価

生化学的評価として、尿成分からコンディションを評価した研究が報告されている。このうち和久ら（1997）は、剣道部における寒稽古が被験者にとって高運動負荷であったことと、入眠前の強い緊張や不安による精神的ストレスから、夜間尿中カテコラミン排泄量と自覚的コンディションの変動が一致したと報告している。この尿中カテコラミンは、ドーパミン、アドレナリン、ノルアドレナリン成分から構成され、神経伝達物質として興奮やストレスなど交感神経の賦活によって影響を受けることが知られている。このように精神的ストレスとの関係によって尿成分を用いたコンディション評価は、スポーツの現場でも有用であると考えられる。

また、運動負荷による影響によって尿蛋白の出現が認められることが報告されている（須藤, 1969; 中岡ら, 2003; Mydlík et al., 2012; Shavandi et al., 2012）。橋口ら（1988）は、運動による生体への負荷が反映されたものとしている。また緒方（1962）は、尿蛋白の出現を疲労測定として評価し用いることは、有意義であるとしている。一般的に健常人の尿蛋白は、24 時間あたり 80mg/ℓ であり、尿中の蛋白質排泄量の 60% は糸球体によって濾過され、残りの 40% は尿細管に分泌される。運動によって影響を受ける尿蛋白の出現は、運動性尿蛋白とされ、運動後 1～2 時間程度は血漿由来によるアルブミン、免疫グロブリン G (Immunoglobulin G : IgG)、免疫グロブリン (Immunoglobulin A : IgA) などの中～高分子蛋白およびミオグロビンなどの低分子蛋白の増加が認められ、糸球体濾過膜による透過性の亢進と（Kohler, 2015）、尿細管での再吸収能の低下が影響していると考えられている（落合, 1998）。

大嶋(1992)は、腕立て伏せや仰臥位での上体起こし運動を持続的に行

ない，身体への負荷を試みたところ，運動前と比較して運動後の尿蛋白濃度が 4.7 倍に増加したことを報告している．このことは，運動の持続時間よりも激しい運動強度に依存することが影響しているとされている（Poortmans et al., 1984；Montelpare et al., 2002）．一方，Robertshaw et al.(1993)は，中等強度で長い時間行われた運動でも，尿蛋白の出現を認めている．

また，この運動性尿蛋白は，運動後 20～30 分で尿蛋白の排泄が最大となることが報告されているが（Poortmans et al., 1988），その後 24～48 時間で消失し，1 週間程度は持続するとされる（石田，2008）．

一方，高運動負荷によって体温の上昇，溶血，フリーラジカル，乳酸アシドーシス，カテコールアミンの放出などのさまざまなメカニズムによって潜血の陽性反応を示すとされ（Bellinghier et al., 2008），この現象は血管内溶血によるヘモグロビン尿や横紋筋挫滅ミオグロビン濃度による反応によって誘起されることが報告されており（Abarbanel et al., 1990），運動性尿潜血とされている（太田ら，2004）．スポーツ種目では，空手や柔道などのような接触型運動種目だけではなく（De Meersman et al., 1982），ランニングのような非接触型運動種目にも認められており（Chiu et al., 2015），運動の持続時間と強度によって影響を受けるとされている（Bellinghier et al., 2008；Afshar et al., 2008）．また，運動後の休息によって，24～72 時間後には消失するということも報告されている（Holmes, 2003）．

水難救助活動期間中において，日中の救助活動や監視活動から受ける様々な負担の中から起こる疲労の状態について，尿成分の反応に着目した知見を得ることは，現状の活動で起こるライフセーバーのコンディションを知るうえで有益であると考えられる．また，尿試験紙を用いてコンデ

ィションを評価する際には、簡便且つ安価であり被験者にとって非侵襲的という利点はある。しかしながら、身体の負荷を受けた結果、初めて尿蛋白が陽性となることを認識できるため、コンディションを予測する方法としては、検討の余地もある。

#### 1-1-4. 口腔内局所免疫機能(唾液 SIgA)による評価

スポーツの場面において、アスリートが長期間の過剰なトレーニング負荷によって慢性的な疲労を被ったため、その後においてオーバートレーニング症候群に移行し、結果的に良好なコンディションを構築できずパフォーマンスを発揮できないとされている。このオーバートレーニング症候群を未然に防止するために、免疫機能に着目してコンディションを評価するという試みに対して有益であると考えられている（赤間, 2006）。

免疫機能のうち、口腔内局所粘膜免疫機能を示す指標の中で唾液分泌型免疫グロブリン A（Secretory immunoglobulin A : SIgA）に着目して、スポーツの現場で個人のアスリートやチームスポーツを対象としたコンディションを把握することによって、コンディショニングに還元することを目的としたモニタリング指標として活用した研究事例がある（清水, 2011; 中村ら, 2002）。

唾液 SIgA は、風邪を罹患する前にその値が低下することから、コンディションの変化を客観的に捉える手法として、よりその詳細が検討できるものと期待できる。また唾液採取には、①被験者にとって非侵襲的でストレスが軽減されること、②採取に場所を問わないこと、③複数回採取可能であること、④経時的検討に向いていること、⑤唾液採取中に感染への罹患リスクが最小限であることなどの利点があることが考えられ



る (Pfaffe. et al., 2011; 槻木, 2015 ).

唾液は下顎腺，舌下腺および耳下腺による分泌液によって構成されており，唾液の分泌は神経を介する反射の影響を受ける．分泌速度は通常安静時で 0.3～0.4ml/min，刺激時で 1.5～2.0ml/min であり，そのうち耳下腺で約 25%，下顎腺で約 60%，舌下腺では約 7～8%，そして小唾液腺では約 7～8%であるとされている(渡部, 2014).

分泌される唾液の量や種類は自律神経によって制御され，主に水分の分泌を調整する副交感神経とタンパク質成分の分泌を調整する交感神経の二重支配を受けており，交感神経の賦活により分泌速度は減少することが知られている(Usui. et al., 2012).

このうち唾液中に分泌される SIgA は，病原体の粘膜下への侵襲阻止や毒素の中和に機能する抗体であり，上気道感染症（Upper respiratory tract infection : URTI）予防を担う主要なエフェクターとして働き，病原体の侵入を防御する役割がある．また唾液 SIgA の分泌量が低下すると URTI の罹患リスクが高まるとされ(Gleeson. et al., 1999; Neville. et al., 2008)，コンディションの変化を客観的に捉える手法として，その詳細が検討ができるものと期待できる．

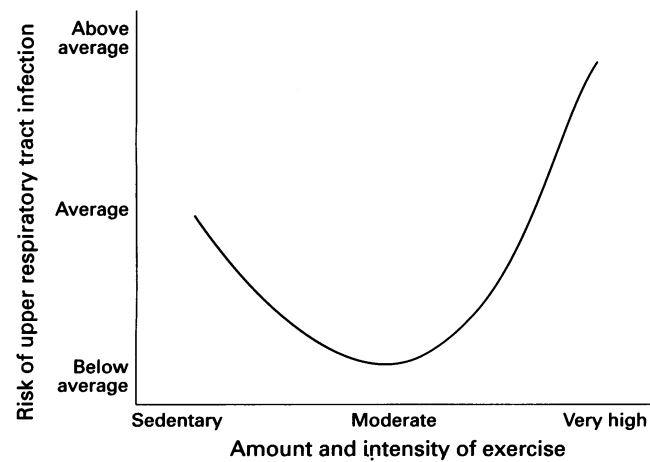
Nieman(1994)は，運動強度と URTI 罹患リスクとの関係について”J-shaped model”を提唱した．この考えは，適度な運動が運動習慣のない者よりも免疫機能を向上させるが，高強度の運動は，免疫機能を抑制することを示唆している（図 1-1a）．

また，高強度運動後に免疫機能の一時的な抑制機能による低下が生じ，ウィルスなどの感染感受性を高め，臨床的な感染症をきたす“Openwindow theory:侵入門戸開放理論）が提唱されている（図 1-1b）(Pedersen et al., 1994).

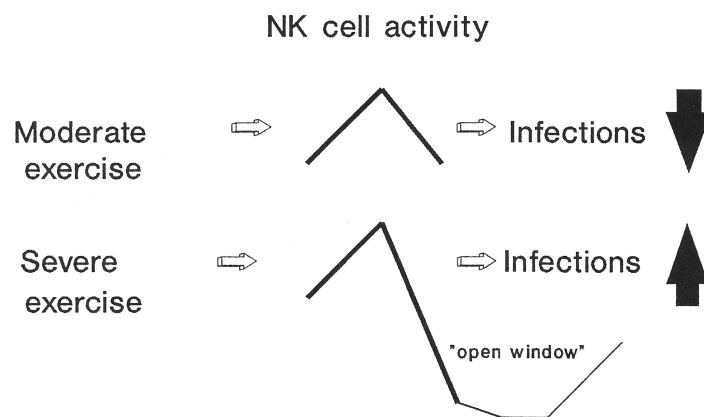
これまでの先行研究では、身体的および心理的ストレスにより、唾液 SIgA の変動に影響することが報告されている。例えば、マラソン (Piacentini et al., 2014; Nieman et al., 2006) や、トライアスロン (Libicz et al., 2006) のような高強度の持久系スポーツ種目において、運動後に唾液 SIgA 分泌速度が一過性に低下すること (Mackinnon et al., 1993) や、高強度運動の繰り返しにより、安静時においても唾液 SIgA 分泌速度が低下することが報告されている (秋本ら, 1998; Novas et al., 2003)。また、慢性の心理的ストレスによって、唾液 SIgA の低下や (Kvietkauskaitė et al., 2014)、唾液 SIgA 濃度の低下を招くことが報告されている (Bosch et al., 2002)。以上のことから、一過性および慢性の身体的、心理的ストレスは、唾液 SIgA の分泌を低下させ、病原体が粘膜下へ侵入する危険性が高まり、URTI に罹患リスクを増大させると考えられる (Gleeson et al., 1999)。実際に、アスリートを対象とした唾液 SIgA のモニタリングでは、URTI 発症の 3 週間前と比較して、唾液 SIgA 濃度が通常よりも 28% の減少が認められたことを報告している (Neville et al., 2008)。URTI の罹患は、軽症であっても身体的パフォーマンスの低下や精神状態の悪化を招くことが予想されることから、重症になればライフセービング活動の継続が不可能になることも懸念される。水難救助活動期間中は、身体的および心理的ストレスに曝されることが考えられることから、唾液 SIgA の変動にも何らかの影響を及ぼすことが予測される。よって、その変動を把握し、URTI の罹患リスクに応じて活動量を調整することは、ライフセーバーのコンディショニングとして有用であると考えられる。

しかしながら、水難救助活動期間中にライフセーバーを対象として、唾液 SIgA の変動に着目し検討した報告は皆無であり、唾液 SIgA がライフセーバーのコンディションを反映するか否かは不明である。また、水

難救助活動期間中における唾液 SIgA 分泌速度を維持改善する方法を検討することは、ライフセーバーのコンディショニングを確立する上で重要な課題と考える。



☒ 1-1a. J-shaped model of relationship between varying amounts of exercise and risk of upper respiratory tract infection (URTI). This model suggests that moderate exercise may lower risk of URTI, while excessive amounts may increase the risk (Nieman 1994).



☒ 1-1b. The open window hypothesis. During moderate as well as severe exercise the immune system is enhanced, but severe exercise is followed by immunodepression. During the time of immunodepression, referred to as "the open window," microbacterial agents, especially virus, may invade the host and infections may be established. However, in those who perform regular moderate exercise the immune system will often be enhanced and this will protect them from infections(Pedersen 1994).

#### 1-1-5. 睡眠による評価

良好なコンディションを保つためには規則的な運動，十分な睡眠，栄養素の摂取が必要であり，これらは免疫機能の改善と関連している

(Nieman et al., 1998 ; Nieman 2000; Fullagar et al., 2015) . このうち睡眠は，身体的および心理的疲労からの回復過程において重要な役割を担う (Tuomilehto et al., 2016). 先行研究では，質の高い睡眠をとった翌日は身体活動量が増大するとされている (Lambiase et al., 2013). しかしながら，睡眠の質の低下は Natural killer cells (NK 細胞) のような自然免疫応答の低下やサイトカイン産生による T-細胞 (T-cel) の低下が生じるだけでなく (Irwin et al., 1996) , 持久的運動機能の低下 (Reilly et al., 2007) , さらに気分の落ち込みや意思決定の遅延にまで影響を及ぼすことが報告されている (Reilly et al., 1983).

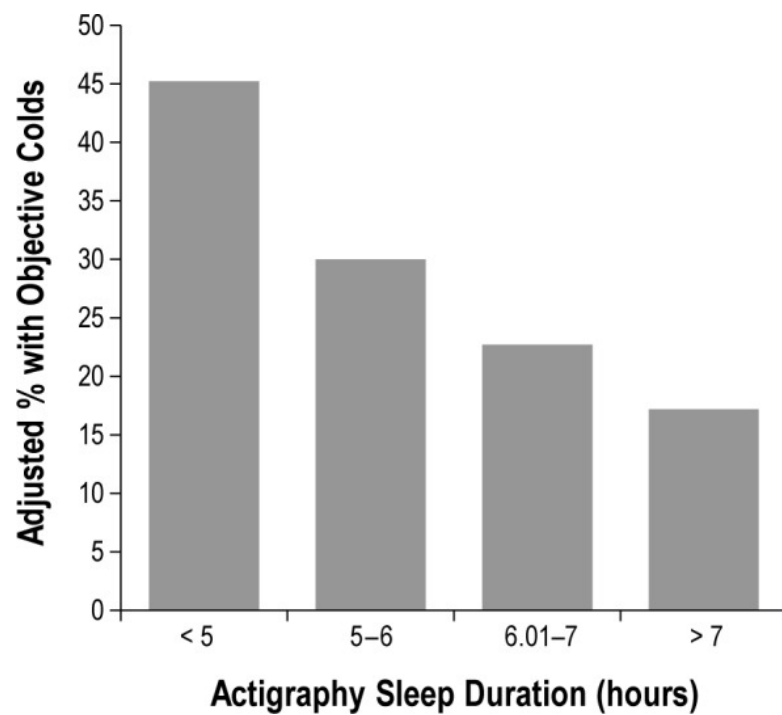
Cohen et al. (2009) は，夜間就寝中における中途覚醒が睡眠時間の 8%以上を占めると，2%以下の場合と比較して URTI 罹患の危険性が 5.2 倍も高いとしており，睡眠の質と URTI 罹患に関する関係について報告している．また Prather et al. (2015) は，URT I の罹患リスクは，1 日の睡眠が 7 時間以上の者に比べて，6 時間未満の者では 4.2 倍，さらに 5 時間未満の者では 4.5 倍であったとし，睡眠時間に着目した報告もある (図 1-2) .

Driver et al. (1996) は，定期的な運動は睡眠の質を向上させるとしているが，激しい運動を行った後に睡眠時間が減少し，その結果オーバートレーニングに陥ることを報告している．このことについて Hausswirth et al. (2014) は，トライアスリートによる 3 週間の高強度トレーニングによって，睡眠持続時間 (-7.9%) ，睡眠効率 (-1.6%) および睡眠時の不動時間がそれぞれ減少し (-7.6%) ，低強度群と比較して URTI 罹患率

が 67% 増加したことを報告している。また Louis et al. (2016) は、トリアスロンのトレーニングにおいて睡眠の質が低い場合は、URTI の罹患率が高いことに加え、睡眠パターンの変則的なリズムが免疫機能の低下に影響すると報告している。

トレーニングが高運動負荷となった場合、視床下部 - 下垂体 - 副腎系 (hypothalamic-pituitary-adrenal axis : HPA 軸) が強く活性化され、ストレスへの反応や睡眠中の覚醒反応により睡眠の質が低下する (Buguet, 1998)。

ライフセーバーを対象とした水難救助活動期間中の睡眠に関する知見と、活動との関係について研究された報告はない。しかしながら、唾液 SIgA 分泌速度の変動に対して睡眠の介入が何らかの影響を及ぼすとなれば、効率的なコンディショニングへの貢献が期待できる。



☒ 1-2. Sleep duration (measured by wrist actigraphy) averaged over a 7-day period before virus exposure is associated with percentage of participants who subsequently developed a cold. The percentage of colds is based on predicted values (Prather et al. 2015).

## 1-2. 研究の目的

本研究では、水難救助活動期間中におけるライフセーバーのコンディションについて唾液 SIgA の変動に着目して検討を行うことを目的とした。また、ライフセーバーの活動期間中におけるコンディションの改善方法を確立するための知見を得ることを目的として、唾液 SIgA と夜間睡眠の状態との関係に着目し、以下の課題を設定した。

- 1) 水難救助活動期間中におけるライフセーバーのコンディションに関する実態について、心理的ストレスおよび身体的疲労について調査し、基礎的知見を得ることを目的とした。
- 2) 唾液 SIgA の変動に着目し、ライフセーバーのコンディションの指標としての有用性について検討することを目的とした。
- 3) 活動期間中のコンディションを改善するための方法として、夜間の睡眠と覚醒から得られた睡眠の状態について着目し、唾液 SIgA との関係について明らかにすることを目的とした。



## 第 2 章 本研究の課題および研究の限界

### 2-1. 研究の課題

本博士論文は、(1) ライフセーバーのコンディションに関する予備調査の実施、(2) 唾液 SIgA を用いたコンディション評価、(3) 唾液 SIgA 分泌速度と睡眠との関連による検討から構成される 3 つの研究課題を設定した。

#### 研究課題 1：ライフセーバーのコンディションに関する予備調査

ライフセーバーを対象とした水難救助活動期間中のコンディションについて予備調査を実施するため、POMS を用いた心理的指標および、尿検査用試験紙を用いた生化学的手法による定性評価によって検討する。

#### 研究課題 2：唾液 SIgA を用いたコンディション評価

水難救助活動期間中におけるライフセーバーを対象としたコンディション評価に、免疫学的アプローチから検討された研究報告はない。そこで、免疫指標のうち唾液 SIgA の変動に着目し、コンディショニングに対する有用性について検討する。また、唾液 SIgA 分泌速度の変動に着目し、活動経験の有無による違いによって生じる影響や上気道感染症の発症との関係について検討する。

#### 研究課題 3：唾液 SIgA 分泌速度と睡眠との関連

研究課題 3 では、唾液 SIgA のモニタリングによるコンディション評価と、夜間睡眠成分との関連について検討し、水難救助活動期間中のコンディショニングに反映するための知見について検討する。

## 2-2. 研究の限界

本研究では、ライフセーバーのコンディションに関する知見を確立するため、できる限り実際の活動現場において実施することに意義があると判断した。本来なら十分な研究環境の統制を図る必要があると考えられるが、水難救助活動に携わるライフセーバーの人員確保や天候の影響による外的要因によって、多様な制限が生じることも否定できない。

そこで本研究の成果がより明確な知見と位置付けを示すために、以下の要件を研究の限界として挙げた。

### 1) 対象者のサンプル数

本研究の対象とした海水浴場では、活動期間を通してライフセーバーの人数を確保することに限界があった。また活動期間中において限られた時間内に対象者からデータを得ることは、本来の活動を阻害することが懸念されたため、統計的評価に配慮した最少サンプル数とした。

今後、本研究で得られた成果の信頼性を向上させるためには、実験器材の増加によってサンプル数を増やすことが研究の制限を解決するものとし、検討する余地があると考えられる。

### 2) 実験環境

本研究では、研究課題 2 および 3 において、日内活動中の水分摂取量や水分の成分について統制することを排除し、自由摂取とした。よって唾液 SIgA レベルの変動を評価するためには、唾液分泌量の変動が個人の脱水によって影響されることについても配慮する必要もあると考えられる。本研究において得られた結果のうち、唾液 SIgA レベルにばらつきが生じた可能性があったことは研究の限界として捉えることとする。

### 第 3 章 ライフセーバーのコンディションに関する予備的調査（研究課題 1）

#### 3-1. 目的

水難救助時には救助者自身に高い運動負荷が要求され(柴田ら, 1986), コンディションが低下した状態で救助を行った場合, 高いパフォーマンスを発揮できず, 結果的に自らが危険を被る可能性が考えられる.

しかしながら, ライフセーバーが活動する水難救助期間中のコンディションに関する実態に関して報告された知見はない. そこで, 海浜における水難救助活動に携わるライフセーバーを対象として, 活動期間中の心理的および生化学的影響についてモニタリングし, ライフセーバー自身のコンディションに関する知見を得るための予備調査を実施することを目的とした.

