

國學院大學學術情報リポジトリ

胸部3軸加速度測定による体位判定を用いた睡眠と覚醒の判別

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2023-02-06 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小林, 唯 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.57529/00001387

〔研究ノート〕

胸部3軸加速度測定による体位判定を用いた 睡眠と覚醒の判別

小林 唯

【要旨】

アスリートが日々のコンディショニングを調整する上で、睡眠時間やトレーニング負荷量、日常生活の活動量といった、一日の生活活動の客観的指標は有益な情報となる。しかしながら、自身のコンディションを客観的かつ総合的に把握し、適切なトレーニングを行うためのサポートシステムは構築されていない。特にコンディショニング管理の1つの因子である睡眠は、意識が消失している状態であるため、客観的な評価が必要となる。睡眠状態の把握に関しては、アクティグラフによる評価が多く行われているが体動のみで判定を行うため、体位は推定されない。そこで、心拍・3軸加速度により、体位から睡眠判定をする試みが行われているが、活動量の低い被験者を対象としたものであり、胸部と大腿部2点の測定が必要とされる。以上のことから、本研究では汎用性を考慮し、胸部1点の心拍・3軸加速度測定法による体位の推定を行い、体位による睡眠判定プログラムの作成とタイムスタディによる検証を行った。臥位状態が長時間連続している状態を睡眠としたところ、胸部3軸加速度測定による体位判定を用いた睡眠と覚醒の判別は有用であり、アスリートのコンディショニングを客観的に推測するために必要な、睡眠時間の量を胸部1点の加速度測定法からの確に推定することができることが示された。さらに、覚醒時間帯に臥位と判定される場合は、そのほとんどが運動中であり、運動中の様々な体位変化についても推察できることが示唆された。

【キーワード】

睡眠 起床 日常生活 3軸加速度 体位

【緒言】

2020年に開催される、東京オリンピックに向けて、日本では競技選手（アスリート）を取り巻く環境が大きく変わった。2001年、東京都北区西が丘に国立スポーツ科学センター（JISS）が開所し、競技に関する研究が一か所に集中したことで、専門家によるアスリートのサポートが積極的に行われ、結果として日本のスポーツ科学は大きく前進した。スポーツ科学の分野は、医学、生理学、生化学、運動学、栄養学、心理学と多岐にわたり、これらの専門家によるサポートは、アスリートが大きな大会で良い成績を収めるごとにメディア等で紹介され、一般にも広く認知されることとなった。

専門家による医科学的サポートのもと、トップアスリートには主観的な評価に加え、唾液、血液、尿などの生化学的分析が行われ、筋肉の組織化学的及び生化学的分析といった生化学データを用いた様々な指標が提供されており、小松ほか¹⁾は、国立スポーツ科学センターを受診した1209名のトップアスリートの血液生化学検査値を検討した結果、クレアチンキナーゼ値の平均値が一般人の基準範囲の上限値より明らかに高値を呈したことが、尿酸値は過去の報告と異なり、一般人の基準範囲と同等の分布であったことを報告している。さらに、遺伝子解析の技術が充進したことで、トップアスリートの特性についても研究がなされ^{2) 3)}、種目ごとに特異的な能力を有する選手の発掘などが検討されている。しかし、国の支援を受けられるようなアスリートはごく一握りの選手であり、ほとんどの選手はコンディショニング管理を、自分で行わなければならない。選手が装着することで自身のコンディションを知ることができ、適切なトレーニングを行うためのサポートシステムの構築が求められている。日々の縦断的な体調の変化を捉える指標としては、起床時の脈拍数を用いる方法が有用⁴⁾とされ、客観的な指標として現場では広く使用されている。さらに、相澤⁵⁾や中野と鈴木⁶⁾によって、ストレス指標として用いられる唾液アミラーゼ活性を用いたコンディショニング管理の方法も検討されている。また、コンディショニングにおいては、練習やトレーニング、試合による身体への負荷量を管理することが重要であり、運動負荷量を推定する方法としては、心拍数を用いた方法が広く用いられている。

