

チームスポーツにおける心拍変動 (HRV) を用いた コンディショニングの試み (その1)

田中美季¹、花城清紀²

Monitoring physical condition in team sports by heart rate variability (Part I)

Miki Tanaka, Kiyonori Hanashiro

要約

心拍変動データのモニタリングを通して、日々の選手やチームのコンディションの客観的評価として有用なものであることを明らかにするために、本学ハンドボール部において継続的にデータを測定し、蓄積していくことが必要であると考えた。そこで、Hosand HRVシステムを用いて、本学ハンドボール部10名の選手 (20.28±1.4歳) の心拍変動データを約7カ月間にわたって測定し、本学ハンドボール部にとって効果的な心拍変動を用いたコンディショニングを模索するための基礎データの収集を試み、各選手の様々なコンディションの指標を得ることができた。個人差はあるものの、自律神経系活動を長期に渡ってモニタリングすることは、的確な負荷を課して最大の成果を得るという側面や大事な公式戦における選手のコンディションの推測が可能になる。すなわち、これらのデータは、選手がオーバートレーニングの危険にさらされることなく安全にスポーツ活動を行うために重要なものであり、選手の起用等、勝敗にも有益な資料となり得るものであると考える。

キーワード：心拍変動、コンディショニング、チームスポーツ

(Abstract)

We are considered necessary that we would continue to accumulate measured data through the monitoring of heart rate variability in order to clarify that is useful as an objective assessment of the condition of the day-to-day for players and team in our team. Data was collected during about seven months using Hosand HRV system. 10

¹ 提出年月日 2015年11月30日、高松大学発達科学部教授、² 高松大学経営学部助教

handball players (20.28 ±1.4 yrs.) in our university participated in the study. For our handball team, it was attempted to collect the basic data for effective conditioning with heart rate variability.

As a result, it was possible to obtain many indications of the condition of each player. There were individual differences but monitoring autonomic nervous system activities, there were aspects of obtaining the maximum results from loading accurately. And it is possible to guess the condition of players in a competition. In other words, these data may protect players from the risk of overtraining. Moreover, it is important for safe sports activities for players, it could be valuable materials for win.

Keywords : heart rate variability, conditioning, team sports

1. 研究の目的

チームスポーツのコンディショニングの管理は非常に難しいとされる。チームのコンディショニングは個々の選手の集合体であるから、個人のコンディショニングを把握したうえでチームのコンディショニングを考えなければならないからだ。しかしながら、チームのコンディショニングにしる、個人のコンディショニングにしる、日頃から蓄積された経験や科学的データ等からの理論に基づいて調整されるものの、各選手がどのような状態で日常の練習をしているのか、あるいは、どのようなコンディショニングで試合に臨んだのかという客観的な指標は明確に示されることは少ない。また、コンディショニングは個人的なものであり、そのバックグラウンドも多様であることから、コンディショニングの指標を確立させること自体に無理があるかもしれない。それでも、日常のトレーニングにおけるコンディショニングの把握は、スキルトレーニングのプログラムデザイン上、重要であることは言うまでもなく、ましてや、公式大会におけるコンディショニングの把握は勝敗を左右するものであり、テクニカルコーチが戦略を考えるうえでも欠かせないデータとなる。また、そのデータ取得は、スポーツ現場において選手やコーチに負担がかかるものであってはならず、簡便に測定しデータ処理できる必要がある。

近年、自律神経系の指標が選手のコンディショニングに有益なデータとなり得ることは様々な研究で明らかになってきていることから、本研究では、心拍変動を用いて日常の練習や公式戦における自律神経系活動の基礎的データを収集するとともに、本学ハンドボールチームにおけるコンディショニングの確立を試みるものである。

2. 心拍変動を用いた自律神経系の活動の評価

2.1 心拍変動とは

心拍は、心臓の洞房結節の発火周期で、延髄の心臓血管中枢が1拍1拍の発火周期を変えており、自律神経系や内分泌系による調整を受けている。心拍変動は単純な非侵襲的手法であり、心拍のR-R間隔（拍動と拍動間の長さ）ごとの変動を測定することにより心臓の自律神経緊張の指標となる。心拍変動のパワースペクトルを解析すると、超低周波数領域（0～0.04Hz：VLF成分）、低周波数領域（0.04～0.15Hz：LF成分）と高周波数領域（0.15～0.5Hz：HF成分）に分類され（Task Force, 1996）、LF成分は交感神経および副交感神経を、HF成分は副交感神経活動を反映することが明らかになっている（Akselrod et al., 1981）。