#### 3-2. 方法

##### 3-2-1. 対象および実験デザイン

対象者は, 国内の 2 箇所の海水浴場（以下, A 地区, B 地区）で水難救助活動に携わる男子 11 名とし, いずれも本実験の主旨に対し, インフォームドコンセントを得た. また, このうち活動経験がない者が 6 名, 2 年目以上の経験者が 5 名であり, いずれも外科的, 内科的にも異常のない者とした. 全ての対象者は, NPO 法人日本ライフセービング協会が認定する「ベーシックサーフライフセーバー」資格を取得していた.

海水浴場の活動期間は, いずれも 7 月中旬から 8 月中旬の約 1 ヶ月であり, 1 日の活動はおおよそ 6 時から 18 時までであった. また活動期間中において各地区の対象者は, 全て海水浴場に隣接された宿泊施設に宿泊しながら, 自炊による同一の食事を摂取し, 夕食後から就寝時刻の 22

時までは自由時間とした。

対象者による感情や気分の指標を得るために、アスリートの心理的コンディション評価(鈴木, 2016)やオーバートレーニング(Pierce, 2002)などの指標として頻用されている Profile of Mood States(以下, POMS)を用いて検証した。対象者のうち本調査の主旨に同意が得られた 4 名(A 地区 1 名, B 地区 3 名)とし, POMS の回答は毎起床後において直ちに実施することと, 実施環境の統制を得るために, 比較的静音な場所で回答させ, 周囲の者と相談することを禁じるように指示をした。これらの条件に従い, 活動開始日から活動終了日までのおおよそ 2~3 日間隔で実施した。

また, 同意が得られた対象者 11 名から, 定性的評価によって尿蛋白および尿潜血の出現について確認するため, 活動開始から活動終了までの毎日において, 起床後の第 1 尿と同日活動終了後の尿を採取し, 尿検査用定性試験紙(栄研化学社製: ウロペーパーHAG-2)を用いて尿定性検査法を実施した。さらに活動期間中において被った外傷などについて調査を実施した(図 3-1)。

### 3-2-2. POMS による心理評価

POMS 検査は 65 の質問項目から構成され, McNair et al. (1971) によって作成され, 本調査においては日本語版として横山ら(1990)によって作成された質問用紙を採用した。検査用紙からは, T-A(緊張-不安), D(抑鬱-落ち込み), A-H(怒り-敵意), V(活気), F(疲労), C(混乱)の 6 因子から標準化得点を抽出し算出した。

### 3-2-3. 尿定性検査法を用いた尿蛋白の評価

採尿された容器に試験紙部分を 1 ～ 2 秒間浸けた後に引き上げ、試験紙に付着した余剰尿を容器の淵で取り去った。その直後に尿蛋白の判定を行い、さらに尿潜血は 30 秒間の時間経過後に実施した。判定結果については標準色調表に表示された  $\pm$  (10～20mg/dl) , 1 + (30mg/dl) , 2 + (100mg/dl) を目視法により試験紙の発色を確認した。

### 3-2-4. 外傷および障害調査

被験者を対象に、外傷などを詳細に示す調査用紙を配布し、活動期間中の症例について記入することを指示した。

### 3-2-5. 統計処理

本研究で得られた数値は、平均値  $\pm$  標準誤差で示した。尿蛋白の起床時と活動終了時の尿蛋白出現率の比較には、Wilcoxon の符号付順位検定を用い、統計的有意水準は 5%以下とした。なお統計処理には、統計解析ソフトウェア Stat view 5.0 (SAS Institute 社, USA) を用いた。

## 3-3. 結果

### 3-3-1. POMS を用いた心理的指標

A 地区による POMS の調査結果では、測定開始から測定 5 回目までは「活気」の値が「疲労」の値よりも高い傾向を示していた。測定 5 回目より海浜利用者の急激な増加傾向を示した。これに加え測定 6 回目の前日において被験者自身が心肺停止の男性を救助の後、実際に心肺蘇生法を実施した事案があった。その後の測定 6 回目 (a) において、被験者の「疲労」の値が「活気」と逆転し、高値を示した。

測定 8 回目の (b) ポイントでは、測定数日前より天候不順が続き、これによって比較的休息を確保する時間が得られたため、「活気」の値が「疲労」の値よりも高値を示した。しかしながら、測定 9 回目に「疲労」の値が「活気」の値よりも高値を示したため、測定 10 回目の前に 2 日間の日々の休息日を与えたことによって (c) ポイントの「活気」の値が「疲労」の値よりも高値を示した (図 3-2)。

B 地区では測定開始から測定 5 回目に海浜利用者数が急増傾向を示し、それにともない「疲労」の値が 6 回目の測定以降から増加傾向を示し「活気」を上回った (図 3-3)。この傾向を POMS の 6 つの評価項目を測定開始から測定 5 回目を A 群とし、測定 6 回目から 8 回目を B 群として推移を比較したところ、A 群において最も高値を示した項目は「活気」であり、B 群は「疲労」であった (図 3-4)。

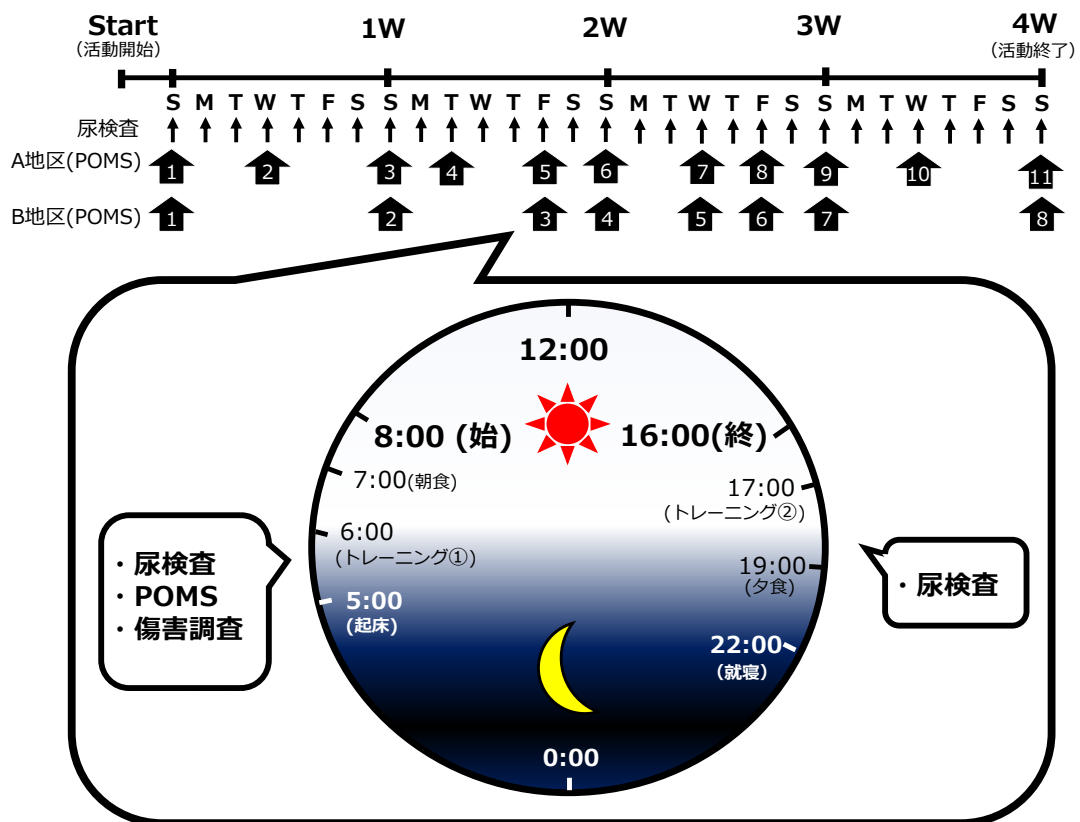


図3-1. 活動期間中の日内行動と実験デザイン

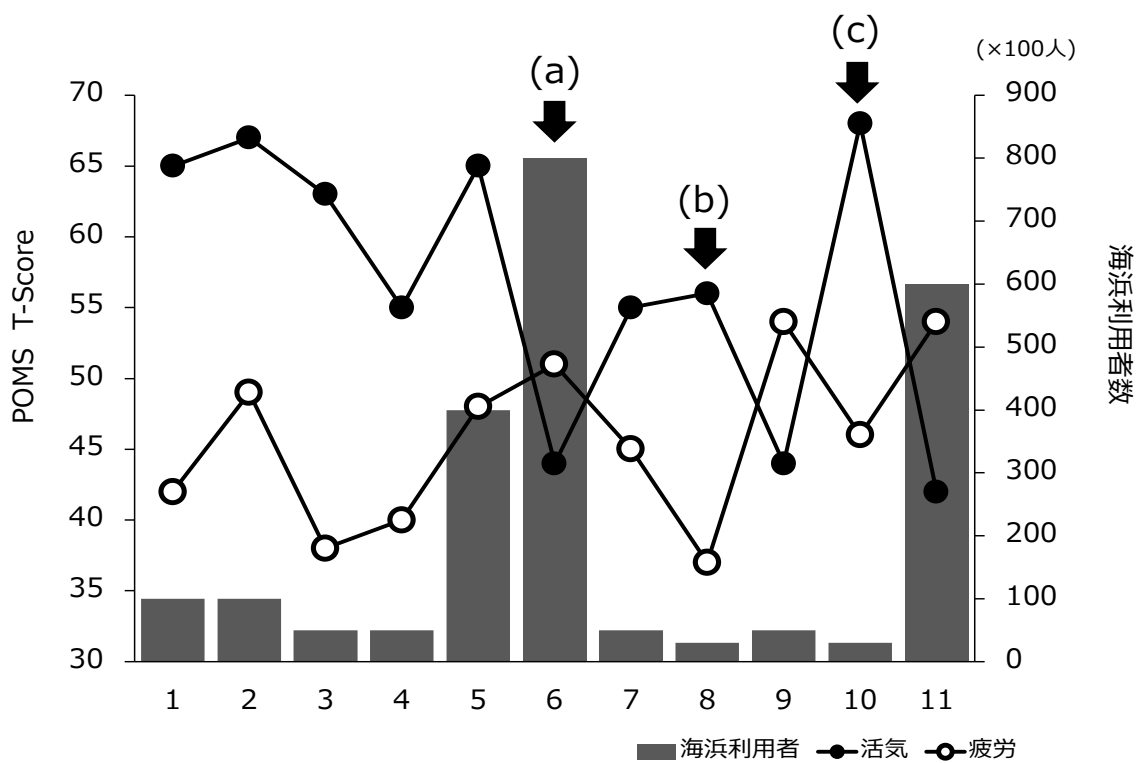


図 3-2. POMS(疲労, 活気) と海浜利用者数の比較 (A地区)

- (a) 活気 < 疲労; 海浜利用者数の急激な増加があり, 測定前日に心肺蘇生法を実施する事案が発生した  
 (b) 活気 > 疲労; 測定数日前より天候不順が続き, 休息時間を確保することができた  
 (c) 活気 > 疲労; 測定9回目に疲労の値が高値を示したため, 10回目の測定までに終日2日間の休息日を与えた



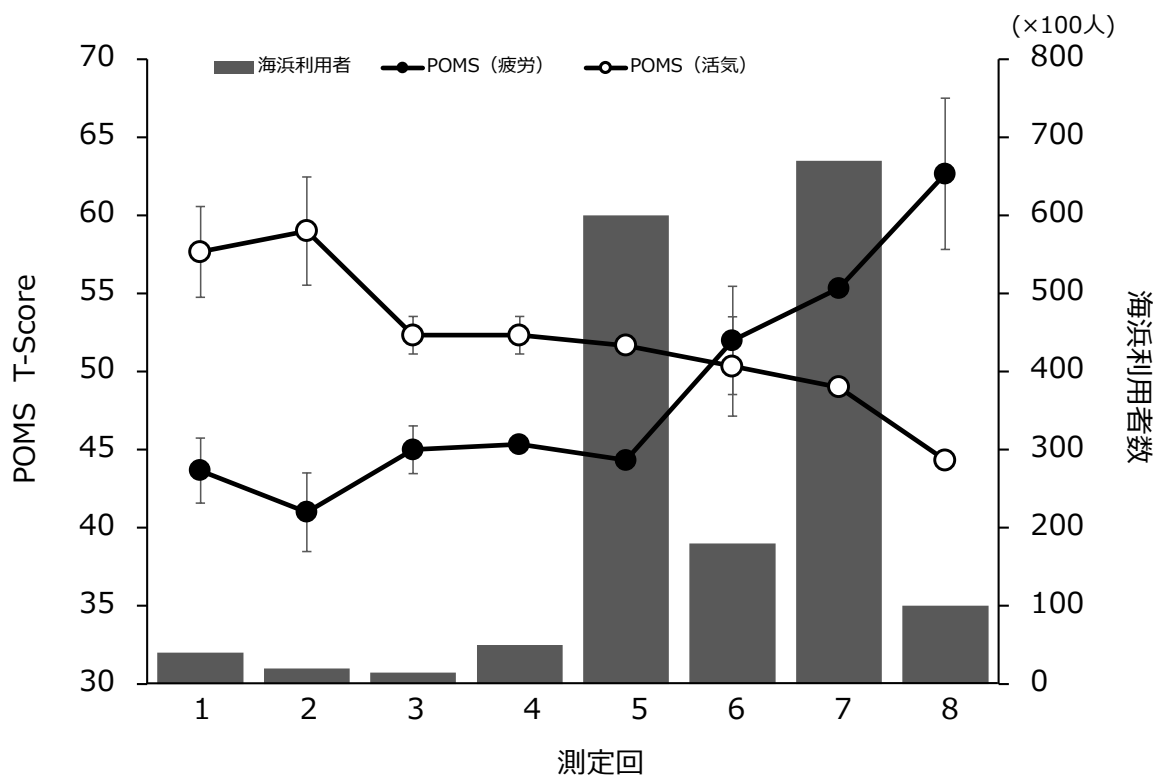


図 3-3. POMS(疲労, 活気) と海浜利用者数の比較 (B地区)

Data are presented as mean  $\pm$  SE.

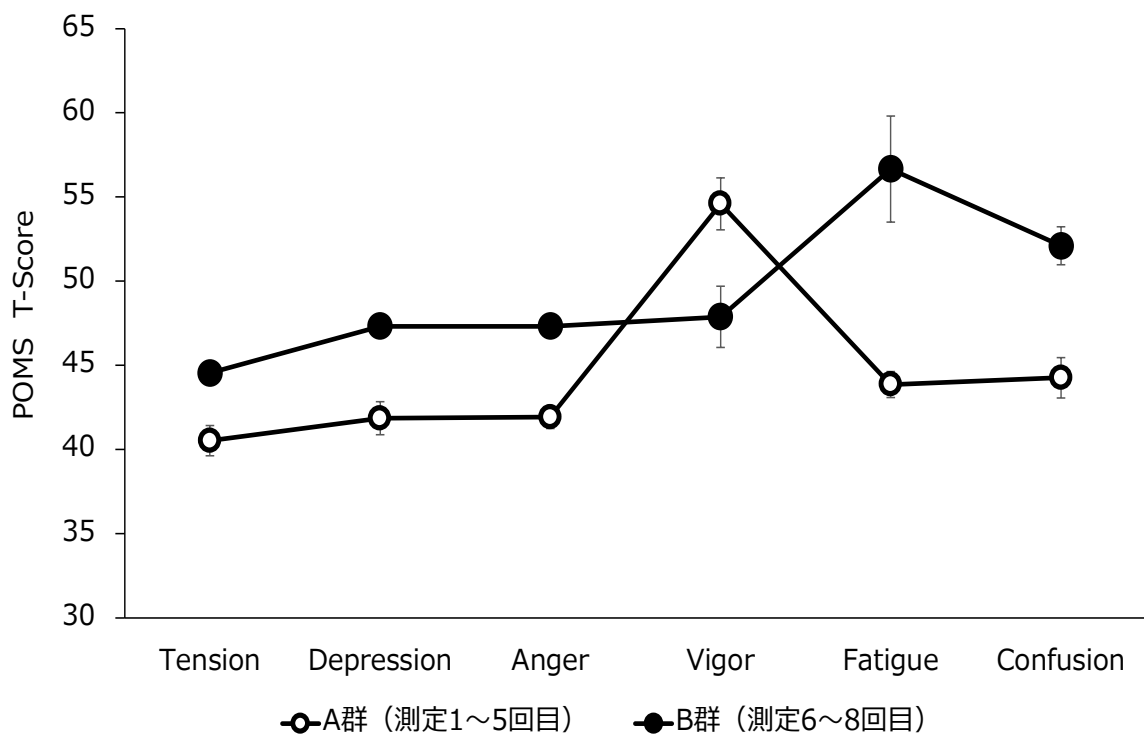


図 3-4. 活動前半と後半におけるPOMSの比較

Data are presented as mean  $\pm$  SE.

### 3-3-2. 生化学的指標

#### 1) 尿蛋白反応および尿潜血反応

尿蛋白の出現は，被験者全員の起床時および日内活動終了後に 10～20mg/dl レベルにおいて認められた．また，起床時には 100 mg/dl レベルで尿蛋白の出現は認められなかったが，活動終了後において 6 名の被験者に認められた．尿潜血反応で陽性を示した被験者は 4 名に認められ，このうち起床時において 2 名，活動後に 3 名に認められ，1 名は起床後と活動後の両方に認められた(表 3-1)．

活動期間中における日中の尿蛋白出現率は，活動後(平均  $36.4 \pm 5.4\%$ ) が，起床時(平均  $22.1 \pm 6.2\%$ ) より有意( $p < 0.05$ )に高い値を示した(図 3-5)．

表 3-1. 活動前後における尿蛋白および尿潜血出現回数の比較

被験者 ID#	起床時				活動終了後			
	尿蛋白			尿潜血	尿蛋白			尿潜血
	±	1+	2+		±	1+	2+	
1	3	–	–	–	6	1	11	–
2	10	2	–	2	6	–	–	2
3	15	–	–	–	17	–	–	–
4	20	–	–	–	19	–	–	–
5	1	–	–	–	10	1	3	–
6	2	2	–	–	2	–	6	–
7	3	–	–	–	3	–	–	–
8	3	–	–	–	6	3	1	1
9	0	4	–	–	1	2	7	–
10	3	1	–	–	8	–	1	–
11	1	1	–	2	6	–	–	2
合計	61	10	0	4	84	6	29	5

尿蛋白のうち, ±は10～20 mg/dl, 1+は30mg/dl, 2+は100mg/dl以上を示す

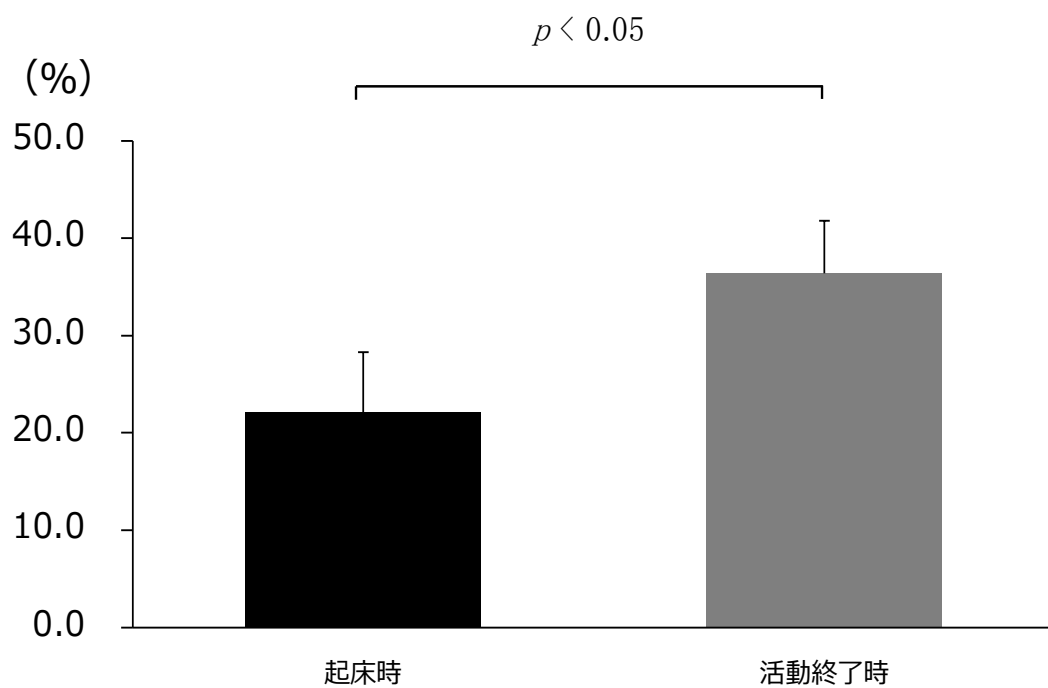


図 3-5. 活動前後における尿蛋白出現率の比較

Data are presented as mean  $\pm$  SE.

