

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：32101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01680

研究課題名(和文)トレイルランニング時の心拍数を用いた相対強度の指標の作成

研究課題名(英文) Investigation of relative intensity index in trail running using heart rate

研究代表者

中村 和照 (Nakamura, Kazuteru)

茨城キリスト教大学・生活科学部・准教授

研究者番号：10613292

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、トレイルランニングレース時の心拍数の相対強度を上昇、下降区間に分けて評価し、パフォーマンスとの関係性を検討した。その結果、前半、後半ともに下降区間に比べて上昇区間の相対強度が高くなり、速いランナーほど下降区間に比べて上昇区間の相対強度が高くなった。一方、前半の上昇区間の相対強度が高くなると後半の相対強度の低下が大きくなる関係性も認められた。また、前半と後半の相対強度はレース距離の影響を受けて変化すると推察された。これらのことから、トレイルランニングレースの強度指標として心拍数を活用する際には、レース距離に応じて上昇、下降区間に分けて強度を設定する必要があると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国内外においてトレイルランニングに参加するランナー数、レース数は増加しているが、トレイルランニングの強度指標に関する研究は十分に行われているとは言えない。トレイルランニングは、山中を走行するため、走行時の事故を防止するためにも適切な強度指標が必要になると考えられる。本研究結果から、前半の上昇区間は心拍数を確認しながら、適切な強度に調整することで、オーバーペースを防止し、パフォーマンスの向上および走行時の事故を防止できる可能性が示唆された。今後は適切な心拍数の設定方法を検討することで、心拍数をトレイルランニング時の強度指標として活用できると考えられる。

研究成果の概要(英文)： This study evaluated the uphill and downhill sections of the heart rate during trail running races and examined the relationship between these relative intensities and performance. The relative intensity of the heart rate was higher in uphill than in downhill sections in the first and second half of the races. Furthermore, in faster runners, the relative intensity of the heart rate was higher in uphill than in downhill sections. However, it was observed that as the relative intensity of the heart rate in uphill sections increased during the first half, the relative intensity of the heart rate decreased in the second half of the races. In addition, it was suggested that the relative intensity in the first and second halves of races might be affected by the race distance. Thus, when using the heart rate as the index of intensity in the trail running races, it might be necessary to set the heart rate separately for the uphill and downhill sections according to the race distance.

研究分野：健康・スポーツ科学

キーワード：心拍数 トレーニング量 傾斜 山道 レース距離 パフォーマンス

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

近年、国内外においてトレイルランニングに参加するランナー数、レース数は増加している（村越，2012）。トレイルランニングは、野外の未舗装の道を守る活動を総称した用語となり、傾斜が含まれる登山道、林道で実施される（Roy，2019）。トレイルランニングは、走行路面の変化、走路の障害物、傾斜変化に対応する走技術が必要となり、走行距離だけでは無く、傾斜や路面を考慮した走速度の調整が必要となる（Roy，2019）。このためトレイルランニングレースでは、走速度に頼ったペース配分を行うと、走行時の強度変化が大きくなり、オーバーペースに陥る可能性が考えられる。また、オーバーペースとなった場合には、走行中のエネルギー切れや脱水のリスクも大きくなると推察される。これらのことは、パフォーマンスの低下だけではなく、コースアウトや滑落等の事故にもつながるため、対象者の特性に応じたトレイルランニングレースの強度指標を確立することが求められている。また、トレイルランニングレース参加前には、トレイルランニングを安全に実施するための必要な知識を修得し、事前にトレイルでのトレーニングを行う必要もある。しかしながら、国内のトレイルランニングレース参加者のトレーニング状況、トレイルレース時の強度指標に関する研究数は少なく、十分な検討が行われていない。

