

報告・資料

日本人アスリートの睡眠習慣—アクチグラフを用いた計測結果—
Sleep habits in Japanese athletes—Results from actigraphic measurements—

星川雅子¹⁾
Masako Hoshikawa¹⁾

Abstract : The purpose of this report was to clarify sleep habits among elite Japanese athletes. Nocturnal sleep data recorded with wrist actigraphy from 111 Japanese athletes were analyzed. Time in bed, sleep latency, total sleep time and sleep efficiency were normally distributed, and were not different between male and female. Mean values and standard deviation of sleep parameters were $7 : 21 \pm 0 : 40$ for time in bed, 11.4 ± 7.5 min for sleep latency, $6 : 25 \pm 0 : 45$ for total sleep time, and $87.1 \pm 5.2\%$ for sleep efficiency. Four (3.6%) of 111 athletes showed sleep latencies equal to or longer than 30 min. Thirty-three (29.7%) showed total sleep duration less than 6 h. Thirty-four (30.6%) showed sleep efficiency lower than 85%. Overall, sleep latency and total sleep duration tended to be shorter, and sleep efficiency was a little bit higher than the values from foreign athletes in the previous report. To understand characteristics of individual sleep, the supplemental table with 5 divisions was created on each sleep parameter. However, it must be remembered that these tables are based on the sleep characteristics of Japanese athletes mentioned above.

Key words : Japanese athletes, sleep, actigraph

キーワード：日本のアスリート, 睡眠, アクチグラフ

¹⁾国立スポーツ科学センター

¹⁾Japan Institute of Sports Sciences

E-mail : masako.hoshikawa@jpnsport.go.jp

受付日：2023年7月11日

受理日：2023年10月31日

I. 緒言

睡眠は脳の活動によっておこる全身の状態の1つであり、身体^{4), 15), 24)} および精神^{10), 16), 21)} のコンディションを良好に保つこと、パフォーマンスの維持・向上^{2), 17), 25), 28)} に重要である。アスリートの間でリカバリーの重要性に対する認識が高まってきたこと、睡眠時間の延長がパフォーマンス向上に有効であるという先行研究^{17), 25), 28)} が広まったこと、簡易的に睡眠を評価できるデバイスが普及してきたことなどから、自身の睡眠を計測するアスリートが増えてきた。簡易的に睡眠を評価するデバイスはアスリート本人が自覚している就床時間（就寝から起床まで）以外にもいくつかの測定結果を提供する。海外に関しては、いくつかの国で、多数のハイパフォーマンスアスリートの集団を対象にウェアラブルデバイスで睡眠を計測し、睡眠パラメータの平均値を示した報告がある。しかし、多数の日本人アスリートの集団を対象にウェアラブルデバイスで睡眠を計測し、その特徴を表現した報告はない。生活習慣は国によって異なり、一般人では睡眠時間の平均値にも国によって長短があることが知られている²²⁾。海外のハイパフォーマンスアスリートと比べて日本のアスリートの睡眠習慣は異なるのか否か、異なるとすればどのようなところが異なるのか、それは、日本のハイパフォーマンスアスリートのデータがないため明らかでない。また、ウェアラブルデバイスで計測された睡眠パラメータのデータをどのように解釈すればよいのか、アスリート本人をはじめトレーナー等、アスリートを支えるスタッフがデータを理解する手掛かりを明示した資料は少ない。

アクチグラフは腕時計型の身体活動量計を用いた評価方法の1つであり、睡眠や生体リズムを評価するのに用いられる。脳波を用いて記録される睡眠／覚醒と高い相関を示し^{18), 30)}、被測定者に対する負担の少ない睡眠計測方法として広く用いられている⁵⁾。計測のために検査室で眠る必要がなく、自宅や合宿所等で計測が可能であり、特別な状況ではない普段の睡眠を、一晩だけでなく長

期間記録し、評価することが可能である。

国立スポーツ科学センターにおいて筆者は、アスリートを対象に、アクチグラフ、シート型センサー、指輪型センサー、簡易脳波計など、各種の機器を用いて簡易な睡眠評価を行ってきた。アクチグラフに関しては、2013年より統一した手法でデータを収集・解析、蓄積してきた。それらのうち、本稿では、筆者が管理しているアクチグラフデータを集計し、資料を作成した。本報告の目的は、日本のアスリートの睡眠習慣の特徴を明らかにすることと、日本のアスリートの睡眠のデータを理解するための資料を作成することであった。

