

## <研究資料>

[スポーツ医学研究班]

# 大学生アスリートのコンディション評価指標としての 心拍変動解析

加 納 樹 里

## 1. はじめに

筆者（等）は、本学に奉職した90年代以降、多方面からのサポートを受けられるトップアスリートとは異なり、日常的に競技以外の様々な課題とも向き合わねばならない大学生アスリートの多くにとって、まずは「良い状態で試合に臨む」という当然の事が決して容易なことではないという事実で度々直面してきた。体調の良悪、気分の浮き沈みといった漠然とした感覚と選手の好不調といった状況を、心理検査・アンケート等々の主観的な方法によらずに前もって客観的・生理的なバイオマーカーで示すことが出来れば、副次的に自らの体調管理やトレーニング計画を練る上で、大いに有効であると考えられる。

高額な設備や人件費等を要さずに適切なパラメータが無いかと考えていた折に、当時親交のあった循環器内科の医師から90年代に循環器疾患患者の生命予後判定などで注目されていた「非侵襲的自律神経バランスの評価方法」を提示された。非侵襲的測定という点が専門学部を擁しない本学においても魅力的であると感じ、以降「心拍変動（以下HRVと記載= Heart Rate Variability）」に着目するようになった。

保健体育研究所紀要21号（2003）<sup>11)</sup>にて初めて「心拍変動によるコンディション評価の可能性」に言及して以後、ドイツ・ライプチヒ大学での在外研究中には、当時ウオッチ型心拍計を扱っていち早くHRVの利用に着目していたPolar社主催のセミナーに参加し、研究先での情報収集等<sup>9), 12)</sup>を経て、間欠的にはあるが様々な測定方法、対象者に対してHRVの測定・観察

を継続してきた。安静時心拍数を測定するのと同じ要領で、心拍と心拍の間隔の揺らぎから自律神経の機能評価が可能なHRVの解析は、非侵襲的に交感神経・副交感神経の動きを分離定量化できる手法であり、被験者の負担も軽いという点で多方面で興味深い臨床的意義を持つとされる。また、自律神経は脳と心臓の間の有線伝達系の様な機能を持つので、アスリートの心身コンディション評価に留まらず、コロナ禍でのストレスや生活習慣病の影響を評価するパラメータ等としても着目されている。一方で、心拍数や心拍変動は時々刻々と変化するものであり、個人差や個人内でも日々の変動が大きく、その影響因子は多岐にわたる。よって原因と結果を単純に結びつけることが難しく、アスリートのリカバリーやコンディション評価への応用・活用については、いまだに限定的な状況にあるといえる。

本資料では、今まで集積してきた大学生アスリートを対象とした測定結果を中心としつつ、身体状況の異なる大学生の解析結果を比較検証し、種々の制約により成文化に至らなかった興味深いデータを開示、検証することを目的とする。最後に学生年代のHRV測定を活用するために必要な課題にも言及する。

#### (1) コンディショニングの定義

元来英語の「Condition」には、状態、条件、地位、調整等々様々な派生的意味付けがあるが、ここでは改めてカタカナで「コンディショニング」と表記した場合の定義を考える。従前より日本のトレーニング科学の領域においては、“ピークパフォーマンスを発揮するためのトレーニング内容の組み立て”といった意味で、かなり限定的に使用されていた用語と思われる<sup>22)</sup>。しかし今日ではより良いスポーツ活動や、健康に生活していくための基盤づくりといった広義にも使用され、広く心身の必要条件を最適化する準備過程 (The preparatory process to optimize the requirement of mind and body)、または心身の状態をより好ましい方向に整えることを目的とした対象者自身への働きかけ等々と説明されている<sup>25)</sup>。

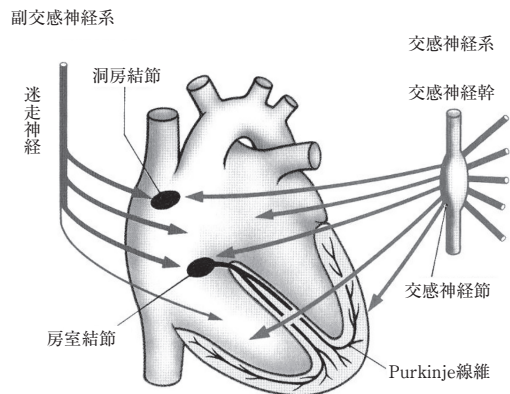
筆者もHRVに関心を抱いた当初は、アスリートの心身の最適化のバイオマーカーとしての活用のみを考えていた。その後、比較対象を目的に一般学生を含めた測定を繰り返す内に、現代社会におけるストレスやコロナ禍で様々な不定愁訴を抱える人々にとっても全身的な状態を把握する指標となりうるという点に着目するようになった。トレーニング科学の領域で考えるコンディショニングの基本は、「超回復の理論」に基づく諸機能の調整であり、そこに自律神経機能が大きな役割を果たすことは容易に想像される。一方で、グリコーゲンローディング等の栄養、サプリメントの使用など、いわば“攻めのコンディショニング”と捉えるべき事例も存在する。前者を“守りのコンディショニング”と考えれば、その中でコンディションを「客観的に

把握する」ことが重要であり、その方法として「睡眠評価」, 「起床時心拍数」, 「体重（体脂肪率）評価」, 「血液・尿検査」, 「心理調査」等々が用いられてきた<sup>25), 30)</sup>。従前の心拍数の評価から一歩進んで、HRVにより自律神経の状況の評価することで、さらに詳細な心身のコンディション把握が可能になるとの仮説が本論の原点となっている。

## (2) 心拍変動を利用した研究の概況

心拍と心拍の間隔の揺らぎから心臓に入力する自律神経系の動きを評価するHRVの解析は、医療分野、特に循環器内科の領域で、疾患後の循環機能のダイナミクスを評価する測定として利用されてきた<sup>8)</sup>（参考資料1：心臓の自律神経支配）。医療以外の分野では、Polar社などの心拍計メーカーがHRVに着目し、2000年頃からヨーロッパ、特にイタリアやドイツにおいてスポーツ分野での簡便な測定法の確立が模索されてきた<sup>2), 9)</sup>。HRV分析を利用した他分野での研究では、肥満者や生活習慣病のリスクとの関連をみたものや、シフトワーク等々自律神経機能の脆弱性が問題となる健康科学領域での応用事例が多いが<sup>3), 20)</sup>、今日では、スポーツ領域以外の防災・建築などの領域でも快適性・安心感・リラックス効果の実証手段といった視点から副交感神経の活動性に着目した研究も散見される<sup>19)</sup>。現状ではアスリートを対象としたHRVの利用事例は多くはないが、飯塚らがスポーツ選手を対象とした心拍変動と主観的コンディションとの関連を報告している他<sup>10), 30)</sup>、両角等は長距離走者について、競技成績との関係性を示唆している<sup>18)</sup>。

### 【参考資料1】心臓への自律神経入力模式図



出典：やさしい自律神経生理学 p.82<sup>30)</sup> より引用

## (3) 自律神経機能評価としての長時間測定と短時間測定

HRVの測定には、従来からホルター心電計等を用いた24時間をベースとした「長時間測定」と「短時間測定」が存在する。前者は主に心臓疾患または心臓手術後の予後を判断する医学的測定として行われてきたのに対し、短時間での測定は、体位、測定時の種々の影響因子（喫煙、アルコール摂取、食事、運動等々）をコントロールした上で、即時的な自律神経バランスを評価する手法として利用されることが多い<sup>8)</sup>。

また、心拍変動の分析には、全R-R間隔を対象とした「時間領域：Time domain」の評価と、

心拍の周期変動の周波数成分をスペクトル解析する方法「周波数領域：Frequency domain」があり、長時間分析では前者を中心として、短時間分析では主に後者を用いた評価が行われる。

