

スポーツ選手を対象とした睡眠とスポーツパフォーマンスに関する研究

キーワード：睡眠効率, RPE, sRPE, ACWR, 身長あたりの除脂肪体重

新田博之¹⁾, 下江 甲作²⁾, 江頭 晃³⁾, 二田 亮⁴⁾, 西中川 剛⁵⁾

A Study on the Impact of Sleep on the Sports Performance of Athletes

Hiroyuki SHINDEN¹⁾, Kousaku SHIMOE²⁾, Akira EGASHIRA³⁾, Ryo NITA⁴⁾,
Tsuyoshi NISHINAKAGAWA⁵⁾

Keyword : Sleep efficiency, RPE, sRPE, ACWR, Lean body mass per height

要旨

強度の訓練を行うスポーツ選手は、睡眠状態が悪いと疲労の回復が遅くなるだけでなく日中の活動に悪影響を及ぼしていく(和田・山本 2014)。一方、十分な睡眠は、日中の眠気や倦怠感を減らし活力と心身の能力を増加させ、スポーツの精度や記録を向上させる(D Mah, E Mah. et al. 2011)。近年、睡眠不足は持久力を低下させることが示され(Oliver, Costa. et al. 2009)、長時間の睡眠はスポーツパフォーマンスの向上に有意に関連することが明らかになった(D Mah, E Mah. et al. 2011)。本研究では、スポーツ選手を対象として睡眠がスポーツパフォーマンスに与える影響を検討し、睡眠の質を評価する睡眠効率が低いと選手のスポーツパフォーマンスに関連する「身長あたりの除脂肪体重」に影響を及ぼすことを示した。練習の自覚的運動強度に練習時間を乗算した指標に比べて練習時間を乗算しない自覚的運動強度のほうが日中の居眠りに関連することが示唆され、日中の居眠りは週末の自覚的運動強度と関連し、週末の自覚的運動強度は平日の睡眠に影響を及ぼすことが示された。練習時間の長い週前半の疲労は、練習時間を減らしている週後半では解消されておらず、週末にかけて疲労が蓄積されていることが推測された。一方、睡眠の質を評価する睡眠効率は、「身長あたりの除脂肪体重」が1増加すると0.702増加することを示した。「身長あたりの除脂肪体重」を高めることが睡眠の質を高め、日中の眠気を下げることが示唆された。

はじめに

強度の訓練を行うスポーツ選手は、スポーツパフォーマンスを高めるには睡眠が重要である。十分な睡眠は、日中の眠気や倦怠感を減らし活力と心身の能力を増加させる効果があり、スポーツの精度や記録を向上させる(D Mah, E Mah. et al. 2011)。近年、睡眠不足は持久力を低下させることが示され、訓練にあわせて睡眠の改善効果が認知されつつある(Oliver, Costa. et al. 2009)。和田・山本(2014)は、身体活動で蓄積された疲労には良質な睡

眠が有用であると述べ、高強度な運動を行うスポーツ選手は、睡眠状態が悪いと疲労が回復し難いだけでなく日中の活動に悪影響を及ぼすことを示している。D Mah, E Mah. et al. (2011)は、睡眠が運動能力や眠気に与える影響を調査し、長時間の睡眠はスポーツパフォーマンスの向上に有意に関連することを明らかにしている。睡眠状態を測定する睡眠関連検査法は様々であり、ゴールドスタンダードといわれる検査法が終夜睡眠ポリグラフ検査 (Polysomnography ; PSG) である。PSG は、睡眠後から翌朝起床時までの夜間睡眠の状態を調べることで睡眠の異常を調べる検査法であり、睡眠脳波解析のバイブルとされている。検査は、複数のセンサを身体に装着し、睡眠中の脳波、眼球運動、筋電図、血液酸素飽和度、睡眠時の体位、心電図等を連続で記録する。睡眠時無呼吸症候群(SAS)の診断等で活用されているが、センサを頭部に装着するなど複数のセンサの装着により自然な睡眠を阻害する。大川・中島(2015)は、我が国における PSG は、検査可能な施設が少ないだけでなく、人的な面と施設費等が加わり、普及には課題が多いと述べている。身体にセンサを装着しない検査機器としてはアクチグラフ(腕時計型の行動量計測装置)があるものの、アクチグラフを腕に装着する必要がある、体動が大きいと実際よりも過大な覚醒判定となる可能性がある(Kushida, Chang. et al. 2001)。身体と非接触の検査機器としては、マットレスの下に設置し連続して測定するシート型睡眠測定装置がある。簡便で非侵襲的に睡眠の評価ができる特徴があり、スポーツ選手の睡眠研究では対象者の負担が少ないシート型睡眠測定装置が適している(内田・小西ら 2010)。Kogure, Shirakawa. et al. (2011)は、シート型睡眠測定装置の一つである「眠り SCAN」の精度を PSG 等と比較し、一致率、感度、特異度について、アクチグラフとほぼ同等であることを報告している。因みに、アクチグラフは、睡眠と睡眠障害患者における臨床上の査定及び研究領域で広く使用されている測定機器である。スポーツ選手の睡眠状態を測定するには、選手に負担を与えず連続して睡眠を検査できるシート型睡眠測定装置が有用であり、検知される体動の要素を検討することで、対象者の睡眠を客観的に分析できる。本研究では、シート型睡眠測定装置の中から、「眠り SCAN」と同じセンサを使う Active Sleep ANALYZER を採用した。Active Sleep ANALYZER は対象者の睡眠状態を客観的に精緻に測定できるだけでなく、睡眠状態をスマートフォンに知らせる機能もあり、睡眠状態を自分で毎日確認できる。この機能を活用して適切なセルフトレーニングが期待できる。睡眠に関する客観的な測定値とメデイカルチェックの測定結果、さらに、運動時の自覚的疲労等との関連を調査してスポーツパフォーマンスに及ぼす影響を検討した。

調査

1 対象者

A 市にあるプロのスポーツチームに所属する 18 歳以下のチームを対象として、調査の趣旨を説明し同意を得た 36 人を調査対象者とした。なお、本調査は、かごしま福祉開発研究所倫理審査委員会の承認(21-A4001)を得て実施した。

