

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

Association between sleep and salivary SIgA secretion rate in
lifesavers during the period of lifesaving activities

荒井宏和*¹, 大槻 毅*¹, 清水和弘*², 花岡裕吉*³
膳法亜沙子*¹, 崔 英珠*³, 渡部厚一*⁴, 前田清司*⁴

キー・ワード : Salivary secretory immunoglobulin A, sleep efficiency, lifesaver
唾液分泌型免疫グロブリン A, 睡眠効率, ライフセーバー

〔要旨〕 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睡眠と唾液分泌型免疫グロブリン A (SIgA) との関連を明らかにするため、ライフセーバー 12 人を対象に、唾液 SIgA、就寝時間、入眠潜時、中途覚醒回数、睡眠時間、睡眠効率を測定した。水難救助活動期間中の睡眠効率および唾液 SIgA 分泌速度には変動が認められた。両者の変動は有意な正相関の関係にあり ($r=0.35, p=0.03$)、重回帰分析においても、睡眠効率の変動は唾液 SIgA 分泌速度の変動の独立した予測因子として採択された ($\beta=0.47, p=0.01$)。水難救助活動期間中における睡眠効率の低下を抑制することが、ライフセーバーにおける唾液 SIgA 分泌速度の低下、ひいては上気道感染症の予防に有用かもしれない。

はじめに

水難救助活動期間中におけるライフセーバーの活動には、海浜利用者の監視、安全誘導、水難救助、傷病者の応急手当などがある。水難救助活動期間中のライフセーバーは、朝夕のトレーニング（砂浜でのランニング、オーシャンスイム、など）に加え、救助の場面では高強度の身体負荷を受ける¹⁾だけでなく、気象条件の急変に伴う海浜利用者の安全区域への誘導などにより精神的ストレス²⁾を受ける。しかも、これらの活動は7月から8月にかけての海浜で、炎天下や風雨などに曝されながら1ヶ月間以上も継続的に行われるので、ライフセーバーの中には心身のストレスが蓄積し、コ

ンディションを低下させる者も少なくない³⁾。

我々の先行研究では、ライフセーバーの一部において、活動期間中に唾液分泌型免疫グロブリン A (SIgA) の分泌速度低下に伴う上気道感染症 (Upper respiratory tract infection, URTI) の発症が確認されている⁴⁾。唾液 SIgA は、口腔内局所粘膜免疫における主なエフェクターであり、病原体の侵入を防御する役割がある。しかしながら、1時間程度の高強度運動⁵⁾や精神的ストレス⁶⁾によってその分泌は低下し、病原体が粘膜下へ侵入する危険性が高まって、URT I を誘発するとされている⁷⁾。URT I の発症はコンディションを著しく低下させるので、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である。

良好なコンディションを保つためには適度な運動、休養、栄養素の摂取が必要である。特に、休養の要である睡眠は、身体的および心理的疲労か

*1 流通経済大学スポーツ健康科学部

*2 国立スポーツ科学センタースポーツ科学部

*3 筑波大学スポーツ Research & Development コア

*4 筑波大学体育系

らの回復において重要な役割を担う⁸⁾。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⁹⁾。また、Sheldon et al.¹⁰⁾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%以下の場合に比べてURTI罹患の危険性が5.2倍も高いと報告している。Prather et al.¹¹⁾の調査では、URTI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、5時間未満の者では4.5倍であった。一方で、Driver et al.¹²⁾は、激しい運動を行った後に睡眠時間が減少することと、長期間の高強度運動によるオーバートレーニング現象は睡眠を阻害することを報告している。これらのことから、水難救助活動期間中のライフセーバーは、身体に高い負荷がかかることで睡眠が阻害されて、唾液SIgAの分泌速度が低下し、URTIの感染リスクが増大する可能性があると考えられる。しかしながら、我々の知る範囲において、活動期間中のライフセーバーにおける睡眠と唾液SIgA分泌速度との関連は報告されていない。

本研究の目的は、水難救助活動期間中のライフセーバーにおける睡眠と唾液SIgA分泌速度との関連を明らかにすることである。この目的を達成するために、水難救助活動期間中のライフセーバーを対象に、高感度圧力センサー搭載の薄型マットによる睡眠状態および唾液SIgA分泌速度の評価を行い、両者の関連について検討した。