筆者は、アスリートについて日中・運動時に亢進した交感神経優位の状況が、夜間の睡眠に代表されるリカバリー時に副交感神経活動優位に切り替わり、回復に好ましい“Sympathovagal balance”が保たれるか否かに着目してきた。よって、今回本資料に引用した各測定のうち、運動習慣の有無や直近のトレーニングの影響と就寝中（オールナイト）の自律神経活動状況を比較した2007年と2013年の測定は<sup>13), 15)</sup>「長時間測定」に該当するが、それ以外の測定は全て「短時間測定」に分類されるものである。

## 2. 方 法

すべての短時間測定に際して、測定開始前の最低5分間は測定についての説明や安静の維持とし、屋内での静寂な環境下での測定を行った。測定時間は、それぞれの測定機種・解析ソフトで推奨された安静状況下での2～5分間であり、後述する「測定機器1：きりつ名人<sup>®</sup>」による測定は、体位変換を伴う測定方法である。HRV測定中の呼吸数は、その変動が測定値に影響を及ぼすことは既知の事実であるが<sup>5)</sup>、研究室外の測定や睡眠中の測定では、事実上呼吸数の調整は困難であることに加え、メトロノーム等による意図的な調整によりかえって普段の呼吸が損なわれるとも考えられるので、全ての測定において協力者には「常に自然な呼吸で、リラックスして測定に臨むこと」のみを注意してもらった。

以下には、本資料中考察の対象とした測定機器の全機種名を、測定協力者（対象群）については本資料中で結果を報告する①群から⑤群についてのみを記載した。考察文中では、一部公表済みの内容にも言及するが、その記述は必要最小限とし出典を示した。

### (1) 測定機器とパラメータ

#### 〔測定機器1〕

設置型の測定機器：(株)クロスウェル社製の「きりつ名人<sup>®</sup>」を用いて、5分間の座位から立位への体位変換を伴う心拍変動を測定した。時間領域解析と非線形スペクトル解析法（MemCalc法）による周波数解析により自律神経の評価を行った。本機は本来医療機関向けの仕様のため、多数のパラメータを抽出することが可能であるが、今回は研究目的に関連する以下の測定項目について報告する。また、基本的には若年健常大学生を対象とした研究のため、測定協力者のストレスを考慮し、通常は並行して行う血圧の測定は行わなかった。

- HF : 周波数分析による高周波成分パワー (0.15Hz 以上~0.4Hz 未満)  $\text{ms}^2$   
副交感神経活動を反映するパラメータ
- L/H : LF (周波数分析の低周波成分パワー (0.04 Hz 以上~0.15Hz 未満) と HF の比<sup>\*</sup>)
- CVRR : Coefficient of variance of R-R interval: 自律神経全体の大きさ指標 (%)  
(時間領域解析の R-R 間隔標準偏差 / R-R 感覚の平均値  $\times 100$ )
- 心拍数 : 各体位での分時心拍平均 (bpm)
- HFnu : HF normalized unit =  $\text{HF} / (\text{LF} + \text{HF}) \times 100$  副交感神経活動の相対評価値

[L/H]<sup>\*</sup>については、多くの論文で単純に交感神経指標として引用されているが、HFの低下により相対的に高値になるため、必ずしも交感神経機能のみを反映しているとは捉えられない。この分野の権威である元名古屋市立大学教授の早野順一郎氏は、イタリアの研究者らが中心として広まったこの捉え方について度々警鐘を鳴らしており<sup>6),7)</sup>、“短時間測定でのゴールドスタンダードはあくまで [HF] である”としていることから、本資料においても副交感神経指標 HF を中心として考察を進めた。

また、[HFnu]については、純粹に迷走神経活動指標としてというよりは、自律神経のバランスを示す標準化単位として先行研究が存在し<sup>7),8),10),18)</sup>、競技種目間や測定器間の比較検討資料として有用と判断し算出した。

#### [測定機器 2]

ポータブルタイプの自律神経測定センサー「VSM-301<sup>®</sup>」(株) 疲労科学研究所を用いて、2分間の安静中の指尖脈波に基づく心拍間隔により自律神経評価を行った。本機は、両手の人差し指を測定器に入れるだけで計測できるもので、当時最も簡便な機器として、本研究所のスポーツ医学研究班がレンタル契約により借用したものである。

その他に、以下のような機器を用いて HRV の測定を実施してきた。以下の機器の測定結果については、紀要等にて公表済みのため触れないが、本資料中最後に測定機器の利便性やデータの開示方法についても比較検討したので、機器の種類のみを以下に示す（詳細は各文献を参照）。

#### [測定機器 3]

小型携帯式のメモリー心拍計：GMS 社製「Activtracer：AC-301A」を使用し、同社の24時間 R-R 解析システムである MemCalc/CHIRAM により、夜間睡眠中の心拍変動を連続測定した（保健体育研究所紀要25号<sup>13)</sup>）

#### [測定機器 4]

短時間の心拍変動解析として、ウォッチ型の Polar 社製心拍計「RS800CX シリーズ」を使用

し、保存されたデータを付属の解析ソフトにより分析した（保健体育研究所紀要27号，30号，31号<sup>14), 15), 28)</sup>）

#### 〔測定機器5〕

軽量で装着が苦にならないボタン型心拍センサー：Cam Ntech社製「ActiHR 4（ITC）<sup>®</sup>」を使用し、夜間睡眠中の心拍変動を繰り返し測定した（20<sup>th</sup> Annual ECSS Congress, 2015にてポスター発表済）。

#### 〔測定機器6〕

パーソナルユースに適した小型軽量（116g）の設置型計測器：（株）トレイテック社製の「チェックマイハート（CMH）：Check My Heart」を活用した。本機では、5分間の継続心電図を6回分保存することが可能であり、付属のソフトウェアにてその場で時系列・周波数領域の解析結果をプリントアウトできる簡便さが利点である（データ等未公表）。

## (2) 測定協力者（対象群）

測定機器1：きりつ名人<sup>®</sup>による測定対象群：

### ① T群：トライアスロン同好会選手6名

本学トライアスロン同好会選手6名の同意を得て、3泊4日の夏期集中合宿に帯同し、合宿中日の就寝前2回と、合宿終了後の通常練習日（昼食前）に1回の測定を実施した。本群の対象者は同好会所属ながら、全員が高校までに陸上競技部または水泳等の競技部会所属選手であった。

### ② B群：体育連盟ボート部員5名

合宿所に測定機器を常設し、春期公式戦（レガッタ）前後の1ヶ月間に就寝直前の7～10回の反復測定を依頼した。協力者には、測定機器の操作について予め解説、練習をしてもらい、各人が就寝前に十分な安静が保てた“任意の日時”での測定を依頼した。

（表2・参考資料：反復測定は実際には10回に満たないケースが多かった）

③ S群：健康で活動的な一般学生15名について、任意で協力を依頼し、運動をしていない通常授業日のゼミ時限中、または授業後の夕刻に1回の測定を実施した。

④ RH群：S群同様、任意にて協力を依頼し、通常授業開始前の夕刻に1回の測定を実施した。なお、本群は、「オーバートレーニング症候群」の診断を受け、長期間トレーニング活動を休止しているアスリートを含め、通常の大学体育授業に心身両面の事由により参加困難な学生（診断書を有する者）9名であった。

測定機器2：VSM-301<sup>®</sup>による測定対象群：



⑤ **R群**：体育連盟陸上競技部部員（長距離ブロック）4名

夏季から秋季にかけての合宿時を除外した通常学内練習時、就寝前の任意日での反復測定を実施し、都度、本人の体調を4段階で申告してもらった。なお、当該協力者は全員この間に公式レース等の参加が予定されない選手であった。

なお、本資料中のアスリート群とS群、RH群は、全員年齢18歳～22歳の大学生であった。測定終了後、S群とRH群についてはその場でデータを還元し、測定値について説明を行った（希望があった場合には再度の測定を実施）。繰り返し測定となったT・B・Rの各群については、基本的には全測定終了後に一部指導者を含む協力者全員に説明の場を設けてデータを還元し、謝金を支払った。

### 3. 結 果

始めに「測定機器1：きりつ名人<sup>®</sup>」を使用した測定群の結果について報告する。

（表1）に全群の平均値を示した。なお、今回の設定では、安静座位の最後の1分間を【直前】、起立後2分間の最初の1分間を【起立】、最後の1分間を【立位】と表記している。