先行研究では、下り、平地、上りで漸増負荷走を行うと血中乳酸濃度が上昇し始める走速度は、傾斜の影響を受けて変化するのに対し、血中乳酸濃度が上昇し始める心拍数には、傾斜による差は認められないと報告している（鍋倉，2014）。このことからトレイルレースの心拍数は、対象者の特性に応じた強度指標として活用できる可能性が考えられる。実際のレースにおいては、Creaghら（1998）は、ロード、クロスカンントリーでは、距離の進行に伴い心拍数が高くなるのに対し、トレイルランニングやオリエンテーリングでは心拍数が上昇する者、低下する者に分かると報告している。また、Townshendら（2010）は、傾斜変化のある不整地コース（約3.2km×3周）でタイムトライアルを行った際の心拍数を上昇、平地、下降区間に分けて分析すると、上昇区間の心拍数が最も高く、平地、下降区間になるに従い心拍数は低くなることを明らかにしている。一方、我々が国内のトレイルランニングレース上位入賞者（男性1名）を対象に、18km（優勝）と51km（第2位）のレース時の心拍数を上昇区間と下降区間に分けて分析した結果、18kmでは先行研究に比べて傾斜変化に対する心拍数の変動幅が小さくなったが、51kmの後半は先行研究と同様に上昇区間に対し下降区間の心拍数が低下した（中村ら，2015）。これらのことから、レース時の上昇、下降区間の適切な心拍数の強度は、トレイルランニングの経験や競技レベルによって異なると考えられ、レース前半のオーバーペースが後半の心拍数に与える影響は、上昇区間と下降区間で異なる可能性も推察される。実際のトレイルレースで上昇区間と下降区間の心拍数の相違とパフォーマンスの関係性を検討することが出来れば、心拍数を活用したトレイルレースの強度指標を作成できる可能性が考えられる。

2. 研究の目的

(1) 研究課題Ⅰ（レース参加者のトレーニング状況とペース戦略）

トレイルランニングレース参加者を対象にアンケート調査を実施し、出場種目の違いによる、トレーニング状況、ペース戦略の相違について明らかにすることを目的とした。

(2) 研究課題Ⅱ（上昇区間と下降区間の心拍数の推移とレースパフォーマンスの関係性）

トレイルランニングレース参加者のレース時の心拍数を測定し、上昇区間と下降区間の心拍数の推移とレースパフォーマンスとの関係性について明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 研究課題Ⅰ

研究課題Ⅰの対象レースは、第四回筑波連山天空ロード&トレイルラン in いしおか大会（開催日2017年8月27日；種目70km、48km、25km）、筑波山トレイルラン大会2017（開催日2017年12月10日；種目24.4km、12km、5km）とし、参加者にトレイルランニング歴、週の走行距離（トレイルの走行距離、トレイル以外の走行距離）、週のトレイルランニング実施頻度、レース時のペース戦略の有無に関するアンケート調査を実施した。各レースの種目間の週の走行距離の差については、対応の無い一元配置分散分析を実施した。ランニング歴、トレイルランニング歴、週のトレイルランニング実施頻度、レース時のペース戦略の有無については、調査内容毎にグループ化を行い、種目間の割合の差について χ^2 検定を実施した。

(2) 研究課題Ⅱ

研究課題Ⅱは、第11回いしおかトレイルラン大会（開催日2018年4月29日；約50km、16名）、第5回かさまトレイルラン大会（開催日2018年10月8日；約24km、13名）、第12回いしおかトレイルラン大会（開催日2019年4月28日；約17km、16名）に参加する男性ランナーを対象とし、レース時の1秒毎の水平移動距離、垂直移動距離、心拍数を計測した。レース時の高度変化から上昇区間、下降区間を設定し、個人毎に上昇区間（全体・前半・後半）、下降区間（全体・前半・後半）の心拍数を集計し、各区間の平均心拍数およびレース全体の平均心拍数を算出した。各区間の平均心拍数の相対値（%）は、レース全体の平均心拍数に対する相対値とした。心拍数の相対値の推移については、時間（前半・後半）と傾斜（上昇・下降）を要因とした二元配置分散分析を実施した。ゴールタイムと上昇・下降区間全体の心拍数の相対値、上昇・下降区