2 調査及び評価項目

- ①日中の眠気の評価は、ピッツバーグ睡眠質問票(Japanese version of Epworth Sleepiness Scale ; PSQI-J)を用いて評価した。
- ②睡眠時間・呼吸数・心拍数・睡眠潜時・睡眠効率・中途覚醒・離床回数・呼吸イベント指数・周期性体動指数は、シート型体振動計 Active Sleep ANALYZER で測定した。
- ③体重・BMI・体脂肪量・筋肉量・骨格筋量・徐脂肪量・体脂肪率・基礎代謝量・骨ミネラル量・SMI・Inbody 値は、体組成分析装置 In-body 470 で測定した。
- ④練習の運動強度及び疲労度の評価は、RPE・sRPE・ACWR を採用した。
- ⑤生活習慣の調査として、食事時間・アルバイトの有無と頻度等・消灯後の電子機器使用の有無・日中や授業中の居眠りの有無と居眠りの時間・睡眠中の短時間の筋肉収縮運動の有無・怪我等で練習を休んだ日数等を留置調査法で任意に答えてもらった。

3 Active Sleep ANALYZER の設置方法と結果の表示画面

Active Sleep ANALYZER は、臥床状態の体動・心拍・呼吸を推定精度約 99%¹⁾(PSG 測定項目の一つとの比較)で測定し、マットレスの下に設置することで睡眠を妨げない。臥床状態のバイタルとして、心拍数・呼吸数・呼吸イベント指数・周期性体動指数を非接触で測定する。睡眠に関する指標として、睡眠時間・呼吸数・心拍数・睡眠潜時・睡眠効率・中途覚醒・離床回数・呼吸イベント指数・周期性体動指数を非接触で測定する。得られた測定データを分析し睡眠スコアと睡眠改善アドバイスをスマートフォンに表示する。日々の状態に加えて週単位の睡眠状態を自分で毎日確認できる機能を活用して適切なセルフトレーニングが期待できる。

本研究では、睡眠状態、睡眠時の心拍数・呼吸数・体動等の測定データを Active Sleep ANALYZER 専用無線ルーターを介してインターネット経由でサーバーに転送した。Active Sleep ANALYZER 設置方法を図 1 に、スマートフォンの表示画面を図 2 に示す。

¹⁾ActiveSleepANALYZER ホームページより参照(<https://activesleep.jp/asa/>, 2021.11.28)。

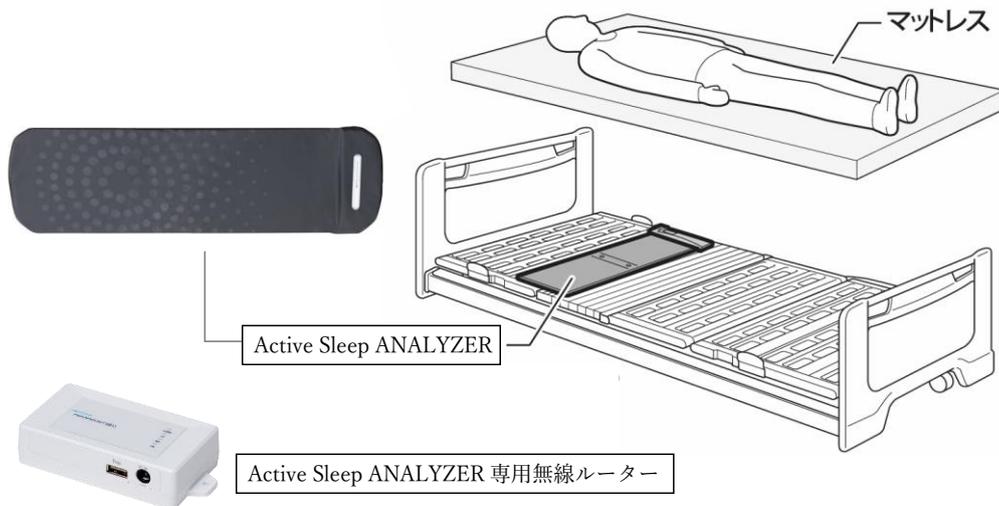


図1 Active Sleep ANALYZERの設置方法



図2 Active Sleep ANALYZERの表示画面

4 RPE・sRPE・ACWR・身長あたりの除脂肪体重の評価

- ①RPE(Rating of perceived exertion)は、運動時の自覚的運動強度を示す指標であり、代表的なものに Borg Scale がある。示された値に 10 を掛けると心拍数となり、11 から 13 の範囲が AT レベルになる。本研究では、運動時の主観的負担度を Borg Scale を採用し評価した。
- ②sRPE(Session Rating of perceived exertion)は、RPE に運動時間を乗算したセッション自覚的運動強度であり、ある一定の運動後の運動強度を主観的に評価する指標である。
- ③ACWR(Acute Chronic Workload Ratio)は、急性負荷と慢性負荷率を示し、怪我のリスク

を予測する指標である。測定したい週の負荷を直近 28 日間の運動負荷の平均で除して算出し、長期的な運動負荷を管理する指標である。Gabbett. (2016)は、ACWR が 0.80 から 1.30 の範囲が怪我のリスクが最も低く、1.5 を超えると怪我のリスクが高まることを明らかにしている。

- ④身長あたりの除脂肪体重は、身長 1m あたりの除脂肪体重である。日本人プロサッカー選手の平均値は約 $37.2 \pm 2.6 \text{ kg/m}^2$ である。

5 分析方法

睡眠に関する項目とスポーツパフォーマンスに関する項目との関連は Spearman の順位相関係数及び有意確率を算出し調べた。睡眠・スポーツパフォーマンス・練習負荷に関する項目との関連は、独立変数ごとに単ロジスティック回帰分析を行い、潜在的交絡要因と考えられる年齢、ACWR、BMI(体格・筋肉以外の説明変数の場合のみ)を加えて多重ロジスティック回帰分析で関連を調べた。睡眠効率と身長あたりの除脂肪体重との関連は、それぞれの項目との関連性を見るために、クロス表を作成しカイ二乗検定で調べた。身長あたりの除脂肪体重が睡眠効率及び睡眠潜時に及ぼす影響は線形回帰分析で調べた。単変量解析で関連を調べ、潜在的交絡要因と考えられる年齢、ACWR を加えて多変量解析を行った。練習の自覚的運動強度と睡眠状態から影響を受ける居眠りとの関連は単変量解析で調べ、年齢・BMI・PSQI-J のスコアを交絡要因として多変量解析を行った。データ解析には SPSS ver.28 を用い、仮説検定での有意水準は 5%とした。それぞれの項目には検査がされていないものが含まれ、項目によってはデータ数が異なる。