表1 きりつ名人<sup>®</sup>による各測定群の平均値

| 測定項目              | 直前<br>HF        | 起立<br>HF        | 立位<br>HF        | 直前<br>L/H | 起立<br>L/H | 立位<br>L/H | 直前<br>CVRR | 直前心<br>拍 | 起立心<br>拍 | 立位心<br>拍 | HFnu | 身長  | 体重 | サン<br>プル数 | 測定<br>方法 |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|----------|----------|------|-----|----|-----------|----------|
| 単位                | ms <sup>2</sup> | ms <sup>2</sup> | ms <sup>2</sup> | %         | %         | %         | %          | bpm      | bpm      | bpm      | %    | cm  | kg | ※         |          |
| B群 (n=5)<br>の平均   | 913             | 579             | 287             | 1.6       | 6.5       | 4.1       | 5.5        | 61       | 72       | 73       | 52.2 | 177 | 74 | 40        | 反復<br>測定 |
| T群 (n=6)<br>の平均   | 865             | 436             | 448             | 4.9       | 17.0      | 14.8      | 6.2        | 68       | 78       | 77       | 33.3 | 175 | 63 | 17        | 反復<br>測定 |
| S群 (n=15)<br>の平均  | 515             | 326             | 173             | 2.5       | 6.6       | 7.3       | 5.2        | 65       | 74       | 75       | 38.3 | 171 | 68 | 15        | 単回<br>測定 |
| RH群 (n=10)<br>の平均 | 259             | 163             | 91              | 2.6       | 4.3       | 2.9       | 4.9        | 83       | 92       | 92       | 37.5 | 166 | 59 | 10        | 単回<br>測定 |

※エラー値を除外

① T群結果：

T群の測定については、合宿2日目の1回目の測定は予定通りであったが、2回目測定（合宿3日目）は、荒天のため予定していた午後のスイムは中止となり、“疲労が蓄積した状態で2回目測定を行う”という当初の思惑通りにはならなかった。合宿明けの3回目測定日も、事故のため急遽予定が変更となり、早朝のトレーニングを済ませてから昼休み前に測定を行った。合宿中は夜間（就寝前）、夕食後十分な時間をおいてから測定を実施したが、安静座位での心拍

数は十分なトレーニングを積んでいるトライアスリートの値としてはかなり高く（平均値=68回/分）、長時間練習の影響を除外できないと思われた。それでも、すべての測定回において一般の同年代学生に比すると、明らかな安静時の迷走神経系活動の優位性は観察された。また、6名、各3回の全測定中、11サンプルについて、きりつ名人<sup>®</sup>による判定評価で、起立後の交感神経反応が過剰、または上昇との結果が示された（参考資料2）。

## ② B群結果：

反復測定回数が不十分な1名を除外した4名について、測定開始時から重要試合のレガッタ当日にかけて、細かい変動を示しながらも起立直前の安静心拍数が高くなるケースが観察され、同時期のHF値は低くなる傾向がみられた（表2：上段より測定日順）。これらの変動が示唆する副交感神経機能の低下傾向は、コンディションの悪化とまでは言い切れないものの、練習の負荷が試合当日にかけて蓄積し、リカバリーが十分ではない状況を生理的に反映するものと捉えられる。さらに心拍数のみの観察においても、測定期間中の重要試合であるレガッタに向けて、心拍数応答が上昇し、立位での回復が遅延する事例がみられた（図1に事例）。また、わかり易いコンディション評価指標として、この起立直前の安静心拍数とHFnuの推移を測定協力者にも開示した（図2に事例）。

一方で、事後の聞き取りでは、測定前に安静を依頼したにもかかわらず、就寝前に部屋の掃除がノルマであったため十分な安静値とは言えない場合も多々あったとの証言もあり、測定環境の整備と測定タイミングの難しさを改めて認識する結果にもなった。また、B群においてもT群同様、起立後に「交感神経反応上昇型」及び「交換神経反応過剰型」を示す結果が多数回観察された（参考資料2）。この結果については、若年アスリートの特色として考察で改めて言及する。

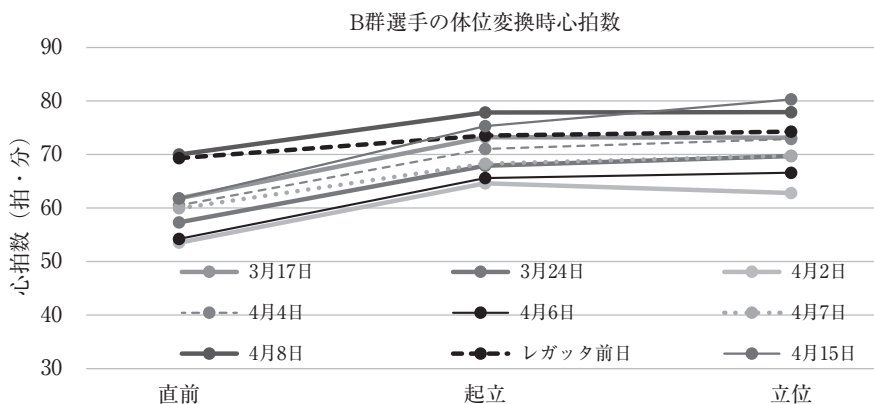


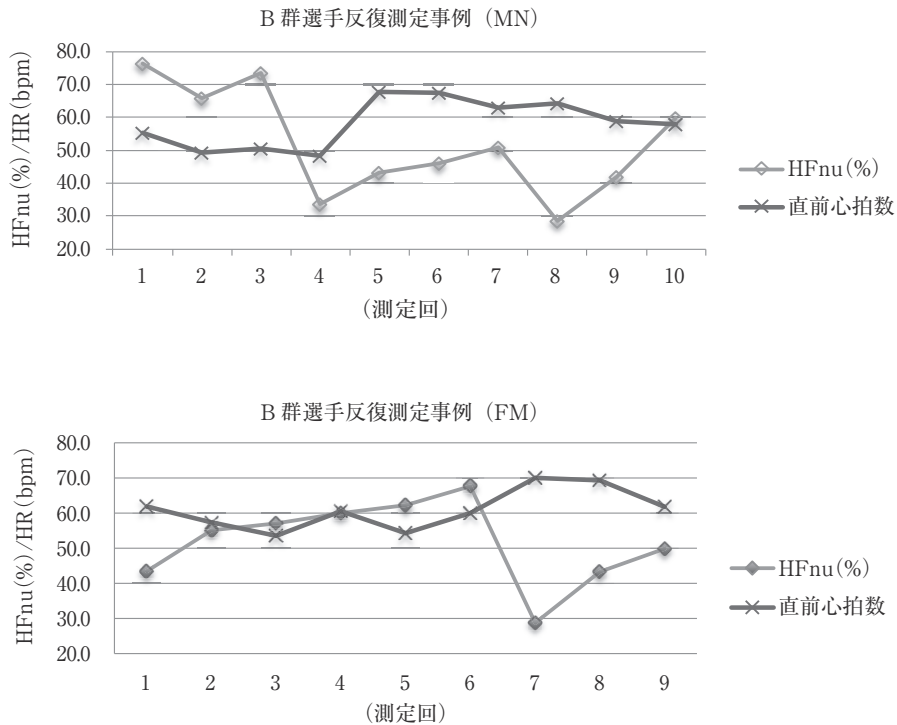
図1 レガッタ前後の心拍数変化事例 (FM)