### 3-3-3. 外傷および傷害調査

活動期間中に被験者が被った受傷部位および発生件数を表 3-2 に示した。97 症例中、最も多く受傷した部位は足底部（38 件）であり、ガラスや貝、岩などによる切り傷、刺し傷が原因としてあげられた。

また、肩部、腕部、手部および大腿部、下腿部では、砕破による影響を受け擦過傷を被るなどの受傷例があげられた。その他、紫外線による眼や皮膚への障害(2.1%)や、風邪による体調不良(6.2%)があげられた。この風邪症状を訴えた被験者 6 名のうち、5 名が活動歴 1 年目の者であった。

表 3-2. 部位別外傷・障害発生件数と割合

受傷部位		発生件数	%
足部	足関節	7	46.4
	足底部	38	
肩・腕・手		19	19.5
大腿部・下腿部		13	13.4
顔面	眼	3	6.2
	鼻	1	
	歯	1	
	唇	1	
風邪		6	6.2
頸部		2	2.1
胸部		2	2.1
腰部		2	2.1
背部		1	1
臀部		1	1
合計		97	100

### 3-4. 考察

本研究は、海浜において、水難救助活動に携わるライフセーバーの心理的、生理的コンディションについて、簡便な手法を用いて調査し、今後の研究への基礎的なデータを得ることを目的とした。

心理的指標として用いた POMS は、一時的な気分や感情の状態を把握できる特徴を備え、スポーツの場面などにおいて選手のコンディショニングや（和久，1995），合宿中のオーバートレーニングを把握するために用いられている（川原，1990；山本，1990）。しかしながら、海浜において水難救助活動に携わるライフセーバーを対象としたコンディションの実態を把握するために用いた報告はない。

活動期間中に経時的に調査するために用いた POMS の結果から、活動日数が経過すると同時に海浜利用者数の増加によって、「疲労」を示す値が増加し「活気」を示す値が減少する傾向を示した。この結果に影響される要因として、ライフセーバーの活動内容の特徴について考慮する必要があると考えられる。まず、被験者らが活動した海水浴場では、海水浴期間中に訪れた海浜利用者が、のべ約 8 万人を記録したことと、さらにその多くが活動の中盤から後半にかけて集中した。これに対してライフセーバーの役割として、事故防止を目的とした監視活動を遂行するにあたって様々な事案に対応することが求められた。例えば、遊泳区域の設定やそれに対する海浜利用者の誘導、海浜利用者とのコミュニケーション、迷子の搜索、海浜の清掃そして傷病者への応急手当などがあり、これらに対峙したことによって、精神的なストレスを被った可能性があったと考えられる。また、本実験を行なった水難救助活動期間中に、ライフセーバーによって救助された被救助者が 22 人であった。よってライフセーバーにとって、これらの活動内容によって身体への疲労が影響して



いたのではないかと考えられる。また、本実験に参加した対象者(A 地区)のうち実際に心肺停止の溺水者を救助し、心肺蘇生法を試みた事案を経験した。この対象者は海岸の汀線より 30m 付近に伏臥位で浮ぶ状態の男性を発見後、レスキューチューブを用いて牽引泳にて浅瀬まで誘導し、その後陸上まで運搬した。陸上では、感染防止マスク(パルスコ社製マイクロシールド)を用いて人工呼吸を行った。また溺者は頸動脈部位の触診によって脈の確認を試みるもできず、さらに自発呼吸も確認することはできなかった。

その後、筆者と共に、人工呼吸と胸骨圧迫を試み、途中数回の嘔吐反応が認められ、海水や食物残渣の除去対応処置を試みた。心肺蘇生法を開始約 2 分後に頸動脈部位の触診による脈の確認と自発呼吸が認められ、救急隊によって医療機関に搬送された。医療機関では医師に「溺水・誤嚥性肺炎」と診断され、集中治療室にて治療後、神経の後遺症無く社会復帰することができた。

この心肺蘇生法を試みた対象者は、初めて水難救助活動を経験したライフセーバーであり、この事案以降の食事摂取に支障をきたすなどの精神的症状を訴えた。このことについて水難救助後のライフセーバーが心理的ストレスを被るという報告(O'Halloran et al., 2015)や、心肺蘇生法を経験することは、外傷性ストレス症状やバーンアウトの傾向が高いことが報告(堀口, 2012)されており、今回の事案はこの対象者にとって精神的ストレスを被った可能性があると考えられる。

一方、本実験で得られた知見として、途中休息日を得たことによって「疲労」を示す値が減少し、「活気」を示す値が上昇するという傾向が認められた。これまでに生じた疲労感が、休息によって回復されたことが起因したと考えられる。

その他、水難救助活動を行う外的環境を考慮すると、海浜という高温環境下では、直射日光や紫外線の曝露による影響を受け、脱水による身体機能の低下を招いたことが考えられる (Nielsen et al., 1998) . また堀 (1998) は、高温環境下では血漿乳酸濃度の上昇を招き疲労しやすいとしている.

生化学的指標として用いた尿検査では、被験者全員に尿蛋白の陽性反応が認められ、早朝においても連続して数日間の反応が認められた. 尿蛋白は通常生活において健常人でも微量に認められるとされている (花輪, 1984) . 激しい運動の後には尿蛋白あるいは尿潜血の出現が報告されている (東, 1982) . 例えば, 12 分間走などの比較的短時間の激運動や (金川, 1981), サッカー, バレーボール, ラグビー, 柔道, マラソン (鈴木ら, 1990) など比較的長時間や激運動といった特徴をもつスポーツ種目においても報告されており運動性尿蛋白とされている (奥谷ら, 1981) . これらの運動による尿蛋白の出現に関する原因は、糸球体濾過量や腎血漿流量の低下による結果、糸球体血管内での血液停滞や内圧上昇により濾過率が亢進されたためと報告されている (Castenfors, 1967) . また、運動性尿蛋白は負荷直後の一過性に過ぎず、翌日には明らかな影響は残さないとする報告もある (Poortmans, 1984) . 本実験では、尿蛋白の出現が1日の活動終了時において起床時よりも有意に認められた. これについて水難救助活動の内容を考慮すると、尿蛋白の出現は被験者にとって、海浜の「歩行」や「走る」という運動の特性や、実際の水難救助が繰り返し発生したことが、高い運動負荷によって影響を受けたと考えられる (鈴木ら, 1981) . また、尿潜血において陽性反応が認められたことは、激しい運動後に発現することが認められており (Abarbanel J et al., 1990) , 被験者にとって身体負荷による疲労の兆候として現れたのではないかと

考えられる。

傷害を被る部位のうち、足底部が最も多く発生した理由として、活動中に靴の着用習慣がなく、そのため砂浜のガラスや漂着物、岩場の貝類や突起物によって受傷したものと考えられる。このことはライフセーバーの活動における特徴的な事象とともに、受傷後においても完治しづらいことから、精神的に負荷を与える要因の一つとして考えられる。また自覚的な風邪症状を訴える者が6名であり、このうち活動1年目の者が2名であったことは、コンディショニングにも影響を与えることが予想され、詳細な調査が必要であると考えられる。

### 3-5. 結論

本研究は海浜において水難救助活動に携わるライフセーバーのコンディションについて心理的指標および生化学的指標をもとに把握することを目的として、以下の結論に至った。

1)水難救助活動期間中は海浜利用者数や、被救助者数などの要因によって変動する影響を受け、活動期間の後半に心理的ストレスを感じる人が多い傾向が確認された。

2)尿蛋白による定性的評価により、被験者全員に陽性反応が認められた。特に、起床時の反応と比較して日内活動の終了後において顕著な反応を示した。また、起床時と活動終了時に尿潜血反応を示す被験者もいたことから、これらのことを考慮すると、活動がライフセーバー自身への負荷を与える要因となり、その結果身体への疲労が生じていたことが確認された。

3)水難救助活動期間中に，風邪の自覚症状によってコンディションを崩す事例が認められた．このことは活動中のコンディショニングを遂行するうえで，詳細な知見を得ることが必要であると考えられる．

以上のことから，ライフセーバーは水難救助活動期間中に自身のコンディションを崩す傾向が認められ，よってコンディショニングを行うことは重要な示唆であると考えられる．

## 第 4 章 唾液 SIgA を用いたコンディション評価(研究課題 2)

### 4-1. 目的

本研究の目的は，ライフセーバーのコンディション評価を実施するにあたり，唾液 SIgA の変動について着目し，さらに活動の経験および URTI の罹患状況に関連付け，その有用性について検討することとした．

### 4-2. 方法

#### 1) 対象者および実験デザイン

対象者は，海水浴場において水難救助活動に携わるライフセーバー 15 名（男性 9 名，女性 6 名，平均年齢  $19.9 \pm 0.4$  歳）とした．これらのうち，本実験の実施以前にライフセーバーとしての活動経験を有する者 8 名（男性 4 名，女性 4 名，活動歴  $3.3 \pm 0.3$  年）を経験者群とし，本実験期間に初めて水難救助活動の実践を経験する者 7 名（男性 5 名，女性 2 名）を非経験者群とした（表 4-1）．これらのうち非経験者群の運動歴は，水泳競技経験者 3 名（男性 2 名，女性 1 名），野球経験者 1 名（男性 1 名），体操競技経験者 1 名（女性 1 名），運動歴なし 2 名（男性 2 名）であった．全ての対象者は，活動 1 年目において NPO 法人日本ライフセービング協会が認定する「ベーシックサーフライフセーバー」資格を取得していた．

対象者には，ヘルシンキ宣言に基づき，事前に研究の主旨や手順を説明して，本実験の参加に対する同意を得た．本実験の内容は，流通経済大学研究倫理審査委員会の承認（申請番号第 3 号，2013 年）を得ている．

活動期間中において対象者全員が海水浴場に隣接された宿泊施設に宿

泊し、自炊による同一の食事を摂取した。また、水難救助活動の開始 1 週間前から合宿を行い、活動の準備を行った（準備期）。実際に水難救助活動を行ったのは 7 月 19 日から 8 月 17 日までの 30 日間であった（活動期）。これらに加えて、活動終了後の 1 週間も観察期間とした（活動オフ期）。唾液採取は、水難救助活動開始 1 週間前（準備期の開始日、Pre）、準備期の終了翌日（活動期の開始日、Start）、活動開始 1 週間後（1W）、同 2 週間後（2W）、同 3 週間後（3W）、同 4 週間後（活動期の最終日、4W）、活動終了 1 週間後（Post）に行った。唾液採取は、日内変動の影響を考慮し、起床後（おおよそ 5 時）からトレーニング開始前（おおよそ 6 時）の間に実施した（図 4-1）。対象者には、唾液採取までに飲食および激しい運動を行わない様に指示した。実験期間中は、毎日、起床後に、内科的自覚症状および自覚的疲労感について質問票を用いて調査した。これらの調査結果に及ぼす影響を考慮し、実験期間中は、22 時以降の飲食を禁止した。

また、本研究の対象となった海水浴場では、活動期間中にライフセーバーが常駐する建物の屋外に設置された気温計を用いて、正午における外気温の測定データを記録した。

表 4-1. 被験者の身体特性と活動歴および活動率

	Overall	Group	
		Experience	non-experience
N	15	8	7
Gender (Male/Female)	9/6	4/4	5/2
Age (y)	19.9±0.4	21.0±0.5	18.7±0.4
Height (cm)	166.8±2.1	166.8±3.6	166.8±1.9
Body weight (kg)	59.3±2.2	57.6±3.1	61.9±3.0
Lifesaving carrier (y)	2.4±0.3	3.3±0.3	—
Activity days	19.6±1.8	22.1±2.4	16.7±2.5

Data are presented as mean±SE.

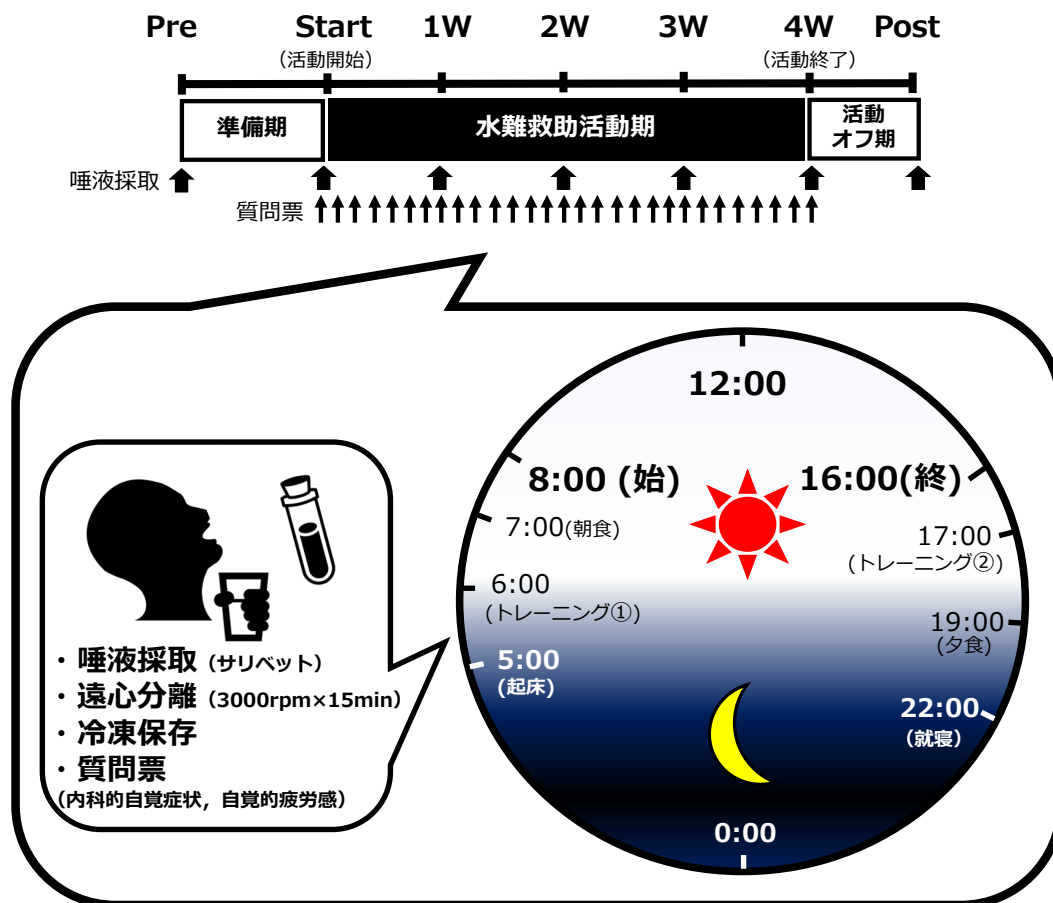


図4-1. 活動期間中の日内行動と実験デザイン



## 2) 測定方法

### a. 唾液 SIgA

唾液の採取および SIgA の測定は、秋本ら(1998)の先行研究に従い、以下の手順で行った。初めに、対象者にミネラルウォーター約 30 ml で口腔内を濯がせ (30 秒間×3 回)、5 分間の座位安静をとらせた。次いで、口腔内の唾液を全て嚥下させた後に、唾液採取用の滅菌綿 (Salivette, Sarstedt 社, ドイツ) を 1 秒間に 1 回のペースで 1 分間咀嚼させ、分泌された唾液を綿に吸収させた。唾液重量を電子天秤で測定し、唾液密度は 1 g/ml であると仮定して、唾液分泌量 (ml/min) を推定した。唾液は遠心分離器 (3,000 rpm, 15 分間) を用いて滅菌綿から分離し、-30 °C で SIgA の濃度測定まで冷凍保存した。唾液 SIgA 濃度 ( $\mu$  g/ml) は ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay) 法により測定し、唾液分泌量を乗じて、唾液 SIgA 分泌速度 ( $\mu$  g/min) を算出した。

### b. 内科的自覚症状および自覚的疲労感

山内ら(2009)が内科医と相談して作成した質問票を用い、起床後の内科的自覚症状 (頭痛, ノドの痛み, 腹痛, 関節痛, 熱感, 悪寒, 吐き気, 下痢, 咳, 痰, 鼻水, 倦怠感, 風邪の自覚症状) の有無を確認した。Kon et al. (2010) の報告に従い, 2 日連続でノドの痛み, 熱感, 悪寒, 吐き気, 咳, 痰, 鼻水, 風邪の自覚症状が 2 つ以上あった場合に, URTI が発症したと判断した。自覚的疲労感は, 活動前における通常の状態を「普通」, 「普通」よりも疲労感が強い場合は, 疲労感の強い順に「非常に疲労感あり」, 「かなり疲労感あり」とし, 「普通」よりも疲労感が弱い場合は, 疲労感の強い順に「少し疲労感あり」, 「疲労感なし」と回答するように指示した。自覚的疲労感における各回答の相対度数は, 1 週間ののべ回答数

を分母にして算出した。

### 3) 統計処理

対象者の条件（経験者群 vs. 非経験者群，URTI 群 vs. 非 URTI 群）と時間を要因とした各測定項目の変動は，反復測定の実験設計分散分析を用いて検討した．多重比較検定には，Tukey-Kramer 法を用いた．唾液 SIgA 分泌速度の変化量における Start～4W の平均値，各測定値における Pre の値など，二群間の比較には対応の無い  $t$  検定を用いた．経験者群と非経験者群の自覚的疲労感は  $\chi^2$  検定により比較した．全ての値は平均値  $\pm$  標準誤差で示し，有意水準は 5%未満に設定した．統計処理には，統計解析ソフトウェア Stat view 5.0（SAS Institute 社，USA）を用いた．

## 4-3. 結果

### 1) 気象環境と海浜利用者数

本実験を実施した海水浴場の気温は，平均  $26.8 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ （最高  $34.5^{\circ}\text{C}$ ，最低  $21.0^{\circ}\text{C}$ ）であり，活動期間中に総数 36,420 人の海浜利用者（1 日の最大利用者数 4,499 人）があった．また海浜利用者のうち活動開始から 1 W まで 5,725 人，1W から 2W まで 8,566 人，2W から 3W まで 8,917 人，3W から 4W まで 13,212 人であった．

### 2) 対象者の活動日数と自覚的疲労

対象者による実際の活動日数は，経験者群で  $22.1 \pm 2.4$  日（活動期間の  $78.3 \pm 0.1\%$ ），非経験者群で  $16.7 \pm 2.5$  日（ $55.7 \pm 0.1\%$ ）であり，群間の有意差は認められなかった．疲労を感じた者（「非常に疲労感あり」，「かなり疲労感あり」と回答した者）は，準備期間中は皆無であったが，活動

期間の第 1 週（全被験者 8.0%，経験者群 1.8%，非経験者群 18.2%），第 2 週（それぞれ 12.4%，3.6%，22.4%），第 3 週（それぞれ 14.9%，3.8%，26.5%），第 4 週（それぞれ 16.3%，17.9%，14.6%），活動終了 1 週間後（それぞれ 18.6%，17.6%，19.6%）は増加傾向にあった（図 4-2）．活動第 1～3 週においては，非経験者群の疲労感が経験者群よりも有意に高値を示した（ $p<0.05$ ）．

