

スポーツ科学：スポーツのトレーニングおよびコーチングに関する基礎的研究

# パラアルペンスキー選手の医科学サポート事例紹介 第2報

柏木 悠 (商学部准教授)、本堂 杏実 (コーサー/国士館大学大学院)、和田 匡史 (国士館大学)

本活動報告では、2020年より継続して調査してきた、パラアルペンスキー選手の医科学サポートの第2報を報告する。

アルペンスキー競技は、トレーニング期や試合期のほとんどを高地環境で過ごすため、トレーニング負荷と適切な回復のバランスを取ることが、パフォーマンスの発揮に不可欠である<sup>1)</sup>。この高地環境下に暴露されることによる身体への生理学的応答を活用し、競技パフォーマンスを向上させる試みが行われている。一方で、高地環境下では、睡眠-覚醒サイクルに影響を及ぼすことが報告されており<sup>2)</sup>、競技パフォーマンスを高めるためには、トレーニング強度や生理学的指標のみならず、睡眠状況など把握し、コンディションの維持管理に努める必要がある。

本調査では、日本代表パラアルペンスキー選手の海外高地トレーニング中の生体情報のうち主に心拍数、酸素飽和度 (SpO2) 及び睡眠状態によるコンディショニングについて言及することを目的として実施した。

## II. 方法

### 1. 対象者

パラアルペンスキー日本代表選手1名 (女性、左全手指欠損、北京パラリンピック回転6位。) とした。

### 2. 調査期間

2021年10月19日～2022年12月16日とした (表1)。

### 3. 測定項目

身体組成計測には、体重計 (インナースキャン50 BC-313, タニタ社製, 日本) を用いて、体

重、体脂肪率を起床時に計測した。生理学的指標の計測には、心拍数計 (Polar H10 Heart Rate Sensor, Polar社製, Finland) を用いてトレーニング中の最大心拍数や平均心拍数を計測した。また、パルスオキシメーター (Pulsfit BO-650, NISSEI社製, 日本) を用いてトレーニング前後のSpO<sub>2</sub>を計測した。睡眠指標の計測には、活動量計スリープモニター (MTN-221, アコース社製)、および脳波センサーZA-X (プロアシスト社製) を用いた。スリープモニターで記録をした活動量データは、睡眠-覚醒リズム解析ソフトSleep SignAct2 (キッセイコムテック社製) によって解析を行った。身体の動きに応じた活動量を計測し、総睡眠時間、睡眠潜時、睡眠効率、中途覚醒回数を分析した。脳波センサーは、睡眠状態の判定のために用いた。機器は、脳波用電極 (脳波ケーブル) と眼球運動用電極 (筋電ケーブル) の計4つの電極とケーブルで構成されており、Wake 覚醒、REM睡眠、浅いノンレム睡眠 (N1)、浅いノンレム睡眠 (N2)、深いノンレム睡眠 (N3) の計5項目に分けられ、脳波解析プログラムSleep Diver (株式会社プロアシスト社製, 日本) によって解析を行った (図1)。雪上トレーニングに関する記録は、運動の反復回数 (種目、本数、ターン数) をGoogle Formsを用いて記録した。種目はフリースキー、細かいターン技術を要する回転 (SL)、大回転 (GS)、時速100kmを超えるスーパー大回転 (SG)、滑降 (DH) の5つを対象とした。

## III. 結果及び考察

### 1. 海外遠征中の心拍数とSpO<sub>2</sub>の変化

種目別の雪上トレーニング中の平均心拍数

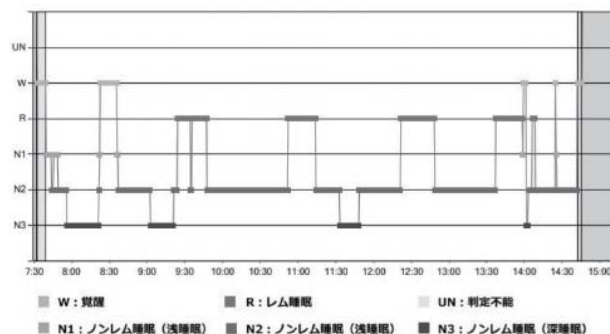
をシーズン間で比較すると、どの種目においても2022-2023年準備期の方が前年よりも10bpm程度高い傾向がみられ、種目間の平均心拍数は110bpm前後であった。技術系種目のGSやSLの平均心拍数が高く、最高心拍数ではSLが一番高い数値を示した (図2)。技術系種目は、種目特性上、細かいターン技術を必要とし、ターン数も多くさらに、身体に加わる負荷は、2-3Gがターン中に加わる6) ことから最高心拍数が高い傾向がみられた。トレーニング前のSpO<sub>2</sub>は、全期間の平均が96.7±1.3%、トレーニング後は、95.0±2.2%に減少していた (図3)。特に標高の高い (3000m) の滞在先では、トレーニング後に90%前後になる場合もみられ、減少する傾向であった。