心拍変動の研究は、1990年代～2000年代において生体医工学（バイオメディカルエンジニアリング）や情報工学の分野で注目されてきた。現代社会の特徴から、ストレスを簡便に計測できる可能性を心拍変動解析がもっていたからである。

2.2 心拍変動による自律神経系活動の評価の実際

選手やスタッフが簡易に測定することができ、選手のコンディショニングを客観的かつ有効に判断することができる指標を確立するために、心拍変動から算出される自律神経活動指標が注目され、これまで多くの研究の中でその有用性が証明されてきた。（飯塚太郎、2011；Kon M., et al., 2009；今有礼ほか、2009；飯塚太郎ほか、2014）

心拍変動を測定するためには高額な機器を使用し、多くの時間と手間を割かなければ

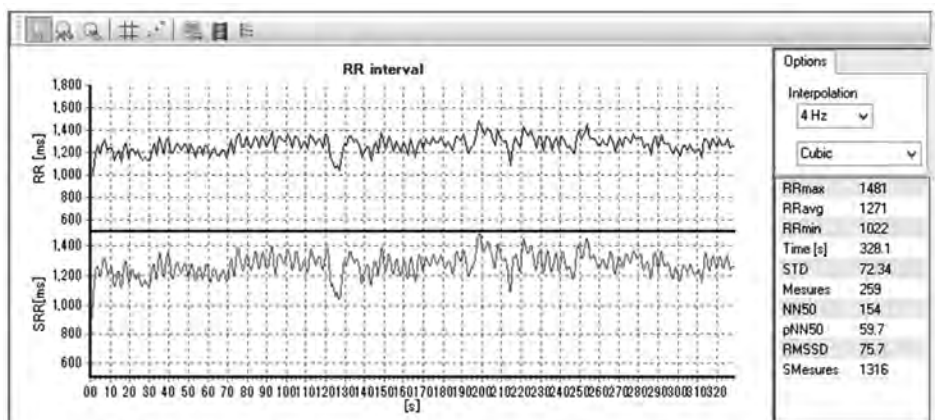


図2-1 5分間のR-R間隔の変動と各種の指標

ればならなかったが、現在では数万円でいつでもどこでも行うことができるようになった。さらに、測定されたデータは、誰でも簡単に処理することができ、データの閲覧は様々なモバイルで可能であり、スタッフ—選手間でその日のデータを共有できる。これまでの医学的見地からの解釈とHosandとACミランのMilan Laboとの共同開発によって、長年にわたる実践的研究における蓄積されたデータをもとに、起床時のたった5分間の測定から選手のその日のコンディションを把握し、測定データを解析することができるHosand HRVシステムというものがある (Hosand Technology, 2011)。心拍変動による自律神経系の活動の解析によって、選手のコンディショニングをデジタルで分析・評価することができれば、当日の練習においては、トレーニング強度を決定したり、公式戦においては選手起用等の戦略の考案には有益なものになるだろう。

通常では心拍変動の分析は、ヨーロッパ心臓学会の提唱するガイダンスにそって行われ、まず、周波数領域解析および時間領域解析に分かれる。

(1) 周波数解析

図2-1はHosand HRVシステムにおける周波数解析における5分間のR-R間隔の変動である。また、このシステムにより取得した周波数成分をパワースペクトル解析することによって、3つの区別された周波数領域が求められる (図2-2)。これらの3つの周波数領域は、VLF成分、LF成分、HF成分に区分され、

様々な統計的処理をされ各種の指数が算出される。

先にも述べたが、LF成分は交感神経と副交感神経の双方を反映させること、さらにHF成分は副交感神経を反映されることが明らかにされている。これらの指標を使えば、これまで選手やスタッフが主観的に把握していた選手のコンディションをこれまでわかりに