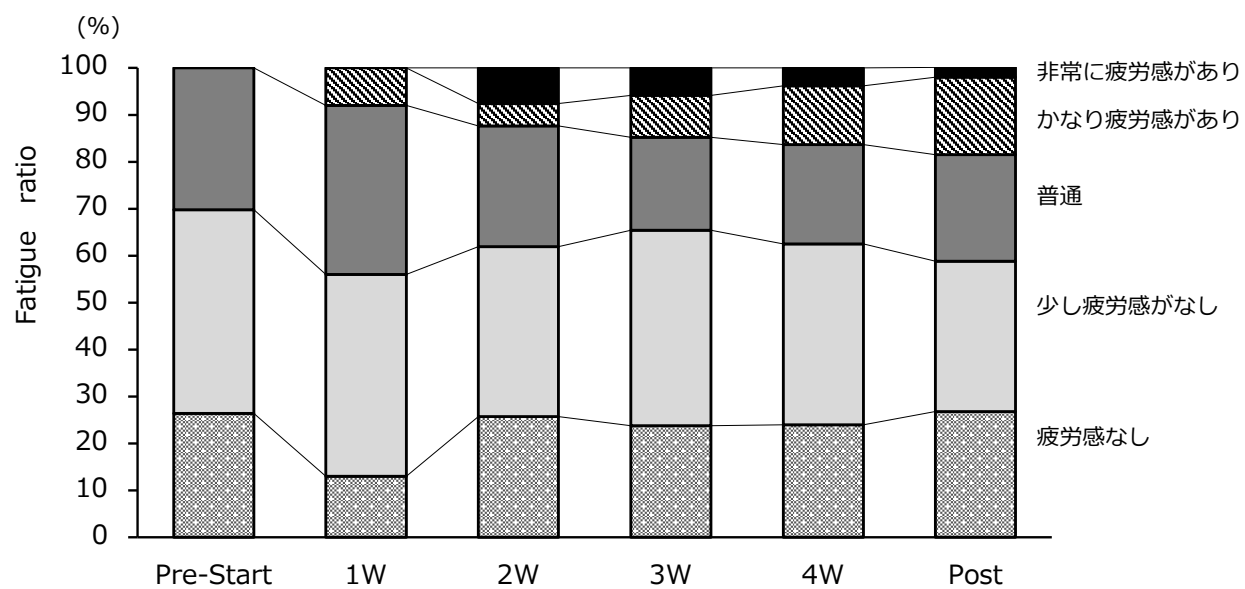


図 4-2．自覚的疲労度における割合の推移

### 3) ライフセービング経験の有無と唾液 SIgA 分泌

経験者群および非経験者群の唾液分泌量と唾液 SIgA の濃度および分泌速度を表 4-2 に示した．唾液分泌量に交互作用は認められなかった．唾液 SIgA 濃度には交互作用が認められ ( $p<0.05$ )，非経験者群では Pre に比べて Start で低値を示した ( $p<0.05$ )．唾液 SIgA 分泌速度に交互作用は認められなかった．Pre の唾液 SIgA 分泌速度に群間の有意差は認められなかった．Pre を基準として唾液 SIgA の変化量 ( $\Delta$  SIgA) を算出した． $\Delta$  SIgA 分泌速度に交互作用は認められなかったが(図 4-3)，活動期 (Start-4W) における  $\Delta$  SIgA の平均値は，経験者群に比べて，非経験者群の減少量は大きかった ( $p<0.05$ ，図 4-4)．

表 4-2. 経験者群と非経験者群の唾液およびSIgA

	Pre	Start	1W	2W	3W	4W	Post	mean	Within group, $p$	Between group, $p$
Saliva flow rate (ml/min)	Overall	1.73 $\pm 0.30$	1.35 $\pm 0.23$	1.24 $\pm 0.26$	1.23 $\pm 0.19$	1.52 $\pm 0.26$	1.29 $\pm 0.27$	1.42 $\pm 0.26$	0.13	0.77
	experience	1.31 $\pm 0.26$	1.19 $\pm 0.26$	0.96 $\pm 0.35$	1.02 $\pm 0.27$	1.12 $\pm 0.29$	1.05 $\pm 0.28$	1.11 $\pm 0.28$	0.48	
	non-experience	2.21 $\pm 0.54$	1.54 $\pm 0.42$	1.56 $\pm 0.37$	1.48 $\pm 0.25$	1.99 $\pm 0.41$	1.57 $\pm 0.50$	1.77 $\pm 0.43$	0.42	
	Overall	30.2 $\pm 4.2$	25.5 $\pm 2.8$	26.6 $\pm 3.2$	24.7 $\pm 2.8$	26.1 $\pm 3.2$	25.2 $\pm 3.2$	27.1 $\pm 3.8$	0.57	0.04
	experience	26.2 $\pm 2.7$	31.5 $\pm 4.0$	31.6 $\pm 5.0$	25.6 $\pm 4.4$	30.5 $\pm 5.1$	30.3 $\pm 4.5$	30.8 $\pm 5.4$	0.22	
	non-experience	34.8 $\pm 8.5$	18.7 * $\pm 1.5$	21.0 $\pm 2.7$	23.7 $\pm 3.5$	21.0 $\pm 3.2$	19.3 $\pm 3.9$	22.8 $\pm 4.0$	0.05	
SIgA concentration # ( $\mu$ g/ml)	Overall	45.8 $\pm 7.4$	31.9 $\pm 5.4$	32.4 $\pm 7.7$	29.2 $\pm 5.1$	34.1 $\pm 5.6$	30.1 $\pm 6.1$	34.5 $\pm 6.2$	0.08	0.19
	experience	36.4 $\pm 8.4$	36.9 $\pm 9.0$	32.9 $\pm 13.2$	26.9 $\pm 8.6$	30.0 $\pm 6.5$	32.3 $\pm 9.1$	33.6 $\pm 9.1$	0.85	
	non-experience	56.6 $\pm 11.9$	26.2 $\pm 5.2$	31.9 $\pm 8.1$	31.9 $\pm 5.6$	38.8 $\pm 9.7$	27.7 $\pm 8.5$	35.5 $\pm 8.2$	0.09	
SIgA secretion rate ( $\mu$ g/min)	Overall	36.4 $\pm 8.4$	36.9 $\pm 9.0$	32.9 $\pm 13.2$	26.9 $\pm 8.6$	30.0 $\pm 6.5$	32.3 $\pm 9.1$	33.6 $\pm 9.1$	0.85	
	experience	56.6 $\pm 11.9$	26.2 $\pm 5.2$	31.9 $\pm 8.1$	31.9 $\pm 5.6$	38.8 $\pm 9.7$	27.7 $\pm 8.5$	35.5 $\pm 8.2$	0.09	
	non-experience	56.6 $\pm 11.9$	26.2 $\pm 5.2$	31.9 $\pm 8.1$	31.9 $\pm 5.6$	38.8 $\pm 9.7$	27.7 $\pm 8.5$	35.5 $\pm 8.2$	0.09	

Data are presented as mean  $\pm$  SE.

# : significant interaction between group and time ( $p < 0.05$ ) .

\* :  $p < 0.05$  vs. Pre. SIgA, salivary secretory immunoglobulin A.

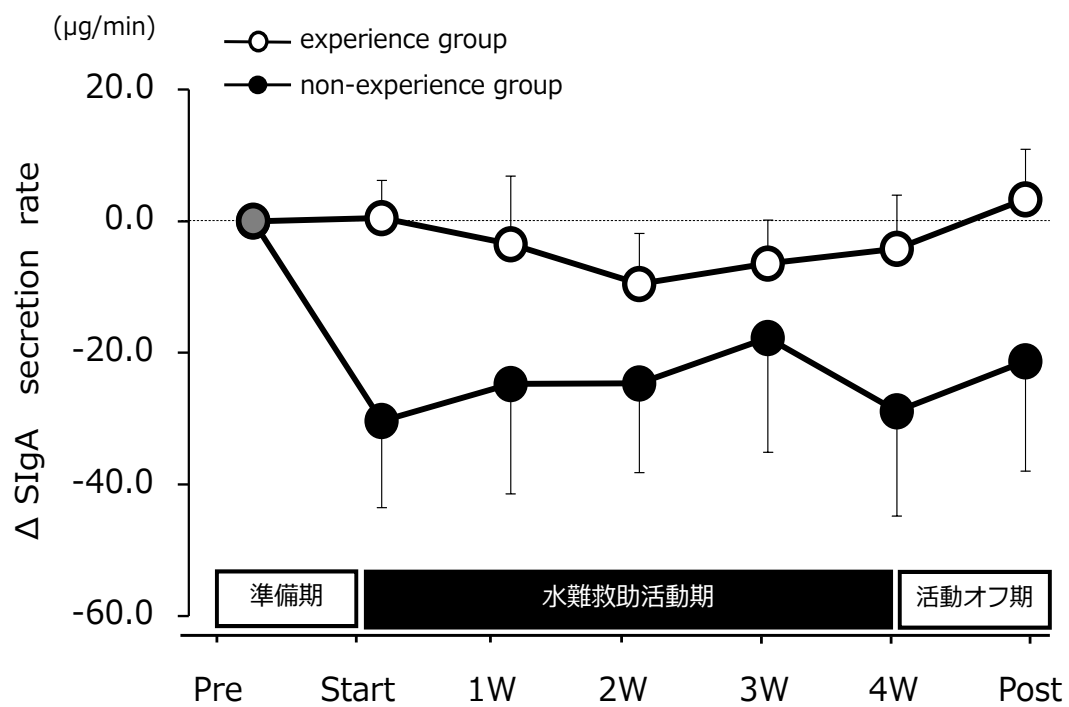


図 4-3. 経験者群と非経験者群におけるSIgA分泌速度の変化量

Data are presented as mean  $\pm$  SE.

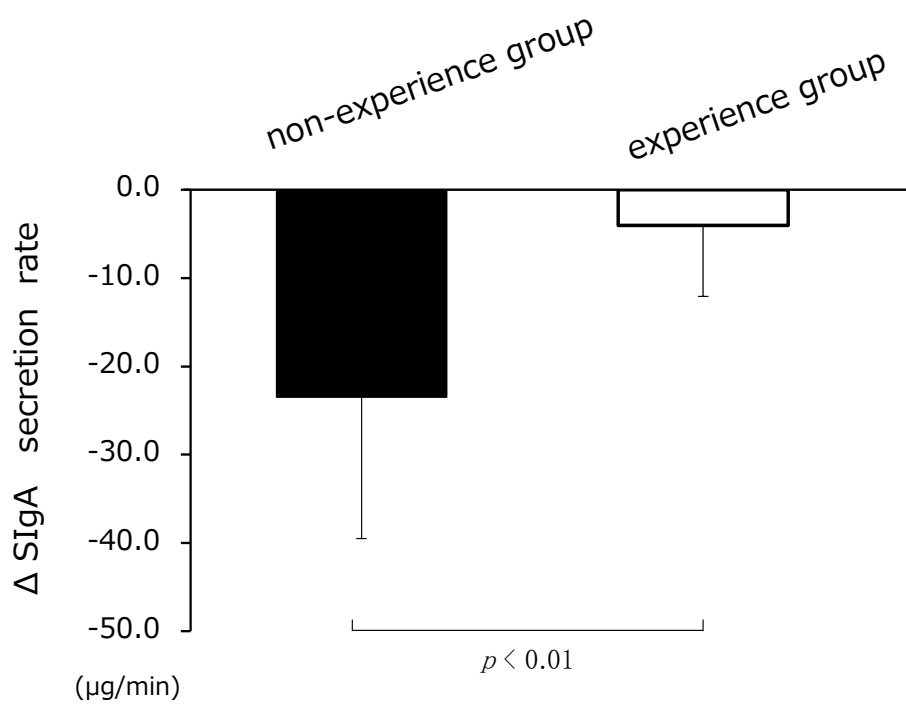


図 4-4. 経験者群と非経験者群におけるSIgA分泌速度の変化量 (Start-4Wの平均値)

Data are presented as mean  $\pm$  SE.



#### 4) URTI 発症の有無と SIgA 分泌

質問票により、自覚症状の訴えが認められた項目は主に「ノドの痛み」、「熱感」、「咳」、「痰」、「鼻水」であった。URT I 発症の条件に該当する者は 7 名（経験者 4 名、非経験者 3 名）、該当しない者は 8 名（経験者 4 名、非経験者 4 名）であった。URT I 症状が認められたタイミングは、2W が 2 名、3W が 1 名、4W が 3 名、Post が 1 名であった。

URT I 群および非 URT I 群との間に、Pre の唾液 SIgA 分泌速度における有意差は認められなかった。Δ SIgA の変動に交互作用が認められ（ $p<0.05$ ，図 4-5），URT I 群に主効果が認められた。また各群間の有意差は 2W，3W，4W で認められた（ $p<0.05$ ）。非 URT I 群においては、Δ SIgA に有意な変動は認められなかった。URT I の対象者が自覚症状を訴えたのは 2W 以降だったので、2W から Post までの Δ SIgA の平均値を算出しところ、非 URT I 群に比べて URT I 群の減少量が有意に大きかった（ $p<0.05$ ，図 4-6）。

URT I が発症した週を基準にして、URT I 群における唾液 SIgA 分泌速度の推移を図 4-7 に示した。唾液 SIgA 分泌速度は、Pre から URT I の発症時まで経時的に低下する傾向にあり、発症時には Pre に比べて有意に低下した（ $p<0.05$ ）。なお、ID 1 の対象者は、Post の唾液採取後に高熱症状と咳症状が認められ、医師によって口腔粘膜炎（再発性アフタ）およびマイコプラズマ肺炎と診断され、2 週間の入院治療を行った。また、ID 3 の対象者は、Post の唾液採取直前に 38℃の発熱が確認された。

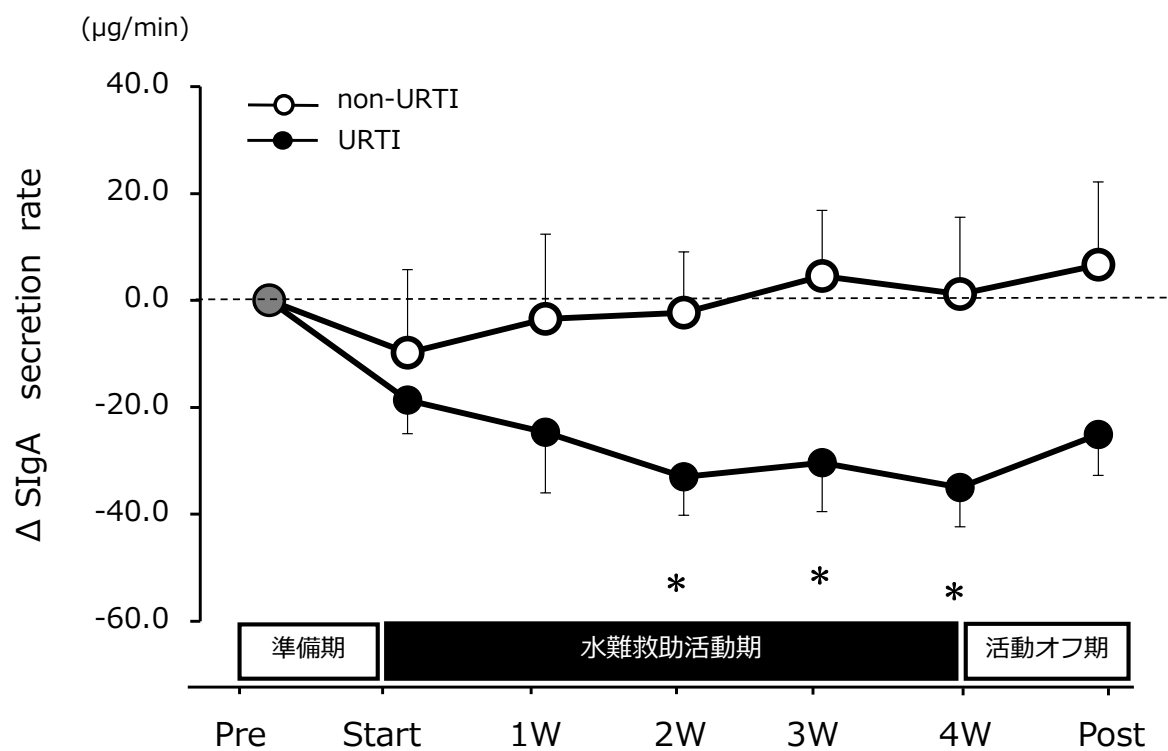


図 4-5. URTI群と非URTI群におけるSIgA分泌速度の変化量

Data are presented as mean  $\pm$  SE. \*:  $p < 0.05$  vs. Pre.

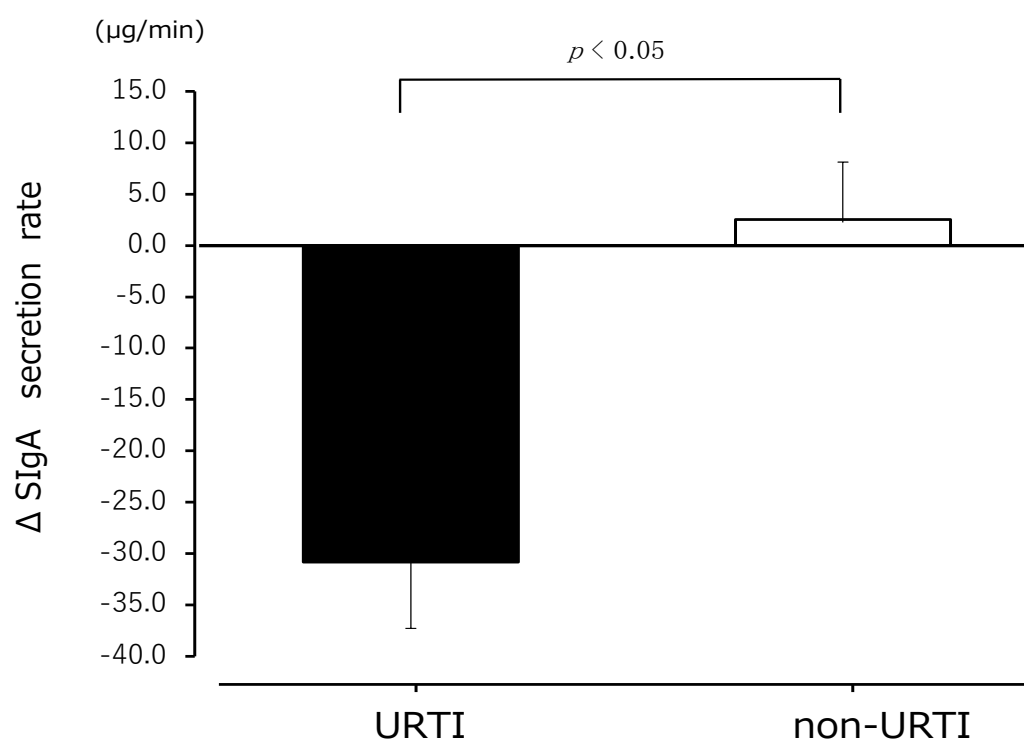


図 4-6. URTI群と非URT群におけるSIgA分泌速度の変化量  
(2W-Postの平均値)

Data are presented as mean  $\pm$  SE.

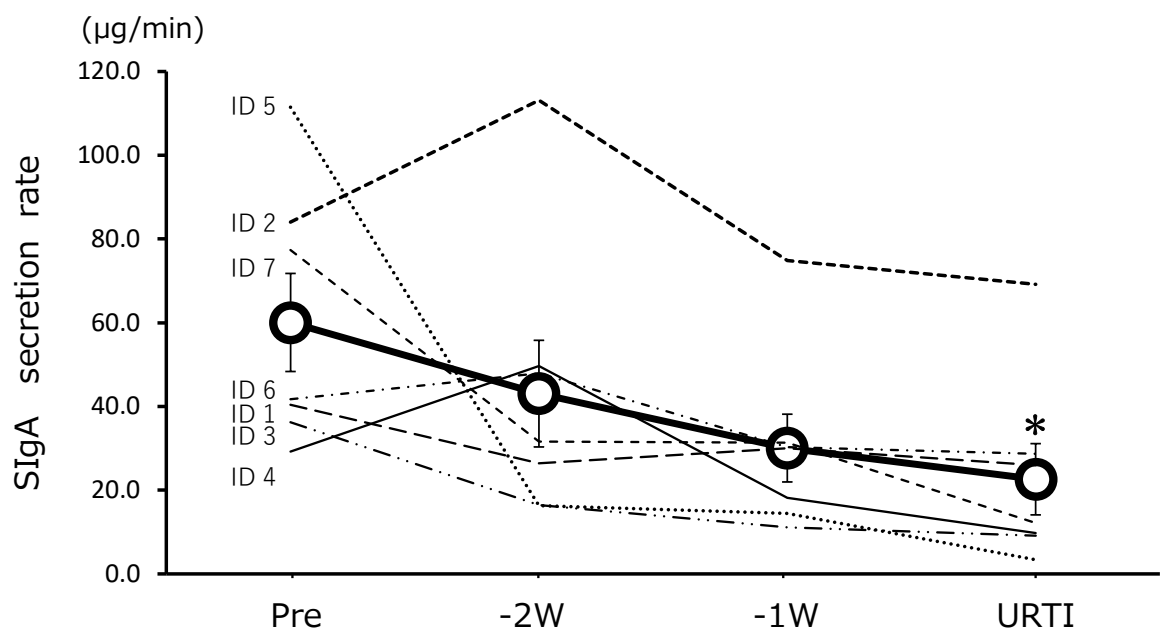


図 4-7. URTI発症者におけるSIgA分泌速度の推移

Data are presented as mean  $\pm$  SE.