アスリートは、パフォーマンスの向上と身体的適応の促進を目的として心身に過度な負荷をかけているが、十分な睡眠なしでは、これらの目的は達成されない。睡眠は心身の回復に欠かすことのできない機構である。それ故、睡眠の質と量の把握は、コンディショニング管理にとっても重要な要因となる。しかしながら、睡眠は、感覚器官による知覚は働いているが、意識は消失している状態であるため、睡眠を自覚することは困難である。そこで、生理学的指標をもとに客観的に評価する必要があるが、睡眠評価のスタンダードな方法は、脳波と眼球運動、オトガイ筋電図を同時に測定する睡眠ポリグラフ検査（polysomnography; PSG）である。PSG法により、睡眠と覚醒の区別、睡眠深度を測定できることから、臨床現場においては睡眠時無呼吸や周期性四肢運動障害などの睡眠障害の診断と重症度評価に広く使用されている。しかし、拘束性も高く被験者に対する負担が大きいことから、汎用性は低く、病院または研究機関でのみ測定が行われるため、日常の状態で睡眠を測定することはできない。そこで、汎用性の高い睡眠深度の判定について、様々な試みが行われている。城と萩原⁷⁾は、赤外線モーションセンサから得られた体動間隔から睡眠深度を推定する可能性を見だし、福田ほか⁸⁾は、心拍変動のカオス解析による睡眠深度推定手法が有用であることを提案している。市丸ほか⁹⁾も、睡眠時の呼吸性心拍変動のリズム解析が睡眠周期を推定する方法として有用であると示している。

また、睡眠の量を客観的に推定する方法として、近年、3軸加速度測定法による睡眠評価法が検討されている。3軸加速度測定法でより多く行われている方法が、アクティグラフであるが、手首に装着し体動の減少により睡眠と覚醒を判定するものであり、体位を推定することができな

い。そこで、市丸ほか^{9) 10) 11)}は左胸部と左大腿部2点による心拍・3軸加速度同時測定法を用いて体位や活動量を推定し、生活活動の定量的評価を試みている。しかし、市丸らの研究は、女子大生を対象としており、対象者の活動量は比較的少ない。また、心電図測定部位のほかに、同じ装置を大腿部にもう一台取り付け、大腿部のマグニチュードを同時に測定している。アスリート自身が日々のコンディショニングを管理するためのシステム構築のためには、①非侵襲的、②結果の即時性、③利便性、④簡便性の各条件を満たす指標でなければならない。

そこで、汎用性を考慮し、胸部1点の心拍・3軸加速度測定法による睡眠の質と量、さらに活動量の推定を客観的に行うシステムの構築を目指している。本研究では、胸部1点の加速度測定を24時間測定し、3軸加速度の結果から自動的に体位を推察することで、日常生活下における睡眠と覚醒の判別が可能であるか検討を行った。

【方法】

1. 対象

アスリートの日常生活を把握する事が目的であるため、活動量の多い健康体育学科に所属する大学生20名を対象とした。そのうち、測定中に部活動や授業で運動を行ったものが5名おり、その内訳はラグビー、ローラーホッケー、剣道、バドミントン、サッカーであった。その中で、測定中に不快感があり、測定を中断したもの、測定データが十分得られなかったものを除いた、12名を解析の対象とした。対象者の年齢、身体的特徴および活動量は、男性9名、女性3名 19.3 ± 0.5 歳、身長 172.2 ± 9.2 cm、体重 65.4 ± 8.5 kg、BMI 22.0 ± 2.1 kg/m²（平均±標準偏差）であった。また、本測定の生活時間調査で算出された一日のMets平均値と標準偏差は、 2.2 ± 0.7 であった。被験者には、事前に実験のリスクや測定器の取り外しの仕方を伝え、被験者の判断でいつでも測定を中断できることを伝え、同意を得た。また、本実験はアスリートのための客観的コンディショニング評価システムの構築の研究の一部であり、倫理的問題は、國學院大學ヒト研究等及びヒト由来試料研究等に関する倫理委員会の承認を得て行った（ヒト研究・H30第10号）。

2. 測定機器

心拍・3軸加速度の測定には、UNION TOOL社製myBeatを用いた。本体は $40.8 \times 37.0 \times 8.9$ mm / 13gと非常に小型軽量であり、約7日間分のメモリも搭載しているために被験者への負担が少ない。心拍のサンプリング周波数は1000Hzである。装着には、電極バンドを用い、胸骨下端部に電極が位置するよう調整した。測定項目は、4秒ごとの心拍数と3軸加速度とした。

