

心拍数・GPS の長期記録による トレーニングに関する考察

松 原 悟・高 橋 信 二

I. はじめに

運動・スポーツに取り組むケースとしては、競技志向、生活習慣病の予防、医療保険や社会保障の問題、加齢による衰え、活力ある生活の維持等々など多様な目的がある。運動・スポーツを定期的に行った方が良いことは事実である。運動・スポーツを行う際に重要なのは、それぞれの目的を達成させるために、最適なトレーニングを計画し実践することである。運動・スポーツ中の突然死、過度なトレーニングから生じるスポーツ障害、心筋梗塞、脳溢血等のリスクは避けなければならない。また、同一人物でも、加齢、体調、ストレスが原因で同じ負荷でも場合によっては不適切な負荷となるケースもある。競技志向、健康志向と運動する目的が多様化し、個人差もあるなかで適切なトレーニングを提供することは重要な課題である。安全に効率よく運動・スポーツに取り組むためには心拍数を目安としてトレーニングを行うことが推奨されている。

サッカーにおける試合中の心拍数は間欠的な変動を示し、前半は平均 171 拍/min、後半は平均 168 拍/min、90 分間を通して 140~150 拍/min を下回る強度でプレーが行われることがほとんどないことが知られている。より高強度のパフォーマンスを発揮するには、① スプリント能力の向上 ② 高強度ランニングの持続性を高めるトレーニング ③ 有酸素能力の向上が必要であり、特に②③において心拍数に着目したトレーニングを行うことは有効である。それぞれの競技の特徴を把握した上で適切な負荷を選手に求めていくことは必要である。また、疲労回復に最大心拍数の 65~70% の強度設定での軽いランニングを行うチームも多い。1995 年のワールドカップアメリカ大会でのブラジルは仕上がりの不揃いな選手をトップコンディションにもっていくために選手個人に適切なコンディショントレーニングを行い優勝することができた。通常ワールドカップは 6 月に開催されるが、代表選手は各所属チームの状況に応じてコンディションに差があらわれる。所属チームの中心選手として優勝争いをしている選手、中心選手ではあるがストレスのかかる優勝争いを行っていない選手、

戦力外となっている選手など、代表選手が集合し同じ負荷でトレーニングを行ってもコンディションに個人差が生じ、チーム全体のパフォーマンスを低下させてしまう。ワールドカップアメリカ大会でのブラジルチーム指導者は、心拍数をコントロールすることで各選手に適切な負荷を与え、個々のコンディションを調整することによってチーム全体のコンディションを整えたことが勝因とされている。

健康志向としてウォーキングに取り組む中高年は多い。ウォーキングは、① 脂肪を燃焼させる ② 心肺機能を高める ③ 骨を強くする ④ 筋力低下を防ぐ ⑤ ストレス解消 ⑥ 生活習慣病の予防を目的とし、かつ手軽にできるスポーツとして多くの人が楽しんでいる。しかし、運動することでの心拍数増が、心臓や血管への負担を招き運動中の事故（心筋梗塞、狭心症）を引き起こす場合がある。最高心拍数の目安は個人差はあるものの一般的に「 $220 - \text{年齢}$ 」といわれ、ウォーキングの強度は50%が良いとされている。「安静時心拍数 + (最高心拍数 - 安静時心拍数) \times 50%」がウォーキングにおいて設定される心拍数となる。また、脂肪燃焼にはウォーキングの心拍数が最も良いとされ、心拍数の上昇 = 脂肪の燃焼とはならない。球技における強度は70%が目安とされている。いずれも手軽に取り組むことが可能であるが、スピード、距離、時間、休息など注意する観点は多々あるにもかかわらず根拠のない設定で行われているケースが見られる。その結果体調が悪い、ストレスがある場合に通常と同様のトレーニングを実施しトラブルを引き起こすケースもある。

