

<研究資料>

[スポーツ医学研究班]

大学生の睡眠時心拍変動

——直近の運動量及び運動習慣の有無が及ぼす影響——

加納 樹里 里見 潤
山田 クリス孝介

緒 言

睡眠を中心とする休息の質を客観的に評価することができれば、アスリートにとっても、その指導者にとっても極めて有用であると考えられる。

筆者らはコンディショニングの視点から、運動選手の安静時の心拍変動について注目し、心身ストレスが休息時の自律神経活動に及ぼす影響を報告してきた^{文6) -9)}。また、2006~7年には、恒常的な運動習慣の有無が、夜間の自律神経活動そのものに及ぼす影響について比較報告した^{文7) 8)}。しかし前報においては、日常的な運動量（身体的ストレス）を個別の報告によったため、日常活動量の把握が正確に行われず、運動量というターゲット因子の影響が曖昧になってしまった可能性が否定できない。

そこで今回は、チームスポーツの運動選手を対象とすることで、測定前日の運動負荷については統一した基準の下での測定を試みた。あわせて比較対象として、全く運動習慣を有しない同性・同年代健常者についても同様の測定を実施した。運動群については、複数回測定により、個人毎の変動パターンをある範囲で把握し、選手一人一人へのトレーニングの影響という観点から検討することができると考えた。また、非運動群との比較において、チームとしてのトレーニング強度の妥当性（生理的負担度）を推定することも目的とした。

なお、先行研究で用いた測定方法と、今回使用した方法（機器・分析ソフト）は必ずしも同一ではないので、測定値そのものの比較は限定的であることを予め記しておく。

方 法

大学女子ラクロス部の選手4名を対象として、測定日前日の活動を、合宿期間（以下H期・高強度練習時：午前午後2回練習）、通常練習日（以下M期・早朝練習のみ）、オフ日（以下O期・練習なし）の3パターンに区分し、睡眠中の心拍変動と睡眠時間、睡眠効率を複数回にわたり測定した。また、運動習慣を有しない同年代の女子大学生4名について、同様の方法にて心拍変動の測定を実施し、トレーニング期の運動群との差異を検討した。非運動群の測定日は、特別な身体活動や飲酒がなかった日を選択するように協力者に要請し、入眠・起床時間については筆記記録も添付してもらうことで、睡眠判定の補助資料とした。

具体的な測定方法は、簡便な心拍計（Polar RS800シリーズ）と身体活動計（SUZUKEN ラ

Tab. 1 生理指標

- 心拍変動解析（Polar 社製 RS800）
 - HRV： 心拍変動（Heart rate Variability）
 - 【分析項目】
 - SD1： 散布図上の横方向のばらつき（図参照）
 - pNN50： 隣接する RR 間隔が50ms 以上の比率（%）
 - HR： 睡眠中の平均心拍数
 - L/H： 低周波数帯に対する高周波数帯の比率（%）
- 睡眠評価（SUZUKEN 社製 LifecorderGS）
 - ST： 睡眠時間（Total Sleep Time）
 - SE： 睡眠効率（Sleep Efficiency）

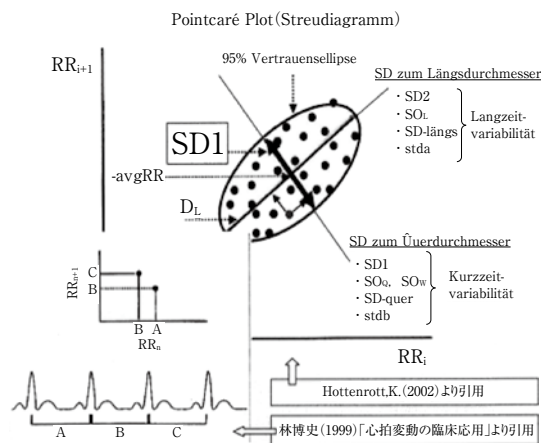


Fig. 1 SD1の測定原理（文献3，5より）

イフコーダ GS) を睡眠中に装着し、後日機器を回収して各測定器固有の判別ソフトウェアを用いて評価値を検出した。用いた生理的指標は、心拍数、心拍変動の標準偏差（以下 SD 1）、pNN50、低周波／高周波率（L/H）と、自己申告による睡眠時間、体動評価から導いた睡眠効率（SE）である（Tab.1, Fig.1参照）。なお、各々の分析ソフトの妥当性に関する検証は、先行研究に依った^{文1) 2)}。

統計処理については、すべての生理指標について 5 % レベルを有意基準とし、トレーニング強度別の比較には一元配置分散分析後に Bonferroni/Dunn 法による多重比較を、運動群と非運動群の比較には T 検定を用いた。