■ 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 ± 0.3 歳、Body mass index $22.6 \pm 0.9 \text{ kg/m}^2$ 、水難救助活動歴 2.3 ± 0.3 年)であった。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。活動開始前の生活習慣は個人差が大きく、その個人差が睡眠および唾液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(Baseline)にデータの取捨と分析を行うこととした。当該海水浴場の利用者数は、第1週はのべ6,890人、第2週はのべ15,257人、第3週はのべ10,234人、第4週はのべ5,488人であった。

対象者が高感度圧力センサー搭載マット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1)。唾液SIgA濃度は日内変動の影響を受けるとされ¹³⁾、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(PSQI-J)^{14,16)}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。

2) 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)を算定する¹⁵⁾。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^{14,16)}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-J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¹⁷⁾、それ以上を睡眠障害ありとした。

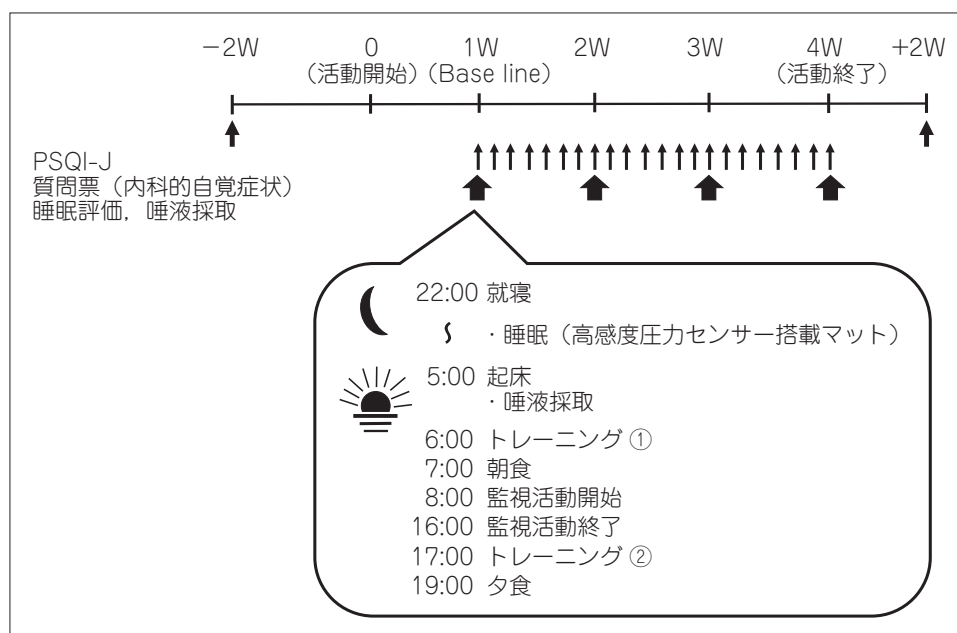


図1 活動期間中の日内行動と実験デザイン

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^{4,18)} 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 1g/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 (3,000rpm, 15 分間) で滅菌綿から分離し、-40℃ で SIgA の濃度測定まで冷凍保存した。唾液 SIgA 濃度 (μg/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 (μg/min) を算定した。

5) 内科的自覚症状

山内ら¹⁹⁾ 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²⁰⁾ 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 ± 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。PSQ-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⁴⁾ 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。

結果

1) 唾液および睡眠成分

唾液分泌量は 2W および 3W に比べて 4W で高値を示した (表 1)。唾液 SIgA 分泌速度の主効果は、わずかな差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。睡眠効率は 4W で 3W に比べて増大した。

絶対値における分析で主効果が有意であったか有意に近かった 4 項目を対象に Baseline からの変化量を算定したところ、全ての項目で有意の主効果が認められた (図 2a~d)。Δ 唾液分泌量 (図 2a) は Baseline, 2W, 3W に比べて 4W で、ΔSIgA

表 1 唾液および睡眠関連指標の変動

	Base line	2W	3W	4W	ANOVA (p 値)
【唾液】					
唾液分泌量 (ml/min)	2.92 ± 0.36	2.66 ± 0.39	2.24 ± 0.33	4.84 ± 0.95# §	0.01
SIgA 濃度 (µg/ml)	35.4 ± 4.7	37.6 ± 2.6	33.5 ± 3.0	32.4 ± 3.0	0.74
SIgA 分泌速度 (µg/min)	104.3 ± 21.4	95.5 ± 14.8	67.6 ± 7.6	139.4 ± 26.5	0.07
【睡眠】					
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*	14.5 ± 2.1 §	0.004
覚醒回数 (times)	0.7 ± 0.4	1.3 ± 0.7	2.0 ± 1.8	0.3 ± 0.2 §	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. *, $p < 0.05$ vs Baseline ; #, $p < 0.05$ vs 2W ; §, $p < 0.05$ vs 3W. ANOVA, analysis of covariance.