1982年にPOLAR社が初めてのワイヤレス心拍計を発表した。その後の30年間で腕時計型ワイヤレス心拍計は、飛躍的な進歩を遂げ、自律調節による心拍の変化（睡眠不足やトレーニングの疲労、時差ぼけ、病気など）まで感知し、その時々々の体の状態に合わせた強度で運動するよう自動的にガイドをすることも可能である。心拍数データの蓄積や運動生理学の進歩により、コーチや一流アスリート向けのトレーニングでは、リカバリー、パフォーマンス、テクニク、環境測定（スピード、距離、リズム、標高）といったデータも利用可能で、分析を行えるPC用ソフトも用意されている。トップアスリートから健康志向の運動・スポーツ実施者まで広く活用されている。また、金額も比較的安価で利用できることなどからプロチームやトップアスリートだけでなく、一般のスポーツ愛好者、地域スポーツクラブ、部活動など今後益々需要は広がるであろう。

プロチームやトップアスリート育成においては運動生理学を熟知した指導者やトレーナーなどが整備されており、心拍計を用いた適度な運動負荷が設定可能であるが、一般のスポーツ愛好者、地域スポーツクラブ、部活動などでは整備されていないのが現状である。そのため、トレーニング設定や個人対応には限界がありトラブルを招くことも多い。このような現状からも心拍計を用いたトレーニングの活用は今後益々需要が増え一般化されるであろう。

運動・スポーツ欲求のある対象者に適切な強度のトレーニング負荷を設定し継続的にサポートする環境を整えることは、対象者の満足度を高めるとともに提供者としてのスポーツ関係者の信頼を高めることも可能となる。心拍計を用いたトレーニングの普及・一般化は重要な課題といえよう。

そこで、本研究では、GPS機能付き腕時計型心拍計を用いて長期間のトレーニングを行い、トレーニングの時間、平均心拍数、最高心拍数、心拍数、消費カロリー、移動距離、平均ペース、負荷、強度の推移を計測し、心拍計を用いたトレーニングに関する基礎的資料を得ることを目的として行った。

II. 方法

腕時計型心拍計（POLAR社製RCX5™）及びGPSセンサー（POLAR社製POLAR G5 GPS SENSOR）を用いて、対象男性1名（54歳 165 cm 79.9 kg 運動目的は健康志向）について2012年5月から2013年3月の11か月間177回のトレーニング（ランニング）計測を行った。トレーニングに際して第Ⅰ期は第1回から141回までの44分前後で行われ、第Ⅱ期は141回から177回までの60分前後で行われた。

トレーニングは、ウォーミングアップ、ランニング、腹筋、腕立て伏せ、クールダウンの内容で、写真1に示すフランス トゥールーズ プリエヌヌ運河沿いのランニングコースで行った。トレーニング継続中は、月曜から土曜まで実施し、日曜日は休息とした。継続できずに間隔が空いた期間は、29日間1回、17日間1回、10日間2回、9日間1回、7日間1回、



写真1. プリエヌヌ運河

5 日間 1 回であった。

各月のトレーニング回数は表 1 のとおりである。

表 1. トレーニング回数

年	2012											2013			合計
月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月				
回数	7	1	24	17	21	11	18	23	23	15	17	177			

III. 結果

1. トレーニング時間の推移

トレーニング時間の推移は図 1 に示す通りである。第 I 期の平均は 44 分 06 秒±1 分 6 秒、第 II 期の平均は 63 分 14 秒±2 分 21 秒であった。

