

《論文》

# 大学生トライアスリートのレース前後における 睡眠状況の実態調査

田山 寛豪, 荒井 宏和, 膳法 亜沙子

A survey of sleep conditions before and after races for university triathletes

Hirokatsu TAYAMA, Hirokazu ARAI, Asako ZEMPO-MIYAKI

キーワード：トライアスロン, コンディショニング, 睡眠

Key Word : Triathlon, Conditioning, Sleep

## 要旨

(背景) 試合期のアスリートは、心身の疲労度が高い。近年、アスリートのコンディショニングには良質な睡眠が重要であることが示唆されており、注目されている。本研究は、多数ある競技の中でも1つのレース時間が長時間続くトライアスロン競技に着目した。特に連続する試合期間中のトライアスリートのコンディショニングのための最適な睡眠条件を明らかにした実践的研究に関する報告はほとんどなく実態は不明である。そこで本調査は、大学生トライアスリートにおける試合前および試合後1週間の睡眠状況を記録し、その変化の特徴を捉えることでトライアスリートのコンディショニング指標を確立することを目指した研究の予備的検討である。(方法) 本調査では、エリート大学生トライアスリート6名(男性4名, 女性2名)を対象とし、9月1日の競技会前後(8月20日~9月9日)における睡眠状況について機器を用いて記録するものとした。(結果) 本調査により、6名中5名の大学生トライアスリートにおいてレース前に比べてレース終了5~7日後に熟眠度が10%以上大きく低下することが認められた。特に、レース前、レース当日、レース6日後の熟眠度の変化について統計的に解析するとレース後に熟眠度が低下する傾向であった。すなわち、睡眠質はレース後1週間程度すると低下する可能性がある。これと同時にレース後6、7日目に睡眠時間が短縮している者が6名中5名に認められた。本調査の対象者のトライアスロン競技レベルは高いため、個々の結果に意義があるが、対象者数は極めて少ないため、今後さらに対象者数を増やした研究で本研究の結果を追試する必要がある。(結論) 本研究は、大学生トライアスリートにおいてレース前に比べてレース1週間後の睡眠質は低下する可能性を初めて見出した。この結果は、トライアスロン競技会後1週間のトレーニング内容(種類, 量, 強度, 休養時間など)について十分配慮が必要であるとともに次のレースを実施するタイミングについて調整する必要性があ

ることを示唆している可能性がある。特に本研究は、試合期のトライアスリートにおけるトレーニング指導のための一資料を提示したものと考える。

## 1. 緒言

多くのアスリートは、一年間をオフ期、トレーニング期、試合期として過ごす<sup>1)</sup>。試合期のアスリートは、日常的なトレーニングを実施しながら他期に比べて多くの連続した試合を実施するため肉体的疲労度が高くなる。この疲労レベルを客観的に評価する方法として唾液SIgA分泌速度やコルチゾル、血中炎症性因子濃度および血中酸化ストレス濃度が競技実施後に高まることが先行研究において多数報告されているとともにこれらのレベルをいかに低下させるかコンディショニング法を試みた検討もある<sup>2), 3)</sup>。このようにアスリートの試合期は多くの競技会を実施することから日常的に他の時期に比べて疲労度が高まることが推測されるため、いかに早く疲労を軽減し、次の試合までに心身を回復させるかが試合期のアスリートにおける最大の課題とされる。

実際のスポーツ現場において実際に試合間の疲労を軽減させる手段として軽運動をしたり、ストレッチング、アイシング、温浴、マッサージ等の他、不足する栄養素を補給したり、睡眠状況を改善する方法が用いられている<sup>4)</sup>。しかし、これらの手段の大半が帯同するチームスタッフの技量に依存するのが現状であり、多種ある競技種目に対応したプロトコルを確立することができていない。アスリートの疲労を軽減させ、最高のパフォーマンスを発揮するためのコンディショニング法を模索した研究報告はいくつかみられる。クルクミンやタウリン、ペプチドなどをはじめとする疲労軽減効果を有する

