

令和 5 年 6 月 25 日現在

機関番号：33401

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K19942

研究課題名（和文）フィットネス-疲労モデルを用いた女性陸上競技者のコンディショニング法の確立

研究課題名（英文）Development of conditioning methods for female athletes using the Fitness-Fatigue model

研究代表者

山元 康平（Yamamoto, Kohei）

福井工業大学・スポーツ健康科学部・講師

研究者番号：00806193

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、セッションRPE法とフィットネス-疲労モデルに基づく数理モデルにより、女性陸上競技選手のトレーニング負荷の定量化とコンディショニングの有用性を検討した。数理モデルを用いたFitness, Fatigue, Preparednessの推定により、重要試合に向けてコンディショニングが行えていることを定量的に示すことができた。また、トレーニング介入を行った結果、重要試合におけるPreparednessが高値を示し、自己記録を大幅に更新する事例が複数みられた。これらから、女性陸上競技選手におけるセッションRPE法およびフィットネス-疲労モデルにもとづくコンディショニングの有用性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの国内外における陸上競技に関する研究は、「結果」であるパフォーマンス（記録、タイム、技術動作など）についての研究は盛んに行われてきたが、パフォーマンス向上の「原因」であるトレーニングの分析は充分に行われていたとは言い難い。本研究では、女性陸上競技者を対象に、科学的エビデンスに基づくトレーニングマネジメントの実践的な方法論の提案を試みた点に学術的意義がある。また、本研究の成果から、科学的エビデンスにもとづいたトレーニング負荷の定量とコンディショニング法の有用性が示され、オーバートレーニングの予防やコンディショニングなどのトレーニングマネジメントに貢献すること期待できる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to quantify the training load and to verify the usefulness of conditioning using a mathematical model based on the session RPE method and the Fitness-Fatigue model in female track and field athletes. The estimation of fitness, fatigue and readiness using the mathematical model showed quantitatively that the athletes were conditioned from the preparation period to the important competitions. In addition, as a result of the training intervention, there were several cases in which Preparedness showed high values in important competitions and significantly improved their personal records. These results indicate the usefulness of the session RPE method and conditioning based on the Fitness-Fatigue model in female track and field athletes.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：トレーニング コーチング フィットネス-疲労モデル 数理モデル セッションRPE

1. 研究開始当初の背景

スポーツコーチングの最重要課題は、パフォーマンス向上のための競技者の「トレーニング」、および試合に向けた「コンディショニング」である。特に、トレーニングの管理は、スポーツコーチングの中核を担い、トレーニング負荷を定量化し、競技者のパフォーマンスの変化を予測することは極めて重要である。しかしながら、トレーニングの管理は、指導者の「経験」「カン」に依存するところが大きく、パフォーマンス（記録や動作など）に比べて研究が充分に進んでいないのが現状である。「フィットネス-疲労モデル」は、トレーニングが Fitness（フィットネス：トレーニング効果）と Fatigue（疲労）の2つの要素に影響を及ぼし、両者の差分によってパフォーマンスが決定するというトレーニング効果の理論モデルである。このモデルを用い、パフォーマンスやコンディションの変化を予測し、オーバートレーニングの予防やコンディショニングが行える可能性が示されている。本研究では、このモデルをもとに、女性陸上競技選手のトレーニング負荷の管理とコンディショニングへの応用を試みる。ここで、フィットネス-疲労モデルをトレーニングの管理やコンディショニングに利用するためには、「トレーニング負荷の定量化」が必要になる。トレーニング負荷は、トレーニングの「量」と「強度」の積によって評価され、「量」の代表的指標としてトレーニングの「時間」が用いられる。一方、「強度」の指標は、トレーニングセッションに対する主観的強度（きつさ）である「セッション RPE」が簡便かつ有用であることが、比較的トレーニング手段の少ない持久系種目を中心に近年提案されている（セッション RPE 法）。しかし、多様なトレーニング手段を用いる陸上競技短距離、跳躍、投擲、混成競技者のトレーニング評価にも利用可能であるかは明らかとされていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、女性陸上競技選手を対象に、セッション RPE 法およびフィットネス-疲労モデルにもとづくトレーニングマネジメント・コンディショニング法を確立することである。

この研究課題を達成するために、以下の2つの研究課題について検討した。

【研究課題1】

フィットネス-疲労モデルからみたトレーニング負荷とコンディションの変化の関係

【研究課題2】

フィットネス-疲労モデルにもとづくコンディショニングの有用性の検証

3. 研究の方法

【研究課題1:2019-2020年度】

フィットネス-疲労モデルからみたトレーニング負荷とコンディションの変化の関係

対象者は、大学陸上競技部に所属する学生競技者および社会人の女性陸上競技競技者 8 名（短距離，ハードル，跳躍，投擲，混成競技）および男子学生競技者 17 名（短距離，ハードル，跳躍，投擲）とした。対象者の中には，日本選手権優勝者や日本インカレ優勝者等，日本代表を含む非常に高い競技力を有する競技者が複数含まれていた。対象者にトレーニング記録用紙を配布し，毎日のトレーニング内容を記録させた。トレーニング記録用紙には，トレーニング負荷の定量化のために，トレーニング時間，トレーニングセッションの主観的運動強度（セッション RPE）を記録させた。さらに，体力的指標として，競技者の専門種目に応じた体力的指標（走能力，ジャンプ能力，投能力，筋力など）を，トレーニングおよび試合の進捗状況に応じて，1-2 ヶ月に 1 回程度の頻度で測定した。パフォーマンスの評価指標として，対象者が出場した公式競技会における全成績を記録した。