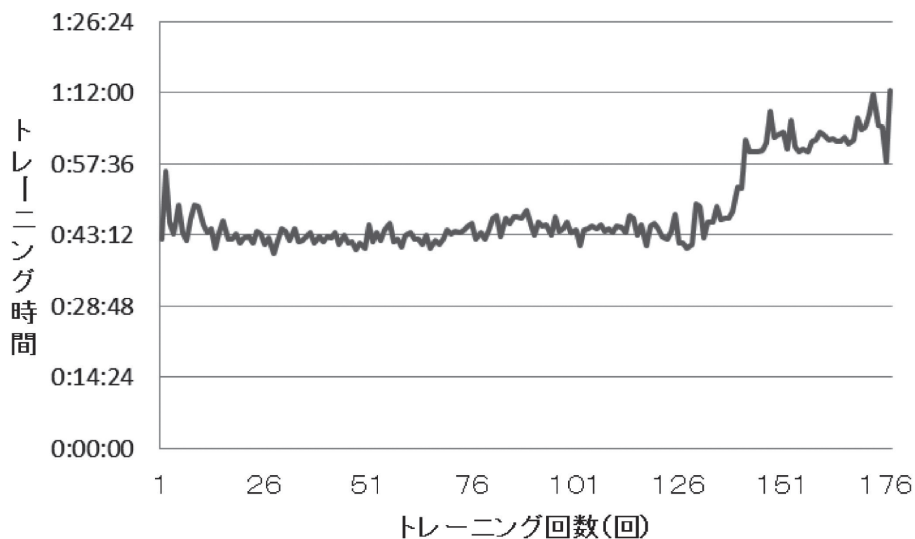


図 1. トレーニング時間の推移

2. 平均心拍数の推移

平均心拍数の推移は図 2 に示す通りである。最大で 129 bpm 最小で 108 bpm であった。第 I 期の平均は 118.5±3.28 bpm, 第 II 期の平均は 120.7±2.74 bpm であった。

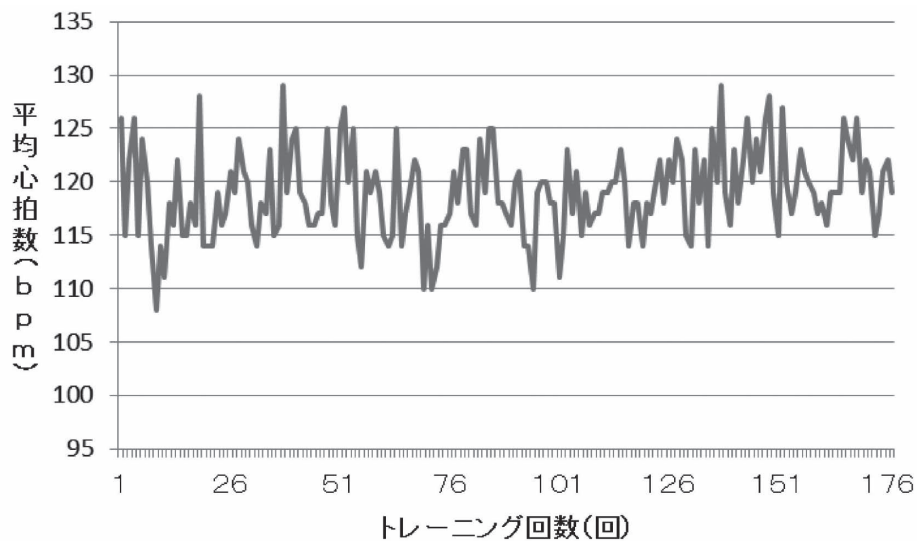


図2. 平均心拍数の推移

3. 最高心拍数の推移

最高心拍数の推移は図3に示す通りである。最大で170 bpm 最小で129 bpmであった。第I期の平均は 149.5 ± 7.50 bpm, 第II期の平均は 146.6 ± 6.83 bpmであった。