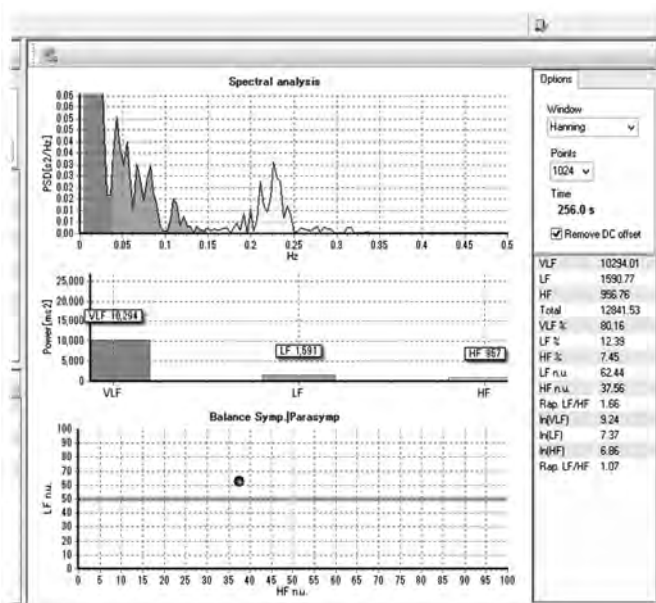


図2-2 3つの周波数帯域とそれぞれのスペクトルパワーから算出された指数

くかった自律神経系機能の現在の状態、変化、トレーニング効果などが客観的に示されることになる。さらに、各選手における自律神経機能の変動のパターンを把握することができれば、選手およびチームのコンディションの正確な把握が可能になる。

(2) 時間領域解析

R-R間隔の変化をそのまま評価する時間領域解析として、Hosand HRVシステムではボアンカレプロット（ローレンツプロット）として示される（図2-3）。これは、連続するR-R間隔を縦軸と横軸に1個ずつずらしてプロットすることにより、自律神経系の活動を見ることができる。一般的には右上から左下に広く分散が見られると、上の図のようにコンディションが良好な状態であると言え、コンディションが悪い時は下の図のように分散の範囲が狭くなる。提示されるグラフを一目みただけで選手のコンディションを把握することができる。

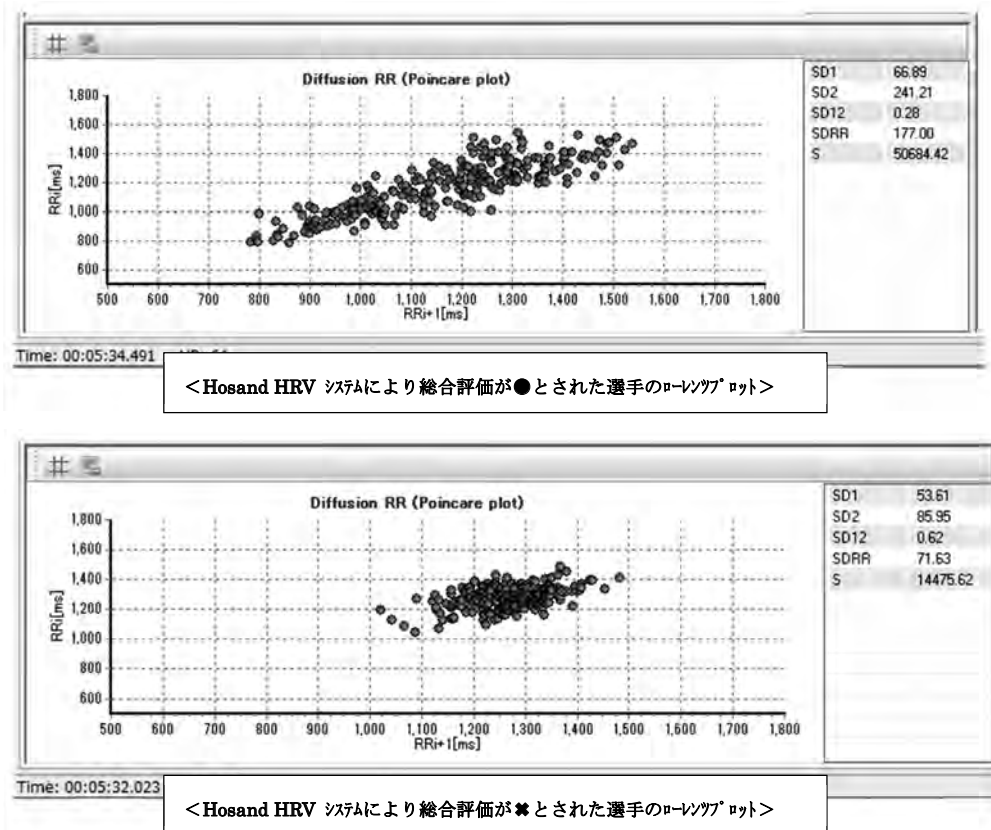


図2-3 ボアンカレプロット（ローレンツプロット）によるHRVの拡散性を示したグラフ

これらの基礎的な指標を用い、分析結果を様々なスタイルで提示を行うことができる。日々のデータの蓄積はチームコンディションを調整するためには欠かせないものとなるだろう。