II. 方法

1. アスリートの睡眠習慣を調べるためのアクチグラフデータの分析

1) 対象データの抽出

筆者が2013年から2021年の間に研究で行ったアクチグラフを用いた睡眠計測のうち、アスリートが対象で、就寝・起床時刻についての指定や、特別な環境（高地・低酸素・海外遠征中・海外からの帰国後など）の条件がなく、かつ2夜分以上計測されたものを分析対象とした。該当したのは111名分（男子66名、年齢 22.7 ± 3.6 歳、身長 173.4 ± 8.4 cm、体重 74.1 ± 14.9 kg；女子45名、 22.6 ± 3.7 歳、身長 163.4 ± 5.6 cm、体重 56.6 ± 5.7 kg）であった。内訳は、強化指定選手69名、ジュニア強化指定選手7名、プロ4名、大学生アスリート31名であった。記録日数は2～20日（平均 7.9 ± 7.1 日）であった。計測を行った研究は通常のトレーニング期に行われており、医薬品の服用は禁止されていた。また、睡眠障害をもつアスリートは被検者募集にあたって除外されていた。アクチグラフデータの分析は、国立スポーツ科学センター倫理審査委員会の承認（承認番号2022-006）を得、オプトアウトを経て実施された。

2) 睡眠評価指標の算出

計測にはフィリップスレスピロニクス社製のアクチグラフ（Actiwatch Spectrum Plus Pro、reference

number 1101894、Philips Respironics、アメリカ)を用いた。本アクチグラフは身体活動量計測のための加速度センサーに加え、イベントマーカーボタン、照度センサー、装着／非装着を判定する機能を有する。睡眠研究で広く使用される機器であり、ポリソムノグラフとの比較では、睡眠・覚醒の一致度は86.3%¹⁸⁾、86.7%²⁷⁾、感度は96.5%¹⁸⁾、87.5%²⁷⁾、特異度は32.9%¹⁸⁾、77.1%²⁷⁾と報告されている。

研究に参加したアスリートは、就寝前に、アクチグラフを非利き腕側の手首に、上から服が覆わないように装着し、就寝・起床時にイベントマーカーボタンを押した。就寝時刻は、イベントマーカーボタンが押された時刻と照度センサーによって調べられた消灯時刻を比較し、遅いほうを就寝時刻として決定した。起床時刻はイベントマーカーボタンと部屋の照明が点灯された時刻、アクチグラフが非装着になった時刻を比較し、最も早い時刻として決定した。就床時間は、就寝時刻から起床時刻までとして算出した。睡眠・覚醒の判定は、専用のソフトウェア(Philips Actiware 6.01、Philips Respironics、アメリカ)で判定閾値をMedium(40 Activity counts)で設定し、1分ごとに判定した。睡眠潜時は、就寝時刻以降、10分連続して睡眠と初めて判定されるまでの時間とした。中途覚醒時間は睡眠潜時以降、起床時刻までの間で覚醒と判定された時間の合計とした。総睡眠時間は、就床時間から睡眠潜時と中途覚醒時間を除いた時間とした。睡眠効率とは総睡眠時間を就床時間で除して算出した。睡眠潜時と睡眠効率は、睡眠の質の指標として用いた。

計測日数がアスリートごとに異なるため、就床時間、睡眠潜時、総睡眠時間、睡眠効率は、各アスリートの平均値を代表値として以後の分析に用いた。対象者111名のうち43名は計測期間中に練習日と休日の両方が含まれていた。

3) 睡眠評価指標に関する分析

就床時間、睡眠潜時、総睡眠時間、睡眠効率の4つの指標に関して、シャピローウィルク検定にて正規性の検定を行った。男性と女性の差の有無

は、対応のないT検定で調べた。総睡眠時間と就床時間、総睡眠時間と睡眠効率の関係は、それぞれ直線回帰し決定係数を調べた。統計は統計用ソフトウェア(エクセル統計、SSRI、東京)を用いて行った。シャピローウィルク検定、T検定、直線回帰の決定係数ともに $p < 0.05$ の水準をもって有意とした。

Ⅲ. 結果

1. データの分布の正規性の検定および平均値と標準偏差

各睡眠パラメータにおける111名のアスリートのアクチグラフデータの分布を図1に示した。シャピローウィルク検定の結果、就床時間($p = 0.2359$)、睡眠潜時($p = 0.1993$)、総睡眠時間($p = 0.2435$)、睡眠効率($p = 0.7354$)のデータは正規分布に従うという仮定は棄却されなかった。

男女の睡眠パラメータの平均値と標準偏差を表1に示した。就床時間、睡眠潜時、総睡眠時間、睡眠効率すべてにおいて性別による差はみられなかった($p > 0.05$)。

睡眠潜時が30分以上のアスリートは4名(3.6%)、総睡眠時間が6時間未満のアスリートは33名(29.7%)、睡眠効率が85%未満のアスリートは34名(30.6%)であった。