結果

1 対象者の年齢及び身体的特徴と睡眠に関する項目

身体的特徴と睡眠に関する項目の平均値と標準偏差を表 1 に示す。年齢(歳)は 16.11 ± 0.82 であり、身長(m) 1.72 ± 0.07 、体重(kg) 61.83 ± 7.99 、BMI 20.81 ± 1.63 、睡眠時間(分) 377.17 ± 47.42 、呼吸数(回/分) 15.47 ± 1.77 、心拍数(回/分) 50.99 ± 5.46 、身長あたりの除脂肪体重(kg) 31.97 ± 2.75 、睡眠潜時(分) 22.32 ± 13.48 、睡眠効率(%) 88.23 ± 3.76 、中途覚醒(分) 26.24 ± 13.48 、離床回数(回) 0.25 ± 0.26 、呼吸イベント指数(回/時間) 6.32 ± 1.80 、周期性体動指数(回/時間) 3.15 ± 1.93 、基礎代謝量(Kcal) $1,559.72 \pm 145.29$ 、骨ミネラル量(kg) 3.10 ± 0.45 、体脂肪量(kg) 6.75 ± 2.73 、筋肉量(kg) 51.98 ± 6.29 、骨格筋量(kg) 31.31 ± 4.05 、徐脂肪量(kg) 55.08 ± 6.73 、体脂肪率(%) 10.74 ± 3.60 、SMI(kg/m^2) 7.85 ± 0.51 、Inbody 値 81.44 ± 4.16 、居眠り時間(分) 1.11 ± 1.01 であった。18 歳以下日本

²⁾公益財団法人日本サッカー協会(JFA)フィジカルフィットネスプロジェクトを参照した(https://www.jfa.jp/coach/physical_project/check.html, 2021.11.25)。

代表 Field player の身体的特徴¹⁾は、身長(m) 1.77 ± 0.07 、体重(kg) 69.0 ± 8.2 、身長あたりの除脂肪体重(kg) 34.8 ± 2.4 、体脂肪量(kg) 7.3 ± 2.2 、筋肉量(kg) 61.8 ± 6.5 、体脂肪率(%) 10.4 ± 2.1 であり、18歳以下日本代表選手に比べて対象者は、身長は97.2%、体重84.1%、身長あたりの除脂肪体重91.9%、体脂肪量92.5%、筋肉量89.1%、体脂肪率103.3%であった。18歳以下日本代表選手の平均値と対象者の平均値を比べると、身長には大きな違いはみられないものの筋肉量は少ない傾向がみられた。練習時間は、週前半の火曜日から木曜日が長く、金曜日は7割程度、土曜日は6割程度に減らしていた。

表1. 身体的特徴と睡眠に関する項目の平均値と標準偏差

| 項目 | 年齢(歳) | 身長(m) | 体重(kg) | BMI | 身長あたりの | | | |
|------|-------|-------|--------|-------|-------------|--------------|--------------|---------------|
| | | | | | 睡眠時間 (分) | 呼吸数 (回/分) | 心拍数 (回/分) | 除脂肪体重 (kg) |
| N | 36 | 36 | 36 | 36 | 32 | 31 | 31 | 36 |
| 平均値 | 16.11 | 1.72 | 61.83 | 20.81 | 377.17 | 15.47 | 50.99 | 31.97 |
| 標準偏差 | 0.82 | 0.07 | 7.99 | 1.63 | 47.42 | 1.77 | 5.46 | 2.75 |

| 項目 | 睡眠潜時 (分) | 睡眠効率 (%) | 中途覚醒 (分) | 離床回数 (回) | 呼吸 | | 基礎代謝量 (Kcal) | 骨ミネラル量 (kg) |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| | | | | | イベント指数 (回/時間) | 周期性 体動指数 (回/時間) | | |
| N | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 31 | 36 | 36 |
| 平均値 | 22.32 | 88.23 | 26.24 | 0.25 | 6.32 | 3.15 | 1,559.72 | 3.10 |
| 標準偏差 | 13.48 | 3.76 | 13.48 | 0.26 | 1.80 | 1.93 | 145.29 | 0.45 |

| 項目 | 体脂肪量 (kg) | 筋肉量 (kg) | 骨格筋量 (kg) | 徐脂肪量 (kg) | 体脂肪率 (%) | SMI (kg/m ²) | Inbody値 | 居眠り時間 (分) |
|------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-----------------------------|---------|--------------|
| | | | | | | | | |
| 平均値 | 6.75 | 51.98 | 31.31 | 55.08 | 10.74 | 7.85 | 81.44 | 1.11 |
| 標準偏差 | 2.73 | 6.29 | 4.05 | 6.73 | 3.60 | 0.51 | 4.16 | 1.01 |

注) 未測定項目がありデータ数は異なる。

2 RPE・sRPE・ACWRの平均値と標準偏差

曜日別及び週別のRPE・sRPE・ACWRの平均値と標準偏差を表2に示す。RPEの平均値及び標準偏差は、火曜日 6.40 ± 1.60 、水曜日 6.40 ± 1.64 、木曜日 5.82 ± 1.54 、金曜日 4.01 ± 1.10 、土曜日 5.31 ± 1.43 、日曜日 4.96 ± 1.54 であり、火曜日と水曜日が最も高く金曜日が最も低かった。sRPEの平均値及び標準偏差は、火曜日 619.61 ± 183.74 、水曜日 545.58 ± 154.00 、木曜日 469.67 ± 143.15 、金曜日 290.58 ± 88.64 、土曜日 330.90 ± 126.37 、日曜日 360.04 ± 128.70 であった。最も高いのは火曜日であり木曜日に向けて徐々に下がっていた。金曜日は大きく下がり土曜日と日曜日より低かった。ACWRの平均値及び標準偏