間全体の心拍数の相対値の差の関連性はピアソンの相関係数により検討した。また、前半の上昇・下降区間の心拍数の相対値と後半の上昇・下降区間の心拍数の相対値との関連性についてもピアソンの相関係数により検討した。

4. 研究成果

(1) 研究課題 I

アンケートの回収率は、表1の結果となった。結果の分析は、調査内容毎に未記入、記入内容が不明確な回答を除外して分析を行った。練習でのトレイル以外の走行距離、トレイルの走行距離には、2大会ともに種目間に有意差が認められ ($p < 0.05$)、レース距離が

表1 調査票回収状況

8月	70 km	有効回答 (人)		12月	24.4 km	有効回答 (人)	
		有効回答 (人)	回収率 (%)			有効回答 (人)	回収率 (%)
	48 km	158	65.8		12 km	204	44.7
		138	61.1			151	41.6
	25 km	127	56.4		5 km	35	35.4

長い種目で走行距離が多くなった。また、トレイルランニング歴が2年未満、週のトレイルランニング練習回数が0回と回答した者の割合は、2大会ともにレース距離が長くなるに伴い有意に少なくなった ($p < 0.05$; 図1、2)。一方、トレイルでの練習を行わずにレースに参加している者の割合は、8月の70kmレースにおいても約4割となり、その他の種目は5割以上がトレイルでの練習を行わずにレースに参加していた (図2)。トレイルレース時のペース戦略について有と回答した者の割合は、2大会ともにレース距離が長くなるに伴い有意に多くなった ($p < 0.05$; 図3)。ペース戦略の具体的な内容として心拍数をあげた者は5.9~24.1%となり、レース距離の長い種目で心拍数を活用している者の割合が多くなる傾向があった。

本研究結果から、トレイルレース参加者は、トレーニング歴やトレーニング状況に応じて出場するレース距離を選択する傾向があると考えられた。レース距離が長い種目では、事前にペース戦略を考えてレースに参加する者が多くなることから、事前準備を行いレースに参加する者の割合は、レース距離が長くなるに伴い増加すると推察された。一方、トレイルでの練習を行わずにレースに参加している者の割合は、70kmレースで約4割、その他の種目では5割以上となり、トレイルランニング歴2年未満の割合は、70kmレースで約3割、その他の種目では4割以上となっていた。このことからトレイルレース参加者には、事前にトレイルでの練習を行っていない者、トレイルランニングの経験が不足している者も多く含まれていると考えられた。