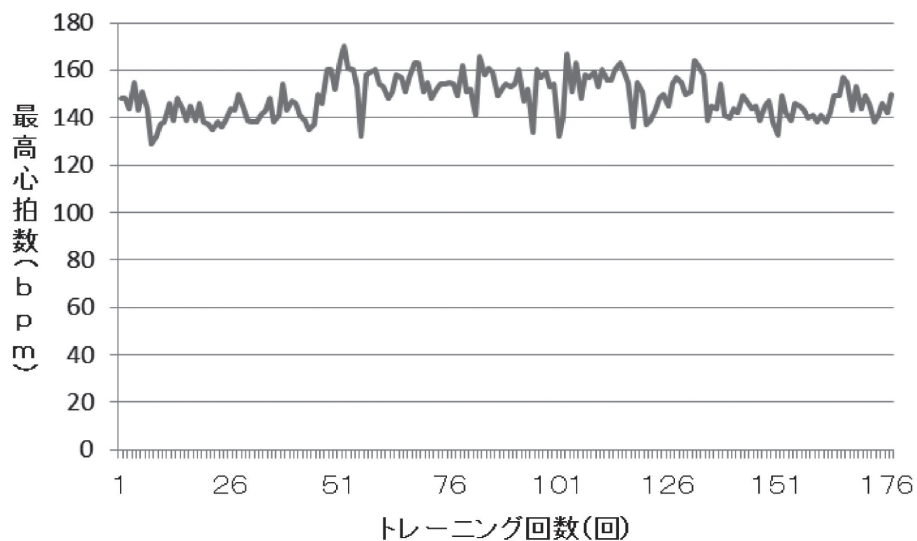


図3. 最高心拍数の推移

4. 消費カロリーの推移

消費カロリーの推移は図 4 に示す通りである。最大で 611 kcal 最小で 265 kcal であった。第 I 期の平均は 333.8 ± 25.89 kcal, 第 II 期の平均は 478.0 ± 33.89 kcal であった。

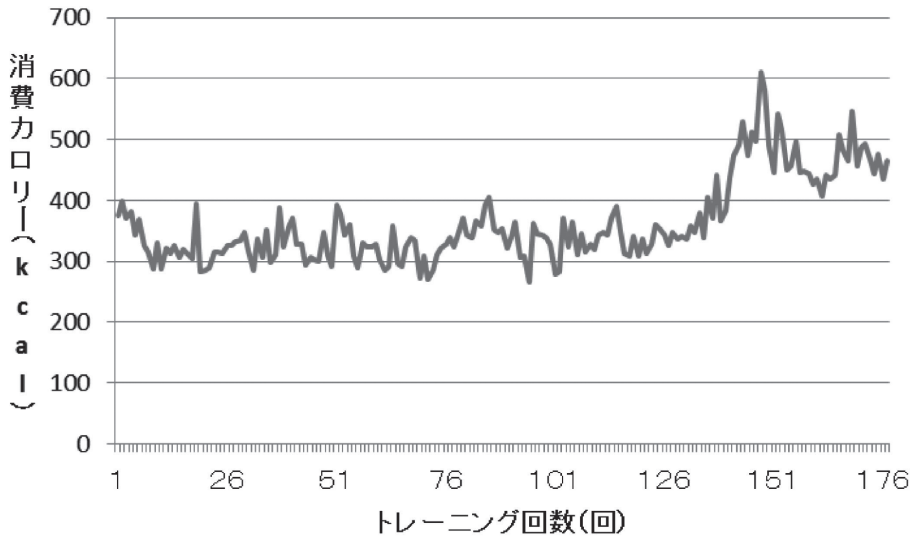


図 4. 消費カロリーの推移

5. 移動距離の推移

移動距離の推移は図 5 に示す通りである。最大で 6.63 km 最小で 3.73 km であった。第 I 期の平均は 4.48 ± 0.18 km, 第 II 期の平均は 6.23 ± 0.13 km であった。