-2w : 2 weeks before the onset of URTI.

-1w : 1 week before the onset of URTI.

\* :  $p < 0.05$  vs. Pre.

#### 4-4. 考察

本研究は、水難救助活動期のライフセーバーを対象に、唾液の SIgA を定期的にモニタリングした初めての研究である。本研究において、水難救助活動に初めて参加するライフセーバーは、参加経験のある者に比べて、唾液 SIgA 分泌速度の低下が大きかった。また、研究期間中に URTI を発症した者では、唾液 SIgA 分泌速度が Pre と比較して有意に低下した。これらの結果から、ライフセービング活動期のライフセーバーにおけるコンディション評価として、唾液 SIgA のモニタリングが有用である可能性が示唆された。

水難救助活動は身体的に高い負荷をかけ(Gulbin et al., 1996; Ochoa et al., 1998; Foo et al., 2010; Claesson et al., 2011)、監視活動は心理的疲労を増大させる(中塚ら, 2008)。準備期間においても、初期には合宿生活に馴化することが必要であり、また、水難救助場面を想定した実践的なシミュレーショントレーニングが終日行われる。これらによって、ライフセーバーの心身には急激な負荷が加えられると推察できる。1W より疲労を感じた対象者が出現していることが、この推察を裏付けている。先行研究では、3 日連続の高強度運動負荷(Mackinnon et al., 1993)によって唾液 SIgA 分泌速度が低下したと報告されている。より短期間の研究においても、60 秒間×5 セットの最大運動(Mackinnon et al., 1993)、60 分間の中等強度運動(朱ら, 2011)、10 分間×4 セットのフットサルの試合(Moreira et al., 2011)が、唾液 SIgA 濃度を低下させたと報告されている。また、心理的ストレスによって唾液 SIgA 濃度が低下するという報告もある(Otsuki et al., 2004)。急性の心理的ストレスに曝露された場合は、逆に、唾液 SIgA が上昇するという報告もあるが、これらの研究においても、慢性の心理的ストレスは唾液 SIgA 分泌量を低下させるとされている。

(Tsuji et al., 1999). また、高強度運動は低強度運動よりも URTI 発症のリスクが高いという報告もある (Fondell et al., 2011). これらの研究は、いずれも、継続的な身体的および心理的なストレス負荷は、唾液 SIgA 分泌速度を低下させることを示唆している。

本研究の Pre における唾液 SIgA 分泌速度には個人差があり、また、統計学的に有意ではないが群間差もあった。そこで、Pre からの変化量を算出し、水難救助活動期における唾液 SIgA 分泌速度の変動を検討したところ、非経験者群は経験者群に比べて低下が大きかった。ライフセービング活動はライフセーバーに身体的・心理的ストレスを負荷するが (荒井ら, 1996), それらのストレスが非経験者群で経験者群に比べて大きかったことが、唾液 SIgA 分泌速度の低下が両群で異なった一要因だと考えられる。実際に、ライフセーバーは炎天下で脱水症のリスクを抱えながら監視活動を行うが、脱水も、唾液 SIgA 分泌速度を減少させる可能性がある (清水ら, 2007)。暑熱環境への馴化能力および脱水症のリスク管理能力にも、経験者群と非経験者群に差があった可能性もある。唾液 SIgA 分泌速度の低下にライフセービング経験の差があったが、URT I に罹患した割合は、経験者群と非経験者群でほぼ同等であった。この結果は、Pre の唾液 SIgA 分泌速度が、統計学的に有意でないものの経験者群で低い傾向にあったことと関連するのかもしれない。先行研究において、安静時の唾液 SIgA 濃度が低い選手は高い選手に比べて、URT I の罹患率が高いことが示されている (Gleeson et al., 1999)。いずれにせよ、本研究の成果を踏まえ、水難救助活動に初めて携わるライフセーバーには、活動開始の初期段階で十分な休息を与え、本格的な活動に向けて環境に適応する準備期間を設定する必要がある。

唾液 SIgA の低下は、URT I の罹患率を高めることが知られている。実

際，アメリカンフットボール選手を対象にした 1 年間の観察研究 (Fahlman et al., 2005) および水泳選手を対象にした 7 か月間の観察研究 (Gleeson et al., 1999) において，唾液 SIgA 濃度と URTI の発症に負の相関関係が認められている．本研究において，URT I 群の唾液 SIgA 分泌速度は，URT I の発症が認められたポイントで最も低い値を示した．過去の研究では，サッカー選手における唾液 SIgA 分泌速度の減少が URT I 発症の 3 日前から認められたことや (Nakamura et al., 2006)，水泳選手において唾液 SIgA 濃度が低値を示した 1 週間後に URT I の罹患率が上昇したことが報告されている (Gleeson et al., 1999)．本研究では，URT I 経験群における唾液 SIgA 分泌速度が 2W から 4W にかけて有意に低下し，2W 以降より URT I 症状が認められた．さらに URT I の発症を軸として唾液 SIgA 分泌速度の動きをみると，Pre から URT I の発症にかけて段階的に唾液 SIgA が低下する傾向にあった．著者の知る範囲では，唾液 SIgA 分泌速度の変化量と URT I 発症との関連について検討した論文は公表されていないが，その変化率と URT I との関連については報告がなされている．例えば，Neville et al. (2008) は，唾液 SIgA 濃度に 40% の低下が生じると 3 週間以内に 50% の確率で URT I が発症したと報告している．本研究では，Pre ( $60.1 \pm 11.7 \mu\text{g}/\text{min}$ ) から URT I の発症 ( $22.6 \pm 8.5 \mu\text{g}/\text{min}$ ) にかけておよそ  $37.5 \mu\text{g}/\text{min}$  の唾液 SIgA 分泌速度低下がみられたことから，先行研究と同様に，唾液 SIgA の低下率が 40% を上回っていた可能性が考えられる．ただし，本研究は変化量により検討を行っており，先行研究と単純比較はできず，また対象数は比較的少ないという課題もある．水難救助活動期において URT I が発症する唾液 SIgA 分泌速度の低下水準については，今後対象者を増やし，さらに検討することが必要である．

これらのことから，水難救助活動期のライフセーバーにおいても，唾

液 SIgA 分泌速度を定期的にモニタリングすることで、URTI の兆候を早期に検出し、URTI 罹患の予防や症状緩和のための対応が容易になると考えられる。

#### 4-5. 結論

本研究では、水難救助活動期間におけるライフセーバーによる唾液 SIgA 分泌速度の低下および URTI の発症が認められ、特にライフセービング経験の浅い者において、その傾向が顕著であった。これらの結果から、水難救助活動期のライフセーバーにおける唾液 SIgA のモニタリングはコンディショニングに有用であること、初めて水難救助活動の現場を経験するライフセーバーは、特に唾液 SIgA 分泌速度の低下に注意が必要であることが示唆された。



## 第 5 章 唾液 SIgA 分泌速度と睡眠との関連(研究課題 3)

### 5-1. 目的

コンディションを維持するための要素として、適度な運動、食事(栄養)、睡眠(休息)が考えられている(Nieman et al., 1998; Nieman 2000; Fullagar et al., 2015)。これらのうち、ライフセーバーのコンディションを低下させる要因として、夜間睡眠効率との関係について着目し、唾液 SIgA 分泌速度との関連性とあわせて検討することを目的とした。

### 5-2. 方法

#### 1) 対象および研究デザイン

対象者は、某海水浴場で水難救助活動に携わるライフセーバー 12 名(男性 8 名, 女性 4 名; 年齢  $18.9 \pm 0.3$  歳, BMI  $22.6 \pm 0.9$  kg/m<sup>2</sup>, 水難救助活動歴  $2.3 \pm 0.3$  年)であった(表 5-1)。全ての対象者は、NPO 法人日本ライフセービング協会の「ベーシックサーフライフセーバー」資格を有していた。対象者に、睡眠導入剤の服用者は含まれていなかった。ヘルシンキ宣言に基づき、対象者には事前に研究の主旨や手順を説明し、本研究の参加に対する同意を得た。本研究の内容は、流通経済大学研究倫理審査委員会の承認(申請番号第 3 号, 2013 年)を得ている。

対象となるライフセーバーの活動期間は 2015 年 7 月 18 日から 8 月 16 日までの 30 日間であった。この期間中は、対象者全員が海水浴場に隣接された宿泊施設に宿泊し、自炊による同一の食事を摂取した。また、活動中や食事時の水分摂取に対して、水分量および成分について制限せず、自由摂取とした。活動中の活動開始前の生活習慣は個人差が大きく、このことが睡眠および唾液 SIgA 分泌速度に影響を及ぼすことを考慮して、

生活習慣が統制され，なおかつ疲労が比較的軽度な活動開始 1 週間後を基準（以下，Baseline）にデータの収集と分析を行うこととした．

対象者が高感度圧力センサー搭載マット(Kogure et al.,2011)で夜間睡眠をとることに慣れるため，睡眠評価は合宿開始と同時に測定を開始した(図 5-1)．唾液 SIgA 濃度は日内変動の影響を受けるため(Hucklebridge, F et al., 1998) 唾液採取は起床後 30 分以内に行うこととし，採取間隔は 1 週間とした．また，Pittsburgh Sleep Quality Index 日本語版（以下，PSQI-J）(土井ら, 1998)による過去 1 ヶ月間の睡眠評価を，水難救助活動開始 2 週間前および活動終了 2 週間後に行った．

また，本研究の対象となった海水浴場では，活動期間中にライフセーバーが常駐する建物の屋外に設置された気温計を用いて，正午における外気温の測定データを記録した．

表 5-1. 被験者の身体特性

	mean $\pm$ SE
Gender (Male/Female)	8/4
Age (y)	18.9 $\pm$ 0.3
Height (cm)	167.3 $\pm$ 3.4
Body weight (kg)	63.6 $\pm$ 3.5
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.6 $\pm$ 0.9
Data are presented as mean $\pm$ SE.	n=12

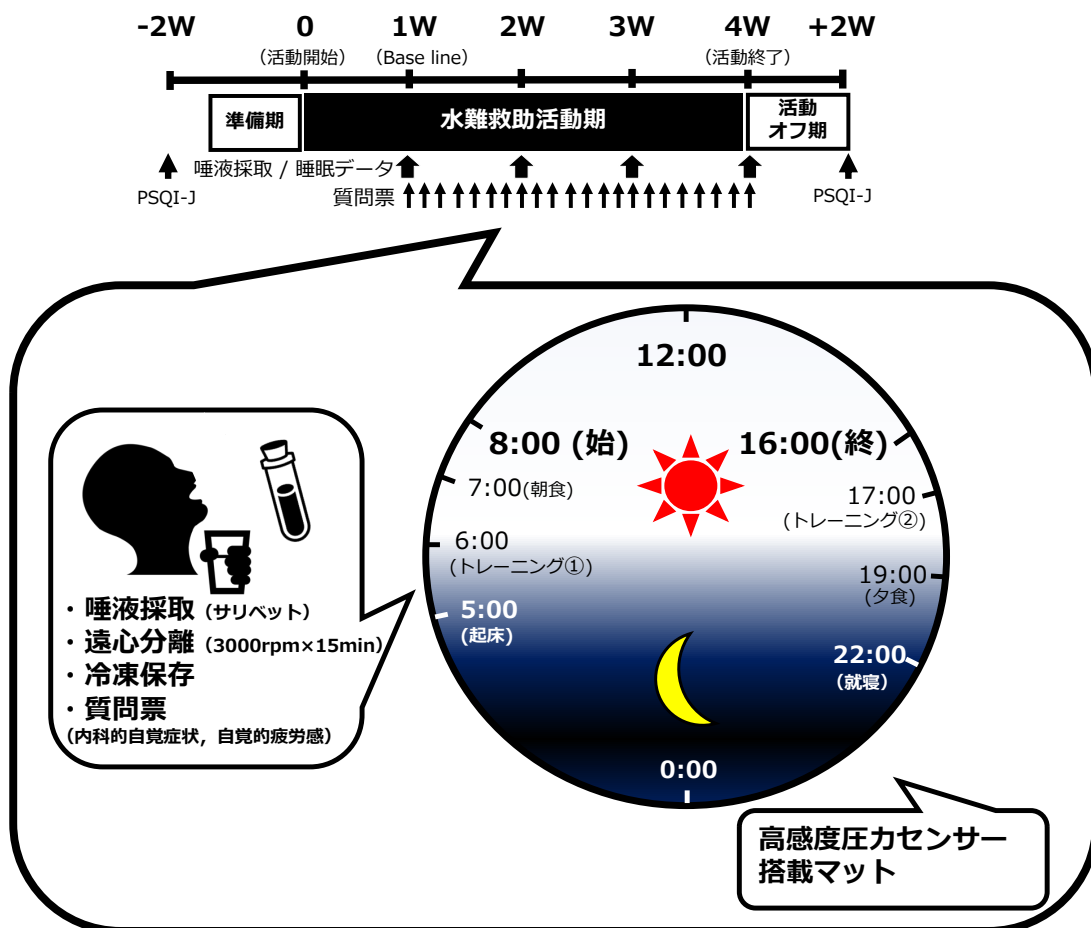


図5-1. 活動期間中の日内行動と実験デザイン

## 2) 高感度圧力センサーによる睡眠評価

夜間就寝中の睡眠は，高感度圧力センサーを搭載した薄型マット（眠り SCAN，パラマウントベット）により評価した．本装置は高感度圧力センサーによりマット上の振動を検知し，その頻度および強度から身体活動量を推定し，睡眠評価は，連続記録した 1 分毎の活動量により睡眠/覚醒判断を行い，就寝時間，入眠潜時（就寝から入眠までの時間），中途覚醒回数，睡眠時間，睡眠効率（就寝時間に対する総睡眠時間の割合）を算出した（Kogure et al., 2011）．測定にあたっては，本装置を布団の下に設置し，被験者自らが就寝 30 分前に装置の電源を入れ，就寝から起床までのデータを得ることとした．

## 3) PSQI-J による主観的睡眠評価

過去 1 ヶ月間の睡眠を主観的に評価する PSQI-J(Doi et al., 2000) を用いて，睡眠状態を活動（合宿および水難救助活動）前と活動期間中で比較した．PSQI は全 18 項目で構成されており，7 つのコンポーネント（C1, 睡眠の質；C2, 入眠時間；C3, 睡眠時間；C4, 睡眠の質；C5, 睡眠障害；C6, 睡眠剤の使用；C7, 日常生活における障害）に分けて睡眠を評価する．これに加えて，睡眠障害の程度を示す PSQI 総合得点を算出することもできる．PSQI 総合得点のカットオフ値は 5.5 点とし（Enomoto et al., 2009），それ以上を睡眠障害ありとした．

## 4) 唾液 SIgA 分泌速度の測定

唾液 SIgA 分泌速度の測定は先行研究（荒井ら，2016；秋本崇之ら，1998）に従い，以下の手順で行った．初めに，対象者にミネラルウォーターで口腔内を濯がせ（30 秒間×3 回），5 分間の座位安静をとらせた．次

いで、口腔内の唾液を全て嚥下させ、滅菌綿 (Salivette, Sarstedt) を 1 秒間に 1 回のペースで 1 分間咀嚼させ、分泌された唾液を綿に吸収させた。唾液重量を電子天秤で測定し、唾液密度は 1 g/ml であると仮定して、唾液分泌速度 (ml/min) を推定した。唾液は遠心分離器 (3,000 rpm, 15 分間) で滅菌綿から分離し、 $-40^{\circ}\text{C}$  で SIgA の濃度測定まで冷凍保存した。唾液 SIgA 濃度 ( $\mu\text{g/ml}$ ) は Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) により測定し、唾液分泌速度を乗じて、唾液 SIgA 分泌速度 ( $\mu\text{g/min}$ ) を算出した。

#### 5) 内科的自覚症状

山内ら (2009) が内科医と相談して作成した質問票を用い、起床後の内科的自覚症状 (頭痛, ノドの痛み, 腹痛, 関節痛, 熱感, 悪寒, 吐き気, 下痢, 咳, 痰, 鼻水, 倦怠感, 風邪の自覚症状) の有無を確認した。先行研究 (Kon et al., 2010) に従い, 2 日連続で 2 つ以上の自覚症状が認められた場合に, URTI が発症したと判断した。

#### 6) 統計処理

値は平均値  $\pm$  標準誤差で示している。観察期間中における各指標の変動は、反復測定の一元配置分散分析および Tukey-Kramer による多重比較検定で評価した。2 変数の関係は、Pearson の単相関係数により分析した。唾液 SIgA 分泌速度の変動に関連する因子を明らかにするため、入眠潜時、中途覚醒回数、睡眠時間、睡眠効率を独立変数とした重回帰分析 (ステップワイズ法) を行った。PSQI-J, 起床時刻, 就寝時刻は、対応のある  $t$ -検定で活動前と活動中を比較した。これらの統計処理には、SPSS for windows ver.2.2 (IBM) を用い、統計学的有意水準は危険率 5%未満

とした。なお、先行研究（荒井ら, 2016）において変化量を用いて評価したことに意義のある結果が得られたため、本研究においても同様とした。

### 5-3. 結果

#### 1) 気象環境と海浜利用者数

本実験における活動期間中の気温は、平均気温  $28.5 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$  (最高気温  $34.0^{\circ}\text{C}$ , 最低気温  $25.0^{\circ}\text{C}$ ) であり、活動期間中に 29,923 名の海浜利用者（1日の最大利用者数 4,882 人）があった。また海浜利用者のうち活動開始から 1W まで 11,153 人, 1W から 2W まで 9,932 人, 2W から 3W まで 5,151 人, 3W から 4W まで 3,687 人であった。

#### 2) 唾液および睡眠関連指標における絶対値の比較

唾液分泌量は 2W および 3W に比べて 4W で高値を示した（表 5-2）。唾液 SIgA 分泌速度の主効果は、わずかな差（ $p=0.07$ ）で有意水準に到達しなかった。入眠潜時は、3W で Baseline に比べて増大し、4W で 3W に比べて減少した。また、睡眠効率は 4W で 3W に比べて増大した。

表 5-2. 唾液および睡眠関連指標の変動

	Base line	2W	3W	4W	ANOVA (p値)
<b>【唾液】</b>					
唾液分泌量 (ml/min)	2.92±0.36	2.66±0.39	2.24±0.33	4.84±0.95 <sup># §</sup>	0.01
SIgA 濃度 (μ g/ml)	35.4±4.7	37.6±2.6	33.5±3.0	32.4±3.0	0.74
SIgA 分泌速度 (μ g/min)	104.3±21.4	95.5±14.8	67.6±7.6	139.4±26.5	0.07
<b>【睡眠】</b>					
睡眠時間 (min)	359±24.4	332±17.1	364±20.4	343±21.3	0.78
入眠潜時 (min)	14.7±1.4	19.9±3.0	37.2±4.9 <sup>*</sup>	14.5±2.1 <sup>§</sup>	0.004
覚醒回数 (times)	0.7±0.4	1.3±0.7	2.0±1.8	0.3±0.2 <sup>§</sup>	0.55
睡眠効率 (%)	88.8±1.4	85.8±2.1	76.0±2.5	91.0±1.7	0.02

値は平均値±標準誤差.

<sup>\*</sup>,  $p < 0.05$  vs Baseline ; <sup>#</sup>,  $p < 0.05$  vs 2W ; <sup>§</sup>,  $p < 0.05$  vs 3W. ANOVA , analysis of covariance.