3. 心拍変動を指標としたコンディショニングの実際

本学ハンドボール部においても、日頃のトレーニング、公式戦における選手のコンディション、ひいてはチームのコンディションを把握することは、毎日のトレーニング強度の設定や公式戦での戦術の決定をする際に非常に重要かつ困難な作業であった。現在までは、指導者・トレーナーの主観によって判断されることが多く、客観的なコンディション指標を用いた検討が行われることは少なかった。私たちは、様々な客観的データを収集するために毎日のトレーニングを実施しているわけではなく、それは選手も同様である。したがって、コンディションを把握するための客観的なデータは必要であるが、あくまでも簡易な方法によって収集されるべきで、チームに負担のかかるものであってはならない。

心拍変動のデータから求められる自律神経指標が、スポーツ現場においてコンディション評価に有用なツールとなる可能性については、国内外の基礎的なあるいは実践的な研究データによって示されつつある（石田ほか、1997；Hdelin,RP., et al., 2001；Pichot V., et al., 2000；長谷川裕、2012）。心拍変動データのモニタリングを通して、日々の選手やチームのコンディションの客観的評価としては有用なものであることをさらに明らかにするためにも、本学ハンドボール部において継続的にデータを取得し蓄積していくことが必要であると考えた。そこで、Hosand HRVシステムを用いて、本学ハンドボール部10名の選手の心拍変動データを約7カ月間測定し、本学ハンドボール部にとって効果的な心拍変動を用いたコンディション方法を模索するための基礎データの収集を試みた。

3-1 方法

(1) 対象

本学ハンドボール部男子部員 10名 (20.28±1.4歳)

(2) 測定期間

2014年5月3日～11月22日

(3) 測定

コンディショニング評価のための測定は、起床直後、Hosand MINicario PROを

ジェルタイプ電極で胸部に貼り付け、5分間安静状態を保った状態で行った。選手は、データを練習前に持参し、その後、データをパソコンに転送して専用ソフトウェアで解析し、その都度、選手やコーチにフィードバックした。(公式戦においては、朝食時に選手が持参し、同じくデータをパソコンに転送した後、公式戦の会場への移動時間を利用してフィードバックした)

3-2 結果

Hosad心拍変動システムにおいては、Hosand MINICario PROで収集したデータをPCに転送し、個人管理ソフトウェアやチーム管理ソフトウェアを用いてチームのコンディショニングに必要なと思われる様々な指標からなる分析結果を得ることができる。

(1) 心拍変動分析から得られた4つの領域

測定後、転送したデータを専用ソフトウェアで解析すると図3-1のように4つの項目のバーで表される。上のバーから「一般エネルギーレベル：エネルギーの残量、全体的な準備状態をいう」、「ストレス刺激に対する反応状態：疲労やストレスに対して中枢神経が自律神経にどれくらいヘルプ信号を送っているか」、「自律神経系（副交感神経／交感神経）のバランス」、「回復レベル：前日のトレーニングのダメージからどれくらい回復しているか」を示す。左側のレッドゾーンは「疲労困憊」あるいは「要注意」を、右側のレッドゾーンは「超回復」あるいは「超活性状態」を示す。それぞれの値は、計測されるたび