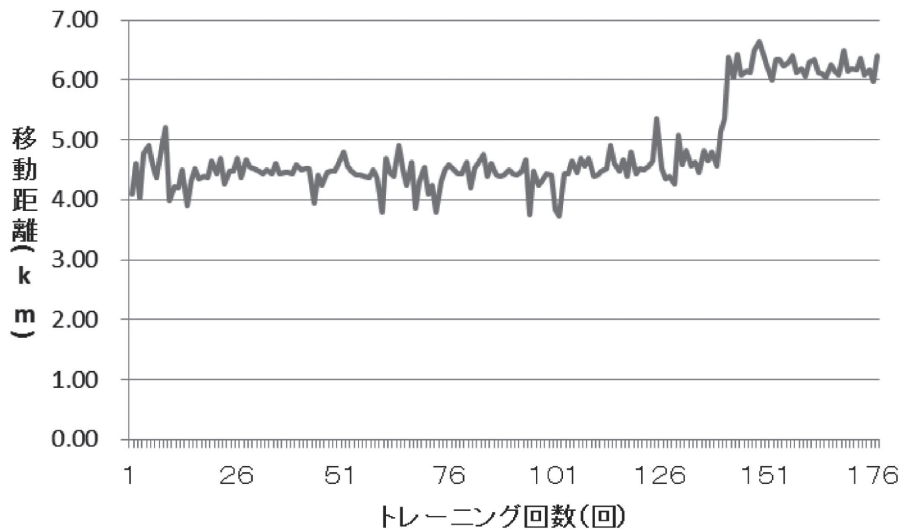


図 5. 移動距離の推移

6. 平均ペースの推移

平均ペースの推移は図6に示す通りである。最も早いペースが8.27 min/km, 最も遅いペースが12.14 min/kmであった。第I期の平均は 9.66 ± 0.53 min/km, 第II期の平均は 9.97 ± 0.38 min/kmであった。

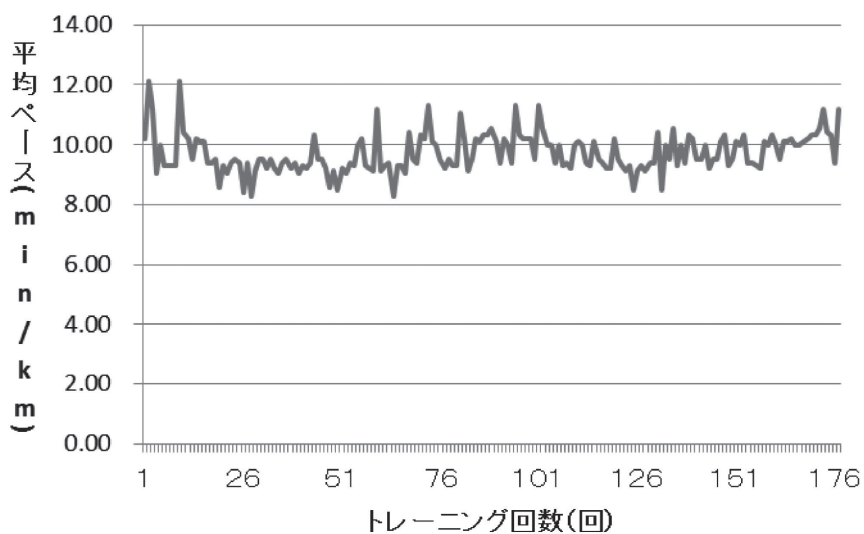


図6. 平均ペース (min/km) の推移

7. トレーニング負荷指数の推移

トレーニング負荷指数の推移は図7に示す通りである。最大値が109 最小値41であった。第I期の平均は 56.89 ± 5.96 , 第II期の平均は 87.36 ± 6.89 であった。トレーニング負荷指数はPOLAR社独自の計算方法にて算出された指数で次のトレーニングを行う場合の回復に関する指標である。