表2 ボート部 (B群) 各選手の心拍変動測定値一覧

| ID            | きりつ名人 <sup>®</sup> のパターン分類<br>(単位) | 直前              | 起立              | 立位              | 直前   | 起立   | 立位   | 直前   | 直前  | 起立  | 立位   | HFnu |      |
|---------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|
|               |                                    | HF              | HF              | HF              | L/H  | L/H  | L/H  | CVRR | 心拍  | 心拍  | 心拍   |      | %    |
|               |                                    | ms <sup>2</sup> | ms <sup>2</sup> | ms <sup>2</sup> | %    | %    | %    | %    | bpm | bpm | bpm  | %    |      |
| YT            | 交感神経反応過剰かつ上昇型 /                    | 1243            | 458             | 229             | 0.2  | 7.7  | 6.9  | 4.6  | 54  | 71  | 71   | 85.7 |      |
|               | 交感神経反応上昇型 /                        | 286             | 395             | 232             | 0.1  | 3.4  | 4.3  | 2.7  | 54  | 68  | 70   | 83.7 |      |
|               | 健常型 /                              | 193             | 174             | 199             | 1.3  | 4.4  | 2.2  | 2.5  | 52  | 67  | 67   | 52.4 |      |
|               | 交感神経反応過剰型 / 立位時自律神経活動低下型           | 266             | 61              | 11              | 3.5  | 43.1 | 6.6  | 5.4  | 67  | 88  | 91   | 39.4 |      |
|               | 健常型 /                              | 178             | 391             | 734             | 0.3  | 1.6  | 0.8  | 1.7  | 49  | 64  | 58   | 58.5 |      |
|               | 交感神経反応過剰型 /                        | 524             | 272             | 101             | 2.3  | 16.6 | 2.7  | 4.7  | 63  | 78  | 81   | 43.4 |      |
|               | 健常型 /                              | 1907            | 241             | 98              | 1.3  | 5.8  | 4.7  | 7.4  | 62  | 82  | 80   | 69.4 |      |
|               | 交感神経反応過剰かつ上昇型 /                    | 558             | 232             | 73              | 2.8  | 9.8  | 7.0  | 5.2  | 63  | 81  | 77   | 46.4 |      |
|               | 交感神経反応過剰型 /                        | 1004            | 303             | 142             | 3.6  | 12.3 | 5.4  | 8.1  | 56  | 75  | 73   | 28.7 |      |
|               | * 交感神経反応上昇型 /                      | 442             | 117             | 129             | 1.9  | 5.9  | 6.3  | 5.6  | 68  | 92  | 85   | 46.2 |      |
| YT 平均         | 660                                | 264             | 195             | 1.7             | 11.0 | 4.7  | 4.8  | 59   | 77  | 75  | 55.4 |      |      |
| MS            | 交感神経反応反転型 /                        | 916             | 883             | 420             | 3.7  | 1.0  | 1.1  | 7.9  | 56  | 67  | 67   | 34.9 |      |
|               | 健常型 /                              | 362             | 275             | 138             | 0.9  | 2.7  | 1.4  | 3.9  | 75  | 86  | 90   | 49.4 |      |
|               | 交感神経反応上昇型 /                        | 628             | 678             | 515             | 0.8  | 2.1  | 2.2  | 4.9  | 60  | 68  | 67   | 57.0 |      |
|               | 交感神経反応上昇型 /                        | 474             | 401             | 94              | 0.8  | 3.3  | 3.1  | 4.2  | 64  | 75  | 79   | 59.5 |      |
|               | * 交感神経反応反転型 /                      | 261             | 273             | 130             | 4.4  | 4.2  | 4.3  | 6.0  | 72  | 76  | 76   | 32.7 |      |
|               | 健常型 /                              | 210             | 143             | 156             | 3.6  | 5.0  | 3.0  | 5.6  | 79  | 87  | 89   | 21.4 |      |
|               | 交感神経反応上昇型 /                        | 856             | 728             | 235             | 1.1  | 3.7  | 5.9  | 7.6  | 63  | 72  | 78   | 35.5 |      |
|               | MS 平均                              | 530             | 483             | 241             | 2.2  | 3.1  | 3.0  | 5.7  | 67  | 76  | 78   | 41.5 |      |
|               | MN                                 | 健常型 /           | 2046            | 1398            | 884  | 0.2  | 3.4  | 0.3  | 6.8 | 55  | 61   | 60   | 76.6 |
|               |                                    | 健常型 /           | 2190            | 760             | 757  | 0.2  | 3.8  | 0.5  | 6.1 | 49  | 56   | 58   | 66.0 |
| 健常型 /         |                                    | 1373            | 869             | 569             | 0.5  | 1.6  | 1.2  | 5.6  | 51  | 54  | 56   | 73.7 |      |
| 健常型 /         |                                    | 2138            | 976             | 803             | 0.4  | 2.6  | 1.8  | 6.0  | 48  | 55  | 52   | 33.5 |      |
| 交感神経反応過剰型 /   |                                    | 558             | 448             | 490             | 1.8  | 7.1  | 0.7  | 5.2  | 68  | 79  | 89   | 43.2 |      |
| 交感神経反応降下型 /   |                                    | 763             | 471             | 389             | 9.6  | 3.1  | 1.5  | 5.3  | 67  | 78  | 83   | 46.1 |      |
| 交感神経反応過剰型 /   |                                    | 505             | 449             | 270             | 0.7  | 11.5 | 2.0  | 4.4  | 63  | 71  | 75   | 50.7 |      |
| 交感神経切替力遅延型 /  |                                    | 687             | 609             | 298             | 3.9  | 4.1  | 3.3  | 8.2  | 64  | 71  | 72   | 28.5 |      |
| * 交感神経反応上昇型 / |                                    | 672             | 522             | 382             | 0.5  | 2.6  | 5.1  | 4.4  | 59  | 66  | 67   | 41.9 |      |
| 交感神経反応上昇型 /   |                                    | 863             | 1124            | 200             | 1.0  | 1.6  | 5.8  | 5.3  | 58  | 63  | 67   | 59.8 |      |
| MN 平均         | 1179                               | 763             | 504             | 1.9             | 4.1  | 2.2  | 5.7  | 58   | 65  | 68  | 52.0 |      |      |
| TI            | 健常型 /                              | 2693            | 1626            | 735             | 0.3  | 2.1  | 0.7  | 7.5  | 61  | 70  | 70   | 80.3 |      |
|               | 健常型 /                              | 909             | 722             | 635             | 1.1  | 3.6  | 1.0  | 6.4  | 66  | 72  | 73   | 56.2 |      |
|               | 健常型 /                              | 1267            | 655             | 356             | 0.6  | 2.4  | 1.0  | 6.4  | 65  | 78  | 80   | 67.2 |      |
|               | 交感神経反応上昇型 /                        | 1636            | 821             | 322             | 0.8  | 3.7  | 4.8  | 7.0  | 60  | 70  | 72   | 51.9 |      |
|               | TI 平均                              | 1626            | 956             | 512             | 0.7  | 2.9  | 1.9  | 6.8  | 63  | 73  | 74   | 63.9 |      |
| FM            | 交感神経反応過剰型 / 立位時自律神経活動低下型           | 613             | 454             | 45              | 0.7  | 9.8  | 3.1  | 4.0  | 62  | 73  | 73   | 43.4 |      |
|               | 交感神経反応過剰かつ上昇型 /                    | 1094            | 903             | 114             | 1.2  | 6.5  | 10.1 | 6.4  | 57  | 68  | 70   | 55.1 |      |
|               | 交感神経反応上昇型 /                        | 2141            | 1623            | 149             | 0.9  | 4.2  | 9.5  | 7.5  | 54  | 65  | 63   | 57.0 |      |
|               | 交感神経反応過剰型 /                        | 1255            | 460             | 126             | 0.8  | 6.7  | 1.2  | 5.9  | 61  | 71  | 73   | 60.0 |      |
|               | 交感神経反応過剰かつ上昇型 /                    | 722             | 829             | 129             | 0.9  | 7.9  | 6.4  | 4.4  | 54  | 66  | 67   | 62.2 |      |
|               | 交感神経反応過剰型 / 立位時自律神経活動低下型           | 484             | 621             | 69              | 0.4  | 7.2  | 2.1  | 3.5  | 60  | 68  | 70   | 67.6 |      |
|               | 交感神経反応過剰かつ上昇型 / 立位時自律神経活動低下型       | 545             | 190             | 41              | 2.6  | 11.0 | 6.2  | 6.0  | 70  | 78  | 78   | 28.7 |      |
|               | * 交感神経反応過剰型 /                      | 449             | 197             | 41              | 2.1  | 8.5  | 9.0  | 5.3  | 69  | 74  | 74   | 43.3 |      |
|               | 交感神経反応過剰かつ上昇型 /                    | 600             | 390             | 37              | 1.4  | 14.1 | 17.4 | 4.8  | 62  | 75  | 80   | 49.8 |      |
|               | FM 平均                              | 878             | 630             | 84              | 1.2  | 8.4  | 7.2  | 5.3  | 61  | 71  | 72   | 51.9 |      |