これらのトレーニング記録をもとに，トレーニング時間とセッション RPE との積からトレーニング負荷（Training Impulse：TRIMP）を定量化し，トレーニング負荷と各種指標（コンディション，体力指標），フィットネス—疲労モデルをもとにした数理モデルから求められる Fitness, Fatigue および Preparedness の関係について検討した。トレーニング負荷を用いた数理モデルによる Fitness, Fatigue および Preparedness は，先行研究の方法により評価した。このモデルでは，トレーニングによって Fitness および Fatigue が生じ，その後それぞれが指数関数的に減衰していくと仮定している。各パラメータの計算方法は，以下の通りである。

$$p(t)=p(t-i) e^{-i/\tau^1}+w(t)$$

$$f(t)=f(t-i) e^{-i/\tau^2}+w(t)$$

ここで， $w(t)$ ， $p(t)$ および $f(t)$ は，それぞれ時刻 t における TRIMP，Fitness および Fatigue の応答レベルを示す。また τ^1 および τ^2 は，それぞれ Fitness および Fatigue の時定数である。 i はトレーニング期間（トレーニング間隔）である。また，身体の準備状態の指標である Preparedness は，Fitness と Fatigue の差分として，以下のように表される。

$$a(t)=k_1 p(t)-k_2 f(t)$$

ここで， $a(t)$ は時刻 t における Preparedness， k_1 および k_2 はそれぞれ Fitness および Fatigue の重み付任意係数である。なお，Fitness, Fatigue および Preparedness の単位はいずれも任意単位（arbitrary unit：a.u.）である。

【研究課題 2:2021-2022 年度】

フィットネス—疲労モデルにもとづくコンディショニングの有用性の検証

研究課題 1 と同様の選手を対象に，研究課題 1 で明らかとなったトレーニング負荷とパフォーマンス・コンディションの変化の関係にもとづき，個々人に応じたトレーニングプログラムを作成し，トレーニング介入を行った。研究課題 1 と同様の測定を継続して行い，フィットネス—疲労モデルにもとづくコンディショニング法の有用性について検証した。

4. 研究成果

【研究課題 1:2019-2020 年度】

研究課題 1 では、トレーニングおよびパフォーマンスのモニタリングを行なった。収集したトレーニング負荷に関するデータから、トレーニング負荷を用いた数理モデルによる Fitness, Fatigue および Preparedness を算出し、トレーニング内容や負荷特性と各種のコンディション変数および試合パフォーマンスの変化との関係について検討した。図 1 は、準備期から試合前半の重要試合まで（12 月から 5 月）におけるトレーニング負荷（トレーニング時間、セッション RPE および TRIMP）および Fitness, Fatigue, Preparedness の変化の事例を示したものである。準備期から試合期にかけてトレーニング負荷および Fitness, Fatigue, Preparedness が波動的に変化し、準備期に Fitness が高まり、試合期に Fatigue が減少し、重要試合に向けて Preparedness が高まっており、準備期から重要試合に向けてコンディショニングが行えていることを定量的に示すことができた。また、競技者によって傾向は異なるものの、数理モデルから推定されるパフォーマンスの指標である Preparedness と実際の試合記録の変化が一致する傾向が確認できた。これらのことから、女性陸上競技者のトレーニング負荷の管理およびパフォーマンスの予測に、セッション RPE 法およびフィットネス-疲労モデルが利用できる可能性が示された。