¹⁾公益財団法人日本サッカー協会(JFA)アスリートチェック結果 U-18 を参照した(https://www.jfa.jp/coach/physical_project/U18.pdf, 2021.11.25)。

差は、第1週目 0.97 ± 0.38 , 第2週目 0.92 ± 0.29 , 第3週目 0.93 ± 0.33 , 第4週目 1.07 ± 0.45 , 第5週目 0.96 ± 0.34 であり、全てが怪我のリスクが最も低い 0.80 から 1.30 の範囲であった。一方で、怪我等で練習を休んだ日数の平均値及び標準偏差は、 33.56 ± 48.67 であり 1 か月あたり 2.80 日であった。

表2. 曜日及び週別の自覚的運動強度及び急性慢性運動負荷率の平均値と標準偏差

| 項目 | RPE 火曜日平均 | RPE 水曜日平均 | RPE 木曜日平均 | RPE 金曜日平均 | RPE 土曜日平均 | RPE 日曜日平均 |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| N | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| 平均値 | 6.40 | 6.40 | 5.82 | 4.01 | 5.31 | 4.96 |
| 標準偏差 | 1.60 | 1.64 | 1.54 | 1.10 | 1.43 | 1.54 |

| 項目 | sRPE 火曜日平均 | sRPE 水曜日平均 | sRPE 木曜日平均 | sRPE 金曜日平均 | sRPE 土曜日平均 | sRPE 日曜日平均 |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| 平均値 | 619.61 | 545.58 | 469.67 | 290.58 | 330.90 | 360.04 |
| 標準偏差 | 183.74 | 154.00 | 143.15 | 88.64 | 126.37 | 128.70 |

| 項目 | ACWR 第1週目平均 | ACWR 第2週目平均 | ACWR 第3週目平均 | ACWR 第4週目平均 | ACWR 第5週目平均 | 怪我等で練習を 休んだ日数 |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| N | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 16 |
| 平均値 | 0.97 | 0.92 | 0.93 | 1.07 | 0.96 | 33.56 |
| 標準偏差 | 0.38 | 0.29 | 0.33 | 0.45 | 0.34 | 48.67 |

注) 月曜日の練習はなく対象外。怪我等で練習を休んだ日数は2021年1月から12月までの合計。

3 睡眠に関する項目とスポーツパフォーマンスに関する項目との関連

睡眠に関する「睡眠時間」・「呼吸数」・「心拍数」・「睡眠潜時」・「睡眠効率」・「中途覚醒」・「離床回数」・「呼吸イベント指数」・「周期性体動指数」とスポーツパフォーマンスに関する「身長あたりの除脂肪体重」・「体脂肪量」・「筋肉量」・「骨格筋量」・「徐脂肪量」・「体脂肪率」・「基礎代謝量」・「骨ミネラル量」・「SMI」・「Inbody 値」との関連について Spearman の順位相関係数及び有意確率を算出した。結果を表 2 で示す。

「睡眠効率」と「身長あたりの除脂肪体重」・「筋肉量」・「骨格筋量」・「徐脂肪量」・「基礎代謝量」・「骨ミネラル量」はプラスの相関があり、「中途覚醒」と「身長あたりの除脂肪体重」・「筋肉量」・「骨格筋量」・「徐脂肪量」・「基礎代謝量」・「骨ミネラル量」はマイナスの相関があった。「睡眠時間」・「呼吸数」・「心拍数」・「睡眠潜時」・「離床回数」・「呼吸イベント指数」・「周期性体動指数」とスポーツパフォーマンスの項目との関連は認められなかった。

表2. 睡眠に関する項目とスポーツパフォーマンスに関する項目との関連

| 項目 | | 身長あたりの | | | | | 体脂肪率 | 基礎代謝量 | 骨ミネラル量 | SMI | Inbody値 |
|----------|----------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|
| | | 除脂肪体重 | 体脂肪量 | 筋肉量 | 骨格筋量 | 徐脂肪量 | | | | | |
| 睡眠時間 | Spearman (ρ) | -0.090 | 0.180 | -0.079 | -0.076 | -0.074 | 0.226 | -0.071 | -0.066 | -0.100 | -0.112 |
| | ρ 値 (Prob> ρ) | 0.625 | 0.325 | 0.669 | 0.679 | 0.686 | 0.214 | 0.700 | 0.718 | 0.585 | 0.543 |
| | N | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 呼吸数 | Spearman (ρ) | 0.275 | 0.263 | 0.235 | 0.239 | 0.232 | 0.193 | 0.229 | 0.249 | 0.244 | 0.332 |
| | ρ 値 (Prob> ρ) | 0.135 | 0.153 | 0.203 | 0.195 | 0.209 | 0.298 | 0.216 | 0.176 | 0.187 | 0.068 |
| | N | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| 心拍数 | Spearman (ρ) | 0.057 | 0.211 | 0.056 | 0.063 | 0.058 | 0.219 | 0.062 | 0.006 | 0.183 | 0.093 |
| | ρ 値 (Prob> ρ) | 0.760 | 0.255 | 0.766 | 0.735 | 0.756 | 0.237 | 0.739 | 0.974 | 0.325 | 0.617 |
| | N | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| 睡眠潜時 | Spearman (ρ) | -0.254 | 0.185 | -0.176 | -0.164 | -0.172 | 0.295 | -0.171 | -0.228 | -0.223 | -0.336 |
| | ρ 値 (Prob> ρ) | 0.161 | 0.309 | 0.336 | 0.370 | 0.347 | 0.101 | 0.348 | 0.210 | 0.220 | 0.060 |
| | N | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 睡眠効率 | Spearman (ρ) | .438* | 0.087 | .446* | .447* | .448* | -0.069 | .452** | .481** | 0.337 | 0.048 |
| | ρ 値 (Prob> ρ) | 0.012 | 0.635 | 0.010 | 0.012 | 0.010 | 0.707 | 0.009 | 0.005 | 0.060 | 0.795 |
| | N | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 中途覚醒 | Spearman (ρ) | -.405* | -0.117 | -.482** | -.475** | -.482** | 0.065 | -.486** | -.486** | -0.341 | 0.145 |
| | ρ 値 (Prob> ρ) | 0.021 | 0.523 | 0.005 | 0.006 | 0.005 | 0.724 | 0.005 | 0.005 | 0.056 | 0.427 |
| | N | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 離床回数 | Spearman (ρ) | -0.254 | 0.024 | -0.263 | -0.252 | -0.268 | 0.084 | -0.269 | -0.221 | -0.183 | 0.097 |
| | ρ 値 (Prob> ρ) | 0.161 | 0.896 | 0.146 | 0.163 | 0.139 | 0.649 | 0.137 | 0.225 | 0.317 | 0.596 |
| | N | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 呼吸イベント指数 | Spearman (ρ) | 0.198 | 0.311 | 0.182 | 0.173 | 0.178 | 0.291 | 0.184 | 0.111 | 0.212 | -0.019 |
| | ρ 値 (Prob> ρ) | 0.278 | 0.084 | 0.319 | 0.343 | 0.331 | 0.106 | 0.313 | 0.544 | 0.245 | 0.916 |
| | N | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 周期性体動指数 | Spearman (ρ) | -0.099 | 0.150 | -0.073 | -0.075 | -0.075 | 0.235 | -0.080 | -0.143 | -0.054 | -0.106 |
| | ρ 値 (Prob> ρ) | 0.595 | 0.422 | 0.698 | 0.690 | 0.687 | 0.204 | 0.669 | 0.444 | 0.773 | 0.572 |
| | N | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |

注) 未測定項目がありデータ数は異なる。[*] 5%水準で有意(両側), [**] 1%水準で有意(両側)。
身長あたりの除脂肪体重とは徐脂肪量を身長で除した値。

4 睡眠・スポーツパフォーマンス・練習負荷に関する項目との関連

睡眠に関する「睡眠時間」・「呼吸数」・「心拍数」・「睡眠潜時」・「睡眠効率」・「中途覚醒」・「離床回数」・「呼吸イベント指数」・「周期性体動指数」と、スポーツパフォーマンスに関する「身長あたりの除脂肪体重」・「体脂肪量」・「筋肉量」・「骨格筋量」・「徐脂肪量」・「体脂肪率」・「基礎代謝量」・「骨ミネラル量」・「SMI」・「Inbody 値」に「怪我等での練習離脱の有無」と「PSQI-J のスコア」を加えたそれぞれの項目との関連を調べた。そのうえで、「練習離脱日数 21 日以上」の群・「それ以外の群」と「睡眠時間」・「呼吸数」・「心拍数」・「睡眠潜時」・「睡眠効率」・「中途覚醒」・「離床回数」・「呼吸イベント指数」・「周期性体動指数」・「身長あたりの除脂肪体重」・「消灯後の電子機器使用の有無」・「ACWR」・「RPE」・「sRPE」との関連を調べた。独立変数ごとに単ロジスティック回帰分析を行い、潜在的交絡要因と考えられる年齢、ACWR, BMI(体格・筋肉以外の説明変数の場合のみ)を加えて多重ロジスティ

ック回帰分析で関連を調べた。ACWRの数値化は、第1週～第5週の5変数にし、怪我が少ない範囲(0.80-1.30)から外れている回数を連続量とした。データの集計と分析はSPSS ver.28を用い、有意確率5%未満を統計的に有意とした。結果、統計的に有意といえる項目はみられなかった。

5 睡眠効率と身長あたりの除脂肪体重との関連

次に睡眠の質を評価する睡眠効率と身長あたりの除脂肪体重との関連を調べた。睡眠効率(N=32)は、下位10人(86.8%未満)を「低い」、86.8%以上、上位10人及び下位10人以外の12人(90%未満)を「やや低い」、90%以上(上位10人)を「高い」として再割り当てした。「身長あたりの除脂肪体重」(N=36)は、下位12人(30%以下)を「低い」、上位12人及び下位12人以外の12人(30%を超え33.5%未満)を「やや低い」、上位12人(33.5%以上)を「高い」として再割り当てした。なお、それぞれの項目との関連性を見るために、クロス表を作成しカイ二乗検定を実施した。そのうえで、どのセルが有意な関連に寄与しているのかを確認するために、調整済み残差を算出した。さらに、変数間の効果量をCramer'Vで調べた。有意確率5%未満($p < .05$ 水準で、 $|d_{ij}| \pm 1.96$ 以上)を統計的に有意とした。結果を表4に示す。

睡眠効率が低い選手は、スポーツパフォーマンスに関連する「身長あたりの除脂肪体重」が高い選手が有意($p < .05$)に少なかった。睡眠効率がやや低い選手は、「身長あたりの除脂肪体重」が高い選手が有意($p < .05$)に多く、やや低い選手が有意($p < .05$)に少なかった。睡眠効率が高い選手は、「身長あたりの除脂肪体重」がやや低い選手が有意($p < .05$)に多かった。効果量は、やや大きい効果($V = 0.41$)が認められた。睡眠効率が低い選手は「身長あたりの除脂肪体重」が高い選手が少ないことが示され、睡眠効率が低いとスポーツパフォーマンスに影響を及ぼすことが示唆された。

表4. 睡眠効率と身長あたりの除脂肪体重のクロス表 (N=32)

| | | 身長あたりの除脂肪体重 | | | 合計 | |
|--------|--------|-------------|-------|-------|-------|------|
| | | 低い | やや低い | 高い | | |
| 睡眠効率 | 低い | N | 5 | 4 | 1 | 10 |
| | | % | 50.0% | 40.0% | 10.0% | 100% |
| | 調整済み残差 | | 1.5 | 0.5 | -2.0* | |
| | やや低い | N | 4 | 1 | 7 | 12 |
| | | % | 33.3% | 8.3% | 58.3% | 100% |
| | 調整済み残差 | | 0.2 | -2.4* | 2.2* | |
| 高い | N | 1 | 6 | 3 | 10 | |
| | % | 10.0% | 60.0% | 30.0% | 100% | |
| 調整済み残差 | | -1.7 | 2.1* | -0.4 | | |
| 合計 | N | 10 | 11 | 11 | 32 | |
| | % | 31.3% | 34.4% | 34.4% | 100% | |