注) 各測定協力者の測定日時順に記載・\*印がレガッタ当日



注) 9回目(MN)と8回目(FM)がレガッタ前日の測定値

図2 ポート選手2名の繰り返し測定値・変動事例

### ③ R 群結果：

R 群は、[測定機器 2 : VSM-301<sup>®</sup>] を利用した測定であり、実験協力者の負担は極めて低い  
が、データの精度について筆者はまだまだ十分な確証を得るに至っていない。また協力者の主観  
的体調の申告は聞き取り調査のみで不十分なものであるが、“大学年代の一流長距離ランナーの  
データ”としては興味深く、貴重なデータとの認識で開示した。不十分ながら、選手の自己申  
告において、「体調不調」とされた測定日には、HF も低値であることは非常に興味深い (表  
3)。

### ④ 全群の副交感神経活動指標値について：

S 群, RH 群については、基本的には1回のみ測定値であり、アスリートの反復測定群との  
比較検証には慎重であるべきである。その上で、概況としては持久的要素を含む今回のアスリ  
ート群 (T・B・R 群) の直前 HF 値 (副交感神経活動を反映) は、一般学生の S 群, RH 群より  
高い傾向が顕著であった。持久系アスリートの安静時 HF 値については、共同研究者であった

表3 陸上長距離各選手 (R 群) の測定値 (VSM-301<sup>®</sup>使用)

| ID | 体調自己申告 | 平均 HR | 平均 HF | 平均 LF | 平均 LF/HF | 平均 CVRR | ccvTP | HFnu |
|----|--------|-------|-------|-------|----------|---------|-------|------|
| A  | ◎      | 55    | 1795  | 523   | 0.3      | 7.8     | 4.4   | 77.4 |
|    | ○      | 52    | 2235  | 1969  | 0.9      | 8.7     | 5.7   | 53.2 |
|    | ○      | 59    | 1190  | 1670  | 1.6      | 8.1     | 5.2   | 41.6 |
|    | ○      | 60    | 2318  | 4108  | 1.7      | 12.2    | 8.5   | 36.1 |
|    | ○      | 60    | 1327  | 2333  | 1.8      | 8.9     | 6.1   | 36.2 |
| 平均 |        | 57    | 1773  | 2121  | 1.3      | 9.1     | 6.0   | 48.9 |
| B  | ○      | 49    | 3810  | 5606  | 1.5      | 11.7    | 7.7   | 40.5 |
|    | ○      | 53    | 3309  | 7827  | 2.4      | 10.8    | 9.7   | 29.7 |
|    | △      | 59    | 1939  | 5141  | 4.2      | 10.8    | 8.2   | 27.4 |
| 平均 |        | 54    | 3019  | 6191  | 2.7      | 11.1    | 8.5   | 32.5 |
| C  | ○      | 50    | 1801  | 599   | 0.3      | 5.5     | 4.1   | 76.0 |
|    | ○      | 51    | 2152  | 2131  | 1.1      | 7.5     | 5.5   | 50.2 |
|    | △      | 56    | 1041  | 3291  | 3.7      | 10.8    | 5.8   | 24.0 |
|    | ○      | 54    | 782   | 803   | 1.1      | 5.5     | 3.5   | 49.3 |
|    | ○      | 55    | 1257  | 1088  | 0.8      | 8.1     | 4.3   | 53.6 |
|    | ×      | 59    | 363   | 2397  | 7.9      | 5.8     | 4.9   | 13.2 |
|    | △      | 50    | 648   | 627   | 1.4      | 6.8     | 2.8   | 50.8 |
|    | △      | 48    | 848   | 828   | 0.8      | 4.9     | 3.1   | 50.6 |
|    | ○      | 46    | 799   | 420   | 0.5      | 4.8     | 2.6   | 65.5 |
| 平均 |        | 52    | 1077  | 1354  | 2.0      | 6.6     | 4.1   | 48.0 |
| D  | 記載なし   | 55    | 1795  | 523   | 0.3      | 7.8     | 4.4   | 77.3 |
|    |        | 52    | 2235  | 1969  | 0.9      | 8.7     | 5.7   | 53.1 |
|    |        | 59    | 1190  | 1670  | 1.6      | 8.1     | 5.2   | 42.0 |
|    |        | 60    | 2318  | 4108  | 1.7      | 12.2    | 8.5   | 36.1 |
|    |        | 60    | 1327  | 2333  | 1.8      | 8.9     | 6.1   | 36.5 |
| 平均 |        | 57    | 1773  | 2121  | 1.3      | 9.1     | 6.0   | 81.0 |

注) 体調自己評価: ◎非常に良い ○良い △やや不調 ×不調

里見がかつてボートの日本代表選手の推移を検証した結果として、鍛錬期の週平均が $800\text{ms}^2$ 未満、世界選手権に向けた調整期には $900\text{ms}^2$ 以上であったと報告している<sup>21)</sup>。

対照的にRH群のHF値は、同機器を用いた高田客員研究員の社会人を対象とした測定事例: 「生活習慣病リスクのある社会人群の値」に近値する者も含まれており<sup>24)</sup>、健常学生のS群と比較しても優位に低値を示した ( $p < 0.05$ )。安静座位のCVRR (%) も、年齢とは逆相関することが知られており、年齢毎に基準値から大きく逸脱する場合には、疾患の可能性も排除できない。RH群の中には50代前後の基準値を示すものが含まれていた点は憂慮すべきであった。

前出の早野は<sup>6,7)</sup>、HRV測定における揺らぎの欠如は、明らかな病態がある場合に限らず、脳、自律神経、心臓いずれかのパートに問題があっても観察されると述べている。年齢に関係なく、心拍変動の極端な揺らぎの欠如や副交感神経指標の低下は、様々な心身の不調を示唆するものと考えられた。

## 4. 考 察

### (1) アスリート群間の比較

(表1)のB群T群の【HFnu】値は、ある程度競技レベルや競技種目特性を反映していると考えられ、個人間の比較ではその時々回復度などの目安になり得る値と思われた。この値は、先行研究で両角が示している箱根駅伝選手の評価にも採用されており、同氏は【HFnu】値が“50~70”の間で推移した選手の競技会での好成績と、“20~30台”であった選手の不調を強く示唆している<sup>18)</sup>。本研究のB群では重要試合と位置づけたレガッタ当日に近づくにつれ“40”を下回るケースも散見された(図2)。

参考値として、2007年度に筆者が〔測定機器4:RS800CX〕を利用し女子陸上競技部員(長距離ブロック)の夏季合宿中に行った早朝測定では、全期間を通した6選手の平均で“66”という値を得ており<sup>14)</sup>、〔測定機器5:ActiHR4〕でサッカー部員2名を対象に行った夜間の測定では、“30~50前後”の変動幅を観察している。持久的競技選手の心拍の特色については、徐脈などの迷走神経の亢進が知られているが、測定方法が異なっても各種目の種目特性が、副交感神経の標準化単位である【HFnu】には反映されたと考えられる。と同時に、繰り返し測定から得られた「個人の変動幅からの大幅な逸脱」は、何らかの変調の兆しとして捉えうべきと言えよう。

### (2) 測定機器の比較

現在の心拍変動時間領域の分析は、1960年代にホルター心電図の開発とともに始まり、周波数領域の分析は1970年代に入ってから導入されたという。実際に筆者等の研究班でも、当初はホルター心電図検査を必要とした学生達へのオールナイトでの測定からスタートし<sup>13)</sup>、デバイスやアプリの開発に伴い測定対象を広げ、より簡便な方法での測定を模索してきた。