栄養素入りサプリメントを摂取することで、筋疲労を軽減させパフォーマンス向上のための研究成果も公表されている<sup>5)~7)</sup>。しかし、これらの研究は、1度の試合における疲労をどれだけ軽減できるかを模した実験室レベルの試行であり、実際に連続した試合期の合間にアスリートのコンディションを低下させないような最適なトレーニング法を明らかにした報告はない。

アスリートに限ったことではないが、一般的に健康の維持には、最適な食事、適度な運動、良質な睡眠が重要である。近年、アスリートにおける良質な睡眠、睡眠時間の確保がアスリートの健康維持およびパフォーマンス向上に有用であることが報告されている。先行研究において断眠は、全身持久力を低下させることが明らかにされていることから<sup>8)</sup>、アスリートのために睡眠が大切であることは明らかである。また、我々はライフセーバーの水難救助活動期間中に睡眠質の低下が生じると上気道感染リスクを高めることも明らかにした<sup>9)</sup>。このようにアスリートにおいて良好な睡眠をとることはパフォーマンスのためにも、コンディショニングのためにも大切である。一方、特にエリートアスリートは緊張からくる心理的ストレスにより日常的に睡眠の質が低下することが明らかにされている<sup>10)</sup>。実際に競技会後のアスリートにおいて睡眠時間の短縮や睡眠質の低下が生じることが報告されている<sup>11), 12)</sup>。

そこで本研究では、トライアスリートにおける睡眠について着目した。トライアスロン競技は、ラン・バイク・スイムの3種の有酸素運動の合計タイムの速さを競うスポーツである。そ

の競技時間は、大会によってレースの競技時間は1～8時間とされ、トライアスリートのレース後にかかる身体的疲労度は非常に高い。しかし、トライアスリートにおけるレース前後の睡眠状況を示した報告はなく実態は不明である。そこで本検討においてトライアスリートにおけるレース前後の睡眠状況について実態調査し、試合期のトライアスリートにおけるトレーニング指導のための一資料を提示するものとした。

## 2. 目的

大学生トライアスリートにおける試合前、試合後1週間の睡眠状況を記録し、睡眠状況の変化を調査し、試合期のトライアスリートにおけるトレーニング指導のための一資料を提案するものとした。

## 3. 研究方法

### (1) 対象者と研究デザイン

健康な大学生トライアスリート選手6名(男性4名、女性2名)とした。測定評価は、レース日前1週間から開始し、レース当日、レース後7日間の計2週間実施するものとした。具体的には、2019年9月1日にレース(日本学生トライアスロン選手権)が実施されるため、8月20日から9月9日まで記録するものとした。ただし、先行研究<sup>9)</sup>同様に睡眠記録機器の慣らし使用期間を1週間設けるものとし、8月20日から8月26日までを練習期間とした。本調査の結果に用いるデータは8月27日以降とした。なお、ヒトの睡眠は3日間分の記録データの平均値で日常の睡眠をおおよそ反映できることが示唆されている<sup>13)</sup>ため、レース前のデータは3

日分(8月27日から29日)の睡眠データ平均値(before)を用いた。また、レース後は1つのレースによる睡眠への影響について日を追って詳細に検討するため平均値は用いず、各日毎のデータをそのままデータとして用いるものとした。すなわち、レース当日(9月1日)の記録をrace、その後連続7日間、すなわち9月2日から8日までの7日間の記録をそれぞれ9月2日(day 1)、9月3日(day 2)、9月4日(day 3)、9月5日(day 4)、9月6日(day 5)、9月7日(day 6)、9月8日(day 7)の睡眠質および睡眠時間の結果として用いた。ただし、試合前のアスリートは精神的にセンシティブであるため、心身の負担を考慮して記録の実施は選手自身の意向に任せて行うものとした。本調査の対象者の競技レベルは、日本トライアスロン連合が定める強化指定選手が3名含まれており、それ以外の選手も同程度の実力を有している選手である。全員の競技歴は、9±4年である。これらの対象者に喫煙習慣のある者、服薬習慣、現在治療中の疾病、外傷のある者は含まない。なお、本研究はヘルシンキ宣言を遵守し、対象者に研究の内容等について事前に説明した上で参加することについて同意を得てから実施した。