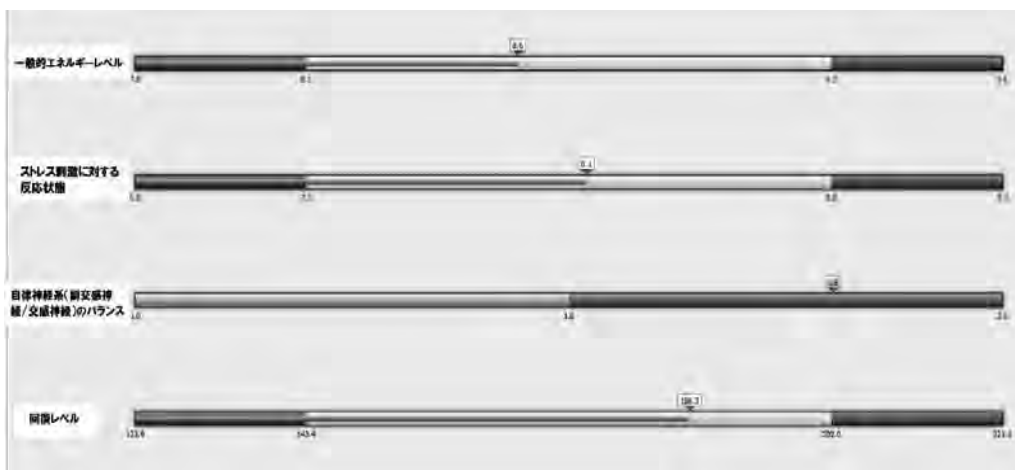


図3-1 HRVによる分析結果を示す4つの評価バー(選手A:2014年度春季リーグ戦初日)

に以前のデータをもとに再計算され、更新される。図3-1の場合、身体のエネルギー状態は良好であるので、多少強い負荷をかけても耐えうることが十分可能であると考えますが、交感神経が有意に働いているのが気になる。この図は、選手Aの2014年度春季リーグ戦の初日の値である。調整がうまくいってエネルギー状態は問題ないが、年度の最初の大会を迎え少し緊張し、軽い興奮状態であることが推測されるので、交感神経が有意の値は特に気にする必要はない。したがって、試合では問題なく起用することになった。

図3-2は選手Aのある練習日の4つの評価バーである。上段はHosand HRVシステムで総合評価が良い(●)とされた日のものである。一般的エネルギー状態は十分あり、ストレス刺激に対する反応状態も適切な値の範囲内にあり、回復レベルは右端にふれ、超回復のピーク状態にあることを示す。何よりも副交感神経/交感神経のバランスがおおよそ真ん中に位置していることから、この日の練習においては、高い強度のトレーニングで量的にも多く追い込んで差し支えないと判断する。下段のように総合評価が低い(×)日



図3-2 HRVによる分析結果を示す4つの評価バー(ある練習日の選手Aの例)

は、自律神経系のバランスも崩れ、他の指標も低く、とりわけ回復レベルがレッドゾーンにあるので、練習の強度を中程度にとどめたり、練習を短時間で切り上げたりする工夫が必要である。

(2) HRV傾向分析

日々の時系列的な変化を追うことで一定の傾向を読み取り、微妙な変化に気づくことができるので、さらに正確で的確なコンディショニングの判断が可能になる。HRV指標の傾向分析した前述した4つの領域に修復機構活性レベルと回復機能活性レベルを加えて心拍変動の傾向をみる。修復機構活性レベルは、疲労やストレス状態の身体を回復させるための生理学的メカニズムであり、この修復機構が機能し始めてから身体を回復させるための回復機能が働くというしくみになっている。したがって、修復機能のレベルが上がってから後、時間差で実施に身体が回復するということになる。回復状態を『●』、『▲』、『×』で表示し、『●』であれば強い負荷をかけてもよい状態にあり、『×』ならば、強い負荷をかけるのは避けた方がよいかもしい。他の指標によっては、短時間の練習にとどめたり、思い切った休養も考えなければならない。

図3-2は、選手Bの2014年5月～6月にかけてのHRV指標を傾向分析したグラフである。選手Bは5～7日の周期でコンディショニングが変動しつつ、全体的には年間を通して●～▲を維持し、×の状態に陥ることはあまりないタイプの選手である。