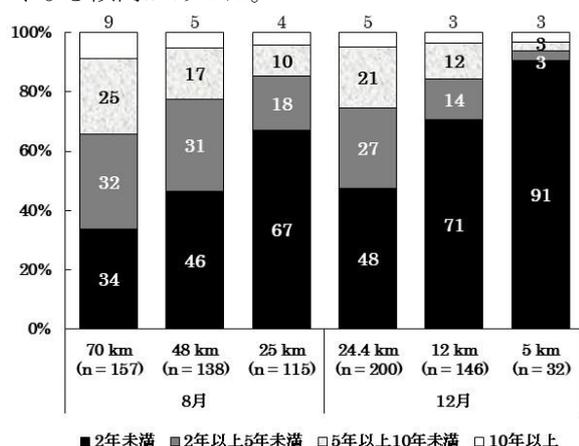


図1 トレイルランニング歴
8月 $p < 0.001$; 12月 $p < 0.001$

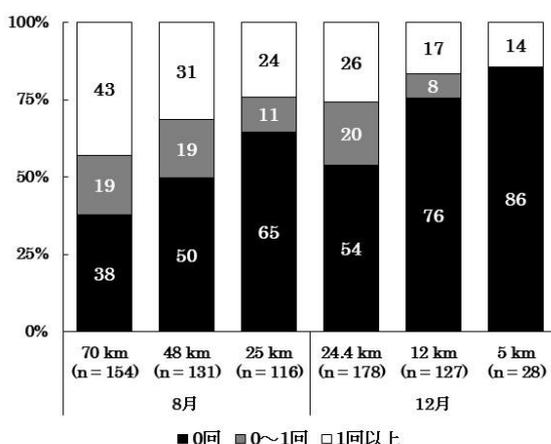


図2 トレイルランニングの練習回数 (回/週)
8月 $p < 0.001$; 12月 $p < 0.001$

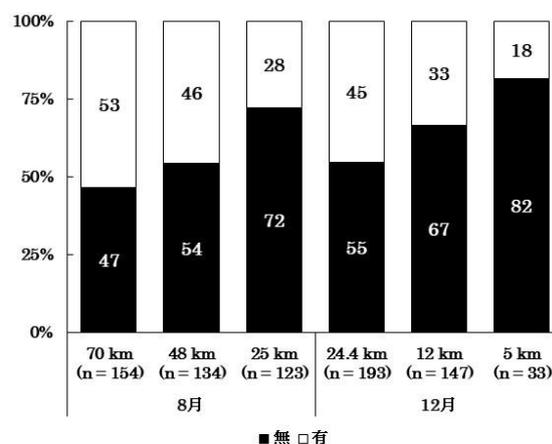


図3 トレイルレースでのペース戦略の有無
8月 $p < 0.001$; 12月 $p = 0.004$

(2) 研究課題 II

50km レースでは、コースの誘導ミスがあり、対象者によって走行距離が異なったため、予定していた分析を行うことが出来なかった。

24km、17km レースは全研究参加者が制限時間内に完走することが出来たが、レース時の心拍数にノイズが認められた者が各2名いたことから、24kmは11名、17kmは14名のデータを用いて分析を行った (表2)。

心拍数の相対値には、17km レース、24km レースともに有意な交互作用は認められなかった。17km レースは時間に有意差は認められなかったが、傾斜に有意差が認められ ($p < 0.05$)、前半・後半ともに下降区間に比べて上昇区間の心拍数の相対値が有意に高くなった ($p < 0.05$)。24km レースは時間と傾斜に有意差が認められ ($p < 0.05$)、前半・後半ともに下降区間に比べて上昇区間の心拍数の相対値が有意に高くなり ($p < 0.05$)、上昇・下降区間ともに前半に比べて後半の心拍数の相対値が低下する傾向が認められた (表 3)。

表2 研究協力者

	17km (n=14) 平均値±標準偏差	24km (n=11) 平均値±標準偏差
年齢 (歳)	42±8	44±5
ランニング歴 (年)	8±4	14±11
トレイル歴 (年)	5±3	6±3
ロード週の走行距離 (km/週)	50±32	47±19
トレイル週の走行距離 (km/週)	6±7	4±6

表3 トレイルランニングレース時の上昇・下降区間の心拍数の相対値の推移

		上昇区間 (%)	下降区間 (%)	p値	事後検定
17km (n=14)	前半	100.5±2.5	98.8±1.0	時間×傾斜 $p=0.579$	傾斜 前半： $p=0.036$ 上昇>下降 後半： $p=0.016$ 上昇>下降
	後半	101.3±1.9	99.9±2.7	時間 $p=0.299$ 傾斜 $p=0.013$	
24km (n=11)	前半	102.3±1.5	99.2±1.1	時間×傾斜 $p=0.755$	時間 上昇： $p=0.058$ 下降： $p=0.055$ 傾斜 前半： $p<0.001$ 上昇>下降 後半： $p=0.002$ 上昇>下降
	後半	100.6±1.5	97.7±1.9	時間 $p=0.044$ 傾斜 $p<0.001$	

17km レースでは、レースタイムと上昇区間の心拍数の相対値、下降区間の心拍数の相対値、上昇・下降区間の心拍数の相対値の差に有意な相関関係が認められた ($p < 0.05$)。心拍数の相対値は、速いランナーほど上昇区間が高く、下降区間が低く、下降区間に比べて上昇区間が高くなる関係性であった。