### (2) 睡眠の評価

睡眠の質および睡眠時間、入眠潜時、中途覚醒などを先行研究の方法<sup>9)</sup>と同様にSleep scan(Omron社製)にて評価した。本報告では、熟眠度を睡眠質として評価し、総睡眠時間を睡眠時間の指標にするものとした。なお、熟眠度の算出方法は、就床時刻から起床時刻までの時間(a)から入眠潜時(b)と中途覚醒の時間(c)を除き、次の通り算出するものとした。睡

眠の質 =  $(a - b - c) / a \times 100$  (%)

### (3) トレーニング内容と睡眠環境

本研究期間中に開催されたトライアスロン競技会はオリンピックディスタンス（スイム1.5km, バイク40.0km, ラン10.0km）であり、1レースあたり2時間程度の競技時間であった。睡眠状況を記録した8月20日から9月9日まで睡眠環境とトレーニング内容、運動時間、運動量についての詳細はTable 1に示す通りである。なお、睡眠環境については、8月20日から27日および8月30日から9月2日は自宅外での合宿共同生活であった。

### (4) 分析方法と統計方法

分析結果は、レース前のデータを8月27日から29日の3日間のデータを平均しレース前のデータ（before）とし、レース当日9月1日の記録をrace、その後連続7日間、すなわち9月2日から8日までの7日間の記録を9月2日（day 1）、9月3日（day 2）、9月4日（day 3）、9月5日（day 4）、9月6日（day 5）、9月7日（day 6）、9月8日（day 7）の結果と

して用いた。試合前のアスリートは精神的にセンシティブであるため、心身の負担を考慮して記録の実施は選手自身の意向に任せて行うものとしたため欠損データが非常に多く、熟眠度のBefore, Race, day 6の統計解析には、欠損のない対象者3名（睡眠質）または5名（睡眠時間）のデータを用いてノンパラメトリック検定（Friedman検定）を行った。なお、統計的有意水準は、 $P < 0.05$ とする。

## 4. 結果

本調査では大学生トライアスリート選手6名（男性3名、女性3名）における試合前、試合後1週間の睡眠状況を記録し、睡眠状況の変化を記録した。レース前、レース直後から1週間の熟眠度の結果をTable 2に示す。試合前のアスリートは精神的にセンシティブであるため、心身の負担を考慮して記録の実施は選手自身の意向に任せて行うものとしたため、特にレース前夜とレース終了直後におけるデータを取得することができなかった。取得したデータの範囲から興味深い事実も明らかとなった。レース前

Table 1. トライアスリートのレース期間中のトレーニングメニューと睡眠環境の記録

	Swim	運動時間	運動量	Bike	運動時間	運動量	Run	運動時間	運動量	睡眠環境	
8月20日	火	有酸素	30分		有酸素	2時間	57km	20秒×10/ハード	30分	6km	合宿地
8月21日	水	ハード		5000m	400m×10/ハード		インターバル	10分			
8月22日	木	400m×10/ハード			有酸素	2時間	67km	ジョグ	70分	10km	
8月23日	金	アクアスロン Swim300m+Run1km×6									
8月24日	土	50m×20/ハード	60分		ハード	60分	集団ジョグ	60分			
8月25日	日	オフ									
8月26日	月	有酸素	90分		有酸素		ジョグ		8km		
8月27日	火	バイク+ラン練習 5.5km+2km×3 終了後1kmタイムトライアル									
8月28日	水	有酸素			有酸素	90分	35km	ジョグ	40分		
8月29日	木				有酸素		35km	100m×8			
8月30日	金	フリー									遠征地
8月31日	土	フリー									
9月1日	日	日本学生選手権									
9月2日	月	オフ									
9月3日	火	有酸素	2時間	6400m	有酸素		75km	有酸素		10km	自宅
9月4日	水	ハード	2時間	5700m	ヒル2.2km×3		44km	100m×10	30分		
9月5日	木	有酸素	2時間	5400m	有酸素		93km	200m×10	10分		
9月6日	金	ペース	2時間	6000m	ビルドアップ		45km	インターバル	10分		
9月7日	土	ハード	2時間	5350m	フリー			フリー			
9月8日	日	バイク+ラン練習 10km+3km×3 終了後1kmタイムトライアル									