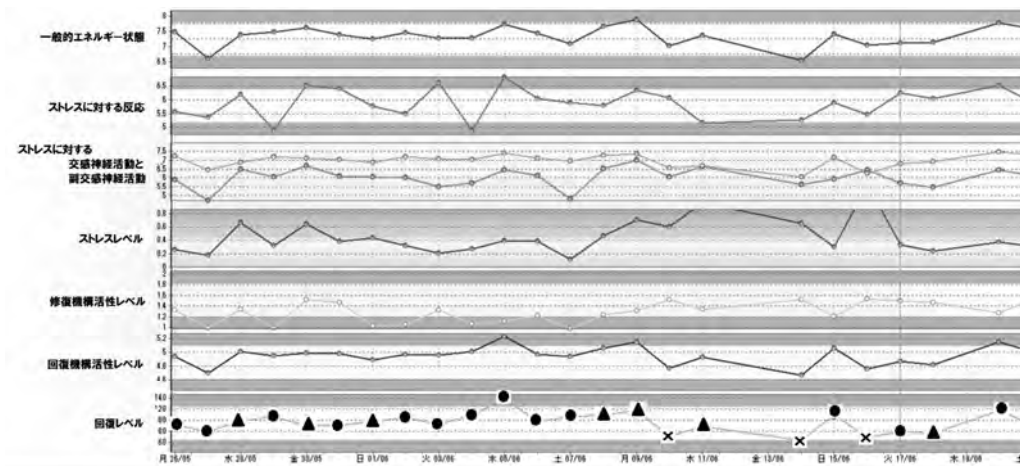


図3-3 HRV指標を用いた傾向分析の例（選手B：2014年5月～6月）

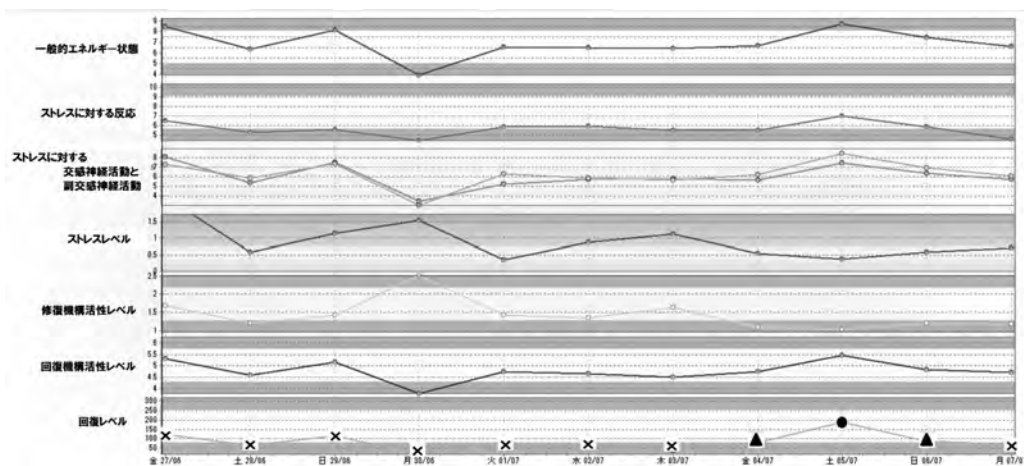


図3-4 HRV指標を用いた傾向分析の例（選手C：2014年度西日本インカレ直前）

図3-4は、選手Cの2014年度西日本大学ハンドボール選手権大会直前10日間のHRV指標を傾向分析したものである。選手Cは4年生で、日頃の授業、練習、アルバイトの上に就職活動が重なり、大会前にコンディションを崩したが、何とか大会前にきて持ち直してきた。大学生というカテゴリーで一人暮らしというハンディもあり、時には食生活が乱れることは否めない。このように回復レベルが不規則で変動パターンが読めず、コンディションの把握が難しいケースも選手によっては見受けられる。

4. チームスポーツにおける心拍変動を用いたコンディショニングの課題

心拍変動の指標を用いた個人のコンディションの出力データを活用して、チームのコンディショニングを試みた。10名の選手の毎日の心拍変動を分析していくと、その変動の傾向は十人十色で様々である。週5回の練習はすべて全体練習であるうえにコンディションが良い選手から悪い選手まで毎回存在するわけである。コンディションが悪い選手を別メニューにすることはできないが無理をさせるわけにもいかない。現在は、チーム全体でのコンディションが良い選手、悪い選手のバランスを見て、トレーニングの強度を調整するという試みを行っている。公式戦では、短期間で連戦の大会がほとんどなので、大会期間中に個々の選手のコンディションが落ちる。Hosand HRVシステムでも総合評価が×の選手も多くなるのだが、チームの柱の選手はコンディションが悪いからといって出場させないわけにはいかない。ハンドボール競技の場合、試合中の交代が自由なので出場時間を調整するしかない。しかしながら、各選手のコンディションを客観的に把握した状態で試合

の戦略を考えるのとそうでないのとでは大きな違いがある。コンディションの良い選手が多いときには、大胆で積極的な戦い方を選択することができ、全体的にコンディションがあまり良くないときは、悪い状態を想定し、次の一手を準備できる。個々の選手のコンディションを知ったうえでチームのコンディションを考え、試合に臨むことができることは、全く把握できない状態で試合が始まるよりは様々な観点からより多くの準備をすることができる。