2. 表の作成

就床時間、睡眠潜時、総睡眠時間、睡眠効率の4つの指標に関して、平均値と標準偏差を用いて、データを第1区分は平均値-1.5SD未満、第2区分は平均値-1.5SD以上平均値-0.5SD未満、第3区分は平均値-0.5SD以上平均値+0.5SD未満、第4区分は平均値+0.5SD以上平均値+1.5SD未満、第5区分は平均値+1.5SD以上、の5区分に分け、表2を作成した。4つの指標すべてにおいて男女の間で差がなかったことから、表は、男女あわせたデータをもとに作成した。

3. 睡眠時間と就床時間、総睡眠時間と睡眠効率の関係

図2に、睡眠時間と就床時間、総睡眠時間と睡

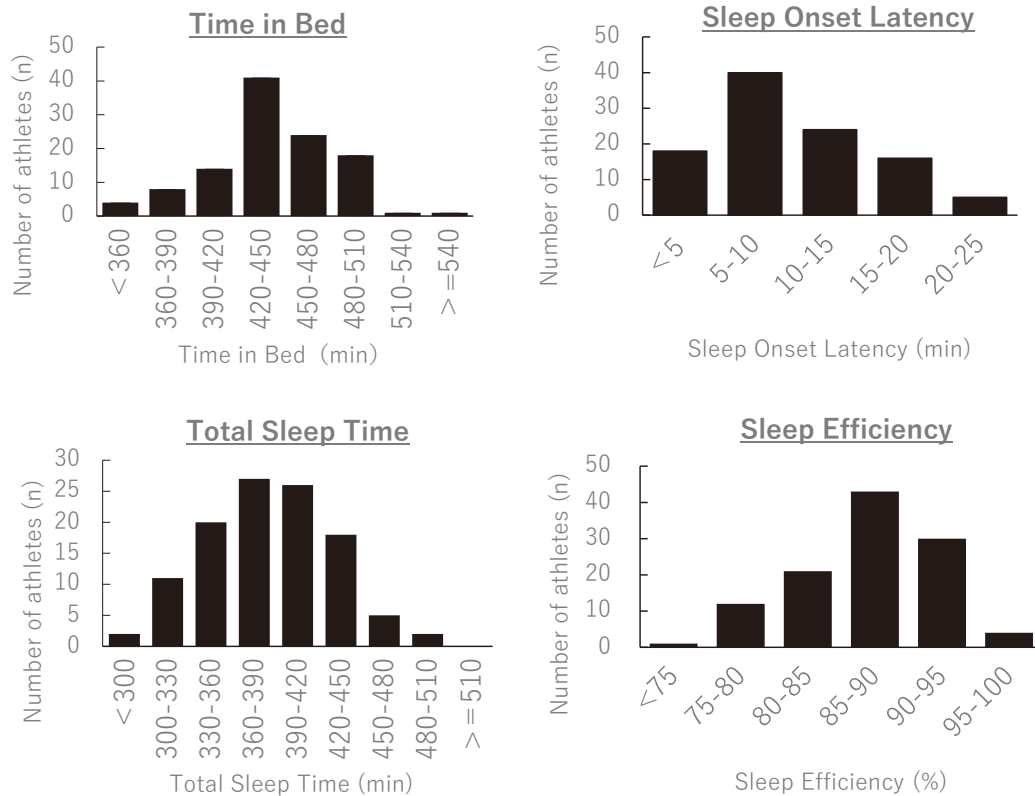


Fig. 1 Frequency distribution of each sleep parameters.

Table 1. Means and standard deviations of sleep parameters.

		All (n=111)	Men (n=66)	Women (n=45)	Difference
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
Time in Bed	(h:min)	7:21 ± 0:40	7:18 ± 0:44	7:26 ± 0:32	NS
Sleep Onset Latency	(min)	11.4 ± 7.5	12.7 ± 7.7	9.5 ± 6.6	NS
Total Sleep Time	(h:min)	6:25 ± 0:45	6:19 ± 0:47	6:35 ± 0:38	NS
Sleep Efficiency	(%)	87.1 ± 5.2	86.5 ± 5.4	88.2 ± 4.7	NS

(mean ± SD)

Difference: difference between men and women, NS: not significant

眠効率のXYプロット、回帰式、決定係数を示した。就床時間と総睡眠時間のデータを直線回帰したときの決定係数は $R^2=0.7404$ 、睡眠効率と総睡眠時間のデータを直線回帰したときの決定係数は $R^2=0.3147$ であった。

IV. 考察

1. 平均値と標準偏差

特定の競技を専門とするアスリートの睡眠習慣

については多数の報告がある。それらをまとめた研究によれば、アスリートの総睡眠時間は、5時間24分±1時間18分～9時間03分±46分の範囲で報告されており、研究によって大きく異なる¹⁹⁾。複数の競技で数十名の選手を対象に調べた研究に関していえば、Sargent et al.²⁶⁾は、7競技種目（競泳、自転車ロードレース、トライアスロン、マウンテンバイク、競歩、バスケットボール、オーストラリアンフットボール）の70名の

Table 2. Tables with 5 divisions for each sleep parameters.