Table 2. トライアスロンのレース前, レース当日, レース後7日間の熟眠度記録

熟眠度, %	sub1	sub2	sub3	sub4	sub5	sub6
before	90.7	81.7	94.3	96.0	91.5	91.0
race	89.0		85.0	95.0		
day1	90.0	83.0	96.0		92.0	91.0
day2	83.0	83.0	91.0	97.0		91.0
day3	84.0	83.0	96.0	91.0	93.0	92.0
day4	85.0	85.0	92.0	96.0		91.0
day5	74.0	93.0	93.0	96.0	94.0	72.0
day6	88.0	88.0	75.0	94.0	78.0	
day7	82.0	71.0		94.0		84.0

の熟眠度はsub 2を除く6名中5名が90%以上であるのに対し, レース後5~7日目の熟眠度がsub 4を除いた6名中5名が70%代に低下したのである。すなわち, 6名中5名は熟眠度がレース前に比べてレース5~7日後に10~20%程度低下していたと言える。欠損値が多いため, この変化について統計的に有意差を示すことは困難であるが, レース直後に欠損のない一部のデータ(3名)を利用して統計的な傾向を

示した結果が図1である。レース前, レース直後, レース6日後の3ポイントにおいて熟眠度の変化を検討すると, 熟眠度が低下している傾向があることが明らかとなった ( $p=0.05$ )。次にレース前, レース直後から1週間の総睡眠時間の結果をTable 3に示す。こちらも取得したデータの範囲から興味深い事実がある。レース前の睡眠時間は325分~468分であるのに対し, レース後6, 7日目の睡眠時間は6名中5

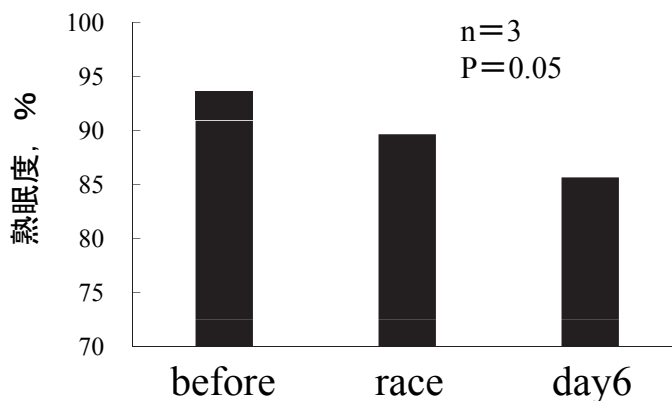


図1. トライアスロンレース前後における熟眠度平均値の変化 (レース前とレース後6日目)

Table 3. トライアスリートのレース前, レース当日, レース後7日間の総睡眠時間記録

睡眠時間, 分	sub1	sub2	sub3	sub4	sub5	sub6
before	407	353	325	408	467	468
race	327	95	510	458	144	
day1	519	453	535		525	511
day2	398	370	430	456		418
day3	404	234	460	559	420	458
day4	401	328	348	520		457
day5	415	428	358	470	405	292
day6	216	308	225	354	275	
day7	261	252		393		321

名において216分～321分と短縮していた。各被験者のレース前の睡眠時間を100%とした場合、レース後における変化割合を算出すると6名中5名において30%程度睡眠時間が短縮したことになる。レース直後に欠損のない一部のデータ(5名)の睡眠時間平均値を示した結果が図2である。ただし、こちらのレース前、レース直後、レース6日後の3ポイントにおける睡眠

時間の変化は統計的な有意な変化は認められなかった ( $p=0.165$ )。ただし、sub 2, sub 5の睡眠時間についてはレース当日の睡眠時間が極端に短かった。当人の主観的睡眠も「よく眠れなかった」としており、取得した睡眠記録データ値は機器の不具合によるものではない。