表4 レースタイムと上昇・下降区間の心拍数の相対値の相関関係

		上昇区間 (%)	下降区間 (%)	上昇・下降区間の差 (%)
17kmレースタイム (時間) (n=14)	r	-0.702	0.632	-0.684
	p	0.005	0.015	0.007
24kmレースタイム (時間) (n=11)	r	-0.510	0.583	-0.560
	p	0.109	0.060	0.073

24km レースでは有意な相関関係は認められなかったが、17km レースと同様の傾向が認められた (表 4)。

17km レースでは、前半の上昇区間と後半の上昇、下降区間の心拍数の相対値に有意な相関関係が認められ ($p < 0.05$)、前半の上昇区間の相対値の高い者は、後半の上昇、下降区間の相対値が低下する関係性であった。24km レースでは、前半の上昇区間と後半の下降区間、前半の下降区間と後半の上昇区間の心拍数の相対値に有意な相関関係が認められ ($p < 0.05$)、前半の上昇区間の相対値が高い者は、後半の下降区間の相対値が低下し、前半の下降区間の相対値が高い者は後半の上昇区間の相対値が低下する関係性であった。また、前半の上昇区間の相対値が高い者は後半の上昇区間の相対値が低下する傾向も認められた (表 5)。

表5 前半と後半の上昇・下降区間の心拍の相対値の相関関係

		後半	
		上昇区間 (%)	下降区間 (%)
前半	17km (n=14)	上昇区間 r	-0.739
		p	0.003
	24km (n=11)	下降区間 r	-0.184
		p	0.529
前半	24km (n=11)	上昇区間 r	-0.756
		p	0.007
		下降区間 r	-0.141
		p	<0.001

本研究では、トレイルランニングレース時の心拍数は、先行研究 (Townshend ら, 2010) と同様に下降区間に比べて上昇区間が高くなった。また、速いランナーでは下降区間に比べて上昇区間の心拍数の相対値が高くなっていったことから、速いランナーは下降区間に比べて上昇区間の相対強度を高くする戦略を取っていた可能性が推察された。トレイルランニングは、走行路面の変化、走路の障害物に対応して走る必要があり、転倒した際には周囲のランナーを巻き込むリスクも高くなる。本研究対象者のトレイルでの練習量は 0~20km/週の範囲であり 25 名中 12 名はトレイルでの練習は行っていなかった。転倒時の怪我や周囲を巻き込むリスクは、上昇区間に比べて下降区間で高くなると考えられることから、トレイルの練習量が少ないランナーの場合には、上昇区間の強度をあげて、下降区間は安全を優先して強度を下げる戦略を取ることが重要になると考えられた。一方、17km レースでは前半の上昇区間の強度が高くなると、後半の上昇区間、下降区間ともに強度低下が大きくなり、24km レースでも同様の傾向が認められた。このことから、レース時のオーバーペースを防止するには、前半の上昇区間は心拍数を確認しながら強

度を適切な範囲に調整する必要もあると考えられる。また、24km レースでは、上昇・下降区間ともに前半に比べて後半の強度が低下する傾向があり、前半の下降区間の強度が高くなると、後半の上昇区間の強度低下が大きくなる関係性も認められた。トレイルレースの場合、レース距離が長くなると傾斜変化による筋疲労、筋のダメージが大きくなると推察され、上昇区間だけではなく下降区間のオーバーペースも後半の強度低下につながると推察される。これらのことから、トレイルランニングレースの強度指標として心拍数を活用する際には、走行時の筋のダメージも考慮し、レース距離に応じて上昇、下降区間に分けて強度を設定する必要があると考えられた。

まとめ

研究課題Ⅰの結果から、レース距離が長くなるに伴い、レース前のトレイルでの走行距離も多くなるが、トレイルでの練習を行わずにレースに参加している者の割合は、最も距離の長い種目（70km）で約4割、その他の種目（5～48km）では5割以上になることが明らかとなった。また、レース距離が長い種目では、事前にペース戦略を考えてレースに参加する者も多くなるが、ペース戦略が無いと回答した者の割合は、最も距離の長い種目（70km）で約5割、その他の種目（5～48km）では5割以上に達していた。これらのことから、トレイルレース参加者には、事前準備が不足している者も多く含まれていると考えられた。