Time in Bed (h:min)				Sleep Onset Latency (min)			
Class		Range		Class		Range	
< -1.5SD	Short	短め	< 6:19	< -1.5SD	Short	短め	—
-1.5SD~-0.5SD	Slightly Short	やや短め	6:19 ~ 6:59	-1.5SD~-0.5SD	Slightly Short	やや短め	0.3 ~ 10
-0.5SD~0.5SD	Around Mean	平均に近い	7:00 ~ 7:40	-0.5SD~0.5SD	Around Mean	平均に近い	11 ~ 14
0.5SD~1.5SD	Slightly Long	やや長め	7:41 ~ 8:21	0.5SD~1.5SD	Slightly Long	やや長め	15 ~ 22
1.5SD=<	Long	長め	8:22 =<	1.5SD=<	Long	長め	23 =<

Total Sleep Time (h:min)				Sleep Efficiency (%)			
Class		Range		Class		Range	
< -1.5SD	Short	短め	< 5:17	< -1.5SD	Low	低め	< 79.3
-1.5SD~-0.5SD	Slightly Short	やや短め	5:17 ~ 6:01	-1.5SD~-0.5SD	Slightly Low	やや低め	79.3 ~ 84.4
-0.5SD~0.5SD	Around Mean	平均に近い	6:02 ~ 6:46	-0.5SD~0.5SD	Around Mean	平均に近い	84.5 ~ 89.7
0.5SD~1.5SD	Slightly Long	やや長め	6:47 ~ 7:31	0.5SD~1.5SD	Slightly High	やや高め	89.8 ~ 94.9
1.5SD=<	Long	長め	7:32 =<	1.5SD=<	High	高め	95.0 =<

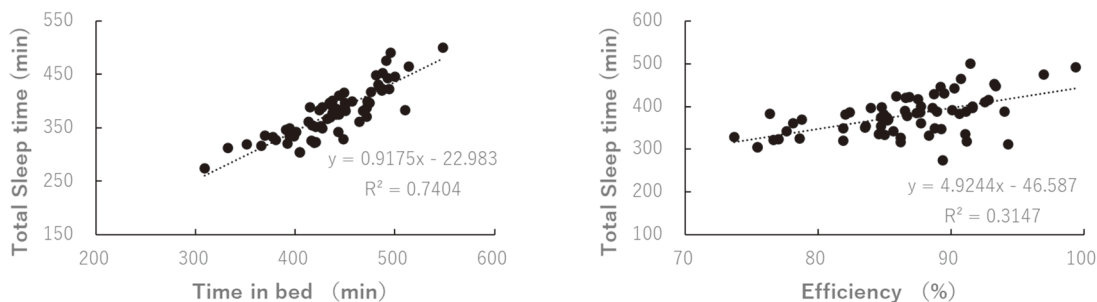


Fig. 2 Correlation between time in bed (left) or efficiency (right) and total sleep time.

エリートアスリートのトレーニングのある日の総睡眠時間は6時間30分±1時間18分であったと報告している。Lastella et al.¹³⁾は個人競技を専門とするアスリート（自転車、マウンテンバイク、競歩、競泳、トライアスロン：計66名）と団体競技を専門とするアスリート（オーストラリアンフットボール、サッカー、バスケットボール、ラグビー：計58名）の総睡眠時間は、個人競技を専門とするアスリートでは6.5±1.1時間、団体競技を専門とするアスリートでは7.0±1.2時間、平均で6.8±1.1時間と報告した。Leeder et al.によれば、イギリスのカヌー、飛び込み、ボート、スピードスケート競技のアスリートの総睡眠時間は6時間55分±43分であった¹⁴⁾。本研究の総睡眠時間は、男性が6時間19分±47分、女性が6時間35分±38分、全体では6時間25分±45分であり、上記の先行研究と比較して、同程度か30

分ほど短いといえよう。経済開発協力機構の報告書²²⁾では、日本人の睡眠時間は7時間22分で、報告書に記載されている33か国の中で最も短い。Sargent et al.²⁶⁾やLastella et al.¹³⁾の論文はオーストラリアのハイパフォーマンスアスリートを対象にしており、そのオーストラリアの一般人の睡眠時間は8時間18分で日本よりも56分、Leeder et al.¹⁴⁾の論文はイギリスのハイパフォーマンスアスリートを対象としており、そのイギリスの一般人の睡眠時間は8時間32分で日本よりも1時間10分長いと報告されている。このように、アスリートの総睡眠時間に関していえば、日本選手のほうがオーストラリアやイギリスの選手よりも短い、経済開発協力機構の報告²¹⁾ほど差は大きくなかった。