なお、測定に際しては、中央大学保健体育研究所・倫理委員会の承諾を得、協力者に対して測定前後に十分な説明を行い、文書にて承諾を得た上で、終了後には相応の謝金を支払った。

結 果

睡眠中の心拍変動については、以下のような結果が得られた。

・トレーニングの強度と生理指標との関係

今回の運動群は、年齢、性別等が極めて均質な集団であったので、まずはトレーニング期別に全員の測定値の平均値±標準偏差を集計し、集団として前日運動負荷の影響が見られたか否かを検討した。統計的に有意差を検出したのは、M期とO期の [SD 1] のみであったが、[L/H比] や [心拍数] についても、オフ日明けに副交感神経系が活発になる傾向が観察された（Fig.2, Tab.2）。M期にH期より低い SD 1 の平均値がみられた原因は定かではないが、平均睡眠時間がM期で短く、早朝練習という条件があるいは練習そのものより負担になっていた

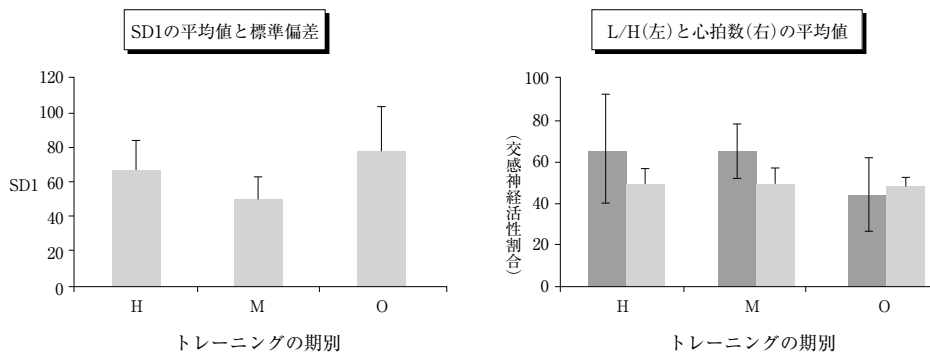


Fig. 2 トレーニングの期別にみた比較

Tab. 2 測定平均値一覧

運動習慣・量別	一般学生	N選手	H選手	Y選手	H期平均	M期平均	O期平均
心拍数 (bpm.)	63	47	54	58	52	52	50
低周波 / 高周波率 (%)	87	64	45	70	67	63	48
SD (標準偏差 1)	64	61	90	46	71	52	76
pNN50 (%)	21	28	32	20	28	23	30
ST (睡眠時間 mim.)	—	338	360	293	353	290	339
SE (睡眠効率%)	—	82	91	84	83	84	88

注) 運動群の内の1名については、測定値が不揃いであったため、集計結果からは除外した。

可能性も除外できない。

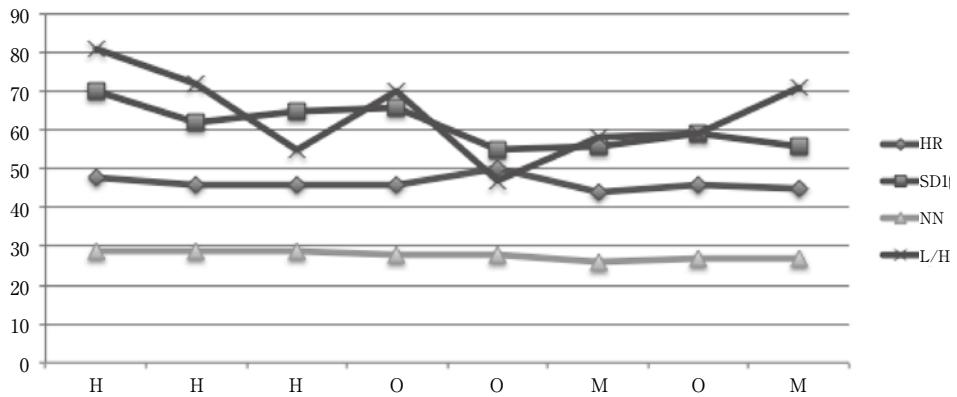
・トレーニングの強度と個別の生理指標の変動

反復測定した各指標の変化を、前日の負荷とともに示したものが (Fig. 3~5) である。具体的には、N選手の測定日間の変動は少なく、すべての生理指標において運動負荷の影響を受けずに、一定幅で安定した推移を示した。これは、トレーニング負荷の違いがN選手にとっては、格段影響を与えるものではなく、常に安定したコンディションを維持していた証と捉えることができよう。一方、Y選手の例では、SD 1 と pNN50 が同調してO期に高くなり、すべての指標の日々の変動が大きい傾向にある。残念なことに、同選手については、H期のデータが上手くとれなかったことから、変動が運動負荷を反映したものが否かを推察することが困難である。Fig. 5に示したH選手は、今回の測定で選択した生理指標が、典型的な変動を示した例として興味深い。即ちオフ明けにはSD 1 と pNN50 がともに上昇し、上手くリラックスしている様子がとらえられ、交感神経活動指標である L/H は逆に低化する傾向がみられた。