### 3) 唾液および睡眠関連指標における変化量の変動

絶対値における分析で主効果が有意であったか、あるいは有意に近かった唾液分泌量，唾液 SIgA 分泌速度，入眠潜時，そして入眠効率の 4 項目を対象に Baseline の値を基準とした変化量 ( $\Delta$ ) を算出したところ，全ての項目で有意の主効果が認められた． $\Delta$  唾液分泌量(図 5-2)は Baseline, 2W, 3W に比べて 4W で， $\Delta$  SIgA 分泌速度(図 5-3)および  $\Delta$  睡眠効率(図 5-4)は 3W に比べて 4W で増大した． $\Delta$  入眠潜時は(図 5-5)，3W で Baseline に比べて増大，4W で 3W に比べて減少した．

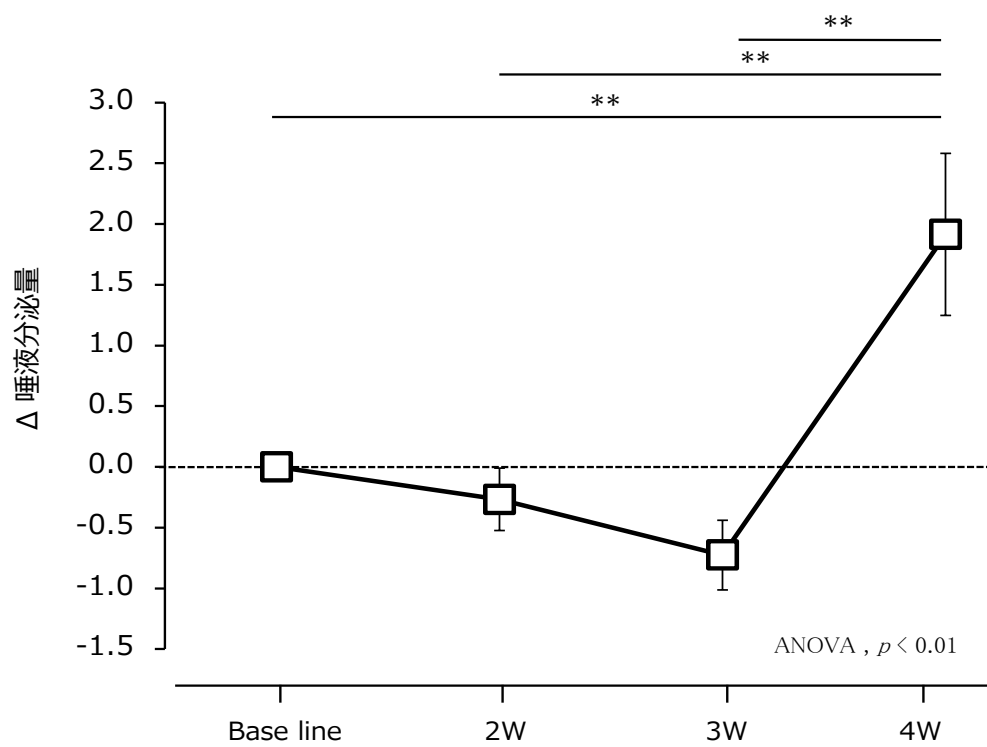


図 5-2. 唾液分泌量の変動

値は平均値±標準誤差. \*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ . ANOVA analysis;  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$

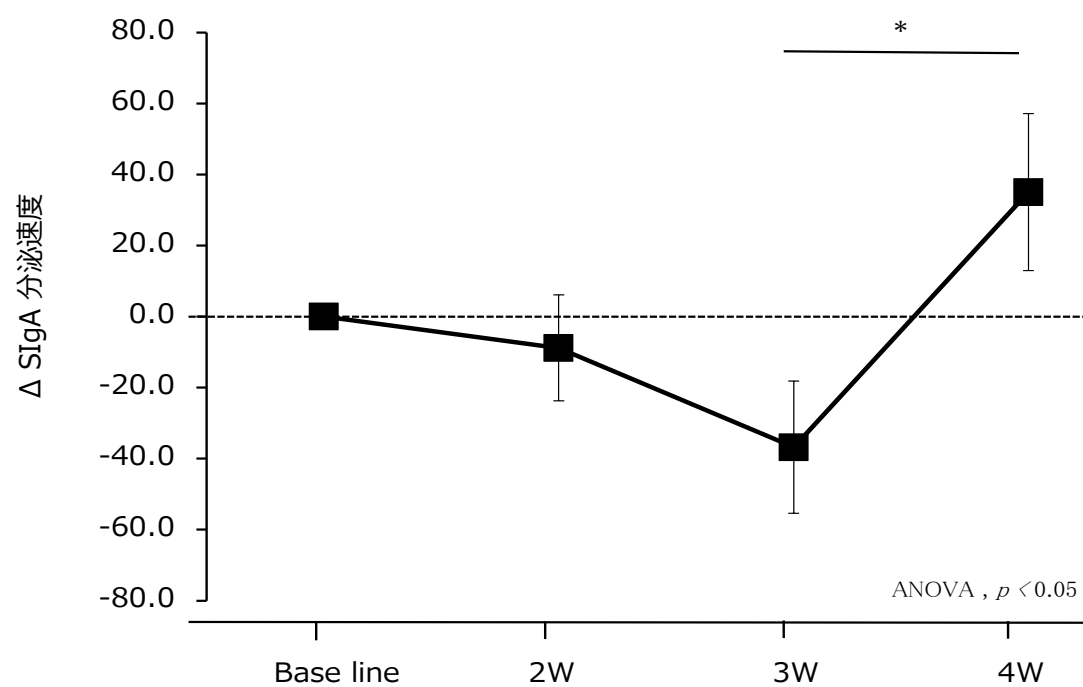


図 5-3. 唾液SIgA分泌速度の変動

値は平均値±標準誤差. \*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ . ANOVA analysis;  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$

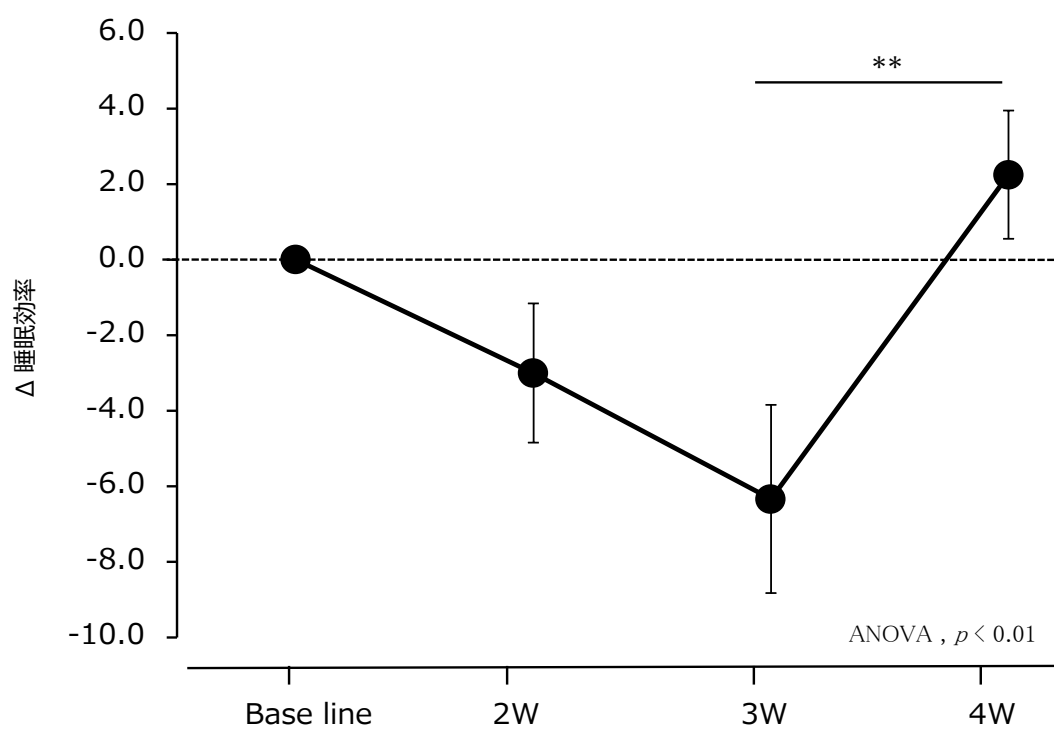


図 5-4. 睡眠効率の変動

値は平均値±標準誤差. \*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ . ANOVA analysis;  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$

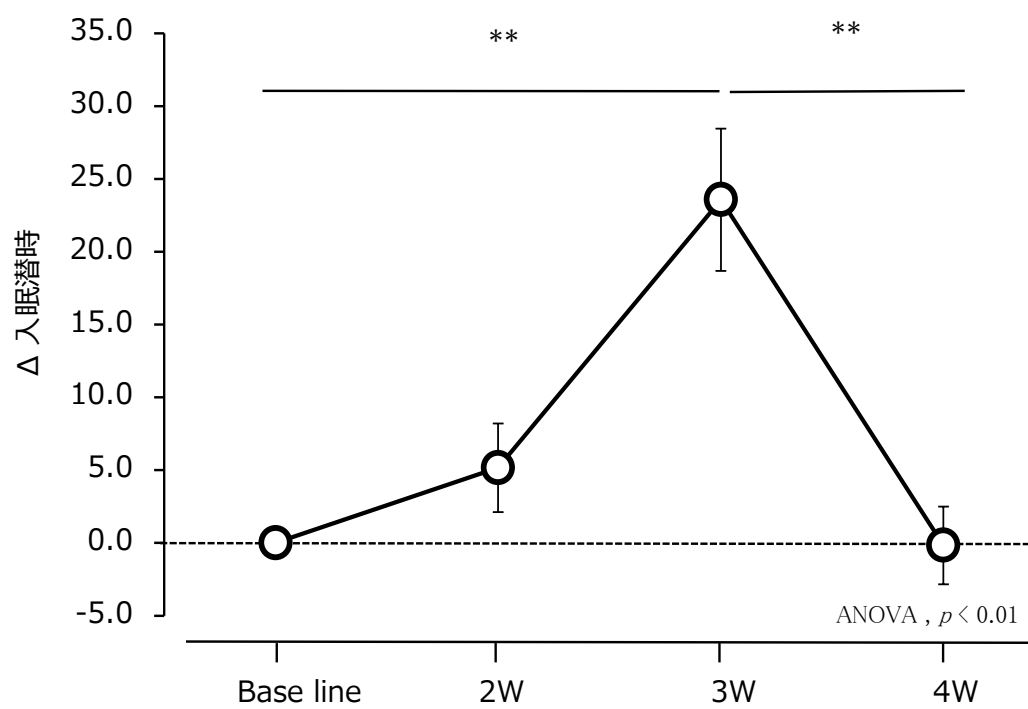


図 5- 5. 入眠潜時の変動

値は平均値±標準誤差. \*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ . ANOVA analysis;  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$

#### 4) 唾液 SIgA 分泌速度と睡眠との関連

各指標における Baseline からの変化量を算出し、2W から 4W までの値を一括して相関分析を行ったところ ( $n = 36$ )、 $\Delta$  唾液 SIgA 分泌速度と  $\Delta$  睡眠効率との間に相関関係が認められた。また、 $\Delta$  SIgA 分泌速度を従属変数としたステップワイズの重回帰分析を行ったところ、有意の回帰式が得られ ( $R^2=0.23, p=0.002$ )、 $\Delta$  睡眠効率および  $\Delta$  睡眠時間が  $\Delta$  入眠潜時および覚醒回数から独立した予測因子として採択された (表 5-3)。

表 5-3.  $\Delta$ SIgA分泌速度と $\Delta$ 睡眠との関連

Δ SIgA分泌速度						
単相関分析			ステップワイズの重回帰分析			
	<i>r</i>	<i>p</i>	回帰係数 ( <i>β</i> )	S.E.	標準化回帰係数 (標準化 <i>β</i> )	<i>p</i>
Δ 睡眠時間	-0.19	<i>n.s.</i>	-0.19	0.09	-0.36	0.03
Δ 入眠潜時	-0.16	<i>n.s.</i>	-	-	-	-
Δ 覚醒回数	-0.15	<i>n.s.</i>	-	-	-	-
Δ 睡眠効率	0.35	0.03	4.43	1.52	0.47	0.01

#### 5) 就寝および起床時刻と PSQI-J による睡眠調査

活動前と活動期間中の就寝および起床時刻の比較では，活動期間中の就寝時刻（平均 23 時 21±8.4 分 vs. 22 時 05±5 分）および，起床時刻が早い（平均 7 時 00±11.4 分 vs. 5 時 25±3 分）ことが示唆された．また，PSQI-J の得点においては，活動前に比べて活動期間中の入眠時間が有意（ $p<0.05$ ）に短縮され，日中の覚醒困難においては有意（ $p<0.01$ ）に減少した．さらに睡眠障害を示す PSQI-J 総合得点においても有意（ $p<0.05$ ）に減少した（表 5-4）．



表 5-4. 活動前後におけるPSQIスコアの比較

	Pre	Post	<i>p value</i>
主観的睡眠の質 (C1)	1.25 ± 0.24	1.33 ± 0.14	0.79
入眠時間 (C2)	1.67 ± 0.48	0.50 ± 0.25	0.01 *
睡眠時間 (C3)	0.83 ± 0.16	0.75 ± 0.13	0.39
睡眠効率 (C4)	0.15 ± 0.15	0.00 ± 0.00	0.33
睡眠困難 (C5)	3.17 ± 0.79	3.75 ± 0.80	0.24
睡眠剤の使用 (C6)	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	–
日中の覚醒困難 (C7)	1.92 ± 0.43	0.58 ± 0.19	0.003 **
PSQI 総合得点	8.83 ± 1.45	6.92 ± 0.92	0.04 *

値は平均値±標準誤差. \*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$

## 6) 内科的自覚症状

今回の実験期間中において、内科的自覚症状を呈し、URTI の症状に該当する被験者はいなかった。

### 5-4. 考察

本研究では、水難救助活動期間中のライフセーバーを対象に睡眠評価および唾液採取を行い、睡眠と唾液 SIgA 分泌速度との関連を検討した。水難救助活動期間中に、睡眠効率および唾液 SIgA 分泌速度には有意な変動が認められ、両者の変動は正の相関関係にあった。また、重回帰分析においては、睡眠効率が唾液 SIgA 分泌速度の独立した予測因子として採択された。これらの結果は、水難救助活動期間中におけるライフセーバーの睡眠効率は口腔免疫機能に関連することを示唆する。水難救助活動期間中において、ライフセーバーのコンディションを良好に保つためには、睡眠効率を低下させないことが必要だと考えられる。

唾液 SIgA による口腔免疫機能評価には、その分泌速度を用いる方法の他にその濃度を用いる方法もある。また、それらの変動の指標には、変化量および変化率がある。しかしながら、脱水等により唾液分泌量が低下した場合、SIgA 濃度は SIgA の分泌量を過大評価する恐れがあるので、スポーツ活動に伴う口腔免疫機能の継時的変化を検討した先行研究では、唾液 SIgA 分泌速度が指標に用いられている。また、筆者らの過去の研究では、水難救助活動期間中のライフセーバーにおける URTI 感染との関連性は、唾液 SIgA 分泌速度の変化率よりもその変化量で顕著であった（荒井ら, 2016）。そこで本研究では、口腔免疫機能の変動を、唾液 SIgA 分泌速度の変化量で評価した。

本研究では、睡眠効率の変動が唾液 SIgA 分泌速度の変動と関連するこ

とが示唆された。睡眠効率は、入眠潜時が長くなったり、就寝中における覚醒の回数および時間が増大したりすることで低下する。身体的ストレスはこれらに影響を与え得る因子であり、マラソンのような長時間の持久系運動などは、夜間睡眠中の覚醒を誘発したり、入眠潜時を延長したりすることが報告されている (Montgomery et al., 1985)。また、本研究ではオーバートレーニングおよび精神的ストレスの指標を測定していないが、慢性的な身体疲労の蓄積によるオーバートレーニング (Driver et al., 2000; Fullagar et al., 2015) や精神的ストレス (Manni et al., 1997) など自律神経のバランスが不均衡となることによって睡眠を阻害するとされている (Fullagar et al., 2015)。自律神経は、睡眠だけではなく、唾液腺からの唾液分泌にも影響を及ぼすことや (Bosch et al., 2002)、夜間睡眠中の副交感神経活動亢進に応じて免疫機能が活性化すること (Bollinger et al., 2010)、さらに睡眠の質の低下により免疫機能が低下すること (Fondell et al., 2011) など、免疫細胞にも影響を及ぼす。SIgA の産生経路としては、リンパ球から産生された IgA が上皮細胞において分泌成分と結合し、SIgA として唾液中に分泌される (Mostov et al., 1980)。SIgA の分泌には、ヘルパー T 細胞による調節系 (Grebe et al., 2009; Hu et al., 2012; Nijhuis et al., 2014; Nakai et al., 2014) が関与しているが、交感神経の賦活により調整系が抑制されることが示されている (Nakai et al., 2014)。本研究において睡眠効率と唾液 SIgA 分泌速度に関連が認められた背景には、水難救助活動による身体的および精神的ストレスが交感神経系活動を亢進させた可能性が考えられる。

本研究の観察期間中に URTI の症状を呈した対象者はおらず、この結果、唾液 SIgA 分泌速度は活動後半の 3 週間後にかけて漸減する傾向にありながらも、統計学的な有意水準には到達しなかった。この結果は、

URTI を発症しなかったライフセーバーでは、唾液 SIgA 分泌速度の変動は認められなかったという先行研究（荒井ら, 2016）の結果と一致している。一方で、唾液 SIgA 分泌速度の変化量は、水難救活動開始 3 週間後に比べて 4 週間後に高値を示した。この結果は、海洋危険生物（鮫）の影響で海水浴場が遊泳禁止になり、海浜利用者数が減少して活動内容が縮小されたこと、朝夕のスイムトレーニングおよび水難救助トレーニングが中止されたことに起因すると考えられる。また、水難救助活動の開始に向けた準備期間中には、水難救助を想定したシミュレーショントレーニングが繰り返し行われ、さらに器材の設置準備などの作業により、活動開始前から慢性的な疲労状態が生じ、その後、外的要因によって海浜利用者の減少と、水難救助活動の制限およびトレーニング自体が縮小されたことで、水難救助活動開始時を超えて精神的、身体的ストレスの解放がコンディションの回復に影響を及ぼしたのかもしれない。この活動制限は本研究で意図したものでは無かったが、結果的に、活動を制限することでライフセーバーのコンディションは回復できるという重要な示唆を提供するものになった。疲労が蓄積する前に、1 日の活動に携わる時間を縮小し、トレーニングの量を減らすなどの取り組みが、ライフセーバーのコンディショニングにおいて有効だと考えられる。また、唾液 SIgA 分泌速度の変化量が高値であった水難救活動開始 4 週間後は、唾液分泌速度の変化量も高値であった。本研究では脱水状態の評価は行っておらず、推測ではあるが、積極的な水分摂取による脱水予防も、ライフセーバーのコンディショニングに有用かもしれない。このことは、特に非経験者群が経験者群よりも唾液 SIgA 分泌速度が低値を示した先行研究（荒井ら, 2016）の結果から考慮すると、活動期間中に唾液 SIgA 分泌速度が低下しやすい新人ライフセーバーにおいて、重要だと考えられる。

睡眠の質が同じであれば、睡眠時間が長いほど心身のコンディションは良くなり、唾液 SIgA 分泌速度も増大する可能性が考えられる。しかし、ステップワイズの重回帰分析では、睡眠時間は唾液 SIgA 分泌速度と負の相関関係にあるという、仮説と矛盾する結果が得られた。このことは、心身のストレスが睡眠の質を低下させることで寝覚めが悪くなり、その結果として睡眠の質を確保しようと働きかけることによって、睡眠時間の延長につながったと考えられる (Youngstedt et al., 1997)。今後、睡眠時間や覚醒回数等の他に、睡眠ポリグラフによりノンレム睡眠および除波睡眠の時間を測定するなどして、より詳細な検討を行う必要がある。

PSQI-J では、入眠時間および睡眠障害の程度を反映する PSQI 総合得点は、水難救助活動前に比べて活動期間中に改善した。合宿に伴って強制的に規則的な生活が始まったために、主観的な睡眠評価が改善したのかもしれない。また、水難救助活動の緊張感により、日中の覚醒困難感も低下している (中塚ら, 2010)。しかし、実際には、圧力センサーで客観的に睡眠を評価したところ、入眠潜時は延長して睡眠効率は低下し、それに比例して唾液 SIgA 分泌速度も変動している。水難救助活動期間中は、主観的評価に加え、客観的に睡眠を評価することも、適切なコンディショニングに必要だと考えられる。