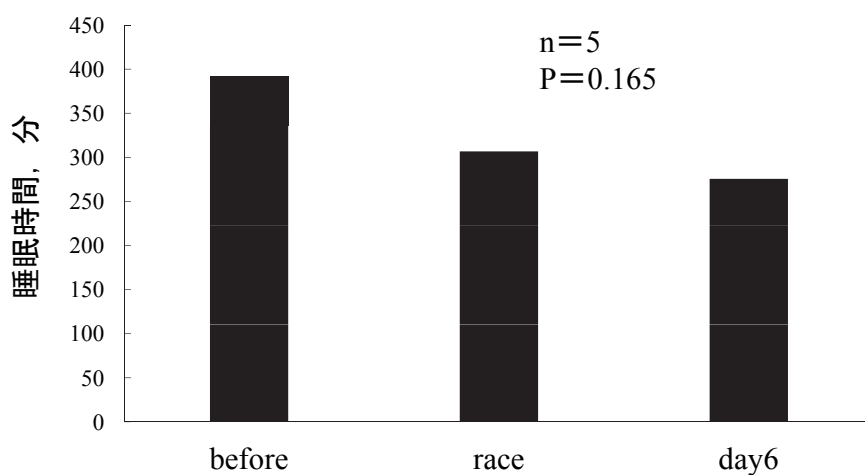


図2. トライアスロンレース前後における睡眠時間平均値の変化(レース前とレース後6日目)



## 5. 考察

本研究は大学生トライアスリートにおけるレース前後の睡眠質と睡眠時間を評価した結果を報告した。その結果、本調査からレース前に比べてレース終了5～7日後に熟眠度が10%以上大きく低下する対象者が多く認められた。欠損データが多く対象者数は3名と少ないものの、レース前、レース当日、レース6日後の熟眠度の変化について統計的に解析すると熟眠度がレース後に低下している傾向が認められた。すなわち、睡眠質はレース後1週間程度すると低下する可能性を示したのである。同時に睡眠時間は各々レース6、7日目に短縮しているようにみえるが、レース直後に欠損値のない5名のデータに基づくデータの統計解析によるとレース前後で有意差はなかった。初めて本調査は、大学生トライアスリートにおいてレース前に比べてレース1週間後の睡眠質は低下する傾向を示したのである。

一般的に健康の維持には、最適な食事、適度な運動、良質な睡眠が重要である。近年、アスリートにおける良質な睡眠、睡眠時間の確保がアスリートの健康維持およびパフォーマンス向上に有用であることが報告されている。断眠は、全身持久力を低下させることが報告されている<sup>8)</sup>ことから、睡眠はアスリートのパフォーマンスに影響を与えるファクターであると言える。また、我々はライフセーバーにおける数日間の水難救助活動による身体活動量の増加が睡眠質を低下させ、上気道感染リスクを高めることも明らかにしている<sup>9)</sup>。このようにアスリートにおける良好な睡眠はコンディショニングのためにも大切であることが明らかである。睡眠が大切なのは特定の競技に限ったことではなく、

トライアスリートにおいても重要であることがすでに先行研究において示唆されている。トライアスリートにおける日常のトレーニングにおいてオーバートレーニングが生じると睡眠障害と上気道感染症が増加したという報告<sup>14)</sup>がある。この報告は、やはりトライアスリートのコンディショニングのためにも良好な睡眠は大切であることを示唆している。本調査は、大学生トライアスリートにおけるレース前後の睡眠状況についての記録を報告した。トライアスロン競技は、ラン・バイク・スイムの3種の有酸素運動の合計タイムの速さを競うスポーツである。本調査におけるレースはオリンピックディスタンスでの実施であったため1回あたりの競技時間は、2時間程度であった。このように競技時間が長いアスリートのレース後にかかる身体的疲労度は非常に高い。しかし、トライアスリートにおけるレース前後の睡眠状況を示した報告はなく実態は不明であった。本調査の結果、大学生トライアスリートではレース前に比べてレース1週間後の睡眠質が低下する傾向を示したのである。