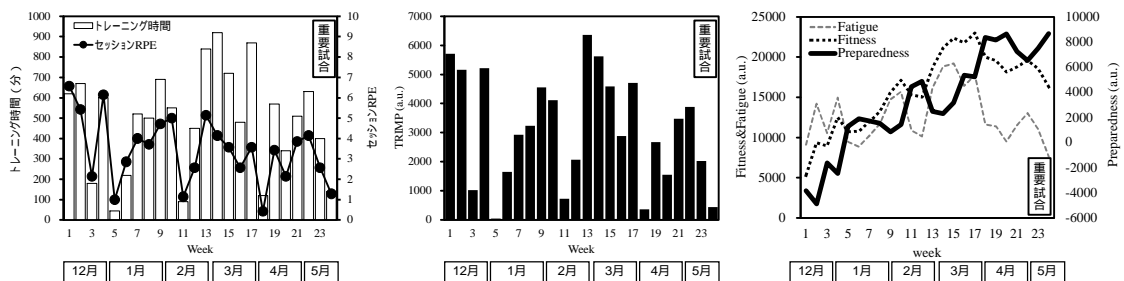


図 1 トレーニング負荷および Fitness, Fatigue, Preparedness の変化の事例

【研究課題 2:2021-2022 年度】

研究課題 2 では、モニタリング結果をもとに、トレーニングへの介入を行った。準備期（試合の実施されない時期、11 月-3 月）において、セッション RPE 法およびトレーニング負荷を用いた数理モデルによる Fitness, Fatigue および Preparedness をもとに、トレーニング負荷を調整し、トレーニングプログラムの立案を行った。また、試合期では、試合前の調整（テーパリング）において、同様にトレーニング負荷の調整とトレーニングプログラムの立案を行った。図 2 は、介入前後の Fitness, Fatigue および Preparedness の変化を比較したものである。介入後では、準備期後半において、介入前と比較して Fitness が高まり、その後、試合前のテーパリングにおいて、従来よりもトレーニング負荷を抑制したテーパリングプログラムを採用することで、Fatigue が減少し、試合当日における Preparedness が高値を示し、自己最高記録を大幅に更新する事例が複数みられた。これらの結果から、女性陸上競技選手におけるセッション RPE 法およびフィットネス-疲労モデルにもとづくコンディショニングの有用性が示された。

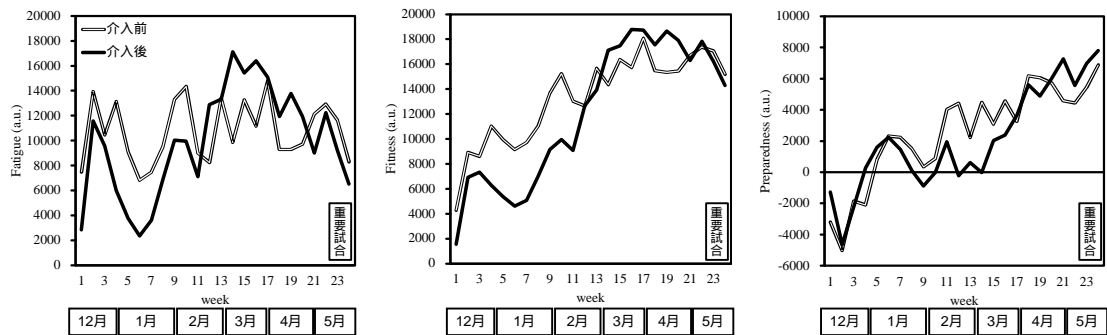


図2 トレーニングプログラムの変更による Fitness, Fatigue, Preparedness の変化の事例

【総括および今後の展望】

本研究では、トレーニング負荷を簡易的に定量化する「セッション RPE 法」と、トレーニング効果の理論モデルである「フィットネス-疲労モデル」に基づく数理モデルにより、女性陸上競技選手のトレーニング負荷の定量化とコンディショニングの有用性の検証を試みた。トレーニング負荷のモニタリングと、数理モデルを用いた Fitness, Fatigue および Preparedness の推定により、トレーニング負荷の変化および準備期から重要試合に向けてコンディショニングが行えていることを定量的に示すことができた。また、数理モデルから推定されるパフォーマンスの指標である Preparedness と実際の試合記録の変化が一致しており、トレーニング負荷からパフォーマンスを予測できる可能性が示された。これらのことから、女性陸上競技者のトレーニング負荷の管理およびパフォーマンスの予測に、セッション RPE 法およびフィットネス-疲労モデルが利用できる可能性が示された。さらに、モニタリング結果をふまえて、トレーニング負荷を調整したトレーニングプログラムの立案を行った結果、重要試合当日における Preparedness が高値を示し、自己最高記録を大幅に更新する事例が複数みられた。これらの結果から、女性陸上競技選手におけるセッション RPE 法およびフィットネス-疲労モデルにもとづくコンディショニングの有用性が示された。

今後は、多くの競技者の事例を蓄積し、様々な競技レベルおよび種目、トレーニング時期（準備期および試合期、テーパリング期）に応じたトレーニング負荷（トレーニング量およびセッション RPE）の具体的な目安を示すことで、コーチング現場で利用可能なトレーニング負荷のデータベースを構築する必要がある。また、こうしたデータベースおよび Fitness, Fatigue, Preparedness 等のコンディションの管理やシミュレーションを、スマートフォンアプリ等を利用して簡便に利用できるシステムを構築することで、トップアスリートから専門的な指導者がいない中高生まで、幅広い競技者および指導者がエビデンスに基づいた合理的トレーニングを実践できるようになることが期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山元康平
2. 発表標題 日本学生トップレベル競技者の大学生期における記録発達の特徴
3. 学会等名 日本陸上競技学会第21回大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------