3. 測定方法

対象者は、任意の時間から装着し、24時間連続して測定を行った。解析時に姿勢の補正を行うため、装着後、3分間直立姿勢を保ったのち、普段通りの生活を送った。また、同時にタイムス

タデイによる生活時間調査も行った。

4. 解析方法

測定で得られたデータは、本体内蔵のメモリに保存され、USBケーブルを通じてパーソナルコンピュータに送信し、専用の心拍・体動データ表示ソフトを用いて波形表示させた。また、3軸加速度は、直立姿勢のデータを用いて補正を行い、補正後のcsv形式のデータをexcelファイルで保存した。3軸加速度は、左右方向への加速度はX軸で表し、右向きの力をX軸方向正成分、左向きの力をX軸方向負成分と表される。また、上下方向をY軸、前後方向をZ軸で表され、X、Y、Zの値は、座位および立位では $X=0$ 、 $Y=-1$ 、 $Z=0$ となる。各軸の加速度から算出された体動（G）は、activityと表記される。専用の心拍・体動データ表示ソフトの説明表記より、体動（G）の計算式は、 $\sqrt{X^2+Y^2+Z^2}-1$ である。測定されたすべての測定値は、4秒ごとに算出されるため、15個のデータの平均値をとり1分間の値とした。

体位の推測では、疋田らの研究²⁾で仰臥位、腹臥位、右側臥位、左側臥位、座位、立位の各体位における3軸加速度の判定式が示されている。この判定を用い、Y軸が -0.7 以上を臥位とし、臥位が前後どちらか連続している場合を睡眠と判定した。また、胸部にセンサーをつけたことから、机などに突っ伏した状態では、腹臥位と誤って認識される。そこで、持続した睡眠以外でY軸が -0.7 以上の場合、Z軸が -0.7 未満で腹臥位と判定された場合を前かがみの体位とした。これらの判定基準にしたがって1分ごと睡眠もしくは覚醒の自動判定を行った。尚、1分間のデータの算出および体位による睡眠判定プログラムは、Microsoft社のVisual Basic for Applicationを用いて作成した。

統計学的解析として、3軸加速度による睡眠と覚醒の判定とタイムスタディにより得られた睡眠と覚醒の判定を1分ごとに24時間分対比させて表記し、1分ごとの判定結果の一致率およびCohenの κ 係数を算出した。

【結果】

図1に、心拍数と体動（Activity）の時系列データの一例を示す。体位による睡眠判定プログラムによる解析の結果、0:59から10:26が睡眠と判定されている。タイムスタディの記録では0:55から10:20と記録されている。体育の実技、部活中に心拍数、体動ともに高い値を示し、睡眠中の心拍数は低下し、体動はほとんどなくなった。表1に、3軸加速度から1分ごとに解析された判定結果とタイムスタディにより得られた睡眠と覚醒の結果の一致率の全例平均とCohenの κ 係数の全例平均を示す。一致率は $94.1 \pm 0.07\%$ 、 κ 係数は 0.86 ± 0.13 と全例平均においても高い値が認められた。体位による睡眠判定プログラムにおいて、臥位睡眠と判定され、長時間連続しないものを偽睡眠として個数と出現タイミングについて検証を行った。表2に全ての被験者の偽睡眠の個数とその内訳を示した。尚、覚醒時間帯においても「ゴロゴロしていた」、「横になっ

ていた」とされている時間帯の臥位睡眠判定はそのままとし、偽睡眠から省いた。授業中に偽睡眠と判定された際のZ軸は $-0.54 \sim -0.69$ の範囲であり、前かがみと判定される -0.7 に近かった。