医療機器としての信憑性が高い〔測定機器3:AC-301A〕を用いた測定では、最も確実な安静値として夜間睡眠中のHRVに着目し、一流長距離ランナーに特異的なHRVの分布パターンを報告することが出来た<sup>13)</sup>。しかし当時も睡眠中のレム睡眠・ノンレム睡眠のHRVへの影響を

考察に組みこむことは出来なかった。また、同機種の睡眠中の継続使用は、アスリートにとって重要なリカバリーの本命である睡眠中に、小型とはいえ特殊な装置を装着するという点で測定協力者への身体的・心理的負担度が大きく、簡便な測定とは言い難かった。測定機器自体の価格も高価であり、本機を用いた測定をトレーニングの場で活用するという意味では課題が多いと言える。

今回の資料で核となった設置型の医療機器である〔測定機器1：きりつ名人<sup>®</sup>〕でも正確なデータが得られるメリットは大きいですが、アスリートなどを対象とした測定では測定場所・時間の制限が非常に大きく、PCの操作なども煩わしいという難点があった。対照的に〔測定器4：Polar社製ウォッチ〕は初めて個人持ちでの測定を可能にしたが、ボタン操作の煩雑さが大きなネックになり、測定時に度々エラーが生じてしまった。より軽量で協力者の負担軽減につながると考えた末に辿りついた、ボタン型センサー〔測定器5：ActiHR4〕は、協力選手に過剰な負担を来すことなく実施することができたが、同機はその後国内での入手が困難となってしまった。さらに近年関連する見本市で見つけた〔測定器6：Check My Heart〕は、比較的廉価でかつ操作も簡単なため、ゼミ学生に貸し出したり、適当な場所に保管の上、データを収集してみるという点で重宝した。同機は台湾製で携帯型心電計として医療機器の認証を得ているが、研究データの情報を入手できておらず、現状その活用には慎重にならざるを得なかった。

また、近年は比較的廉価な測定用として、動脈に生じる拍動である「脈波」を捉えた計測機器も多く出回っているが、R-R間隔に充当する脈波間隔の計測精度等において、心拍数測定に劣るとされている<sup>4),7)</sup>。そして今日、文字通りウェアラブルなスマートウォッチ型のものでも、相応の精度での分析が可能となってきたので、今後はこれらの機器の活用や解析ソフトの充実が待たれる。短時間で継続的な測定が可能になったことで、勝俣は、これまでのアンケート形式による定性的な分析に変わり、HRVでの不安の見える化、健康管理の可能性についても言及している<sup>16)</sup>。

今までのように、研究者が測定するというよりは、コンディショニングの本来の意味に基づき、アスリート自身が操作、確認し、自分のコンディション把握に役立てるという図式が定着していくであろうし、それが望ましい形であるとも言えよう。

### (3) 心拍数 (HR) の評価

心拍数は、延髄の心臓血管中枢 (Medullary CV Centers) で発した交感神経及び迷走神経により、それぞれ興奮性および抑制性の信号を受けて決定される。心臓血管中枢には呼吸による肺の伸展や組織の酸素不足、血圧の変動と共に高次脳中枢から行動や情動・概日リズムなどが

影響を及ぼしていることが知られており、心拍数はそれらすべての結果を表象している。心拍数は触診ですら測定可能なことから、早朝起床直後の値と同様、長期間のコンディション推移を簡便にチェックするものとしては、変わらず一定価値があるものと考えている。心拍数自体は、HRVの様に自律神経機能を分離評価することはできないが、起床時のデータから前日までの身体負荷を把握する試みは広く行われており、今回の〔測定機器1：きりつ名人<sup>®</sup>〕の起立負荷を加えた心拍変化を経時的に記録するだけでも、競技パフォーマンスと関連付けて興味深い知見が得られるものと思う（図1参照）。

#### (4) 心拍変動による自律神経評価

起立負荷に伴う自律神経変化を捉えたきりつ名人<sup>®</sup>の測定法では、起立に伴い下肢及び体幹の容積静脈への血液の貯留が生じ、圧受容器が速やかに自律神経反射を促進させることで血圧を維持しようとする。この瞬時の自律神経反応と循環の変動を併せて評価することで、より正確、詳細な機能評価が可能となる<sup>6)</sup>。同機器においては、既に様々な症例での反応も報告されており、健常者においても体調変化がこの測定方法により明らかにされる可能性は高い。

今回、継続的にトレーニングを実施しているアスリートを対象としたT群とB群では、この変化パターンの内「交感神経反応上昇型」と「交感神経反応過剰型」を示すものが圧倒的多数であった。きりつ名人<sup>®</sup>を開発したクロスウェル社がccvL/H = 交感神経指標、ccvHF = 副交感神経指標として作図・提唱するこのモデルでは、“夜勤明け”や“お疲れモード”と称されているパターンに類似している点が興味深い。この結果をどのように捉えるべきかについては、まだ検討の余地がある。一方で、RH群中のオーバートレーニング症状のある協力者では、立位時の自律神経反応が不十分であったり、交感神経無反応を示すケースが度々観察された。起立時の交感神経系の過剰反応は、若年代では多数みられるとの報告や<sup>17)</sup>、横臥位から立位にした時の圧受容器反射による交感神経活動の高まりは加齢に伴い減弱する<sup>1),29)</sup>などの報告から、そもそも若く高い自律神経活動を維持している今回のアスリート群協力者に於いては、当然の上昇とも考えられる。

筆者はアスリート対象の測定を早朝や夜間に実施してきたが、日々トレーニングを行うアスリートにとって、運動・トレーニングの影響（交感神経亢進）が皆無という状況下の測定は实用性に欠ける側面があり、一般的な測定結果として評価するのではなく、一人ひとりの選手の異なる状況での変化を継続的に捉え、比較活用していくべきものと考えている。



### (5) アスリートへのデータ還元とデータ解釈

心拍間隔の揺らぎを分析対象とする HRV は、心理・社会的要因に起因する精神的ストレス及び運動に代表される身体的ストレスも加味された結果をみているため、影響する因子の多さ故に、その結果がストレートにアスリートの身体負荷度合いのみを反映するとは捉え難い。筆者はかつてサッカー日本代表の外国人監督が、合宿中にイタリア人研究者の助言に基づき早朝起床時の HRV から選手の練習負荷を評価し、練習中止を言い渡された選手の大反発を買ったという話を聞いたことがあるが、単発の測定で個人差の大きい自律神経活性を評価することの危うさを物語る事例と考えている。筆者も研究を始めた当初は、単純に過剰なトレーニングが続くと、副交感神経機能が持続的に低下し、十分な疲労回復が困難となりパフォーマンスに悪影響が出ると考えていた。実際、アスリートのオーバートレーニングでの応用事例を示唆した研究も存在するが<sup>18)</sup>、実はオーバートレーニング状況での測定は、倫理的な側面も含めてそう容易ではない。

アスリートへのデータの説明に際しては、個人差と要因の複雑さを考慮した上で、十分言葉使いに留意することが求められる。筆者は敢えてきりつ名人<sup>®</sup>測定後にデフォルトでプリントアウトされるコメント等は削除してデータを還元し、誤解が生じないように直接口頭での説明を心がけてきた。特に単回の測定では限界があることを十分理解してもらい、測定にありがちな「他者（他選手）」との比較や優劣が意味をなさないことを理解してもらう必要性が高いと考えている（参考資料 3：測定の説明）。