アスリートにおける睡眠の質と睡眠時間がアスリートのコンディションや競技パフォーマンスに及ぼす影響を報告した先行研究がいくつかある。睡眠質に関しては、入眠前に光照射することにより睡眠質を人為的に低下させるとバドミントン技術の成功率が低下することが明らかにされていること<sup>15)</sup>から睡眠質の低下は集中力を必要とするアスリートのパフォーマンス技術を低下させることが示されている。また、断眠が水泳の間欠の高強度運動パフォーマンスを低下させることや<sup>16)</sup>、30時間の断眠がトレッドミルによる全身持久力を低下させたり<sup>8)</sup>、スプリントパフォーマンス（無酸素性作業能力）を

低下させたりすることも明らかにされている<sup>17)</sup>。これらの先行研究は睡眠時間を任意に短縮させたことで競技パフォーマンスに必要な全身持久力や無酸素性作業能力が低下したことを示した結果である。一方、トライアスロン競技は、ラン、バイク、スイムから成る競技であるため全身持久力は欠かせない能力である。また、生田目、大槻らの先行研究では、エリートトライアスリートは無酸素性トレーニングで増大する心機能が高いことを明らかにしていることから、優れたトライアスリートの無酸素性作業能力が高い可能性を推察している<sup>18)</sup>。すなわち、トライアスリートのパフォーマンス向上には、単に長時間運動に耐えられる持久力を高めるだけでなく、無酸素性作業能力も重要であると言えるだろう。このことからトライアスロン競技においても他競技同様に睡眠がパフォーマンス向上、コンディショニングのために大きく影響することが予測される。本研究では、トライアスリートのレース前後において統計的に睡眠時間に有意な変化は認められなかったものの、各個人のデータではレース1週間後に睡眠時間が短縮する者が多く、熟眠度が低下していた。睡眠質と睡眠時間は表裏一体の関係であり、本研究において対象としたトライアスリートのレース1週間後に競技パフォーマンス能力は一時的に低下し、コンディションも万全でないことを示した結果なのかもしれない。すなわち、トライアスリートにおけるレース後は、次のレースを実施するタイミングが1週間程度ではコンディションが低下し、本来の最大パフォーマンスが発揮できないことを示しているかもしれない。また、Lukeら<sup>19)</sup>は、睡眠と怪我の発症率に高い関連性があることについて示唆しており、レース後のコンディショニングに配慮する必要があると

考えられる。

先行研究においてラグビー選手の睡眠時間を延長させると血中ストレスレベルが低下し、反応時間も向上したという報告がある<sup>20)</sup>。トライアスリートにおいて良好な睡眠をとることは競技パフォーマンスやコンディショニングのためにも大切である可能性はすでに示したが、本研究の調査からレース1週間後の睡眠質は低下している可能性を明らかにした。先行研究によると睡眠質が低下した際に身体に負担をかけてトレーニング量を増やすことや次のレースを実施することはアスリート本人が有する競技パフォーマンス能力の本領を発揮できないだけでなく、健康を害する可能性がある。このような問題に対する解決法の一つにトレーニングに仮眠を取り入れることが有効であるかもしれない。30分の仮眠でスプリント能力が有意に高まることを示した報告<sup>21)</sup>や、20分以下の仮眠でピークジャンプ速度やスクワットジャンプが全く仮眠しない時に比べて向上したことも報告されているのである<sup>22)</sup>。エリートアスリートは普段から日常のトレーニングによる身体的負荷、競技の負荷、精神的負担から睡眠障害を生じることが指摘されている。特に試合の際は社会からの期待による精神的ストレス、試合やトレーニングによる筋の張りなどからも睡眠障害になるとされる。実際に非アスリートに比べてナショナルレベルのアスリートの睡眠効率は低いことが報告されている<sup>23)</sup>。また、実際に日本人トップアスリート310名を対象とした調査では、81%に仮眠をとる習慣があることが報告されている<sup>24)</sup>。トライアスロン競技においてもレース前後で心身ともにリラックスするためには、夜間の睡眠の質・量を改善するだけでなく、トレーニングの合間に日中の休養・仮眠を取り入れる