## 5-5. 結論

本研究により、水難救助活動期間中のライフセーバーでは入眠潜時が延長するとともに睡眠効率が低下し、その変動は唾液 SIgA 分泌速度の変動に関連することが示唆された。水難救助活動期間中における睡眠効率を改善することが、唾液 SIgA 分泌速度の低下抑制、ひいては URTI の予防に有用であると考えられる。

## 第 6 章 総合討論

### 6-1. 本研究の目的

本研究は、水難救助活動期間中におけるライフセーバーのコンディションに着目し、生化学的、心理的指標に基づく身体的疲労および心理的ストレスについて実施した基礎調査から得られた結果をもとに、さらに詳細なコンディションの影響を評価するため、口腔内局所粘膜免疫能の指標のうち唾液 SIgA の変動とそれに関連した上気道感染症の罹患状況についてモニタリングを実施し、その有用性に関して検証を試みることであった。また、これによって得られた結果から、唾液 SIgA 分泌速度の変動と睡眠効率との関係について着目し検討することで、ライフセーバーの活動期間におけるコンディション改善法を確立するための知見を得ることを目的とした。

### 6-2. 本研究で得られた成果

#### 6-2-1. 研究課題 1: ライフセーバーのコンディションに関する予備調査

研究 1 では、ライフセーバーを対象として、POMS を用いた心理的影響に関する調査と、蛋白尿と尿潜血反応の定性的評価による生化学的調査による身体的影響、および活動中に被る怪我の実態調査を実施し、ライフセーバーのコンディションについて検討する基礎的知見を得ることを目的とした。その結果、活動日数の経過と同時に、海浜利用者数の増加によって、POMS の「疲労」を示す値が上昇する傾向を示したが、「活気」を示す値が減少する傾向を示した。また、途中休息日を付与したことによって「疲労」を示す値が減少し、「活気」を示す値が増加するという傾向が確認された。

生化学的指標として尿検査用試験紙を用いた尿成分の調査の結果、被

験者全員に尿蛋白の陽性反応が認められ、早朝においても連続して数日間の陽性反応が認められた特徴的な事例も確認された。

#### 6-2-2. 研究課題2：唾液 SIgA を用いたコンディション評価

研究課題2では、ライフセーバーのコンディションを把握するために、唾液 SIgA に着目し、活動期間中のモニタリングをし、コンディションを評価するための指標として検討することを目的とした。その結果、唾液 SIgA 分泌速度は、活動開始時から終了時までにおいて、経験者群よりも非経験者群の減少量が有意に大きいことを示した。また自覚的疲労感は、非経験者群が有意に高値を示した。上気道感染症の症状を示した被験者の唾液 SIgA 分泌速度は、ベースラインと比較して減少量が有意に大きい値を示した。その結果、水難救助期間中のライフセーバーのコンディションを示す指標として、唾液 SIgA 分泌速度によるモニタリングが有用であると確認された。

#### 6-2-3. 研究課題3：唾液 SIgA 分泌速度と睡眠との関連

研究3では、唾液 SIgA 分泌速度と睡眠の関係について検討することを目的とした。睡眠のうち、睡眠効率が唾液 SIgA 分泌速度の変動と関連することが確認された。その結果、ライフセーバーがコンディションを良好に保つためには、睡眠効率を低下させないことが有用であることが示された。

### 6-3. 本研究の意義と今後の課題

水難救助は、ライフセーバーにとって身体的高運動負荷となり、救助を成功させるためには、コンディションを崩した状態では、自身や被救助者の安全を確保することが困難となることが考えられる。

よって、活動期間中には、通常からコンディショニングに配慮する工夫が求められる。しかしながら、ライフセーバーによるコンディションの実態やそれに影響される要因や、コンディションを評価する指標などの先行研究はない。そこで本研究では、ライフセーバーのコンディションを心理的指標や生化学的指標による調査を実施し、コンディショニングの事例として用いられる口腔内局所粘膜免疫能のうち唾液 SIgA を用いてモニタリングした。また良好なコンディションを構成するとされる要素のうち、夜間の睡眠との関連について検討した。

研究課題 1 では、合宿型生活様式にて活動を行なったライフセーバーによるコンディションの変動について、心理的指標および生化学的指標を用いて評価し基礎的知見を得ることができた。このうち POMS を用いた心理的指標は、活動日数の経過と同時に海浜利用者数の増加による環境変化などの影響から、「疲労」を示す値が増加し、「活気」を示す値が減少するという傾向が確認された。また、生化学的指標として用いた尿成分は、被験者の起床時および日内活動終了時に尿蛋白の出現が連続して確認され、そのうち尿潜血に陽性反応が確認された事例が確認された。しかしながら、適度な休息によって POMS の「疲労」を示す値が減少し、「活気」を示す値が増加する傾向が確認されたことから、休息によって心理的ストレスを解放したと考えられた。研究課題 1 では、サンプル数が少ないことや、個人の変動に着目した知見でもあり、全体的な特徴を示すことはできなかったことなどの検討の余地も考えられる。また、初



めて活動を経験する被験者が疲労感を訴え、風邪に罹患する事例も確認されたことから、アスリートの長期合宿などのコンディション評価に用いられている口腔内局所粘膜免疫能のうち唾液 SIgA に着目したアプローチによって詳細な実態が明確になることが期待される。

研究課題 2 では、アスリートの合宿時のコンディション評価にも用いられる唾液 SIgA の変動について着目し、上気道感染症への罹患などに及ぼす影響から、ライフセーバーのコンディション評価への汎用について検討した。唾液 SIgA 分泌速度の変動は、経験者群に比べて非経験者群の低下が大きかった。水難救助活動期はライフセーバーにとって身体的、心理的ストレスを負荷するが、それらのストレスが非経験者群で経験者群に比べて大きかったことが、唾液 SIgA 分泌速度の低下が両群で異なったことが示唆された。

これを受け、水難救助活動に初めて携わるライフセーバーには、活動開始の初期段階で十分な休息を与え、本格的な活動に向けて環境に適応する準備期間を設定する必要があると考えられる。上気道感染症の発症と唾液 SIgA 分泌速度の動向について着目すると、活動開始以前のレベルから上気道感染症の発症にかけて段階的に低下する傾向が確認された。水難救助活動に携わるライフセーバーにおいても、唾液 SIgA 分泌速度を定期的にモニタリングすることで、上気道感染症の兆候を早期に検出し、URTI 罹患の予防や症状緩和のためのコンディショニングの指標となることが期待される。

研究課題 3 では、水難救助活動期間中のライフセーバーを対象に睡眠評価および唾液採取を行い、睡眠と唾液 SIgA 分泌速度との関連を検討した。水難救助活動期間中に、睡眠効率および唾液 SIgA 分泌速度には有意な変動が認められ、両者の変動は正の相関関係が認められ、睡眠効率と

唾液 SIgA 分泌速度に関連性を示すことが確認された。睡眠効率は、入眠潜時が延長されたり、就寝中における覚醒の回数および時間が増大したりすることで低下する。本研究において睡眠効率と唾液 SIgA 分泌速度に関連が認められた背景には、水難救助活動による身体的および精神的ストレスが交感神経系活動を亢進させた可能性が考えられる。水難救助活動期間中において、ライフセーバーのコンディションを良好に保つためには、睡眠効率を低下させないことが重要であると確認できた。

以上のことから、水難救助活動期間中のライフセーバーに対して、コンディションを低下させないための対策と配慮が求められる。特に水難救助活動を初めて経験するライフセーバーは、活動が開始されるまでの準備期間の早い段階で、起床や就寝のリズムを整えることによって、活動の馴化に取り組むことができ、さらに活動期間の後半には、休息時間の積極的な介入などの工夫によって、唾液 SIgA 分泌速度の低下を防止することに貢献することが期待できる。

また、本研究で得られた成果によって抽出された課題として、高額な器材を十分に揃えることや、測定から分析そしてフィードバックすることに時間を要することは、検討の余地があると考えられる。

本研究の成果を国内の海水浴場で活動するライフセーバーのコンディショニングに還元するならば、スマートフォンなどのような民生機器を活用し、専用のアプリケーションと合わせて、簡易的且つ短時間で評価し、即時にフィードバックする取り組みの検討も必要と考えられる。

## 第 7 章 結語

本研究の目的は、水難救助活動に携わるライフセーバーが、活動期間中のコンディショニングを実施するにあたり、活動で被る心理的ストレスおよび身体的疲労について実施した基礎調査から得られた結果をもとに、唾液 SIgA の変動とそれに関連した上気道感染症の罹患状況についてモニタリングを実施することによって、その有用性に関して検証を試みることとした。

さらに、これによって得られた知見から、唾液 SIgA 分泌速度の変動と睡眠効率との関係について着目し、活動期間におけるコンディショニングの改善法を確立するための知見を得ることを目的とした。

1.水難救助活動期間中は、ライフセーバーにとって心理的ストレスや身体的疲労を被ることが確認された。特に活動後半に移行するにあたり、POMS の活気の値が低下し、疲労の値が高い傾向を示した。また尿蛋白や尿潜血の出現から日中の活動による影響から、身体への負荷が大きく、疲労した状態が続くことが判明した。

2.水難救助活動期間中のライフセーバーにおける唾液 SIgA 分泌速度の値が、活動の非経験者群において顕著に低いことが確認された。また自覚的疲労感は、経験者群よりも有意に高いことが示された。このことから、水難救助活動に初めて携わるライフセーバーには、活動開始の初期段階で十分な休息を与え、本格的な活動に向けて環境に適応する準備期間を設定する必要がある。

3.上気道感染症に罹患した者は、唾液 SIgA 分泌速度が活動初期から有意

に低下し、特に活動後半に顕著な値を示した。このことから唾液 SIgA 分泌速度を定期的にモニタリングすることで、上気道感染症の兆候を早期に検出し、上気道感染症罹患の予防や症状緩和のための対応に配慮することができると考えられる。

4.水難救助活動期間中のライフセーバーによる夜間睡眠では、睡眠効率と唾液 SIgA 分泌速度との変動に関連性があることが示唆された。このことから、睡眠効率の低下を抑制することが、唾液 SIgA 分泌速度の低下および上気道感染症の罹患を予防することに貢献できる可能性が示された。

以上の結果は、水難救助活動に携わるライフセーバーが、実際の救助時にパフォーマンスを発揮するためには、通常から取り組むべきコンディショニングのあり方として示唆できる重要な知見として意義があるものとする。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり，論文作成から学位審査に至るまでご助言を賜りました，筑波大学大学院人間総合科学研究科・前田清司教授に厚く御礼を申し上げます。

また，本博士論文の作成および投稿論文作成にあたり，多くのご助言を賜りました流通経済大学スポーツ健康科学部・大槻毅教授ならびに膳法亜沙子准教授には，心より厚く御礼を申し上げます。

さらに，研究の相談から実験に至る補助をしていただきました国立スポーツ科学センタースポーツ科学研究部・清水和弘研究員，筑波大学スポーツ Research & Development コア研究員・崔英珠研究員そして花岡裕吉氏には心より厚く御礼を申し上げます。

また，研究室の勉強会に参加させていただく機会と，研究への動機付けの機会を与えていただきました筑波大学体育科学系・渡部厚一准教授に心から厚く御礼を申し上げます。

私が大学院修士課程在籍中に指導教官であった筑波大学・河野一郎特命教授には，私が大学教員として奉職する道を選択することになった後に賜った激励のお言葉が心の励みとなり，博士論文を完成させることができました。ここに深く感謝を申し上げます。

大学院修士課程を修了して25年近くが経過し，振り返ると人生の中で何かやり残したことがあるのではないかという思いで日々を過ごして参りました。そして多くの方々に支えられ，ここに節目として博士論文を完成させることができました。本研究は，私が水難救助活動を始めた学生時代の未熟な経験が発端となったものです。今後，この成果が水難救助活動の現場において有効に活用されるように努力をしたいと思います。

## 参考文献

1. 赤間高雄. (2006) オーバートレーニング症候群における免疫機能. 臨床スポーツ医学. 23(8): 889-893.
2. 秋本崇之, 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. (1998) 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: 245-225.
3. 秋本崇之, 赤間高雄, 杉浦弘一, 龍野美恵子, 香田泰子, 和久貴洋, 河野一郎. (1998) 持久性ランニングによる口腔局所免疫能の変動. 体力科学 47: 53-62.
4. 東純一. (1982) 尿検査に及ぼす運動の影響. 臨床検査. 36(12) : 1279-1283.
5. 荒井宏和, 河野一郎. (1996) 海浜におけるライフセービング活動について. トレーニング科学. 8: 79-88.
6. 荒井宏和, 清水和弘, 大槻毅, 花岡裕吉, 前田清司, 渡部厚一. (2016) 唾液 SIgA によるライフセーバーのコンディション評価. 日本臨床スポーツ医学会誌. 24(1): 84-92.
7. 石田浩之. (2008) 蛋白尿と血尿. 臨床スポーツ医学. 25: 432-436.
8. 石山修盟. (2007) 日本体育協会編公認アスレチックトレーナー専門科目テキスト【予防とコンディショニング】. 財団法人日本体育協会. (6) : 3-5.
9. 市原勝彦, 奥本正, 得本啓次, 新畑茂充. (2002) 生理的および心理的

- 指標からみた大学レスリング選手のコンディショニング. 東亜大学  
総合人間科学・文化学部紀要. 2 (1): 71-82.
10. 猪飼道夫. (1961) 体育生理学序説. 体育の科学社; 42.
11. 大泉光一. (2004) 危機管理学研究. 文眞堂. 第2版; 170.
12. 緒方正名. (1962) 生化学的疲労測定法【とくに尿蛋白, 尿ムコ蛋白を  
中心として】. 産業医学. 4(4); 251-261.
13. 大嶋好和, 東純一, 瀬戸米蔵, 丸山一伸, 徳田三, 小椋盛孝. (1992)  
尿検査に及ぼす運動負荷の影響-筋肉痛を生じた際の尿検査-. 臨床薬  
理. 23(1): 95-96.
14. 太田匡彦, 大園誠一郎, 池田朋博, 中農勇, 平尾佳彦, 渡辺秀次, 高  
島健次, 平尾和也. (2004) 夏季におけるランニング後の運動性血尿  
の検討. 日本泌尿器科学会雑誌. 95(5): 705-710.
15. 奥谷博敏, 柳沢運. (1955) スポーツ疲労における尿中微量蛋白につ  
いて. 体力科学. 5(1): 7.
16. 落合友一. (1998) 中距離走による成長期の運動性蛋白尿についての  
研究. 日本医科大学雑誌. 55: 82-88.
17. 金川克子. (1981) 学生の12分間走と蛋白尿の関係. 臨床検査. 25(2):  
195-198.
18. 川原貴. (1990) オーバートレーニングに対する予防と対策. 臨床ス  
ポーツ医学. Vol.9(5): 489-495.
19. 五木田和夫. (2010) 「危機管理の実務」損保ジャパン・リスクマネジ

- メント「リスクマネジメント実務ハンドブック」日本能率協会陸マネ  
ジメントセンター. 111-164.
20. 佐藤真治, 真田樹義, 朽木勤, 作山公一, 宮地幸隆, 江橋博. (1999)  
ラグビー部合宿トレーニング時の Profile of Mood State(POMS)と尿  
中ホルモンの関係. トレーニング科学. 10(3): 165-172.
21. 柴田義晴, 原英喜, 高山誠. (1986) 水難救助に用いる Carrying の身  
体負担度について. 東京学芸大学紀要. 38: 171-179.
22. 清水和弘, 相澤勝治, 鈴木なつ未, 久木留毅, 木村文律, 赤間高雄,  
目崎登, 河野一郎. (2007) 唾液中 SIgA を用いた全日本トップレスリ  
ング選手の急速減量時のコンディション評価. 日本臨スポーツ医会  
誌. 15: 441-447.
23. 清水和弘. (2011) 新しいコンディション指標 : 唾液を用いたコンデ  
ィション評価. 日本臨スポーツ医会誌. 19(2): 196-198.
24. 朱博, 高橋真, 封東俊介, 堂面彩加, 小西華奈, 木村達志, 関川清一,  
稲水惇, 潰田泰伸. (2011) 中強度運動負荷中の唾液中分泌型免疫グ  
ロブリン A の変化. 広島大学保健学ジャーナル. 10: 20-25.
25. 鈴木政登, 井川幸雄. (1991) 運動性蛋白尿出現機序. 日腎誌. 4: 357-  
364.
26. 鈴木政登, 町田勝彦. (1996) スポーツと尿成分の検査. 臨床病理.  
44(7): 672-732.



27. 鈴木政登, 塩田正俊, 中島孝之. (1981) 運動の腎機能に及ぼす影響. デサントスポーツ科学. 1: 29-37.
28. 鈴木政登. (1990) ジョギング愛好者のフルマラソン後の血液・尿成分の変化. 日本臨スポーツ医学会誌. 7(7): 813-820.
29. 鈴木なつ未, 渡辺涼子, 目崎登. (2016) 大学女子柔道選手における合宿時の心理的コンディション評価. 武道学研究. 49(1): 49-56.
30. 須藤正. (1960) 水泳時の運動性尿蛋白に関する研究. 日本内科学雑誌. 48(8): 1271-1284.
31. 田中喜秀, 脇田慎一. (2011) ストレスと疲労マーカー. 日薬理誌. 137: 185-188.
32. 槻木恵一 監修. (2015) 非侵襲的検体検査の最前線【唾液検査・呼気検査を中心に】. シーエムシー出版: 23-29.
33. 土井由利子, 簗輪真澄, 大川匡子, 内山真. (1998) ピッツバーグ睡眠質問票日本語版の作成. 精神科治療学. 13 (6): 755-769.
34. 時安利栄, 石垣享, 藤城仁音, 圓吉夫, 西條修光. (1995) アメリカンフットボール部の夏期合宿中における POMS の変化: 1 年生と 4 年生の比較. 日本体育大学紀要. 24(2): 83-87.
35. 中岡理恵, 中野京子, 野坂大喜, 佐藤征, 佐藤達資, 吉田和香子, 和田朋也, 保嶋実. (2003) 運動負荷が蛋白尿分画に及ぼす影響. 医学検査. 52(9): 1151-1156.
36. 中塚健太郎, 坂入洋右. (2010) 軽運動が監視作業時の覚醒水準と疲

- 労の回復に及ぼす効果. スポーツ心理研究. 37(2): 75-87.
37. 中塚健太郎, 坂入洋右, 荒井宏和, 稲垣裕美, 小峯力. (2008) 水難救助活動における監視作業に有効な走査法. 流通経済大学スポーツ健康科学部紀要. 1: 87-97.
38. 中塚健太郎, 荒井宏和. (2008) サーフライフセービング教本【第5章サーフパトロール】. 大修館書店. 67-92.
39. 中村大輔, 秋本崇之, 和久貴洋, 鈴木滋, 河野一郎. (2002) 大学サッカー選手における唾液中 SIgA を用いた上気道感染症罹患リスク把握の試み. 日本臨床スポーツ医学誌. 10(3): 445-450.
40. 橋口剛夫, 内田勇人, 上平雅史, 小川幸三, 諸富嘉男. (1988) 大学野球部選手の合宿練習時における疲労について. 日本体育大学紀要. 17(2): 63-68.
41. 花輪啓一, 伊藤孝. (1984) 負荷強度を規定した運動による尿中タンパク排泄量. 日本体育大学紀要. 14 卷(1): 45-51.
42. 堀清記. (1998) 高温環境と運動. 臨床スポーツ医学. Vol.5: 581-591.
43. 堀口真宏. (2012) 海岸救援者の外傷性ストレスにおける縦断的検討. 京都大学大学院教育学研究科紀要. 58: 289-300.
44. 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. (2009) 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: 131-142.