本研究では、4つすべての睡眠パラメータにおいて、男女で差はみられなかった。2014年に

JISSが行った質問紙調査では女性のほうが男性よりも就床時間が短いという結果であった⁹⁾が、本研究では異なった。また、2012年にJISSが行ったハイパフォーマンスアスリート対象の質問紙調査でも女性のほうが男性よりも主観的な睡眠の質が低いという結果であった⁸⁾。海外でハイパフォーマンスアスリートを対象にアクチグラフ¹⁴⁾やポリソムノグラフ²⁹⁾で計測した先行研究では、就床時間や総睡眠時間は男女間で差がない、睡眠効率は女性のほうが高いという報告もある。一般人では、成人期の女性（本研究より高い年齢層も含む）は自覚的な睡眠困難の訴えが男性より多く、疫学的には不眠の頻度が高いにもかかわらず、アクチグラフやポリソムノグラフィで計測された客観的所見では女性のほうが入眠潜時が短く、睡眠効率が高く、長く眠る等のことが知られている³³⁾。今回の計測結果が、過去の質問紙調査と異なる結果に至ったことが、調査対象となったアスリートの集団としての特徴によるのか、主観的な睡眠の評価と客観的な計測データが乖離していることによるのか、本研究ではわからない。アスリートの主観的な睡眠の質の評価がどの程度客観的データと一致するかについての報告はなく、それは今後の課題であろう。

2. 表

本研究の対象となったアスリート達の年代において米国睡眠財団が推奨している睡眠時間は7～9時間であり、6時間未満は推奨しない（Not Recommended）とされている⁷⁾。表2の総睡眠時間の第3区分「平均に近い」の下限值は6:03とそれに近い値となった。アスリートの睡眠に関するConsensus statement³⁴⁾では、上記米国睡眠財団の推奨⁷⁾をもとに7～9時間が推奨されているが、推奨しない睡眠時間についての記載はない。しかし、米国睡眠財団において推奨しないとされている上に、平均睡眠時間が6時間以下では7時間の場合よりも風邪症状の発症率が高まる²⁴⁾、反応時間の延長が顕著になる²⁾、自転車のタイムトライアルの記録が悪くなる²⁵⁾など、コンディショ

ンの面でもパフォーマンスの面でも悪影響が報告されており、アスリートにおいても6時間未満の総睡眠時間つまり第4区分、第5区分に相当することは推奨されないと考えてよいと思われる。本研究では総睡眠時間が6時間未満のアスリートは33名（29.7%）であった。Knufinke et al. は、オランダのハイパフォーマンスアスリート98名のうち10.94%が総睡眠時間6時間未満であったと報告しており¹²⁾、日本のアスリートのほうが比率が高かった。

総睡眠時間の長短が、就床時間の長短と睡眠効率の良否の2つのうちどちらにより説明されやすいかを調べるため、本研究では直線回帰の決定係数を調べた（図2）。その結果、就床時間と総睡眠時間の回帰式の決定係数は $R^2=0.7404$ と高く、睡眠効率は $R^2=0.3147$ と低かった。つまり、総睡眠時間の長短は、睡眠効率の良否よりも就床時間の長短によって説明されやすいといえよう。総睡眠時間を延長したい場合、医学的な問題が疑われなければ、就床時間の延長に取り組むことを第一選択肢とすることが勧められるかもしれない。

睡眠の質の良し悪しの指標の1つである睡眠効率は85%以上が適切な範囲とされている²⁰⁾。本研究では第3区分が86～90%、第2区分（やや低め）が80～85%となっており（表2）、一般的な目安とほぼ差がなかった。

オーストラリアのハイパフォーマンスアスリートの睡眠効率に関して、Lastella et al. は、個人競技のアスリートは $85.9 \pm 6.1\%$ 、団体競技のアスリートは $86.4 \pm 4.8\%$ であったと報告している¹³⁾。Sargent et al. は、トレーニングのある日の睡眠効率は $85.6 \pm 7.1\%$ 、トレーニングのない日は $85.3 \pm 7.6\%$ であったと報告している²⁶⁾。Leeder et al. の報告では、イギリスのハイパフォーマンスアスリートの睡眠効率は $80.6 \pm 6.4\%$ であった¹⁴⁾。Knufinke et al. はオランダのハイパフォーマンスアスリートの52.47%が睡眠効率85%以下であったと報告している¹²⁾。本研究の平均値 $87.1 \pm 5.7\%$ 、85%未満のアスリートの比率30.6%であったことは、これら海外のデータと比較して睡眠効