ことも有用である可能性がある。

本研究にはいくつかの限界がある。本研究は被験者とした大学生トライアスリートの各個人の競技レベルは非常に高いため、個人の変化記録だけでもトライアスリートの睡眠データとして価値があると考えているが、総数として非常に対象者数が少なく、データ欠損もあるため、全対象者において統計処理を実施することができなかった。今後対象者数を増やして検討を実施する必要がある。また、トライアスロン競技は、競技時間がさまざまで8時間を超える大会もある。競技時間が8時間超のトライアスロン競技後に睡眠時の中途覚醒時間が増加したとの報告もあり、トライアスロン競技後に睡眠質の低下、睡眠時間の短縮が生じる可能性がすでに示唆されている<sup>25)</sup>が、オリンピックスタンスでもこのようなことが生じるかについては不明である。今後、距離別ごとのトライアスロンに関する詳細な検討が必要である。さらにレース後1週間後に睡眠質が低下した要因がレースの疲労によるものか、レース2日後から再開したトレーニングのきつさによるものかについては本研究だけでは明らかにすることができない。先行研究において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が示唆されている<sup>26)</sup>。また、トライアスリートにおける3週間の高強度トレーニングによって睡眠時間が短縮したり(-7.9%)や睡眠効率が減少したりすることが(-1.6%)上気道感染症罹患率が67%増加したことも報告されている<sup>27)</sup>。本研究の個々のデータでは、睡眠時間は30%程度、熟眠度は10%程度、レース前に比べてレース1週間後に低下していたことから単にトレーニング

のみの影響でなく、レースによる疲労も反映した結果であると考えられるが、本研究の結果のみからその要因を明らかにすることは困難である。また、上気道感染罹患状況についても記録しなかったため、今後は睡眠状況と併せて上気道感染罹患状況についても調査していくことでトライアスリートのコンディショニングコントロールをしていく必要があるだろう。

## 6. 結論

大学生トライアスリートにおけるレース前後の睡眠の質と睡眠時間を評価した結果、レース前に比べてレース終了5~7日後に熟眠度が10%以上大きく低下する対象者が多く認められ、統計分析した結果でもレース後に熟眠度は低下する傾向があったことから、睡眠質がレース1週間後に低下する可能性を示した。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり多大なるご支援を賜りました筑波大学の前田清司教授と研究員の崔英珠先生に心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 荒井宏和監修. 運動部活動生のためのコンディショニングBOOK. 大塚製薬株式会社発行. 2019.
- 2) Neville V, Gleeson M, Folland JP. Salivary IgA as a risk factor for upper respiratory infections in elite professional athletes. *Med Sci Sports Exerc* 40(7): 1228-1236, 2008.
- 3) Tauler P, Martinez S, Moreno C, Martinez P, Aguilo A. Changes in salivary hormones, immunoglobulin A, and C-reactive protein in response to ultra-endurance exercises. *Appl Physiol Nutr Metab* 39(5): 560-565, 2014.
- 4) 山本利春. 戦略的リカバリーの考え方と実際—勝利につながる疲労回復法への取り組み. *Sports med* 167: 2-13, 2015.