45. 山本勝昭. (1990) オーバートレーニングの指標としての POMS について. 臨床スポーツ医学. Vol.7(5): 561-565.
46. 横山和仁. (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. 日本公衛誌. 37: 913-918.
47. 吉田弘法, 小峯力, 荒井宏和, 稲垣裕美, 垣鍔直, 高橋仁, 大須泰治. (2006) 長期間に及ぶライフセービング活動中のストレス因子について. 体力科学. 55(6): 810.
48. 和久貴洋, 河野一郎. (1995) 剣道選手のコンディショニングに関する事例研究--心理テスト(POMS)を用いたコンディション評価の試み. 体育学紀要. (29): 55-65.
49. 和久貴洋, 河野一郎, 小沢聡, 斎藤実, 香田泰子, 赤間高雄, 香田郡秀, 佐藤成明. (1997) 大学女子剣道部員における寒稽古時の夜間尿中カテコラミン排泄量とフィットネスの変化. 武道学研究. 30 (2): 36-47.
50. 渡部茂(2014). 唾液【歯と口腔の健康】, 医歯薬出版株式会社, 第 4 版:1-8.
51. Abarbanel J, Benet AE, Lask D, Kimche D. (1990) Sports hematuria. J Urol. 143: 887-890.
52. Abelairas-Gómez C, Barcala-Furelos R, Mecías-Calvo M, Rey-Eiras E, López-García S, Costas-Veiga J, Borel-Cerejal A, Palacios-Aguilar J. (2017) Prehospital Emergency Medicine at the Beach: What Is the

- Effect of Fins and Rescue Tubes in Lifesaving and Cardiopulmonary Resuscitation After Rescue?. *Wilderness Environ Med*: 31(3): 473–477.
53. Afshar R, Sanavi S, Fakharian MA, Ahmadzadeh M. (2008) The pattern of proteinuria following karate (Kumite) competitions. *NDT Plus*. 1(5): 376–377.
  54. Australian water safety strategy 2016-2020. (2016) Australian water safety council.15
  55. Barcala-Furelos R, Abelairas-Gomez C, Romo-Perez V, Palacios-Aguilar J. (2013) Effect of physical fatigue on the quality CPR: a water rescue study of lifeguards: physical fatigue and quality CPR in a water rescue. *Am J Emerg Med*. 31(3): 473–477.
  56. Barcala-Furelos R, Szpilman D, Palacios-Aguilar J, Costas-Veiga J, Abelairas-Gomez C, Bores-Cerezal A, López-García S, Rodríguez-Núñez A. (2016) Assessing the efficacy of rescue equipment in lifeguard resuscitation efforts for drowning. *Am J Emerg Med*. 34(3): 480–485.
  57. Bellinghieri G, Savica V, Santoro D. (2008) Renal alterations during exercise. *Journal Ren Nutrition*. 18(1): 158–164.
  58. Binnie MJ, Peeling P, Pinnington H, Landers G, Dawson B. (2013) Effect of surface-specific training on 20-m sprint performance on

- sand and grass surfaces. *J Strength Cond Res.* 27(12): 3515–3520.
59. Bollinger T, Bollinger A, Oster H, Solbach W. (2010) Sleep, immunity, and circadian clocks: a mechanistic model. *Gerontology.* 56(6): 574–580.
  60. Bosch JA, Ring C, de Geus EJ, Veerman EC, Amerongen AV. (2002) Stress and secretory immunity. *Int Rev Neurobiol.* 52: 213–253.
  61. Buguet A, Cespuglio R, Radomski MW. (1998) Sleep and stress in man: an approach through exercise and exposure to extreme environments. *Can J Physiol Pharmacol.* 76(5): 553–561.
  62. Castenfors, J. (1967) Renal function during exercise. *Acta Physiol Scand Suppl.* 2931:1–44.
  63. Cohen S, Doyle WJ, Alper CM, Janicki-Deverts D, Turner RB. (2009) Sleep Habits and Susceptibility to the Common Cold. *Arch Int Med.* 169(1): 62–67.
  64. Claesson A, Karlsson T, Thorén AB, Herlitz J. (2011) Delay and performance of cardiopulmonary resuscitation in surf lifeguards after simulated cardiac arrest due to drowning. *Am J Emerg Med.* 29: 1044–1050.
  65. Chiu YH, Lai JI, Wang SH, How CK, Li LH, Kao WF, Yang CC, Chen RJ. (2015) Early changes of the anemia phenomenon in male 100-km ultramarathoners. *J Chin Med Assoc.* 78(2): 108–113.

66. De Meersman RE, Wilkerson JE. (1982) Judo nephropathy: trauma versus non-trauma. *J Trauma*. 22(2): 150–152.
67. Doi Y, Minowa M, Uchiyama M, Okawa M, Kim K, Shibui K, Kamei Y. (2000) Psychometric assessment of subjective sleep quality using the Japanese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI–J) in psychiatric disordered and control subjects. *Psychiatry Res*. 97(2-3): 165–172.
68. Driver, H. S., Taylor, SR. (1996) Sleep disturbances and exercise. *Sports Med*. 21(1): 1–6.
69. Driver, H., Taylor, SR. (2000) Exercise and sleep. *Sleep Medicine Reviews*. 4(4): 387–402.
70. Enomoto M, Endo T, Suenaga K, Miura N, Nakano Y, Kohtoh S, Taguchi Y, Aritake S, Higuchi S, Matsuura M, Takahashi K, Mishima K. (2009) Newly developed waist actigraphy and its sleep/wake scoring algorithm. *Sleep Biol Rhythms*. 7(1): 17–22.
71. Fahlman, MM, Engels, HJ. (2005) Mucosal IgA and URTI in American college football players-A year longitudinal study-. *Med Sci Sports Exerc*. 37: 374–380.
72. Fondell E, Lagerros YT, Sundberg CJ, Lekander M, Bälter O, Rothman KJ, Bälter K. (2011) Physical activity stress and self-reported upper respiratory tract infection. *Med Sci Sports Exerc*. 43:

272–279.

73. Fondell E, Axelsson J, Franck K, Ploner A, Lekander M, Bälter K, Gaines H. (2011) Short natural sleep is associated with higher T cell and lower NK cell activities. *Brain Behav Immun.* 25(7): 1367–1375.
74. Foo NP, Chang JH, Lin HJ, Guo HR. (2010) Rescuer fatigue and cardiopulmonary resuscitation positions-A randomized controlled crossover trial-. *Resuscitation.* 81: 579–584.
75. Fullagar HH, Skorski S, Duffield R, Hammes D, Coutts AJ, Meyer T. (2015) Sleep and athletic performance: the effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise. *Sports Med.* 45(2): 161–186.
76. Galloway SD, Maughan RJ. (1997) Effect of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Med Sci Sports Exerc.* 29: 1240–1249.
77. Gleeson M, McDonald WA, Pyne DB, Cripps AW, Francis JL, Fricker PA, Clancy RL. (1999) Salivary IgA levels and infection risk in elite swimmers. *Med Sci Sports Exerc.* 31: 67–73.
78. Gleeson M, Hall ST, McDonald WA, Flanagan AJ, Clancy RL. (1999) Salivary IgA subclasses and infection risk in elite swimmers. *Immunol Cell Biol.* 77: 351–355.
79. Grebe KM, Hickman HD, Irvine KR, Takeda K, Bennink JR, Yewdell

- JW. (2009) Sympathetic nervous system control of anti-influenza CD8+ T cell responses. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 106(13): 5300–5305.
80. Gulbin JP, Fell JW, Gaffney PT. (1996) A physiological profile of elite surf ironmen fulltime life guard and patrolling surf lifesavers. *Aust J Sci Med Sport*. 28: 86–90.
81. Harrell WA. (1999) Lifeguards' vigilance: effects of child-adult ratio and lifeguard positioning on scanning by lifeguards. *Psychol Rep*. 84(1): 193–197.
82. Hausswirth C, Louis J, Aubry A, Bonnet G, Duffield R, LE Meur Y. (2014) Evidence of disturbed sleep and increased illness in overreached endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 46(5):1036–1045.
83. Holmes FC, Hunt JJ, Sevier TL. (2003) Renal injury in sport. *Curr Sports Med Rep*. 2(2): 103–109.
84. Hu Z, Chen R, Cai Z, Yu L, Fei Y, Weng L, Wang J, Ge X, Zhu T, Wang J, Bai C. (2012) Salmeterol attenuates the inflammatory response in asthma and decreases the pro-inflammatory cytokine secretion of dendritic cells. *Cell Mol Immunol*. 9(3): 267–275.
85. Hucklebridge F, Clow A, Evans P. (1998) The relationship between salivary secretory immunoglobulin A and cortisol: neuroendocrine



- response to awakening and the diurnal cycle. *International Journal of Psychophysiology*. 31(1): 69–76.
86. Irwin M, McClintick J, Costlow C, Fortner M, White J, Gillin JC. (1996) Partial night sleep deprivation reduces natural killer and cellular immune responses in humans. *FASEB J*. 10(5): 643–53.
  87. Kogure T, Shirakawa S, Shimokawa M, Hosokawa Y. (2011) Automatic Sleep/Wake Scoring from Body Motion in Bed: Validation of a Newly Developed Sensor Placed under a Mattress. *Journal of physiological anthropology*. 30(3): 103–109.
  88. Kohler M, Schänzer W, Thevis M. (2015) Effects of exercise on the urinary proteome. *Adv Exp Med Biol*. 845: 121–131.
  89. Kon M, Iizuka T, Maegawa T, Hashimoto E, Yuda J, Aoyanagi T, Akimoto T, Takahashi H. (2010) Salivary secretory immunoglobulin A response of elite speed skaters during a competition period. *J Strength Cond Res*. 24: 2249–2254.
  90. Kvietkauskaitė R, Vaicaitienė R, Mauricas M. (2014) The change in the amount of immunoglobulins as a response to stress experienced by soldiers on a peacekeeping mission. *Int Arch Occup Environ Health*. 87(6): 615–622.
  91. Lambiase MJ, Gabriel KP, Kuller LH, Matthews KA. (2013) Temporal relationships between physical activity and sleep in older women.

- Med Sci Sports Exerc. 45(12): 2362–2368.
92. Leicht AS, Crowther RG. (2007) Pedometer accuracy during walking over different surfaces. Med Sci Sports Exerc. 39(10):1847–50.
  93. Libicz S, Mercier B, Bigou N, Le Gallais D, Castex F. (2006) Salivary IgA response of triathletes participating in the French Iron Tour. Int J Sports Med. 27: 389–394.
  94. Louis J, Marquet LA, Tiollier E, Berman S, Hausswirth C, Brisswalter J. (2016) The impact of sleeping with reduced glycogen stores on immunity and sleep in triathletes. Eur J Appl Physiol. 116(10): 1941–1954.
  95. Mackinnon LT, Hooper S. (1994) Mucosal (secretory) immune system responses to exercise of varying intensity and during overtraining. Int J Sports Med. 15: 179–183.
  96. Mackinnon LT, Jenkins DG. (1993) Decreased salivary immunoglobulins after intense interval exercise before and after training. Med Sci Sports Exercise. 25: 678–683.
  97. Mackinnon LT, Ginn E, Seymour GJ. (1993) Decreased salivary immunoglobulin A secretion rate after intense interval exercise in elite kayakers. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 67(2): 180–184.
  98. Manni R, Ratti MT, Marchioni E, Castelnovo G, Murelli R, Sartori I,

- Galimberti CA, Tartara A. (1997) Poor sleep in adolescents: A study of 869 17- year-old Italian secondary school students. *J Sleep Res.* 6(1): 44–49.
99. McNair DM, Lorr M, Droppleman LF. (1971) Profile of Mood States. San Diego Educational and Industrial Testing Service.
100. Montelpare WJ, Klentrou P, Thoden J. (2002) Continuous versus intermittent exercise effects on urinary excretion of albumin and total protein. *J Sci Med Sport.* 5(3): 219–228.
101. Montgomery I, Trinder J, Paxton S, Fraser G, Meaney M, Koerbin GL. (1985) Sleep disruption following a marathon. *J Sports Med.* 25(1-2): 69–73.
102. Moreira A, Arsati F, de Oliveira Lima-Arsati YB, de Freitas CG, de Araújo VC. (2011) Salivary immunoglobulin A responses in professional top-level futsal players. *J Strength Cond Res.* 25: 1932–1936.
103. Mostov KE, Kraehenbuhl JP, Blobel G. (1980) Receptor-mediated transcellular transport of immunoglobulin: synthesis of secretory component as multiple and larger transmembrane forms. *Proc Natl Acad Sci USA.* 77(12): 7257–7261.
104. Mydlík M, Derzsiová K, Bohus B. (2012) Renal function abnormalities after marathon run and 16-kilometre long-distance run. *Przegl Lek.*

- 69(1): 1–4.
105. Nakai A, Hayano Y, Furuta F, Noda M, Suzuki K. (2014) Control of lymphocyte egress from lymph nodes through  $\beta 2$  adrenergic receptors. *J. Exp. Med.* 211(13): 2583–2598.
  106. Neville V, Gleeson M, Folland JP. (2008) Salivary IgA as a risk factor for upper respiratory infections in elite professional athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 40:1228–1236.
  107. Nielsen B, Kassow K, Aschengreen FE. (1988) Heat Balance during exercise in the sun. *European Journal of Applied Physiology.* 58: 189–196.
  108. Nieman DC. (1994) Exercise, infection, and immunity. *Int J Sports Med.* 15 Suppl 3: S131–41.
  109. Nieman DC. (1998) Influence of carbohydrate on the immune response to intensive, prolonged exercise. *Exerc Immunol Rev.* 4: 64–76.
  110. Nieman DC. (2000) Is infection risk linked to exercise workload? . *Med Sci Sports Exerc.* 32(7 Suppl): S406–11.
  111. Nieman DC, Henson DA, Dumke CL, Lind RH, Shooter LR, Gross SJ. (2006) Relationship between salivary IgA secretion and upper respiratory tract infection following a 160-km race. *J Sports Med Phys Fitness.* 46: 158–162.

112. Nijhuis LE, Olivier BJ, Dhawan S, Hilbers FW, Boon L, Wolkers MC, Samsom JN, de Jonge WJ. (2014) Adrenergic  $\beta$  2 receptor activation stimulates anti-inflammatory properties of dendritic cells in vitro. PLoS One. 9(1): e85086.
113. Novas AM, Rowbottom DG, Jenkins DG. (2003) Tennis, incidence of URTI and salivary IgA. Int J Sports Med. 24(3): 223–229.
114. Ochoa FJ, Ramalle-Gómara E, Lisa V, Saralegui I. (1998) The effect of rescuer fatigue on the quality of chest compressions. Resuscitation. 37: 149–152.
115. O'Halloran CL, Silver MW, Colford JM Jr. (2015) Acute Stress Symptoms Among US Ocean Lifeguards. Wilderness and Environmental Medicine. 26(3): 442–443.
116. Otsuki T, Sakaguchi H, Hatayama T, Takata A, Hyodoh F, Tsujita S, Ueki A, Morimoto K. (2004) Secretory IgA in saliva and academic stress. Int J Immunopathol Pharmacol. 17: 45–48.
117. Page J, Bates V, Long G, Dawes P, Tipton M. (2011) Beach lifeguards: visual search patterns, detection rates and the influence of experience. Ophthalmic Physiol Opt. 31(3): 216–224.
118. Parkin JM, Carey MF, Zhao S, Febbraio MA. (1999) Effect of ambient temperature on human skeletal muscle metabolism during fatiguing submaximal exercise. J Appl Physiol. 86(3): 902–908.

119. Pedersen BK, Ullum H. (1994) NK cell response to physical activity: possible mechanisms of action. *Med Sci Sports Exerc.* 26(2): 140–146.
120. Pfaffe T, Cooper-White J, Beyerlein P, Kostner K, Punyadeera C. (2111) Diagnostic potential of saliva: current state and future applications. *Clin Chem.* 57(5): 675–687.
121. Piacentini MF, Minganti C, Ferragina A, Ammendolia A, Capranica L, Cibelli G. (2014) Stress related changes during a half marathon in master endurance athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 55: 329–336.
122. Pierce EF Jr. (2002) Relationship between training volume and mood states in competitive swimmers during a 24-week season. *Percept Mot Skills.* 94(3):1009–1012.
123. Pinnington HC, Dawson B. (2001) The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand. *J Sci Med Sport.* 4(4): 416–430.
124. Poortmans JR. (1984) Exercise and renal function. *Sports Med.* 1(2): 125–53.
125. Poortmans JR, Labilloy D. (1988) The influence of work intensity on post-exercise proteinuria. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 57: 260–263.
126. Prather AA, Janicki-Deverts D, Hall MH, Cohen S, Turner RB. (2015) Behaviorally Assessed Sleep and Susceptibility to the Common Cold.

- Sleep 38(9): 1353–1359.
127. Prieto JA, Nistal P, Méndez D, Abelairas-Gomez C, Barcala-Furelos R. (2016) Impact of error self-perception of aerobic capacity in the safety and efficacy of the lifeguards. *Int J Occup Saf Ergon.* 22(1):159–63.
  128. Reilly T, Edwards B. (2007) Altered sleep–wake cycles and physical performance in athletes. *Physiology and Behavior.* 90: 274–284.
  129. Reilly T, Deykin T. (1983). Effects of partial sleep loss on subjective states. psychomotor and physical performance tests. *Journal of Human Movement Studies.* 9: 157–170.
  130. Robertshaw M, Cheung CK, Fairly I, Swaminathan R. (1993) Protein excretion after prolonged exercise. *Ann Clin Biochem.* 30 (Pt1): 34–37.
  131. Saborit JA, Soto Mdel V, Díez VG, Sanclement MA, Hernández PN, Rodríguez JE, Rodríguez LS. (2010) Physiological response of beach lifeguards in a rescue simulation with surf: *Ergonomics.* 53(9): 1140–1150.
  132. Shattuck NL, Matsangas P. (1997) Sunlight Exposure, Work Hours, Caffeine Consumption, and Sleep Duration in the Naval Environment. *Aerosp Med Hum Perform.* 88(6): 579–585.
  133. Shavandi N, Samiei A, Afshar R, Saremi A, Sheikhhoseini R. (2012)

- The effect of exercise on urinary gamma-glutamyltransferase and protein levels in elite female karate athletes. *Asian J Sports Med.* 3(1): 41–46.
134. Tipton M, Reilly T, Rees A, Spray G, Golden F. (2008) Swimming performance in surf: the influence of experience. *J Sci Med Sport.* 29(11): 895–898
  135. Tsujita S, Morimoto K. (1999) Secretory IgA in saliva can be a useful stress marker. *Environ Health Prev Med.* 4: 1–8.
  136. Tuomilehto H, Vuorinen VP, Penttilä E, Kivimäki M, Vuorenmaa M, Venojärvi M, Airaksinen O, Pihlajamäki J. (2017) Sleep of professional athletes: Underexploited potential to improve health and performance. *J Sports Sci.* 35(7): 704–710.
  137. Usui T, Yoshikawa T, Ueda S, Katsura Y, Orita K, Fujimoto S. (2011) Effects of acute prolonged strenuous exercise on the salivary stress markers and inflammatory cytokines. *Jpn J phys Fitness Sports Med.* 60(3): 295–304.
  138. World Health Organization: Global Report on Drowning, 2014.
  139. Youngstedt SD. (1997) The effects of acute exercise on sleep: a quantitative synthesis. *Sleep.* 20(3): 203–214.



## 付記

### 研究業績

著者の研究業績を以下に記す.

#### 【本博士論文に関する原著論文】

1. 荒井宏和, 河野一郎.(1995) 海浜におけるライフセービング活動について. トレーニング科学. 8(3): 79-88.
2. 荒井宏和, 清水和弘, 大槻毅, 花岡裕吉, 前田清司, 渡部厚一.(2016) 唾液 SIgA によるライフセーバーのコンディション評価. 日本臨床スポーツ医会誌. 24(1): 84-92.
3. 荒井宏和, 大槻毅, 清水和弘, 花岡裕吉, 膳法亜沙子, 崔英珠, 渡部厚一, 前田清司.(2017) ライフセーバーにおける水難救助活動期間中の睡眠と唾液 SIgA 分泌速度との関連. 日本臨床スポーツ医会誌. 25(2): 261-268.

#### 【本博士論文に関する著書】

1. 中塚健太郎, 荒井宏和.(2008) サーフライフセービング教本. 日本ライフセービング協会編. 第5章サーフパトロール. 大修館書店. 67-92.

#### 【本博士論文に関する論文】

1. 荒井宏和.(2017) ライフセービング活動におけるエビデンス. 海洋人間学雑誌. 5: 14-19.

**【本博士論文に関する口頭発表】**

1. 荒井宏和.(2016) ライフセービング活動におけるエビデンス「パトロール活動におけるコンディショニングの実際」日本海洋人間学会第5回大会シンポジウム（シンポジスト）.