率が良いことを示しているかもしれない。

睡眠潜時で医学的に問題があると判断される基準は30分以上²⁰⁾である。しかし本研究でそれを超えるアスリートは4名(3.6%)しかおらず、表2の第5区分も23分以上と短かった。表2は医学的に問題のあるアスリートを検出するためのものではなく、単に睡眠の特徴を理解するため、アスリートに睡眠指導を行う際の参考値を提供するためのものである。表2を用いてアスリートにアドバイスを行う際には、「医学的に問題のない範囲の中で“長め”“短め”」などのように表現する必要がある。

本研究では、睡眠潜時は 11.4 ± 7.5 分であった。18～34歳の睡眠潜時の平均値は14.3分³⁾等とされ、睡眠不足の状態で就床した場合は短くなりやすい¹¹⁾とされる。海外のハイパフォーマンスアスリートの睡眠潜時は、Lastella et al.¹³⁾の報告によれば個人競技のアスリートは 22.0 ± 26.6 分、団体競技のアスリートは 16.0 ± 20.1 分、Leeder et al.の報告¹⁴⁾では 18.2 ± 16.5 分であった。Knufinke et al.は、睡眠潜時が30分以上のアスリートの比率は14.2%であったと報告している¹²⁾。本研究では睡眠潜時が30分以上のアスリートは4名(3.6%)であった。睡眠潜時が30分以上のアスリートが少ないことは喜ばしいことである一方、睡眠潜時5分未満の区分に11名(16.2%)のデータが分布していたこと(図1)、海外のハイパフォーマンスアスリートのほうが総睡眠時間が長いという報告が複数あることから、日本のアスリートのほうが短い睡眠潜時の区分に分布が多いことは、総睡眠時間が短い(睡眠不足の)アスリートが多いことを示しているかもしれない。

本研究には、いくつかの制限がある。まず、アクチグラフは身体活動量計であり、睡眠段階を調べることはできない。そのため睡眠の質の指標は睡眠潜時と睡眠効率にとどまる。近年、身体活動量と他の生理指標を組み合わせて分析し、アプリなどで睡眠段階を表示するウェアラブルデバイスが多く出ているが、ポリソムノグラフィと睡眠・覚醒の一致度は高いものの、浅いノンレム睡眠

(Stage 1と2)、深いノンレム睡眠(徐波睡眠、Stage 3)、レム睡眠の一致度が低いものがあり、まだ注意が必要である³²⁾。ただ、近年のウェアラブルデバイスでは身体活動量に生理学的パラメータを組み合わせたり¹⁾、アルゴリズムを工夫することによって精度を高める⁶⁾など進化しており、活用にあたっては最新の情報を確認する必要がある。現時点では、アクチグラフとポリソムノグラフィの睡眠・覚醒の一致度は90.7%²³⁾、88%³¹⁾、86.3%¹⁸⁾などの報告があり、感度(ポリソムノグラフィの睡眠をアクチグラフで睡眠と判定する比率)が95%以上^{18),23),31)}と高いのに対し、特異度(ポリソムノグラフィの覚醒をアクチグラフで覚醒と判定する比率)が34%、44%³¹⁾、32.9%¹⁸⁾、54.3%²³⁾など低いことが知られる。本研究で用いたアクチグラフでは、身体活動量から睡眠・覚醒を判定する計算式が購入時に付属するマニュアルに記載されているが、デバイスによっては睡眠・覚醒の判定方法が公開されていないことも多く、ポリソムノグラフィとのデータとの相関を調べた研究等でデバイスの特徴を知り、活用するほうが良いだろう。

本報告で用いたデータは、通常のトレーニング期に記録されたものであり、選手の睡眠スケジュールは彼らの日々のトレーニングスケジュールの影響を受けている。例えば、練習場所やパートナーの確保、夏季であれば日中の極端な高温を避ける等、各種の事情で早朝や夜間に練習やトレーニングがスケジューリングされることがあり、それが早い起床や遅い就寝、ひいては夜間睡眠時間の短縮につながる場合もあろう。また、経済開発協力機構の報告²²⁾で示されたように日本人は世界的にみて夜間睡眠時間が短いという特徴をもっており、そのような特徴をもつ日本の社会の一員として暮らしているアスリートにその影響が及んでいる可能性も考えられる。就床時間や総睡眠時間が短い場合、それが何に起因するかは、それぞれのアスリートによって異なる可能性があり、それに合わせた対処が必要と考えられる。