このように心拍変動の指標は、基本的には個人の変動推移を経時的に観察することにより、一定の許容幅を越えた状況の時には何らかの問題を有していると考えるのが最も実用的であるようだ。

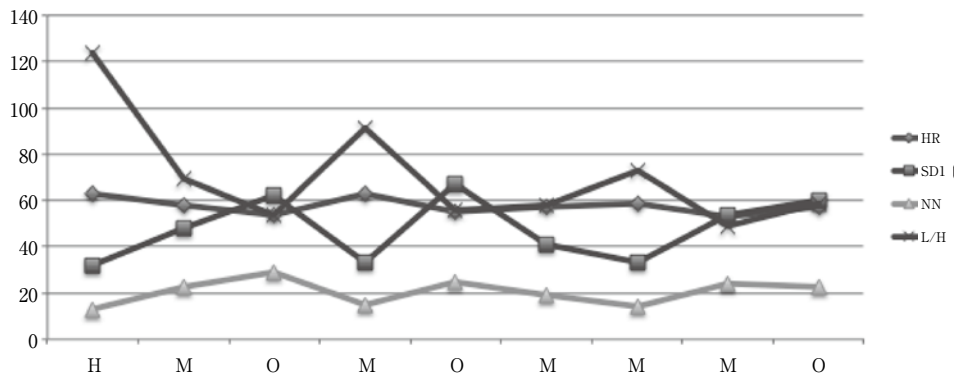
・運動群と非運動群の睡眠中の指標の比較

〔運動群のM期とH期の各指標〕と、同性・同年代の非運動群の日常値を比較した結果では、有意な差がみられたのは就寝中の心拍数のみであった。運動習慣、特に持久的なトレーニングにより安静時心拍数が低下することは既知の事実であり、運動群の日頃のトレーニングを反映したものと思われる。その他の指標においては、ばらつきが大きく有意差は検出されなかった



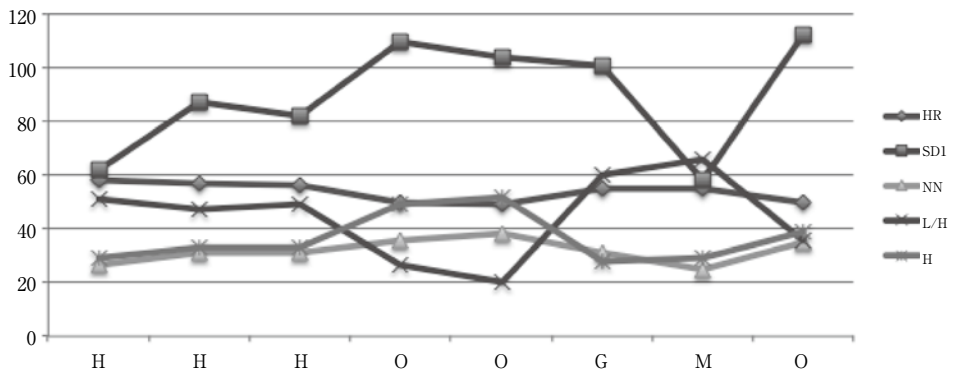
注) 測定日の前日の活動が, 合宿中の場合はH, オフはO, 通常練習日はM, 試合はGとする.

Fig. 3 選手の測定日間の変動 (N選手)



注) Fig. 3と同じ.

Fig. 4 選手の測定日間の変動 (Y選手)



注) Fig. 3と同じ.

Fig. 5 選手の測定日間の変動 (H選手)

が、睡眠中は選手の方が活発な副交感神経活動を示す傾向が示唆された (Tab. 2).