研究課題Ⅱの結果から、走行距離が30km未満のレースでは、速いランナーは下降区間に対し上昇区間の強度を高くする戦略を取っている可能性が推察された。一方、前半の上昇区間の強度が高い者は、後半の強度低下が大きくなっていたことから、上昇区間と下降区間の強度の差を小さくすることで、パフォーマンスの向上につながる可能性が考えられた。実際のレースでの心拍数の強度は、安全面、レース距離、筋のダメージの影響を考慮し、上昇区間、下降区間に分けて設定する必要があると考えられる。

本研究では、2019年度にトレイルランニングレースとロードレースに参加するランナーを対象とし、両大会の心拍数の測定結果からトレーニング歴、練習量に応じたトレイルレースでの心拍数の目安を検討する予定であった。しかしながら、測定を予定していたトレイルランニングレースが台風の影響で中止となり、この点については検討することが出来なかった。実際のトレイルランニングレースで心拍数を強度指標として活用するには、上昇区間、下降区間の適切な心拍数の設定方法を検討する必要があると考えられる。

参考文献

村越真 (2012) トレイルランニングの課題：環境への影響とランナーの自然環境・他者・自己の安全に対する意識. ランニング学研究. 23, 19-35

Roy BA (2019) Trail Running. ACSM's Health & Fitness Journal. 19, 3-4

鍋倉賢治 (2014) トレイルの科学：トレイルランニングの身体的負荷と走り方. ランニングの世界. 18, 106-113

Creagh U, Reilly T and Nevill AM (1998) Heart rate response to "off-road" running events in female athletes. Br J Sports Med. 32, 34-38

Townshend AD, Worringham CJ and Stewart IB (2010) Spontaneous Pacing During Overground Hill Running. Med Sci Sports Exerc. 42, 160-169

中村和照、半田佑之介、鍋倉賢治 (2015) トレイルランニングレースにおける心拍数の推移について. ランニング学研究. 27, 78-79

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 中村和照, 半田佑之介	4. 巻 31
2. 論文標題 トレイルランニングレース参加者の水分摂取量が脱水率に与える影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ランニング学研究	6. 最初と最後の頁 17-28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中村和照
2. 発表標題 トレイルランニングレース参加者の脱水率について
3. 学会等名 第26回日本運動生理学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村和照, 半田佑之介
2. 発表標題 トレイルランニングレース参加者のトレーニング状況について
3. 学会等名 第31回ランニング学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村和照, 半田佑之介
2. 発表標題 冷涼環境下におけるトレイルランニングレース時の脱水率を高くする要因について
3. 学会等名 日本スポーツ栄養学会 第6回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村和照
2. 発表標題 トレイルランニングレース時の上昇区間と下降区間の心拍数の推移について
3. 学会等名 日本体育学会第70回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村和照, 半田佑之介
2. 発表標題 17 kmのトレイルレース時の脱水率とパフォーマンスとの関係性
3. 学会等名 第74回 日本体力医学会大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Kazuteru Nakamura (2019) Dehydration state of participants during a trail running race. *Advances in Exercise and Sports Physiology*. 24, 83-83
 Kazuteru Nakamura, Yunosuke Handa (2019) The relationship between dehydration status and running performance during a 17-km trailrunning race. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*. 8, 320-320
 中村和照, 半田佑之介 (2020) トレイルランニングレース参加者のトレーニング状況について. *ランニング学研究*. 31, 76-79
 中村和照, 半田佑之介 (2020) 冷涼環境下におけるトレイルランニングレース時の脱水率を高くする要因について. *日本スポーツ栄養研究誌*. 13, 156-156

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
研究協力者	半田 佑之介 (Handa Yunosuke)		