### 2. 海外遠征中の睡眠状態の変化

活動量計からみた睡眠状況は、総睡眠時間が、最も短い2021年Hafjell (Norway) 試合期滞在中において174±81分、最も長い2022年Val Senales (Italy) 準備期滞在中において278±109分と2時間以上の差がみられた。睡眠潜時は最も短い2021年Brenner (Austria) 試合期滞在中において10±9分、最も長い2021年Hafjell (Norway) 試合期滞在中において46±58分と2倍以上の差がみられた (図4)。総睡眠時間は出発前から低下傾向であり準備期であるKuhtai (Austria) で上昇し、試合期であるHafjell (Norway) で再び低下している。さらに、試合期の睡眠潜時が準備期と比較し2倍以上の差が生まれていることがみられた。睡眠潜時の延長は高地合宿による肉体的疲労と試合期による心理的負担が影響することが考えられた。

表1 調査期間および合宿地の標高

合宿地	期間	トレーニング標高	滞在地標高
日本国内(出発前)	2021年10月19日～2021年10月23日	0m	0m
Saas Fee (Swiss) : 準備期	2021年10月24日～2021年11月9日	3400m	1800m
Stubaital (Austria) : 準備期	2021年11月10日～2021年12月4日	3200m	500m
Brenner (Austria) : 試合期	2021年12月5日～2021年12月9日	2180m	1000m
St.Moritz (Swiss) : 試合期	2021年12月10日～2021年12月20日	3000m	1800m
Kuhtai (Austria) : 準備期	2021年12月21日～2022年1月6日	2270m	500m
Hafjell (Norway) : 試合期	2022年1月7日～2022年1月23日	1059m	195m
日本国内(帰国後)	2022年1月24日～2022年2月14日	0m	0m
Mt Dobson (New Zealand) : 準備期	2022年8月7日～2022年8月24日	2110m	305m
Val Senales (Italy) : 準備期	2022年10月23日～2022年11月9日	2004m	830m
Hintertox (Austria) : 準備期	2022年11月30日～2022年12月3日	3250m	1600m
St. Moritz (Swiss) : 試合期	2022年12月4日～2022年12月10日	3000m	1800m
Brenner (Austria) : 試合期	2022年12月11日～2022年12月16日	2180m	1000m



Kuhtai(Austria) 準備期

図1 脳波センサーから得られるサンプルデータ

一方、脳波からみた睡眠状況は、全期間ともWake覚醒時間は5分未満であり、REM時間は出発前が104分、試合期直後が90.9分、試合期終了1週間後に160分に増加し、帰国後に95分に減少した。N3時間は出発前に12分、準備期に74分に増加後、帰国後に47分に減少していた(図5)。特に試合期から合宿最終、帰国後におけるN3時間や占有率は低下傾向にあったことから、疲労の蓄積やトレーニング強度によって、睡眠-覚醒サイクルに影響することが示された。

#### IV. まとめ

##### 1. 海外遠征に伴うHRとSpO2の変化

海外遠征時の準備期から試合期までの高地トレーニングでのSpO2の低下、高強度トレーニングでの種目別の平均心拍数、最高心拍数の変化がみられたことから、特に試合期が影響を受けることが明らかとなった。

##### 2. 遠征中の睡眠状態の変化

海外遠征時は準備期よりも試合期の方が、

睡眠-覚醒サイクルが低下傾向を示したことから、海外遠征期間中は睡眠時間の確保と休息をとることで良好なコンディショニング維持ができると考えた。

本調査の結果より、トレーニングキャンプ中のコンディショニング把握を心拍数やSpO2、脳波の指標を用いることで肉体的、精神的疲労の定量化に有用であることが示唆され、トレーニング量や質の調整を行うことで競技パフォーマンス維持や向上に活用できることが期待できる。

付記：本研究の一部は、令和4年度専修大学スポーツ研究所助成(調査研究費:スポーツ科学部門)によって遂行された。

#### 参考文献

- 1) Gilgien M., Reid R., Raschner C., Supej M., Holmberg H. C.: The Training of Olympic Alpine Ski Racers, *Frontiers in Physiology*, 9: 1772, 2018.
- 2) Hoshikawa M., Uchida S., Sugo T., Kumai Y., Hanai Y., Kawahara T.: Changes in sleep quality of athletes under normobaric hypoxia equivalent to 2,000-m altitude: a polysomnographic study, *J Appl Physiol*, 103: 2005-2011, 2007.

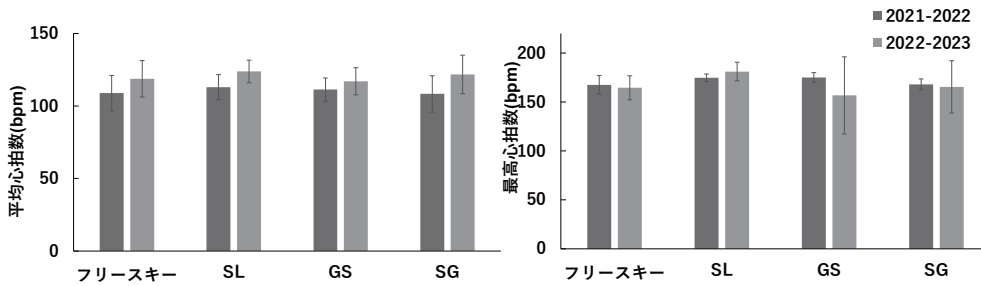


図2 種目別心拍データの準備期比較 (左:平均心拍数, 右:最高心拍数)