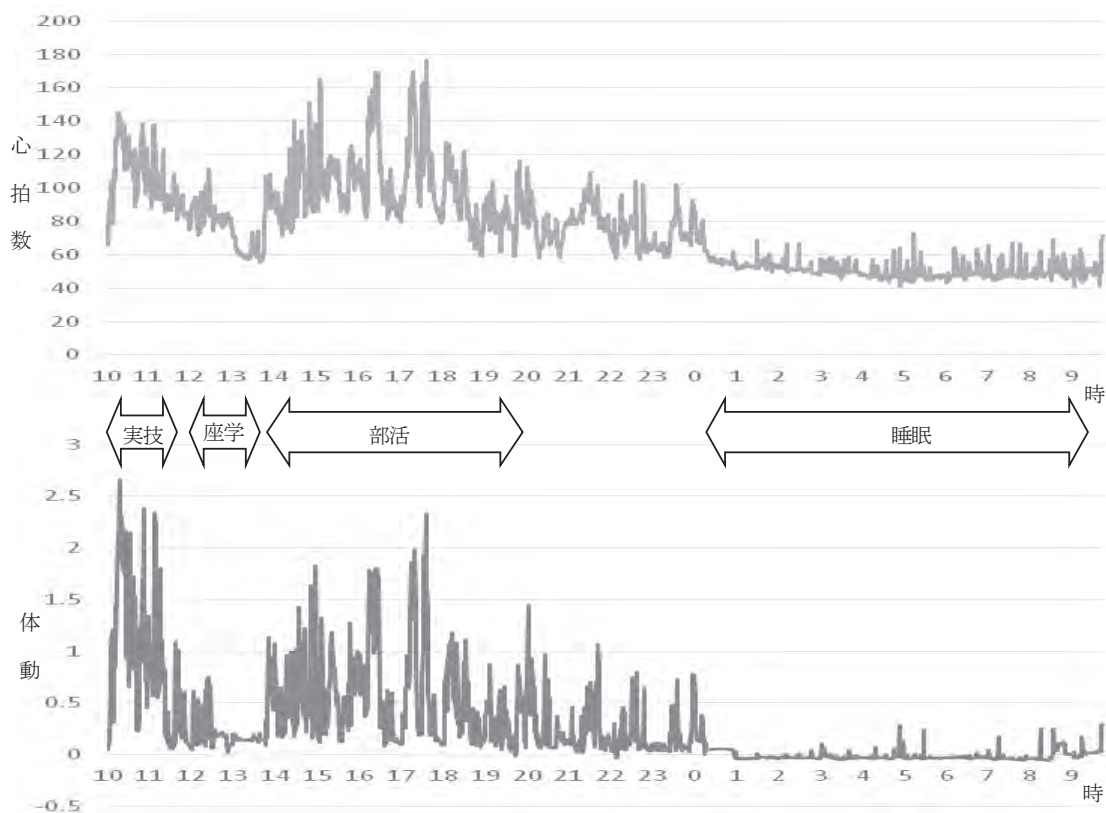


図1 一例の心拍数、体動の時系列変化
 ⇔内はタイムスタディの記録内容を示す

表1 一致率と κ 係数の全例平均

一致率(%)	94.1 ± 0.07
κ 係数	0.86 ± 0.13

表2 体位による睡眠判定プログラムで偽睡眠判定された個数（分）と人数

	部活	授業	食事	バイト	着替え	帰宅後	自動車学校
のべ個数	61	34	2	2	1	3	1
人数	3	2	2	2	1	1	1

【考察】

本研究では、胸部1点の加速度測定を24時間測定により推察された体位から日常生活下において睡眠と覚醒の判別が可能であるか検討を行った。先行研究を参考に、24時間の1分毎（1440分）の3軸加速度の測定値を用いてY軸が-0.7以上を臥位として判定を行った。さらに、臥位が連続している時間帯を睡眠と判定した。また、胸部にセンサーをつけたことから、机などに突っ伏した状態では、腹臥位と誤って認識される。そこで、持続した睡眠以外でY軸が-0.7以上の場合、Z軸が-0.7未満で腹臥位と判定された場合を前かがみの体位として覚醒と判定した。以上の結果、3軸加速度による睡眠と覚醒の判定とタイムスタディにより得られた睡眠と覚醒の判定の一致率、 κ 係数ともに一致しているとみなされる高い値を示した。以上から、胸部3軸加速度測定による体位判定を用いた睡眠と覚醒の判別は有用であり、アスリートのコンディショニングを客観的に推測するために必要な、睡眠時間の量を胸部1点の加速度測定法からの確に推定することができることが示された。