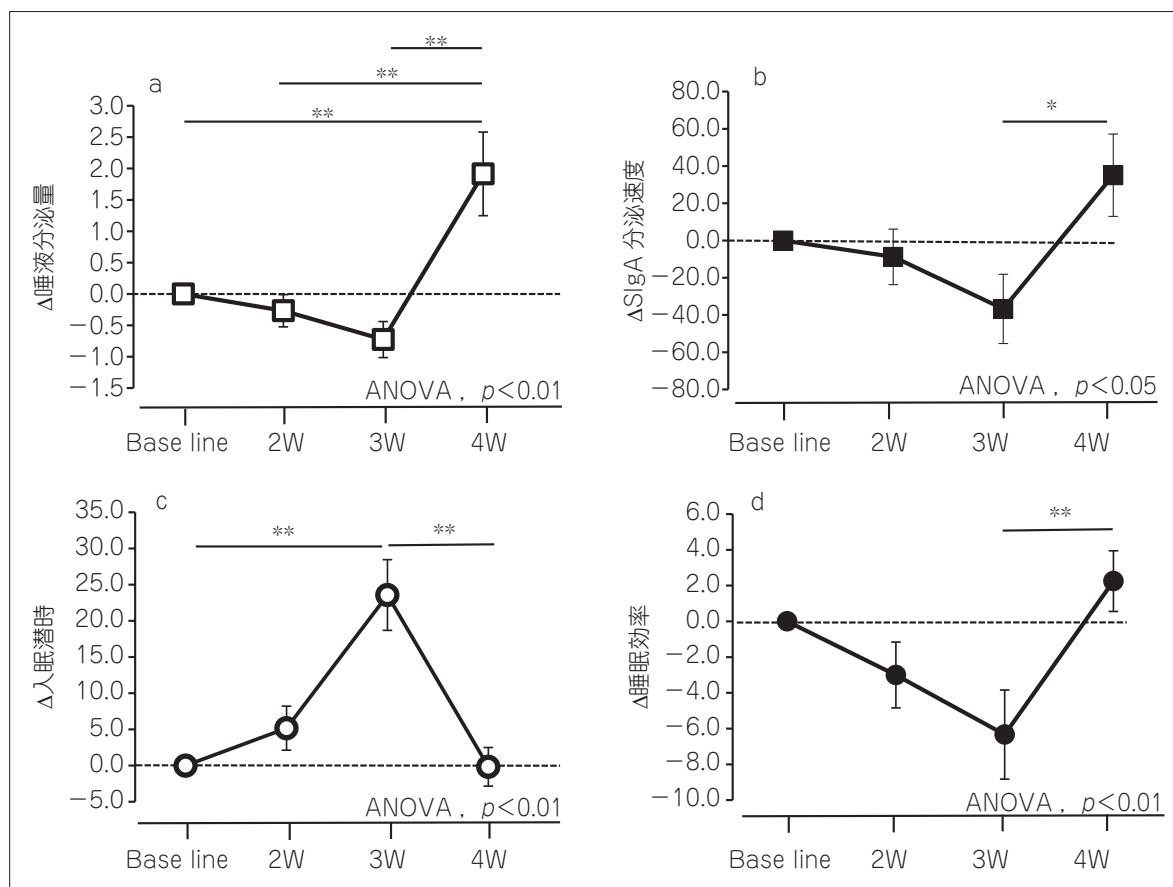


図 2 唾液および睡眠関連指標の変動 ~変化量による評価~

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

分泌速度 (図 2b) および Δ睡眠効率 (図 2d) は 3W に比べて 4W で増大した. Δ入眠潜時は (図 2c), 3W で Baseline に比べて増大, 4W で 3W に比べて減少した.