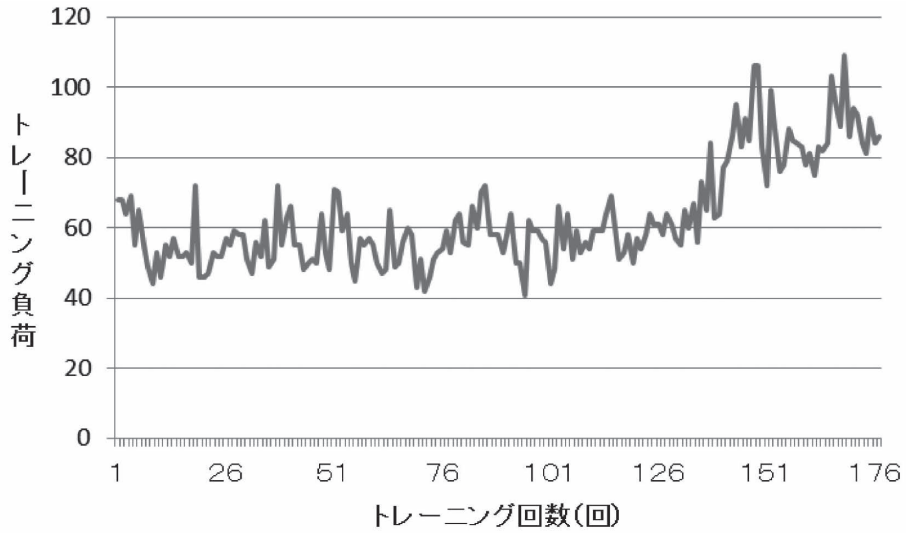


図7. トレーニング負荷指数の推移

8. 月別運動強度割合の推移

月別の運動強度割合は図8に示す通りである。運動強度は最大心拍数に対する割合を示し、強度1は50（非常に軽い）％、強度2は60（軽い）％、強度3は70（普通）％、強度4は80（きつい）％、強度5（最大）は90％である。

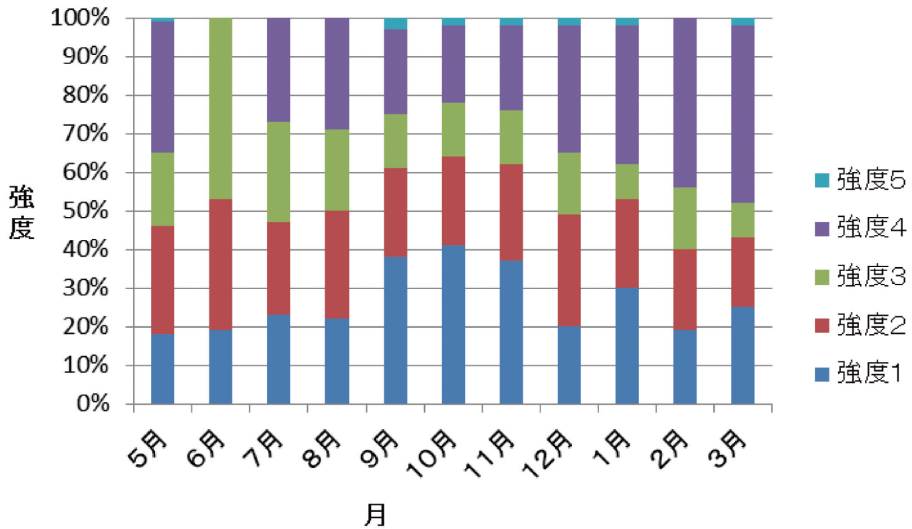


図8. 月別運動強度割合

IV. 考察

被験者 54 歳の最大心拍数は 166 bpm (220 - 年齢) と推定され、負荷 90% で 149 bpm, 80% 132 bpm, 70% 116 bpm, 60% 99 bpm, 50% 83 bpm が心拍数を基にした運動強度の目安となる。2012 年 5 月から 2013 年 3 月まで行われた継続的なトレーニングの推移に関しては以下のようなことが考えられる。尚、被験者は継続的なトレーニングの結果体重 9.9 kg の減少、腹囲 9.8 cm 減少となり健康志向の目的は達成されたと考えられる。