体位による睡眠判定プログラムにおいて、長時間連続しない臥位の判定を「偽睡眠」として個数と出現タイミングについて検証を行ったが、タイムスタディとの比較から、「前かがみ」の時間帯は、授業中もしくは部活中に多いことが示された。授業中ということで、机に突っ伏して寝てしまっている時間帯と推定される。また、部活中に頻発したことについては、例えば、ラグビーのスクラムのように、上半身は地面に平行に近い角度まで前かがみの状態になるなど、スポーツは様々な体位で行われることが要因ではないかと考えられる。さらに、判定においては「前かがみ」とならず、「偽睡眠」と判定されたものの中には、前後が前かがみと判定されていたり、Z軸が判定基準の-0.7に非常に近いデータが見受けられた。「前かがみ」の角度と体位についてさらに検討を行う必要があると考えられる。

また、平林ほか¹¹⁾は、心拍・3軸加速度を用いた研究により、左大腿部マグニチュードをカットオフ値に用いることで身体活動依存性の心拍が抽出できるとしている。本研究においても運動をしている間（実技授業、部活、ウエイトトレーニング）に、心拍数と体動は高い値を示したことから、胸部に装着した心拍・3軸加速度測定においてもカットオフ値を検討することで、活動量の推定が可能であることが示唆された。心拍数は身体活動量と相関関係を示すため、身体活動量の推定の指標となっている。胸部加速度と心拍数、活動量との関係を今後検討する必要性が示された。

さらに、本研究で用いた装置は、心拍のサンプリング周波数が1,000Hzと取得精度が非常に高く、1拍ごとのRR間隔の検出も可能である。今後は、睡眠と覚醒の判断による睡眠時間だけでなく、本装置を用いてRR間隔を検出し、心拍変動解析による睡眠深度の推定の有用性について、検討を加えていきたい。

【結論】

本研究では、胸部の3軸加速度を解析することで、体位が推定され、睡眠時間帯と覚醒時間帯に分けることが可能であることが示された。さらに、覚醒時間帯に臥位と判定される場合は、そのほとんどが運動中であり、運動中の様々な体位変化についても推察できることが示唆された。

【文献】

- 1) 小松孝行・藤田淑香・衣斐淑子・岩原康こ・平島美樹・上東悦子・赤間高雄・山澤文裕・土肥美智子・小松裕・川原貴（2013）日本人トップアスリートの血液生化学検査値に関する検討. 日本臨床スポーツ医学会誌, 21(3):716-724.
- 2) 上水研一郎・位高駿夫・廣川彰信・有賀誠司・町田修一（2016）男子大学柔道トップアスリートにおけるミドルパワーとACTN3及びACE遺伝子多型との関係性. 武道学研究, 49:1:29-38.
- 3) 中川喜直・相原博之（2017）遺伝子多型と大学一流アルペンスキー選手の競技成績と体力特性:— ACE遺伝子およびACTN3遺伝子多型とアルペンスキー —. スキー研究, 14(1):17-23.
- 4) 菅原順・濱田豊・鍋倉賢治・西嶋尚彦・松田光生（1999）運動終了後の副交感神経活動の簡易評価法とコンディショニングにおける応用. 体力科学, 48:467-476.
- 5) 相澤勝治（2008）唾液中ストレスマーカーを用いたアスリートのコンディショニング評価. 筑波大学体育科学系紀要, 31:183-184.
- 6) 中野貴博・鈴木岳（2009）スポーツ選手における体調管理指標としての唾液中アミラーゼ活性値の可能性. 名古屋学院大学論集人文・自然科学篇, 46(1):45-54.
- 7) 城和男・萩原啓（2009）赤外線モーションセンサを用いた睡眠時体動の評価. 生体医工学, 47(1):7-14.
- 8) 福田敏男・湧田雄基・長谷川泰久・新井史人・川口三夫・野田明子（2005）心拍変動のカオス解析に基づく睡眠状態推定手法. 電気学会論文誌, 125(1):43-49.
- 9) 市丸雄平・東風谷祐子・平林あかり（2015）心拍・加速度を用いた日常生活活動の定量的評価. 東京家政大学附属臨床相談センター紀要, 15:89-110.
- 10) 疋田あかり・東風谷祐子・市丸雄平（2015）3軸加速度法を用いた日常生活下における体位の推定. 東京家政大学研究紀要, 55:15-21.
- 11) 平林あかり・東風谷祐子・市丸雄平（2016）心拍・3軸加速度同時記録装置を用いた身体活動量の推定. 東京家政大学研究紀要, 56:39-46.

（こばやしゆい 國學院大學人間開発学部健康体育学科助教）