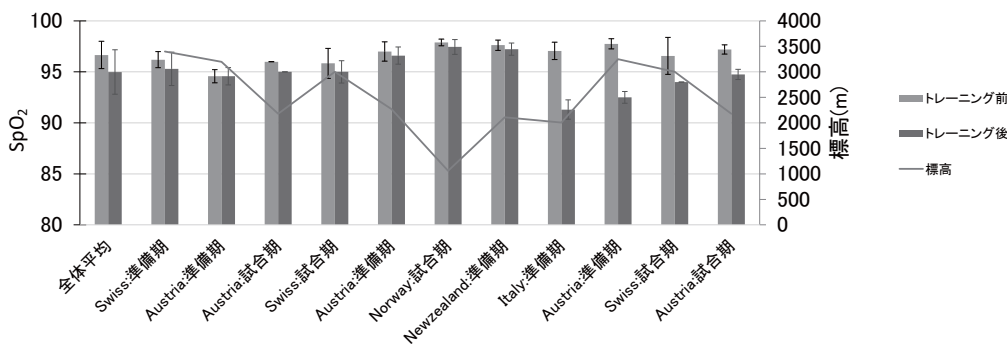


図3 トレーニング前後におけるSpO2の比較

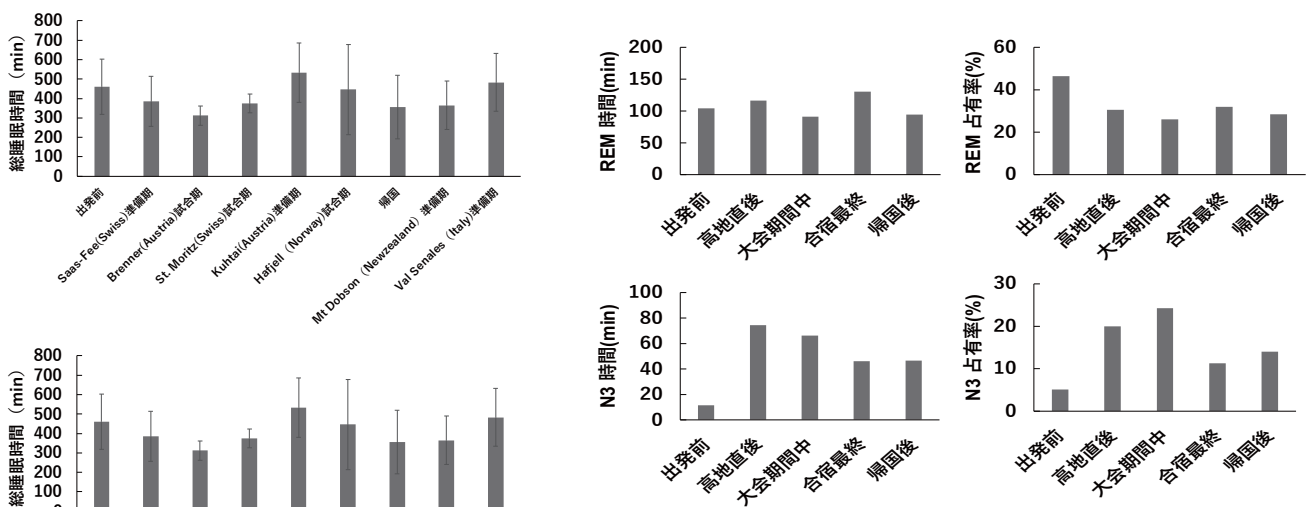


図5 合宿期間別の睡眠中の脳波データ比較

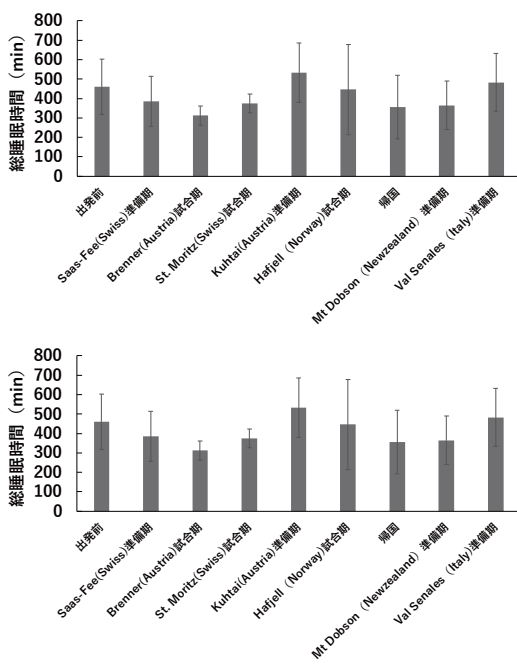


図4 合宿期間別の睡眠データ比較