V. 結論

本報告では、日本のアスリーターの睡眠習慣の特徴を明らかにすることと、睡眠のデータを理解するための資料を作成することを目的に、111名のアスリーターの睡眠データの分布を調べ、表を作成した。アスリーターの睡眠の指標には、医学的な問題をスクリーニングするための指標と、医学的には標準の範囲内でもよりよいコンディションを求めて自身の睡眠を理解するための指標があり、本研究で作成した表2は後者を目的としている。表2の総睡眠時間と睡眠効率の区分は、先行研究や一般的に睡眠衛生指導で用いられる基準と一致する点があり、アスリート用に特別な指標を作成したというよりは、これまでよりも細かな評価を可能にするものと考えらるべきであろう。また、日本のアスリーターの総睡眠時間は海外の先行研究と同等か短め、睡眠潜時は短かった。よって、表2の区分は“日本においては”という前提を伴うべきと考えられる。

謝辞

本研究は、国立スポーツ科学センター医科学研究事業、JSPS 科研費 (JP26350827)、JSC ハイパフォーマンスセンター Total Conditioning Research Project で行われた研究で得られたデータを基に行った。研究に協力してくださったアスリートの方々に感謝します。

本論文に関連し、開示すべき利益相反関連事項はありません。

文献

- Altini M, Kinnunen H. The promise of sleep: a multi-sensor approach for accurate sleep stage detection using the Oura ring. *Sensors (Basel)*, 21 (13) : 4302, 2021.
- Belenky G, Wesensten NJ, Thorne DR, Thomas ML, Sing HC, Redmond DP, Russo MB, Balkin TJ. Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: a sleep dose-response study. *J Sleep Res*, 12 (1) : 1-12, 2003.
- Boulos MI, Jairam T, Kendzerska T, Im J, Mekhael A, Murray BJ. Normal polysomnography parameters in healthy adults: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Respir Med*, 7 (6) : 533-543, 2019.
- Broussard JL, Chapotot F, Abraham V, Day A, Delebecque F, Whitmore HR, Tasali E. Sleep restriction increases free fatty acids in healthy men. *Diabetologia*, 58 (4) : 791-798, 2015
- 遠藤拓郎. 活動量測定検査 (アクティグラフ: actigraphy). 臨床睡眠学. 睡眠障害の基礎と臨床; Ⅲ. 睡眠・覚醒の評価. 日本臨床, 66 増刊号 2: 138-144, 2008.
- Eylon G, Tikotzky L, Dinstein I. Performance evaluation of Fitbit Charge 3 and actigraphy vs polysomnography: sensitivity, specificity, and reliability across participants and nights. *Sleep Health*, 9 (4) : 407-416, 2023.
- Hirshkowitz M, Whiton K, Albert SM, Alessi C, Bruni O, DonCarlos L, Hazen N, Herman J, Katz ES, Kheirandish-Gozal L, Neubauer DN, O'Donnell AE, Ohayon M, Peever J, Rawding R, Sachdeva RC, Setters B, Vitiello MV, Ware JC, Adams Hillard PJ. National sleep foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary. *Sleep Health*, 1 (1) : 40-43, 2015.
- 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.
- Hoshikawa M, Uchida S, Hirano Y. A subjective assessment of the prevalence and factors associated with poor sleep quality amongst elite Japanese athletes. *Sports Med Open*, 4 (1) : 10, 2018.
- Islam Z, Hu H, Akter S, Kuwahara K, Kochi T, Eguchi M, Kurotani K, Nanri A, Kabe I, Mizoue