- 5) Tanabe Y, Maeda S, Akazawa N, Zempo-Miyaki A, Choi Y, Ra SG, Imaizumi A, Otsuka Y, Nosaka K. Attenuation of indirect markers of eccentric exercise-induced muscle damage by crucumin. *Eur J Appl Physiol* 115: 1949-1957, 2015.
- 6) Ra SG, Akazawa N, Choi Y, Matsubara T, Oikawa S, Kumagai H, Tanahashi K, Ohmori H, Maeda S. Taurine supplementation reduces eccentric exercise-induced delayed onset muscle soreness in young men. *Adv Exp Med Biol* 803: 765-772, 2015.
- 7) Tagawa K, Ra SG, Choi Y, Maeda S. Lactotripeptides supplementations alleviate the decrease in maximal isometric force following high-intensity eccentric exercise: a randomized, placebo-controlled, double-blinded clinical trial. *Am J Phys Med Rehabil* 97(5): 370-374, 2018.
- 8) Oliver SJ, Costa RJ, Laing SJ, Bilzon JL, Walsh NP. One night of sleep deprivation decreases treadmill endurance performance. *Eur J Appl Physiol* 107(2): 155-161, 2009.
- 9) 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. 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学会誌* 25(2): 261-268, 2017.
- 10) Leeder J, Glaister M, Pizzoferro K, Dawson J, Pedlar C. Sleep duration and quality in elite athletes measured using wristwatch actigraphy. *J sports sci* 30(6): 541-546, 2012.
- 11) Copenhaver EA, Diamond AB. The Value of Sleep on Athletic Performance, Injury, and Recovery in the Young Athlete. *Pediatr Ann* 46(3): e106-e111, 2017.
- 12) O'Donnell S, Bird S, Jacobson G, Driller M. Sleep and stress hormone responses to training and competition in elite female athletes. *Eur J Sport Sci* 18(5): 611-618, 2018.
- 13) Briscoe S, Hardy E, Pengo MF, Kosky C, Williams AJ, Hart N, Steier J. Comparison of 7 versus 14 days wrist actigraphy monitoring in a sleep disorders clinic population. *Chronobiol Int* 31(3): 356-362, 2014.
- 14) Hausswirth C, Louis J, Aubry A, Bonnet G, Duffield R, LE Meur Y. Evidence of disturbed sleep and increased illness in overreached endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc* 46(5): 1036-1045, 2014.
- 15) 中村優希, 崔英珠, 羅成圭, 吹田真士, 徳山薫平, 佐藤誠, 前田清司. バドミントン競技選手における睡眠の質がパフォーマンスに与える影響. *トレーニング科学* 28(4): 183-189, 2017.
- 16) 菅原愛, 赤澤暢彦, 崔英珠, 千石泰雄, 前田清司. 断眠が水泳の間欠的高強度運動パフォーマンスに及ぼす影響. *体育の科学* 68: 543-545, 2018.
- 17) Skein M, Duffield R, Edge J, Short MJ, Mündel T. Intermittent-sprint performance and muscle glycogen after 30 h of sleep deprivation. *Med Sci Sport Exerc* 43(7): 1301-1311, 2011.
- 18) 生田目颯, 大槻毅. トライアスリートの心臓および血管における日本代表選手と学生日本代表選手の比較. *月間トレーニングジャーナル* 45: 22-26, 2017.
- 19) Etxebarria N, Mujika I, Pyne DB. Training and Competition Readiness in Triathlon. *Sports (Basel)* 7(5): 29, 2019.
- 20) Swinbourne R, Miller K, Smart D, Dulson D, Gill N. The effects of sleep extension on sleep, performance, immunity and physical stress in rugby players. *Sports* 6(2): pii: E42, 2018.
- 21) Waterhouse J, Atkinson G, Edwards B, Reilly T. The role of a short post-lunch nap in improving cognitive, motor, and sprint performance in participants with partial sleep deprivation. *J Sports Sci* 25(14): 1557-1566, 2007.
- 22) O'Donnell S, Beaven C, Driller M. The influence of match-day napping in elite female netball athletes. *Int J Sports Physiol Perform* Epub 15: Mar 2018.
- 23) Leeder J, Glaister M, Pizzoferro K, Dawson J, Pedlar C. Sleep duration and quality in elite athletes measured using wristwatch actigraphy. *J Sports Sci* 30(6): 541-545, 2012.
- 24) 星川雅子, 内田直, 藤田淑香. 日本人トップアスリートを対象とした睡眠習慣に関する質問紙調査. *日本臨床スポーツ医学会誌* 23(1): 74-87, 2015.
- 25) Driver HS, Rogers GG, Mitchell D, Borrow SJ, Allen M, Luus HG, Shapiro CM. Prolonged endurance exercise and sleep disruption. *Med Sci Sports Exerc* 26(7): 903-907, 1994.
- 26) Driver HS, Taylor SR. Sleep disturbances and exercise. *Sports Med* 21(1): 1-6, 1996.
- 27) Hausswirth C, Louis J, Aubry A, Bonnet G, Duffield R, LE Meur Y. Evidence of disturbed sleep and increased illness in overreached endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc* 46(5): 1036-1045, 2014.