注) [*]5%水準で有意。

($\chi^2(4) = 11.74, p < .05, V = 0.41$)

6 身長あたりの除脂肪体重が睡眠効率及び睡眠潜時に及ぼす影響

睡眠効率はスポーツパフォーマンスに関連する「身長あたりの除脂肪体重」に影響を及ぼすことが示唆されたので、「身長あたりの除脂肪体重」が睡眠効率及び睡眠潜時に及ぼす影響を調べた。睡眠効率及び睡眠潜時と「身長あたりの除脂肪体重」との関連を線形回帰分析で調べた。単変量解析で関連を調べ、潜在的交絡要因と考えられる年齢、ACWRを加えて多変量解析を行った。結果を表5に示す。

睡眠効率に対して「身長あたりの除脂肪体重」が有意($p < .05$)な関連が認められた。「身長あたりの除脂肪体重」が1増加すると睡眠効率が0.702増加するという関連が示された。睡眠潜時については有意な関連は認められなかった。

表5. 身長あたりの除脂肪体重が睡眠効率及び睡眠潜時に及ぼす影響 (N = 32)

| outcome | variable | 調整なしモデル(単変量解析) | | | | 調整モデル(多変量解析) | | | |
|---------|-------------|----------------|--------------|-------|--------|--------------|-------|-----|--|
| | | OR | 95%CI | p | | OR | 95%CI | p | |
| 睡眠効率 | 身長あたりの除脂肪体重 | 0.573 | 0.127 1.020 | 0.014 | 0.702 | 0.031 1.373 | 0.041 | | |
| 睡眠潜時 | 身長あたりの除脂肪体重 | -1.157 | -2.880 0.567 | 0.181 | -1.554 | -4.136 1.028 | 0.228 | | |

注) 身長あたりの除脂肪体重とは徐脂肪量を身長で除した値。

7 練習の自覚的運動強度と睡眠状態から影響を受ける居眠りとの関連

練習の自覚的運動強度と睡眠状態から影響を受ける居眠りとの関連を調べた。RPE と sRPE の火曜日から日曜日(月曜日の練習はなく対象外)、週末平均(土曜と日曜の平均値)を説明変数とした。応答変数は居眠りの有無を採用した。居眠りしている時間が「0」で、かつ、授業中の居眠りを「無し」と回答した12人を居眠り「無し」とし、それ以外の24人を居眠り「有り」と二分した。単変量解析で関連を調べ、年齢・BMI・PSQI-Jのスコアを交絡要因として多変量解析を行い、RPE と sRPE の値が1標準偏差分だけ増加するときの居眠り「有り」になるオッズ比を算出した。結果を表6に示す。

RPE は、調整なしモデルのオッズ比では、火曜日 1.653、水曜日 1.677、木曜日 1.896、金曜日 2.541、土曜日 3.357、日曜日 2.806、週末 3.657 であり、有意な関連が示されたのは金曜日・土曜日・日曜日・週末であった。調整モデルのオッズ比では、火曜日 1.603、水曜日 1.558、木曜日 1.797、金曜日 2.527、土曜日 4.517、日曜日 2.821、週末 4.091 であり、有意な影響が示されたのは土曜日・日曜日・週末であった。

RPE は週末でオッズ比が最も高く、調整なしモデルでは(OR = 3.657, 95%CI : 1.270, 10.529, $p = 0.016$)、一方調整モデルでは、土曜日最も高く(OR = 4.517, 95%CI : 1.314, 15.533, $p = 0.017$)であった。

sRPE は、調整なしモデルのオッズ比では、火曜日 1.003、水曜日 1.004、木曜日 1.007、

金曜日 1.008, 土曜日 1.008, 日曜日 1.009, 週末 1.010 であり, 有意な関連が示されたのは木曜日・土曜日・日曜日・週末であった. 調整モデルのオッズ比では, 火曜日 1.003, 水曜日 1.003, 木曜日 1.007, 金曜日 1.008, 土曜日 1.011, 日曜日 1.009, 週末 1.012 であり, 有意な関連が示されたのは土曜日・日曜日・週末であった. sRPE は, 週末のオッズ比が最も高く, 調整なしモデルでは(OR = 1.010, 95%CI : 1.002, 1.018, $p = 0.020$), 調整モデルでは, (OR = 1.012, 95%CI : 1.001, 1.023, $p = 0.025$)であった. 調整なしモデルのオッズ比は, sRPE より RPE のほうが高かった.

金曜日・土曜日・日曜日に RPE が高いと居眠りしやすいことが示された. 単変量解析では, 週末以外に RPE 金曜日と sRPE 木曜日でオッズ比が有意になっていた. 多変量解析では, 統計的に有意な結果は週末のみであった. 一方, sRPE は RPE に比べてオッズ比が小さく, sRPE は RPE に比べて絶対値が大きく「1 増加」することの影響は小さいという結果になった.

表6. RPE・sRPEの値が1増加するとき居眠り有りになるオッズ比 (N = 36)