### (6) アスリート以外への適応の可能性

「HRV の起源は脳にあり、脳に影響するストレスや健康状態を反映する事から、脳と心臓の間の通信状況を傍受する手段と考えることもできる」と早野は述べている<sup>5),6)</sup>。また、[測定器 2：VSM-301<sup>®</sup>] の開発に携わった渡辺氏は、「疲労感」や「痛み」は「発熱」と並んで体が発する 3 大アラームだとして、特に精神的な負荷を反映する自律神経バランス評価に着目している<sup>27)</sup>。HRV による自律神経状態の把握は、アスリートのオーバートレーニング予防のファーストアラームたりうるといふ以上に、ストレス社会下での一般人への健康指標としての展開が、今日特に期待されているとも言えよう。本資料中の S 群、RH 群の心拍変動測定についてでも、単回の測定であるにもかかわらず、また授業期間での測定のため、事前の食事や運動の制限を厳格にはできていなかったにもかかわらず、当初想定した以上に彼等の生活活力が見える化する役割を果たし得たと感じている。アスリートの場合同様、データの説明には慎重にならざるを得なかったが、身体情報の可視化例として数値で示すことにより、多くの事例で生活状況の

改善を促すきっかけにはなり得たと思う。

## 結 語

運動部員を中心とした大学生を対象とし、安静時の心拍変動測定を行い、自律神経活動の評価を行った。測定の試行錯誤を経て、大学生年代へのHRV活用として、以下の結論を得た。

- ・安静時の「副交感神経機能の低下」は、大学年代のアスリートの心身の負荷が蓄積していることを生理的に暗示すると考えられる。
- ・心身に何らかの健康問題を有している場合には、20歳前後の若い学生の場合でも定常的に副交感神経機能が低値を示すことが多い。
- ・アスリートへの適応という点では、継続的な測定により、個人差を考慮した評価をすることで、実用性を高めることが可能である。
- ・長期間の反復測定時には、測定環境の整備や統一が重要である。アスリートについては、就寝前や起床直後の測定となるのが殆どであるが、練習時間や食事時間との調整を予め組み込むことが必要である。
- ・アスリートのオーバートレーニングの予防指標として利用する際には、練習量を客観的・個別的に把握しうる「個人種目」や、練習量のある程度「数値化」して捉えうる種目に於いて、今後その実証性・実現性を高められると思われる。

本資料では、測定環境の整備・統一という点で課題を残し、研究としてはまとめるに至らなかった大学生年代のHRVデータについて論述した。交感神経活動が亢進するトレーニングや身体活動では、体力増進・健康増進といったプラスの側面が強調されるが、活動後の超回復、すなわち適正な休息があつてこそ、その効能が期待出来ることを忘れてはならない。より良い生活、より高いパフォーマンスのために、運動・競技の場以外においても科学の視点を組み込んでいく必要性を強く感じている。

適正な休息・回復機能のバイオマーカーとして、副交感神経系の働きは大いに注視されるべきであると考え。心拍変動による自律神経評価は、今後パーソナルな分析も可能になると期待されることから、これらの知見がパーソナルデータの妥当な解釈にも生かされることを期待する。

## 付記

- ・資料中の測定は、中央大学保健体育研究所倫理委員会の承認を得たものである（承認番号2017-2/2015-

5/2014-7).

- ・本資料で報告した内容の一部は、2019年度第70回日本体育学会・領域横断セッション (大学生) にてポスター発表したものである。

#### 謝辞

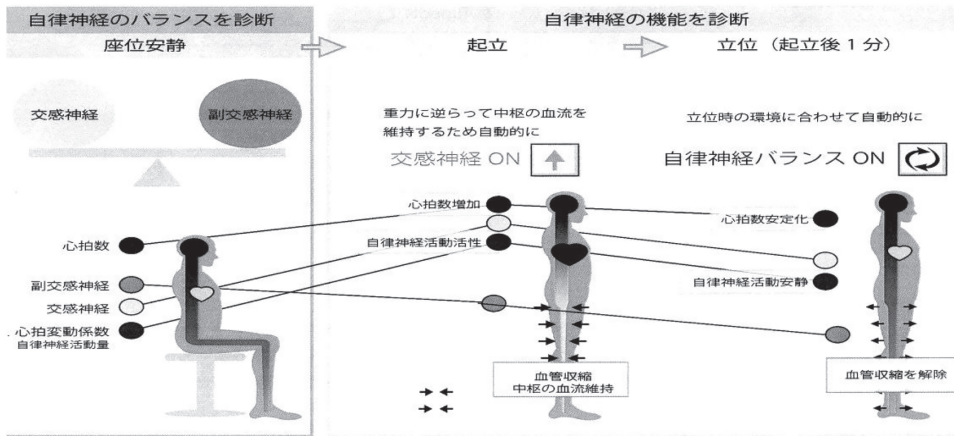
本資料の考察に際しては、旧客員研究員の里見潤元立命館大学教授、並びに客員研究員の高田康光医師から個人的に提供を受けた測定結果も参考にさせて頂いた。またR群の測定は、当時のFLP加納ゼミ生で、陸上部長距離ブロックのマネージャーであった小泉遥氏の協力を得て実施し、成果の一部を当該年度のFLP期末報告会にて同氏が発表した。ここに各位に改めて謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 有田幹雄 (2020/2/1日付第4回臨床自律神経Forum 講演) 心拍変動解析起立負荷試験 基準値としての可能性.
- 2) Gamelin F.X., Berthoin S., Bosquet L. (2006) Validity of the Polar S810 Heart Rate Monitor to Measure RR Intervals at Rest. *Med Sci Sports Exerc.*, 38: 887-893.
- 3) Garde AH, Hansen AM, Jensen MA, Kristiansen J and Nabe-Nielsen K (2022) Heart rate variability during sleep after two, four and seven consecutive nights shifts and recovery days: a cross-over intervention study. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. Aug 2: 1-9.
- 4) 後藤幸生 (2011) 体内1/f ゆらぎ様現象検出 心身自律神経バランス学. 真興交易 (株) 医書出版部, p. 17, pp. 47-57.
- 5) 早野順一郎 (2005) ストレスと自律神経. *体育の科学*55 No.5 : 374-379.
- 6) 早野順一郎 (2016/11/27付第1回臨床自律神経Forum 講演) 心拍変動の歴史・今後の可能性.
- 7) 早野順一郎 (2021/03/30付オンライン講習会・株クロスウェル社主催) HRVによる自律神経評価の落とし穴.
- 8) 林博史編 (1999) 心拍変動の臨床応用—生理学的意義, 病態評価, 予後予測—. 医学書院, pp. 1-35, pp. 119-135.
- 9) Hottenrott Kuno (2002) Grundlagen zur Herzfrequenzvariabilitaet und Anwendungsmoeglichkeiten im Sport. *Schriften der Deutschen Vereinigung fuer Sportwissenschaft (Band129)*. Czwalina Verlag, pp.9-26.
- 10) 飯塚太郎・大岩奈青・舛田圭太 (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*, Vol.35 : 53-60.
- 11) 加納樹里 (2003) 心拍変動によるアスリートのコンディション評価の可能性について. *中央大学保健体育研究所紀要*, 第21号 : 55-65.
- 12) 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.
- 13) 加納樹里・佐藤清貴・阿部記子・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*, 第25号 : 1-11.
- 14) 加納樹里・里見潤・坂本剛健 (2009) 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*, 第27号 : 49-63.
- 15) 加納樹里・里見潤・山田クリス孝介 (2013) 大学生の睡眠時心拍変動—直近の運動量および運動