睡眠評価値については、運動群の睡眠時間 (ST) と睡眠効率 (SE) で、トレーニング強度の影響はみられず、練習は適正な生理的負担内であったと思われる。一般学生については今回、測定を実施できなかったが、同じ方法で筆者が別途報告した値^{文10)} (睡眠効率: 一般学生で 80%代から90%前半) と比較しても差異を認めない。ただ、心拍変動の揺れ幅が大きかったY選手の平均睡眠時間は5時間を切っており、定常的な睡眠不足が測定結果にも何らかの影響を及ぼした可能性は否定できない。

考 察

本測定で使用した生理指標は、一般的に心臓自律神経系の働きを反映するとされているもので、安静時心拍数と低周波/高周波率 (L/H) を交感神経系の働きにより上昇する指標として、また標準偏差 (以下 SD 1) と pNN50を副交感神経系活動の指標として分析をすすめた。

運動負荷後の回復のために、適切な睡眠時間、就寝起床のリズムを維持することは極めて重要であるが、実際問題として遠距離通学の必要のある学生も多いことから、学生スポーツのコンディショニングは、そのような点も含めて考えていく必要がある。本測定のプロセスにおいては、トレーニング量そのもの以外に、早朝練習のための通学時間負担が交絡因子として影響してしまった可能性は否定できない。

また、若年健常者の横断的な比較では、運動習慣の影響は、日常的な身体活動やメンタルな状況の影響により打ち消されてしまう可能性は依然として残っている。さらに若年女性を対象とした測定にあたっては、厳密には生理周期の影響も無視はしえないものと考えられる。ただし、大学女子選手のコンディショニングという視座からは、これらの“トレーニングそのもの以外の要素”も含めて考慮せざるをえないのも事実である。

現場への応用という筆者等の当初からの目的からすれば、「経時的な複数回の測定により、個人毎の変動幅、許容限界を把握していく方法」が有用であると考えられる。今後は、その範囲を逸脱した状況下で、競技パフォーマンスとの関連を本当に導きだせるのか? という点がサイエンスとしては興味のあるところであるが、その為には競技成績を数値化する競技において、あえてまずいコンディショニング下での測定を依頼する必要性がある。

また、運動量や運動習慣の影響をより明確に抽出するためには、もともと自律神経活動が活発な若年者よりも、活動が低下した中高齢者を対象として影響を検討するような設定が必要であると考えられる。

謝辞：測定にご協力頂いた中央大学女子ラクロス部部員の皆様，FLP スポーツ健康科学，加納ゼミの卒業生，並びに学生諸氏に感謝致します。

付記：本測定に際し、『2010～2012年中央大学特定課題研究費』の一部を充当した。

また，結果の一部は，2012年12月開催（於：立命館大学），「第25回トレーニング科学学会大会」にて報告した。

参考文献

- 1) Enomoto, M., Endo, T., Suenaga, K., Miura, N., Nakano, Y., Kohtoh, S., Taguchi, Y., Aritake, S., Higuchi, S., Matuura, M., Takahashi, K., Mishima, K. (2009) Newly developed waist actigraphy and its Sleep / wake scoring algorithm. *Sleep and Biological Rhythms*. 7 : 17-22.
- 2) Gamelin F. X., Berthoin S., Bosquet L. (2006) Validity of the Polar S810 Heart Rate Monitor to Measure R-R Intervals at Rest, *Med Sci Sports Exerc*. 38 : 887-893.
- 3) 林博史 (1999) 心拍変動の臨床応用—生理学的意義，病体評価，予後予測—。医学書院：東京。pp.1-91.
- 4) 早野純一郎 (2001) 心拍変動による自律神経機能解析。井上博編。循環器疾患と自律神経機能。第二版。医学書院：東京。pp.71-109.
- 5) Hottenrott Kuno. (2002) Grundlagen zur Herzfrequenzvariabilitaet und Anwendungsmoeglichkeiten im Sport. *Schriften der Deutschen Vereinigung fuer Sportwissenschaft Band129*, CzwalinaVerlag, Hamburg. pp.9-26.
- 6) 加納樹里・佐藤真治・牧田 茂 (2004) スポーツの場における心拍変動の活用—ドイツを中心としたヨーロッパの研究動向について—。トレーニング科学 Vol.16 No. 2 : 165-178.
- 7) 加納樹里・佐藤清貴・阿部野記子・里見 潤・坂本剛健・河合祥雄 (2006) 心拍変動・散布図の利用に関する基礎的研究。第14回日本運動生理学会大会。
- 8) 加納樹里・佐藤清貴・阿部野記子・里見 潤・坂本剛健 (2007) 運動習慣が男子大学生の夜間心拍変動に及ぼす影響について—ローレンツプロットを用いた分析—。中央大学保健体育研究所紀要 25 : 1-11.
- 9) 加納樹里・里見 潤・坂本剛健 (2008) 女子長距離選手の心拍変動評価—夏期合宿前後の測定—。中央大学保健体育研究所紀要 27 : 49-63.
- 10) 加納樹里 (2012) 身体活動計による日中活動量と夜間睡眠評価。体育研究 46 : 15-22.
- 11) 山田クリス孝介・加納樹里 (2011) 女子長距離選手の起床時の心拍変動および唾液中コルチゾール反応。中央大学保健体育研究所紀要 30 : 57-68.