| variable | 調整なしモデル(単変量解析) | | | | 調整モデル(多変量解析) | | | |
|----------|----------------|-------|--------|---------|--------------|-------|--------|---------|
| | OR | 95%CI | | p | OR | 95%CI | | p |
| RPE火曜日 | 1.653 | 0.927 | 2.948 | 0.089 | 1.603 | 0.876 | 2.935 | 0.126 |
| RPE水曜日 | 1.677 | 0.922 | 3.050 | 0.090 | 1.558 | 0.864 | 2.811 | 0.140 |
| RPE木曜日 | 1.896 | 0.966 | 3.719 | 0.063 | 1.797 | 0.884 | 3.655 | 0.106 |
| RPE金曜日 | 2.541 | 1.026 | 6.296 | 0.044 * | 2.527 | 0.922 | 6.926 | 0.071 |
| RPE土曜日 | 3.357 | 1.271 | 8.869 | 0.015 * | 4.517 | 1.314 | 15.533 | 0.017 * |
| RPE日曜日 | 2.806 | 1.204 | 6.542 | 0.017 * | 2.821 | 1.138 | 6.992 | 0.025 * |
| RPE週末 | 3.657 | 1.270 | 10.529 | 0.016 * | 4.091 | 1.262 | 13.270 | 0.019 * |
| sRPE火曜日 | 1.003 | 0.999 | 1.007 | 0.132 | 1.003 | 0.999 | 1.008 | 0.179 |
| sRPE水曜日 | 1.004 | 0.999 | 1.009 | 0.143 | 1.003 | 0.998 | 1.008 | 0.213 |
| sRPE木曜日 | 1.007 | 1.000 | 1.013 | 0.046 * | 1.007 | 0.999 | 1.015 | 0.085 |
| sRPE金曜日 | 1.008 | 0.999 | 1.017 | 0.081 | 1.008 | 0.999 | 1.018 | 0.098 |
| sRPE土曜日 | 1.008 | 1.001 | 1.015 | 0.035 * | 1.011 | 1.001 | 1.022 | 0.032 * |
| sRPE日曜日 | 1.009 | 1.001 | 1.016 | 0.021 * | 1.009 | 1.001 | 1.018 | 0.033 * |
| sRPE週末 | 1.010 | 1.002 | 1.018 | 0.020 * | 1.012 | 1.001 | 1.023 | 0.025 * |

注) 週末平均は土曜日と日曜日の平均値.

RPE と sRPE を比較し易くする為に, 下記で示すように平均値を引き標準偏差で除し標準化を図った.

$$z = \frac{x - \text{mean}}{sd}$$

単変量解析で関連を調べ、年齢・BMI・PSQI-J のスコアを交絡要因として多変量解析を行い、RPE と sRPE の値が 1 標準偏差分だけ増加するときの居眠り「有り」になるオッズ比を算出した。結果を表 7 に示す。

標準化した RPE は、調整なしモデルのオッズ比では、火曜日 2.233、水曜日 2.337、木曜日 2.673、金曜日 2.792、土曜日 5.641、日曜日 4.923、週末 6.351 であり、有意な関連が示されたのは金曜日・土曜日・日曜日・週末であった。調整モデルのオッズ比では、火曜日 2.127、水曜日 2.071、木曜日 2.463、金曜日 2.775、土曜日 8.618、日曜日 4.963、週末 7.452 であり、有意な影響が示されたのは土曜日・日曜日・週末であった。調整なしモデルのオッズ比は、sRPE より RPE のほうが高かった。RPE は週末でオッズ比が最も高く、調整なしモデルでは(OR = 6.351, 95%CI : 1.407, 28.677, $p = 0.016$)、調整モデルでは(OR = 7.452, 95%CI : 1.393, 39.881, $p = 0.019$)であった。

標準化した sRPE は、調整なしモデルのオッズ比では、火曜日 1.796、水曜日 1.747、木曜日 2.608、金曜日 2.057、土曜日 2.688、日曜日 2.984、週末 3.138 であり、有意な関連が示されたのは木曜日・土曜日・日曜日・週末であった。標準化した sRPE は、調整モデルのオッズ比では、火曜日 1.799、水曜日 1.656、木曜日 2.624、金曜日 2.044、土曜日 4.216、日曜日 3.330、週末 4.082 であり、有意な関連が示されたのは土曜日・日曜日・週末であった。sRPE は、調整なしモデルでは週末のオッズ比が最も高く(OR = 3.138, 95%CI : 1.197, 8.225, $p = 0.020$)になっていた。一方調整モデルでは、土曜日が最も高く(OR = 4.216, 95%CI : 1.128, 15.753, $p = 0.032$)であった。

調整モデルのオッズ比は、標準化した RPE に比べた標準化した sRPE の割合では、火曜日 84.6%、水曜日 80.0%、木曜日 106.6%、金曜日 73.7%、土曜日 48.9%、日曜日 67.1%、週末 54.8%であり、練習時間の長い火曜日から木曜日の割合は高く、なかでも木曜日が最も高かった。一方、練習時間の最も短い土曜日の割合が最も低かった。全体的に運動時の主観的負担度を示す RPE のほうが運動時間を乗算したセッション自覚的運動強度を示す sRPE よりもオッズ比が高く、週後半に近づくほどオッズ比が高いことが示され、運動の負担は、練習時間よりも主観的に感じる負担度のほうが日中の居眠りに関連することが示唆された。

RPE が「1 増加」することの影響は、土曜日・日曜日・週末が大きいことが示された。練習時間の長い火曜日から木曜日の疲労は、練習時間を減らしている金曜日や土曜日で解消されておらず、週末にかけて蓄積されていることが推測された。

表7. RPE・sRPEの標準化値が1増加するとき居眠り有りになるオッズ比 (N=36)

| variable | 調整なしモデル(単変量解析) | | | | 調整モデル(多変量解析) | | | |
|----------|----------------|-------|--------|---------|--------------|-------|--------|---------|
| | OR | 95%CI | | p | OR | 95%CI | | p |
| RPE火曜日 | 2.233 | 0.885 | 5.630 | 0.089 | 2.127 | 0.809 | 5.590 | 0.126 |
| RPE水曜日 | 2.337 | 0.876 | 6.233 | 0.090 | 2.071 | 0.787 | 5.451 | 0.140 |
| RPE木曜日 | 2.673 | 0.949 | 7.532 | 0.063 | 2.463 | 0.827 | 7.335 | 0.106 |
| RPE金曜日 | 2.792 | 1.028 | 7.581 | 0.044 * | 2.775 | 0.915 | 8.421 | 0.071 |
| RPE土曜日 | 5.641 | 1.408 | 22.593 | 0.015 * | 8.618 | 1.476 | 50.306 | 0.017 * |
| RPE日曜日 | 4.923 | 1.332 | 18.196 | 0.017 * | 4.963 | 1.222 | 20.165 | 0.025 * |
| RPE週末 | 6.351 | 1.407 | 28.677 | 0.016 * | 7.452 | 1.393 | 39.881 | 0.019 * |
| sRPE火曜日 | 1.796 | 0.838 | 3.848 | 0.132 | 1.799 | 0.764 | 4.235 | 0.179 |
| sRPE水曜日 | 1.747 | 0.829 | 3.682 | 0.143 | 1.656 | 0.749 | 3.663 | 0.213 |
| sRPE木曜日 | 2.608 | 1.016 | 6.699 | 0.046 * | 2.624 | 0.875 | 7.869 | 0.085 |
| sRPE金曜日 | 2.057 | 0.914 | 4.631 | 0.081 | 2.044 | 0.876 | 4.770 | 0.098 |
| sRPE土曜日 | 2.688 | 1.073 | 6.735 | 0.035 * | 4.216 | 1.128 | 15.753 | 0.032 * |
| sRPE日曜日 | 2.984 | 1.181 | 7.541 | 0.021 * | 3.330 | 1.103 | 10.053 | 0.033 * |
| sRPE週末 | 3.138 | 1.197 | 8.225 | 0.020 * | 4.082 | 1.192 | 13.982 | 0.025 * |