2) 唾液 SIgA 分泌速度と睡眠との関連

各指標における Baseline からの変化量を算定

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 ($n=36$), Δ唾液 SIgA 分泌速度と Δ睡眠効率との間に相関関係が認められた (表 2). また, ΔSIgA 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 ($R^2=0.23, p=0.002$), Δ睡眠効率

表 2 ΔSIgA 分泌速度と Δ睡眠成分との関連

	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 (β)	S.E.	標準化回帰係数 (標準化 β)	<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

表 3 活動前後における Pittsburgh Sleep Quality Index 日本語版 (PSQI-J) 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. *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$

および Δ睡眠時間が Δ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 2)。

3) 就寝および起床時刻と PSQI-J による睡眠調査

活動前に比べて活動中には、平均就寝時刻 (23 時 21 ± 8.4 分 vs. 22 時 05 ± 5 分) および平均起床時刻 (7 時 00 ± 11.4 分 vs. 5 時 25 ± 3 分) は早かった。PSQI-J においては、入眠時間 ($p < 0.05$)、日中の覚醒困難 ($p < 0.01$)、PSQI 総合得点 ($p < 0.05$) は活動前に比べて活動中に改善した (表 3)。

4) 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。

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^{4, 5, 18-20)}。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 (変化率のデータは未発表)⁴⁾。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を、複数の研究グループが報告している²¹⁾。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^{22, 23)}や精神的ストレス²⁴⁾なども自律神経のバランスが不均衡となることにより睡眠を阻害するとされている²³⁾。自律神経は、睡眠だけでは無く、唾液腺からの唾液分泌にも影響を及ぼすこと²⁵⁾、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²⁶⁾、さらに睡眠の質の低下により免疫機能が低下すること²⁷⁾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²⁸⁾。SIgAの分泌には、ヘルパーT細胞による調節系²⁹⁻³²⁾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³³⁾。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⁴⁾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、水難救助活動開始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、さらに機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助活動開始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⁴⁾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³³⁾。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、日中の覚醒困難度も低下している³⁴⁾。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。

結 語

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睡眠効率が変動し、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の低下を抑制することが、唾液 SIgA 分泌速度の低下、ひいては URTI の予防に有用かもしれない。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし

文 献

- 1) Gulbin, JP et al.: A physiological profile of elite surf ironmen fulltime life guard and patrolling surf life-savers. *Aust J Sci Med Sport* 28(3): 86-90, 1996.
- 2) 吉田弘法ほか：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, 2006.
- 3) 荒井宏和, 河野一郎：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, 1996.
- 4) 荒井宏和ほか：唾液 SIgA によるライフセーバーのコンディション評価。 *日臨スポーツ医学会誌* 25(1): 84-92, 2016.
- 5) Novas, AM et al.: Tennis, incidence of URTI and salivary IgA. *Int J Sports Med* 24(3): 223-229, 2003.
- 6) Kvietkauskaite, R et al.: 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, 2014.
- 7) Gleeson, M et al.: Salivary IgA subclasses and infection risk in elite swimmers. *Immunol Cell Biol* 77(4): 351-355, 1999.
- 8) Tuomilehto, H et al.: Sleep of professional athletes: Underexploited potential to improve health and performance. *J Sports Sci* (in press) DOI: 10.1080/02640414.2016.1184300.
- 9) Lambiase, M et al.: Temporal relationships between physical activity and sleep in older women. *Med Sci Sports Exerc* 45(12): 2362-2368, 2013.
- 10) Cohen, S et al.: Sleep Habits and Susceptibility to the Common Cold. *Arch Intern Med* 169(1): 62-67, 2009.
- 11) Prather, AA et al.: Behaviorally Assessed Sleep and Susceptibility to the Common Cold. *Sleep* 38(9): 1353-1359, 2015.
- 12) Driver, H.S., Taylor, S.R.: Sleep disturbances and exercise. *Sports Med* 21(1): 1-6, 1996.
- 13) Hucklebridge, F et al.: 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, 1998.
- 14) 土井由利子ほか：ピッツバーグ睡眠質問票日本語版の作成。 *精神科治療* 13(6): 755-763, 1998.
- 15) Kogure, T et al.: 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, 2011.
- 16) Doi, Y et al.: 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, 2000.
- 17) Enomoto, M et al.: Newly developed waist actigraphy and its sleep/wake scoring algorithm. *Sleep Biol Rhythms* 7(1): 17-22, 2009.
- 18) 秋本崇之ほか：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(1): 53-62, 1998.
- 19) 山内亮平ほか：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): 131-142, 2009.
- 20) Kon, M et al.: Salivary secretory immunoglobulin A response of elite speed skaters during a competition period. *J Strength Cond Res* 24(8): 2249-2254, 2010.
- 21) Montgomery, I et al.: Sleep disruption following a marathon. *J Sports Med* 25(1-2): 69-73, 1985.
- 22) Driver, H., Taylor, SR: Exercise and sleep. *Sleep Medicine Reviews* 4(4): 387-402, 2000.
- 23) Fullagar, HH et al.: 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, 2015.
- 24) Manni, R et al.: A. Poor sleep in adolescents: A