また、自律神経系活動を長期に渡ってモニタリングすることは、的確な負荷を課して最大の成果を得るといった側面や、大事な公式戦にどのようなコンディションでいけそうかとある程度の推測も可能になる。すなわちこれらのデータは、選手がオーバートレーニングの危険にさらされることなく、安全にスポーツ活動を行うために重要なものである。しかしながら、心拍変動を用いたコンディションの指標やHosand HRVシステムがどこまで自律神経系の活動を正確に反映しているかは、まだ問題が多いところであろう。それでもやはり、オーバートレーニングの兆候を予測し、強い負荷でのトレーニングの適切なタイミングを見定めるには客観的な材料が必要である。これらのデータをさらに実践の有用なものとして利用するためには、心拍変動のデータ以外にも選手の主観的コンディション評価やコーチからみた練習中の選手の状態把握、練習中の心拍数、走行距離、パワー測定から得られたデータなどを総合的に判断する必要があると考える。

文 献

- Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F.A., Shannon, D.C., Berger, A.C., Cohen, R.J. (1978) Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control, *Science*, 10, 220-222
- A. E. Aubert, B. Step. and F. Bechers, (2003) Heart rate variability in athletes, *Sports Med.*, 33 (12), 889-919
- 飯塚太郎 (2011) 「コンディショニングの評価とその活用「心拍数・心拍変動」『臨床スポーツ医学』、28、166-171
- 飯塚太郎、大岩奈青、舩田圭太 (2014) 「心拍変動モニタリングによる一流スポーツ競技者の疲労評価に関する研究」『デサントスポーツ科学』、35、53-60
- 石田利一郎、岡田正彦 (1997) 「スポーツにおけるトレーニング効果判定を目的とした心拍変動のスペクトル解析」『臨床病理』、45 (7)、685-688
- 今有礼、飯塚太郎、鈴木なつ未、前川剛輝、*Journal of strength and conditioning research*, 18 (4)、918-920 谷所慶、湯田淳、青柳徹、木村文穂、高橋英幸 (2009) 「テーパリングがトップスピードスケート選手の唾液中SIgAに及ぼす影響」『トレーニング科学』、21 (4)、369-375
- Hdelin, R.P., et al. (2001) Heart rate variability in athletes: relationship with central and peripheral performance, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33 (8), 1394-1398

- Hosand Technology. (2011) Hosand HRV: a new outlook on heart rate variability, *Hosand srt.*
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996) Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use, *Circulation*, 93, 1043-1065
- Kon M., Iizuka T., Maegawa T., Hashimoto E., Yuda J., Aoyanagi T., and Takahashi H. (2009) Salivary secretory immunoglobulin A response of elite speed skaters during a period, *Journal of strength and conditioning research*, 24 (8), 2249-2254
- Kunsoo Shin, et al. (1995) The power spectral analysis of heart rate variability in athletes during dynamic exercise part I, *Clinical Cardiology*, 18 (10), 583-586
- 林博史編 (2004) 「心拍変動の臨床応用」医学書院、1-2
- 長谷川裕 (2012) 「心拍変動 (HRV) を用いたトレーニング負荷の調整」『JATI EXPRESS』、28、18-20
- 長谷川裕 (2012) 「押さえるべきか、追い込むべき、それが問題だ—心拍変動による超回復モデル及びフィットネス疲労モデル活用の具現化」『JATI EXPRESS』、29、16-17
- 長谷川裕 (2012) 「押さえるべきか、追い込むべき、それが問題だ—心拍変動による超回復モデル及びフィットネス疲労モデル活用の具現化」『JATI EXPRESS』、29、16-17
- Pichot V., Roche F., Gaspoz J-M., Enjolras F., Anyoniadis A., Minini P., Costes F., Busso T., Lacour J-R., and Barthelemy J. C., (2000) Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runner, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32 (10), 1729-1736
- Uusitalo, AL., et al. (1998) Heart rate and blood pressure variability during heavy training and overtraining in the female athlete, *Int. J. Sports Med.*, 21 (1), 45-53
- 山口勝機 (2010) 「心拍変動による精神負荷ストレスの分析」『志学館大学人間関係学部研究紀要』、31 (1)、1-10