注) RPE・sRPEの標準化値とは、RPE・sRPEの値から平均値を引き標準偏差で除した値。

週末平均は土曜日と日曜日の平均値。

8 本研究の限界

本研究の対象者は、一つのスポーツチームに限ったものであり複数のチームを対象としていない。メデイカルテストとして体組成分析し、示された項目を中心にスポーツパフォーマンスを検討しているものの、スプリント、ジャンプ、アジリティー、持久力など、実際のスポーツパフォーマンスを示すフィジカルテストを行っていない。さらに、横断的な研究であり長期的な視点で検討していない。ゆえに、日頃の練習における対象者のフィジカル的な要素を十分反映しているとは言い難い。これらが本研究の限界である。従って、対象者や対象地域を一般化するには慎重にならなければならない。

9 利益相反

本研究に関して、開示すべき利益相反関係にあたる企業、組織、団体はない。

おわりに

強度の訓練を行うスポーツ選手は、睡眠状態が悪いと疲労が回復し難いだけでなく日中の活動に悪影響を及ぼしていく(和田・山本 2014)。一方、十分な睡眠は、日中の眠気や倦

怠感を減らし、活力と心身の能力を増加させる効果がある。長時間の睡眠はスポーツパフォーマンスの向上に有意に関連し、スポーツの精度や記録向上に有用である(D Mah, E Mah, et al. 2011)。近年、睡眠不足は持久力を低下させることが示され、睡眠の改善効果が認知されつつある(Oliver, Costa, et al. 2009)。本研究では、スポーツ選手を対象として睡眠がスポーツパフォーマンスに与える影響を検討し、睡眠の質を評価する睡眠効率が低いと選手のスポーツパフォーマンスに関連する「身長あたりの除脂肪体重」に影響を及ぼすことを示した。対象者は18歳以下日本代表選手に比べて筋肉量が少ない傾向があり、練習の自覚的運動強度に練習時間を乗算したものより、練習時間を乗算しない自覚的運動強度のほうが日中の居眠りに関連することが示唆された。自覚的運動強度は、週前半では高く週後半に向けて低くなり、週末にかけて日中の眠気が高まっていた。日中の居眠りは、週末の自覚的運動強度と関連し、週末の自覚的運動強度は週末の睡眠に影響を及ぼすことを示した。練習時間の長い週前半の疲労は、練習時間を減らしている週後半で解消されておらず、週末にかけて蓄積されていることが推測された。一方、睡眠の質を評価する睡眠効率は、「身長あたりの除脂肪体重」が1増加すると0.702増加することを示した。「身長あたりの除脂肪体重」を高めることが睡眠の質を高め、日中の眠気を下げることが示唆された。本研究において、シート型体振動計(Active Sleep ANALYZER)は、対象者の自然な睡眠を阻害せず客観的且つ定量的に評価できることを裏付けた。今後は、Active Sleep ANALYZERを用いた長期的な視点に立った検討が必要であろう。

謝辞：本研究を実施するにあたり、調査にご協力いただいたA市にあるプロのスポーツチームの皆さま、ならびに、ご協力を賜った18歳以下のチームに属する選手の皆さまに心より感謝申し上げます。

文献

- Cheri D Mah, Kenneth E Mah, and Eric J Kezirian, et al. (2011) The effects of sleep extension on the athletic performance of collegiate basketball players, *Sleep*, 34(7), 943-950.
- Clete A, Kushida, Arthur Chang, and Chirag Gadkary, et al. (2001) Comparison of actigraphic, polysomnographic, and subjective assessment of sleep parameters in sleep-disordered patients, *Sleep Medicine*, 2(5), 389-396.
- 大川登史・中島庸也(2015)「臨床 PSG の標準化に向けて - PSG の精度管理と簡易検査の適応を考える - 簡易検査の精度-使用環境と解析法の違いについての検討 -」『睡眠医療』4(9), 599-605.
- Samuel J Oliver, Ricardo J S Costa, and Stewart J Laing, et al. (2009) One night of sleep deprivation decreases treadmill endurance performance, *European Journal of Applied Physiology*, 107(2), 155-161.
- Tim J Gabbett. (2016) The training—injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder?, *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 273-280.

T, Kogure., S, Shirakawa, and M, Shimokawa. et al. (2011) *Automatic Sleep/Wake Scoring from Body Motion in Bed : Validation of a Newly Developed Sensor Placed under a Mattress*, Paramount Bed Sleep Research Laboratory.

内田直・小西健司・窪田千恵ほか(2010)「非装着シート型センサ睡眠測定装置によるアスリーの睡眠モニターの試み」『バイオメカニズム学会誌』, 34(4), 339-343.

和田匡史・山本憲志(2014)「大学水泳選手における運動と睡眠状態の関連性」『国士舘大学理工学部紀要 第7号』, 159-163.

¹⁾ 医療法人参天会 理事長, 博士(社会福祉学), 社会福祉士

²⁾ きいれセントラルクリニックリハビリテーション科主任, 認定理学療法士

³⁾ きいれセントラルクリニックリハビリテーション科主任, 認定理学療法士

⁴⁾ きいれセントラルクリニックリハビリテーション科, 理学療法士, 社会福祉士, 介護福祉士

⁵⁾ 中部学院大学 看護リハビリテーション学部 理学療法学科 専任講師, 博士(医学), 認定理学療法士