- T. Social jetlag is associated with an increased likelihood of having depressive symptoms among the Japanese working population: the Furukawa Nutrition and Health Study. *Sleep*, 43 (1) : zsz204, 2020.
- 11) Kitamura S, Katayose Y, Nakazaki K, Motomura Y, Oba K, Katsunuma R, Terasawa Y, Enomoto M, Moriguchi Y, Hida A, Mishima K. Estimating individual optimal sleep duration and potential sleep debt. *Sci Rep*, 6: 35812, 2016.
 - 12) Knufinke M, Nieuwenhuys A, Geurts SAE, Møst EIS, Maase K, Moen MH, Coenen AML, Kompier MAJ. Train hard, sleep well ? Perceived training load, sleep quantity and sleep state distribution in elite level athletes. *J Sci Med Sport*, 21 (4) : 427–432, 2018.
 - 13) Lastella M, Roach GD, Halson SL, Sargent C. Sleep/wake behaviours of elite athletes from individual and team sports. *Eur J Sports Sci*, 15 (2) : 94–100, 2015.
 - 14) 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.
 - 15) Leproult R, Cauter EV. Effect of 1 week of sleep restriction on testosterone levels in young men. *JAMA*, 305 (21) : 2173–2174, 2011.
 - 16) Levandovski R, Dantas G, Fernandes LC, Caumo W, Torres I, Roenneberg T, Hidalgo MPL, Allebrandt KV. Depression scores associate with chronotype and social jetlag in a rural population. *Chronobiol Int*, 28 (9) : 771–778, 2011.
 - 17) Mah CD, Mah KE, Kezirian EJ, Dement WC. The effects of sleep extension on the athletic performance of collegiate basketball players. *Sleep*, 34 (7) : 943–950, 2011.
 - 18) Mariono M, Li Y, Rueschman MN, Winkelman JW, Ellenbogen JM, Sole JM, Dulin H, Berkman LF, Buxton OM. Measuring sleep: accuracy, sensitivity, and specificity of wrist actigraphy compared to polysomnography. *Sleep*, 36 (11) : 1747–1755, 2013.
 - 19) Nedelec M, Aloulou A, Duforez F, Meyer T, Dupont G. The variability of sleep among elite athletes. *Sports Med Open*, 4 (1) : 34, 2018.
 - 20) Ohayon M, Wickwire EM, Hirshkowitz M, Albert SM, Avidan A, Daly FJ, Dauvilliers Y, Ferri R, Fung C, Gozal D, Hazen N, Krystal A, Lichstein K, Mallampalli M, Plazzi G, Rawding R, Scheer FA, Somer V, Vitiello MV. National Sleep Foundation's sleep quality recommendations: first report. *Sleep Health*, 3 (1) : 6–19, 2017.
 - 21) Ojio Y, Nishida A, Shimodera S, Togo F, Sasaki T. Sleep duration associated with the lowest risk of depression/anxiety in adolescents. *Sleep*, 39 (8) : 1555–1562, 2016.
 - 22) Organization for Economic Co-operation and Development. Gender data portal 2021, Time use in the world; OECD Gender Data Portal: https://www.oecd.org/gender/data/OECD_1564_TUSupdatePortal.xlsx (2023年10月4日)
 - 23) Paquet J, Kawinska A, Carrier J. Wake detection capacity of actigraphy during sleep. *Sleep*, 30 (10) : 1362–1369, 2007.
 - 24) Prather AA, Janicki-Deverts D, Hall MH, Cohen S. Behaviorally assessed sleep and susceptibility to the common cold. *Sleep*, 38 (9) : 1353–1359, 2015.
 - 25) Roberts SSH, Teo WP, Aisbett B, Warmington SA. Extended sleep maintains endurance performance better than normal or restricted sleep. *Med Sci Sports Exerc*, 51 (12) : 2516–2523, 2019.
 - 26) Sargent C, Lastella M, Halson SL, Roach GD. The impact of training schedule on the sleep and fatigue of elite athletes. *Chronobiol Int*, 31 (10) : 1160–1168, 2014.
 - 27) Sargent C, Lastella M, Halson SL, Roach GD. The validity of activity monitors for measuring sleep in elite athletes. *J Sci Med Sport*, 19 (10) :

- 848–853, 2016.
- 28) Schwartz J, Simon RD Jr. Sleep extension improves serving accuracy: a study with college varsity tennis players. *Physiol Behav*, 151: 541–544, 2015.
- 29) Silva A, Narciso FV, Rosa JP, Rodrigues DF, Cruz AAS, Tufik S, Vaina F, Biachara JJ, Pereira SRD, da Silva SC, Mello MT. Gender differences in sleep patterns and sleep complaints of elite athletes. *Sleep Sci*, 12 (4) : 242–248, 2019.
- 30) Smith MT, McCrae CS, Cheung J, Martin JL, Harrod CG, Heald JL, Carden KA. Use of actigraphy for the evaluation of sleep disorders and circadian rhythm sleep-wake disorders: an American Academy of Sleep Medicine clinical practice guideline. *J Clin Sleep Med*, 14 (7) : 1231–1237, 2018.
- 31) de Souza L, Benedito-Silva AA, Pires ML, Poyares D, Tufik S, Calil HM. Further validation of actigraphy for sleep studies. *Sleep*, 26 (1) : 81–85, 2003.
- 32) Stone JD, Rentz LE, Forsey J, Ramadan J, Markwald RR, Finomore JNR VS, Galster SM, Hagen JA. Evaluations of commercial sleep technologies for objective monitoring during routine sleep conditions. *Nat Sci Sleep*, 12: 821–842, 2020.
- 33) 内山真. 睡眠と性差. 三島和夫編, 睡眠科学 最新の基礎研究から医療・社会の応用まで. 化学同人, pp.252–265, 2016.
- 34) Walsh NP, Halson SL, Sargent C, Roach GD, Nédélec M, Gupta L, Leeder J, Fullagar HH, Coutts AJ, Edwards BJ, Pullinger SA, Robertson CM, Burniston JG, Lastella M, Le Meur Y, Hausswirth C, Bender AM, Grandner MA, Samuels CH. Sleep and the athlete: narrative review and 2021 expert consensus recommendations. *Br J Sports Med*, 55 (7) : 356–358, 2021.