トレーニングは、第 I 期 141 回平均 44 分 06 秒 \pm 1 分 6 秒、第 II 期 36 回 63 分 14 秒 \pm 2 分 21 秒の 2 段階にわけて実施され、トレーニング時間が十分管理された状態で維持できることが判明した。平均心拍数においては、第 I 期平均 118.5 \pm 3.28 bpm、第 II 期平均 120.7 \pm 2.74 bpm と I 期から II 期へのトレーニング時間増が行われても平均心拍数が運動強度 70% 程度でコントロールされていた。最大心拍数は第 I 期平均 149.5 \pm 7.50 bpm、第 II 期平均 146.6 \pm 6.83 bpm であり変動幅は大きいものの平均では運動強度 90% 以下で維持されていた。消費カロリーについては第 I 期平均 333.8 \pm 25.89 kcal、第 II 期平均 478.0 \pm 33.89 kcal で運動時間平均 19 分 09 秒増が消費カロリー平均 144.2 kcal 増となった。移動距離については第 I 期平均 4.48 \pm 0.18 km、第 II 期平均 6.23 \pm 0.13 km で運動時間増が平均で 1.75 km の増となった。平均ペースは第 I 期平均 9.66 \pm 0.53 min/km、第 II 期平均 9.97 \pm 0.38 min/km であり運動時間増においてもペースが維持されていた。トレーニング負荷指数は POLAR 社の PC サポートにより独自に算出されるもので疲労度の指数として活用されトレーニングにおける負荷を指数で表したものである。第 I 期平均 56.89 \pm 5.96、第 II 期平均 87.36 \pm 6.89 で運動時間増がトレーニング負荷増の値を示した。月別の運動強度では強度 5 がほとんど示すことがなく強度 1~強度 4 の間で無理なく運動していることを示している。

POLAR 社の PC サポートは心拍計からのデータの読み取りが USB 使用でおこなわれるために簡単に入力が可能である。また、距離、トレーニング時間、消費カロリー、平均心拍数、最高心拍数、最低心拍数、ランニング指数、平均ペース、最速ペース、消費カロリーの中の脂肪燃焼率、トレーニングロード (トレーニング負荷) をデータとして保存でき、グラフ化によって視覚的にもトレーニングをとらえやすい環境である。GPS 機能を付加した場合にはトレーニングを行ったマップ、軌跡、各地点ピンポイントでのデータ表示など、非常にわかりやすい PC サポートが行われている。長期にわたるトレーニングについてもデータを保存することが可能でトレーニングの管理も容易である。

競技志向の運動・スポーツ実践者において、効率よくトレーニングを行うことやコンディションの維持は重要な課題である。トップアスリートは専門家に委ねるとしても、次代を担

う選手の育成は肝要である。しかしながら、少年団、スポーツクラブ、中学・高校・大学部活動においては十分な運動生理学的サポートはなされていないのが現状である。体力の個人差、体調の個人差に関係なく日々同じメニューが提供され消化されている。このような状況は平均的な選手を育成することはできても、能力ある選手をさらに向上させることや、低い選手を引き上げて全体のレベルアップをはかることを阻んでいる。結果的に能力の低い選手は競技から離れ、同様に将来性のある選手も競技から離れてしまう状況を作り出している。個々に合わせた適度なトレーニングが提供されていないことが原因である。解決策としては専門的な指導者の育成が必要であるが、スポーツで生計を立てる環境が整っていない日本のスポーツ社会では非常に難しい問題である。スポーツと関わっていきいたいという若者は多いがスポーツで自立できる場所はプロスポーツなど限られている。また、部員数が少なくチームを構成できない少年団・部活動と100人以上を超える部員を抱えて試合出場すらできない部員の存在する少年団・部活動など、学校体育・社会体育においても格差が広がっている。スポーツの価値がそれぞれに設定された目的を獲得する喜びであるならば、適切なトレーニングをより多くの選手に提供できる環境を作る必要がある。指導者増は社会的保障・社会制度との関わりも深くすぐには解決できない問題である。補っていくにはどのような解決策が他に考えられるかということを中心計活用トレーニングは示唆している。