- 習慣の有無が及ぼす影響—。中央大学保健体育研究所紀要, 第31号: 45-51.
- 16) 勝保良紀 (2022/11/19付第6回臨床自律神経Forum) 心拍変動解析での不安の見える化・スマートウォッチを活用した健康管理の可能性.
  - 17) 木村穰・玉ノ井厚子 (2018/11/17 第3回臨床自律神経Forum) 起立負荷時の自律神経評価の臨床応用—肥満からアスリート評価まで—.
  - 18) 両角速・山下泰裕・寺尾保 (2014) 箱根駅伝選手における自律神経活動と競技成績に関する実践的研究. Tokai J.Sports Med. Sci. No.26: 53-58.
  - 19) 村上昌志・坂本隆・加藤俊一 (2017) 背景音楽のテンポが心理負担作業後の休息に与える効果: 生理的指標の評価. 第19回日本感性工学会大会.
  - 20) 永井成美・森谷敏夫 (2008) 運動と自律神経活動の可逆性. トレーニング科学最新エビデンス. 講談社サイエンティフィック, pp.88-95.
  - 21) 里見潤 (研究代表者)・加納樹里 (研究分担者) (2008) 心拍変動のスポーツ活動のための有効利用. 科学研究補助金 (基盤研究C) 研究成果報告書.
  - 22) 清水和弘・赤間高雄・河野一郎 (2011) スポーツ医科学領域におけるコンディショニング. 臨床スポーツ医学, Vol.28: 2-10.
  - 23) 杉田正明・西井克昌 (2012) ロンドンオリンピックに向けたコンディショニングサポート—脈波センサーを用いた睡眠時の自律神経から—. 第25回トレーニング科学研究会ポスター発表.
  - 24) 高田康光 (2014) メタボリック症候群と自律神経機能. 松仁会医学誌, 53 (2): 104-109.
  - 25) トレーニング科学研究会編 (1995) コンディショニングの科学. 朝倉書店, pp.1-28.
  - 26) Thiago R.Goncalves, Paulo de TarsoVeras Farinatti, Jonas L.Gurgel, and Pedro P.da Silva Soares (2015) Correlation between Cardiac Autonomic Modulation in Response to Orthostatic Stress and Indicators of Quality of Life, Physical Capacity, and Physical Activity in Healthy Individuals. JOURNAL OF STRENGTH AND CONDITIONING RESEARCH, VOL.29, Nr.5: 1415-1421.
  - 27) 渡辺恭良 (2016) インタビュー記事: ここまで分かった「疲労」のメカニズム/あなたの疲労が測れます, 自律神経を3段階で評価. 週刊ダイヤモンド特集: 疲労の正体, 11/12.
  - 28) 山田クリス孝介・加納樹里 (2012) 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.
  - 29) 山本郁子編 (2015) やさしい自律神経生理学. 中外医学社, pp.80-86/pp.97-99.
  - 30) 山本利春編 (2011) コンディショニング技術ガイド (心拍数・心拍変動). 臨床スポーツ医学2011年臨時増刊号 (28巻), pp.166-171.

【参考資料2】きりつ名人<sup>®</sup>による安静座位⇨起立⇨立位維持時の自律神経反応分類



| 機能評価                     | CVRR                  |           | L/H       |                      | パターン              |               |
|--------------------------|-----------------------|-----------|-----------|----------------------|-------------------|---------------|
|                          | ● ○ ○                 | 年齢基準以下    | ○ ○ ○     | 起立 $\Delta$ L/H 0以下  |                   |               |
| 安静<br>↓<br>起立<br>↓<br>立位 | ● ● ○                 | 反応力 0.1以下 | ○ ○ ○     | 起立 $\Delta$ L/H 0以下  | 起立時自律神経低下型(交感神経)  |               |
|                          | ○ ○ ●                 | 年齢基準以下    | ○ ○ ○     | 起立 $\Delta$ L/H 0以上  | 起立時自律神経低下型(副交感神経) |               |
|                          | ● ● ○                 | 反応力 0.1~  | ▽ → ▽ → ▽ | 安静 立位 起立時 L/H2 以下    | 交感神経無反応型          |               |
|                          |                       |           | △ → △ → △ | 安静 立位 起立時 L/H10以上    | 交感神経高留型           |               |
|                          |                       |           | ○ ○ ○     | 起立 $\Delta$ L/H0未満   | 0以下               | 交感神経反応反転型     |
|                          |                       |           | ○ ○ ○     | 起立 $\Delta$ L/H0未満   | 0以上               | 交感神経反応降下型     |
|                          |                       |           | ○ ○ ○     | 起立 $\Delta$ L/H0~0.5 | 0以下               | 交感神経切替力遅延型    |
|                          |                       |           | ○ ○ ○     | 起立 $\Delta$ L/H0~0.5 | 0以上               | 交感神経切替力低下型    |
|                          |                       |           | ○ ○ ○     | 起立 $\Delta$ L/H5~    | 0以下               | 交感神経反応過剰かつ上昇型 |
|                          |                       |           | ○ ○ ○     | 起立 $\Delta$ L/H5~    | 0以上               | 交感神経反応過剰型     |
| ○ ○ ○                    | 起立 $\Delta$ L/H 0.5~5 | 0以下       | 交感神経反応上昇型 |                      |                   |               |
| ○ ○ ○                    | 起立 $\Delta$ L/H 0.5~5 | 0以上       | 健常型       |                      |                   |               |

注) 標準パターン (上図: ccvL/H = 交感神経指標, ccvHF = 副交感神経指標として作図) とパターン分類 (下図)

出典: (株) クロスウェルきりつ名人<sup>®</sup> 自律神経機能検査サポートより引用



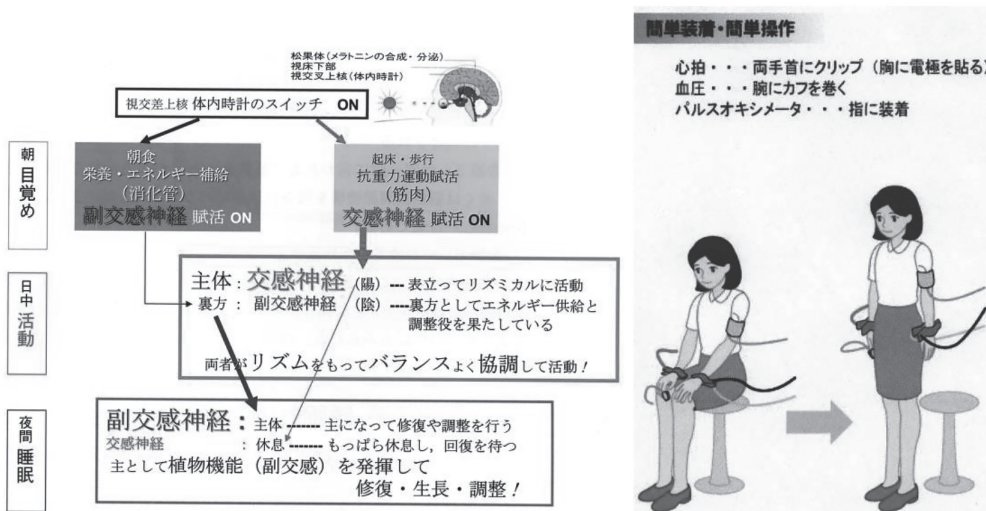
### 【参考資料3】測定についての説明書（B群測定用）

自律神経は、ヒトが環境に適応して生きて行くために重要な働きをしています。

トレーニングをしている時には、アドレナリンが分泌され、交感神経が働いて血圧や心拍をあげて、エネルギーの発生を活発にしますが、入浴後や睡眠中など、リラックスした時には副交感神経が優位に働くことにより、消耗した身体を回復に導きます（下図参照）。

しかし、過剰なトレーニングや試合のストレスなどにより、この切り替えが上手くいかなかったり、心身に過剰負担がかかり続けると、この回復機能がうまく働かなくなります。

この測定は、主にこの副交感神経の働きを、睡眠前の安静時にチェックしつづけることにより、オーバートレーニングを予防し、適切なトレーニング負荷の客観的な目安を得ることを目的としています（電極の装着場所は、右手首と左足首になる場合もあります）。



左図：「心身自律神経バランス学」p.17<sup>4)</sup> 右図：(株)クロスウェルきりつ名人<sup>®</sup>案内より引用

●この測定で得られる自律神経の数値は、お一人お一人大きく異なり、個人の中でも変動します。数値の大小が、選手としての能力を示す物差しには「全くなりません」ので、その点を誤解されないで下さい。

●このように、測定そのものはいたって単純ですが、その解析は実は非常に複雑です。

まだよくわからないこともあります。詳しく知りたい方はいつでも聞いて下さい。

※すぐにデータを見たい方は、毎回の測定終了後 **PC操作方法** → **帳票印刷**（プリンターはHP選択）  
→ **起立名人パターンにチェックを入れる** → **印刷**

にて、ご自身の安静時の心拍数等の基本的なデータは印刷されますので、活用して下さい。

（文責：測定責任者 加納樹里）