- study of 869 17-year-old Italian secondary school students. *J Sleep Res* 6(1): 44-49, 1997.
- 25) Bosch, JA et al.: Stress and secretory immunity. *Int Rev Neurobiol* 52(1): 213-253, 2002.
- 26) Bollinger, T et al.: Sleep, immunity, and circadian clocks: a mechanistic model. *Gerontology* 56(6): 574-580, 2010.
- 27) Fondell, E et al.: Short natural sleep is associated with higher T cell and lower NK cell activities. *Brain Behav Immun* 25(7): 1367-1375, 2011.
- 28) Mostov, KE et al.: 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, 1980.
- 29) Grebe, KM et al.: Sympathetic nervous system control of anti-influenza CD8⁺ T cell responses. *Proc Natl. Acad. Sci. USA* 106(13): 5300-5305, 2009.
- 30) Hu, Z et al.: Salmeterol attenuates the inflammatory response in asthma and decreases the pro-inflammatory cytokine secretion of dendritic cells. *Cell. Mol. Immunol* 9(3): 267-275, 2012.
- 31) Nijhuis, LE et al.: Adrenergic β 2 receptor activation stimulates anti-inflammatory properties of dendritic cells in vitro. *PLoS One* 9(1): e85086, 2014.
- 32) Nakai, A et al.: Control of lymphocyte egress from lymph nodes through β 2 adrenergic receptors. *J. Exp. Med.* 211(13): 2583-2598, 2014.
- 33) Youngstedt, S.D. et al.: The effects of acute exercise on sleep: a quantitative synthesis. *Sleep* 20(3): 203-214, 1997.
- 34) 中塚健太郎, 坂入洋右: 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, 2010.

(受付: 2016年11月18日, 受理: 2017年2月28日)

Association between sleep and salivary SIgA secretion rate in lifesavers during the period of lifesaving activities

Arai, H.^{*1}, Otsuki, T.^{*1}, Shimizu, K.^{*2}, Hanaoka, Y.^{*3}
Zempo, A.^{*1}, Choi, Y.^{*3}, Watanabe, K.^{*4}, Maeda, S.^{*4}

^{*1} Faculty of Sport and Health Sciences, Ryutsu Keizai University

^{*2} Department of Sports Sciences, Japan Institute of Sports Sciences

^{*3} Sports Research & Development Core, University of Tsukuba

^{*4} Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

Key words: Salivary secretory immunoglobulin A, sleep efficiency, lifesaver

[Abstract] We aimed to determine the association between sleep and the rate of salivary secretory immunoglobulin A (SIgA) secretion as a conditioning marker in lifesavers during the period of lifesaving activities. Saliva samples were collected from 12 participating subjects, and a high-sensitivity pressure sensor mat was used to measure bedtime, sleep onset latency, nocturnal awakening number, sleep time, and sleep efficiency. We observed a significant positive correlation between variations in sleep efficiency and the rate of salivary SIgA secretion ($r=0.35, p=0.03$). In multiple regression analysis ($R^2=0.23, p=0.002$), sleep efficiency was adopted as an independent predictor of salivary SIgA secretion rate ($\beta=0.47, p=0.01$). During the period of lifesaving activities, a reduction in sleep efficiency of lifesavers was associated with fluctuations in the salivary SIgA secretion rate. Thus, we suggest that improvement in sleep efficiency could contribute to such physical conditions as immune function and susceptibility to infections in lifesavers.