指導者という人的資源が確保できなければ心拍計などのサポートを活用することも検討すべきである。

少子高齢化、年金などを含む社会制度の変容、日常生活の変容による運動不足、生活習慣病等々の問題から、健康のために運動・スポーツを行った方が良いとの問題提起がされてからすでに数十年が経過している。問題提起されても解決されていないのが現状である。特にスポーツクラブ・施設の充実した欧米のような環境が整えられたかという点と否である。そのため多くの中高年が取り組むのがジョギング、ウォーキングなどである。これは日本のスポーツ環境が非常に貧しいことを示していることでもある。各個人が健康の維持というよりは自分自身を守るために運動・スポーツの必要性を感じ、各個人が根拠もなくスポーツプログラムを考え実施している。スポーツ授業においても学校における体育施設は欧米に勝っているものの、その資源を積極的に一般地域住民に提供されることはない。欧州のようにスポーツ授業は各自自治体のスポーツ施設で行われ、専門の資格を持った指導者が担当するという環境でもない。スポーツ環境が著しく変化することは経済状況から考えても現在は期待できない。このような環境のなかで健康志向実践者をサポートしていくためには心拍計を用いたトレーニングの提供も必要であろう。

スポーツトレーニングを提供するうえでは、個人差、個々の体調を考慮した負荷設定、安

全への配慮が必要であり、運動・スポーツの志向によってその目的を達成するようプログラムする必要がある。提供の誤りは重大な過失であり最悪は死を招くことすらある。安易に提供することなく、また個人がスポーツをする喜び、獲得する喜びを得るためにも今後心拍計を用いたトレーニングの普及は必要であろう。

V. まとめ

GPS機能付き腕時計型心拍計を用いて長期間のトレーニングを行い、トレーニングの時間、平均心拍数、最高心拍数、心拍数、消費カロリー、移動距離、平均ペース、負荷、強度の推移を計測し、心拍計を用いたトレーニングに関する基礎的資料を得ることを目的として行った本研究をまとめると以下のとおりである。

- ・GPS機能付き腕時計型心拍計を用いたトレーニングでは、トレーニング管理が簡便に行うことが可能である。
- ・継続的にトレーニングを記録することはトレーニング時間増による運動強度が増大しても最大心拍数、平均心拍数、平均ペースなどをコントロールすることが可能である。
- ・PCサポートを受けることで視覚的にもトレーニングを確認できる。
- ・個人差や個人の中での体調差に応じて適切なトレーニング設定できリスクを回避できる可能性がある。

心拍計の普及は今後益々進めていくべきである。しかしながら、トップアスリートや運動生理学の専門家が関わる一部にしか浸透していないのが現状であろう。ハード、ソフト両面において環境整備の遅れている日本での運動・スポーツ状況において、長期的視野にたった環境整備も重要であるが、現時点での多くのスポーツ欲求に応じていくことも無視することはできない。むしろ現状へのサポートを実践していくことによってスポーツ文化、健康文化の醸成を図ることも肝要である。今回は基礎的な資料を収集することを目的として本研究を行ったが、トップアスリート、一般スポーツ愛好者、総合型地域スポーツクラブ、少年団、部活動、健康志向者など運動・スポーツシーン多様化にも有効なトレーニングサポートを実施していくことを検討すべきである。医学、心理学的なサポートも検討に加えながら心拍計を用いたトレーニングによる安全で効果的なトレーニングの提供を進めていく予定である。

参考文献

- 波多野義郎他（1999）「ウォーキングと歩数の科学」誠信社：83-92
池上晴夫（1985）「運動処方」朝倉書店：64-77
小林寛道他（1990）「幼児の発達運動学」ミネルヴァ書房：159-180
松浦義行（1982）「体力の発達」朝倉書店：113-115, 149-151
村山正博他（1992）「有酸素運動の健康科学」朝倉書店：148-153
M・ボラック他（1981）「運動処方」ベースボール・マガジン社：37-49, 109-121
西藺秀嗣他（2005）「体力・運動能力測定法」大修館書店：27-35
大橋二郎他（1998）「サッカーフィットネスの科学」東京電機大学出版：38-58
田口貞善他（1998）「運動・健康とからだの秘密」近代科学社：23-37
山地啓司（1994）「心拍数の科学」大修館
（財）日本サッカー協会スポーツ医学委員会編（2011）「サッカー医学テキスト」金原出版：37-41
「パーソナルトレーナードットコム」<https://www.polarpersonaltrainer.com> 2013年4月
「Polar Japan」<http://www.polar.com/ja/products> 2013年4月