

多様な環境での快適強度のランニングが 運動効果に及ぼす影響について

鳥取大学 地域学部 地域教育学科 関 耕二

Running of comfortable intensity in various environments changes the exercise effect

Koji SEKI (Department of Regional Education, Faculty of Regional Sciences, Tottori University)

キーワード：快適強度, ランニング, 環境

Key words : comfortable intensity, running, environment

I. 緒言

近年、生活習慣病、メタボリックシンドロームなど健康問題が社会的に深刻化している。そこで、多くの運動処方指針（ACSM/日本体力医学会，2011）やガイドライン（厚生労働省，2013）において、ランニングなどの有酸素運動を習慣的に実施することが推奨されている。また、運動処方の現場では、強度、時間、頻度そして運動様式等を組み合わせた指導者の指示によって運動内容が示され、運動実践者にはそれぞれの数値目標が示される場合が多い。運動強度の設定は、最大酸素摂取量の相対的割合（以下、 $\% \dot{V}O_{2max}$ と略す）、最大心拍数の相対的割合（以下、 $\%HRR$ と略す）、無酸素性作業閾値（anaerobic threshold：以下、ATと略す）、乳酸性作業閾値（lactate threshold：以下、LTと略す）など客観的運動指標が用いられることが多い。しかし、客観的指標や数値に基づく運動強度設定法では、管理された運動実践場面で体重減少や有酸素能力の向上などの生理的な運動効果には貢献するが、内発的動機づけの高まりには結びつかず、長期的には運動習慣の定着に課題があるとされている。内発的動機づけの向上には運動に伴う心理的な効果が影

響するとされ、運動強度の設定には他者から指定された客観的な運動強度よりも、自らの感覚や気分に基づいて運動負荷を選択する運動強度の方が、運動の自由度を広げることとなりより充実した快感情や達成感が得られ、結果的に運動の継続に貢献する内発的動機づけを高められると考えられている（橋本ほか，1994；橋本ほか，1995；橋本ほか，1998；大蔵ほか，2000）。このような運動実践者の主観を重視した運動強度の選択方法としては、自己選択運動強度（大蔵ほか，2000）、快適自己ペース走（橋本ほか，1994；橋本ほか，1995）、快適強度（中村，1996）、RPE(Borg Scale)を用いた自覚的運動強度（中垣内ほか，1999）などの報告がみられる。しかし、多くの運動実践者が行っている運動環境とは異なる実験室内で検討や、心理的手法か生理的手法での検討が多く総合的な検討が少ない。

一方、近年、森林の有する癒しの効果が注目されるようになり、森林欲においてストレスホルモン減少、副交感神経活動が高まり交感神経が抑制されるなど森林浴の生理的効果が報告されている（朴ほか，2005；東ほか，2005）。また、近藤ら（2007）は、森林環境下でのウォーキングの効果について、心理的指標であ

るPOMS (Profile of Mood States) での評価が良好に変化することや、カテコールアミンおよびコルチゾールの血中濃度が低下することを示し、森林浴が癒しと健康をもたらす効果をもつ可能性を報告している。このように、森林環境下では生理的や心理的なストレスの低減効果は報告されているが、森林環境とランニングなどの運動効果との関係は不明な点が多い。さらに、森林環境については近年、森林や山岳地域を走るトレイルランニングの実践者や大会が増加し関心が高まっている。また、多くのランナーのランニング実践場面においては、季節、時間帯、天候や気分などの多様な環境でランニングを行っており、エリートランナー以外のビギナーや健康志向のランナーはその日の体調や気候、気分によって主観的に運動強度（ランニングペース）を選択して走ることが多いと考えられる。

そこで、本研究では主観的な運動強度と運動環境に着目し、森林浴に活用されている森林環境や周辺に森林が存在しない砂丘環境など多様な環境において、運動実践者の主観を重視したランニングを行い生理的指標と心理的指標を用いた複合的検討を行うこととした。

II. 方法

1. 対象

対象は、健全な男子大学生19名とした（表1）。被験者には研究の目的および内容について十分に説明した後、書面にて同意を得た。尚、

表1 被験者の身体的特徴

年齢(yr)	20.95±1.03
身長(cm)	173.5±7.91
体重(kg)	66.15±11.72
体脂肪率(%)	18.02±3.82
BMI(kg/m ²)	21.73±2.68

mean±S.D.

本研究は鳥取大学地域学部倫理審査委員会の承認のもと行った。

2. 実験方法

2-1. 漸増運動負荷試験

各被験者のLTを決定するために、エアコンで約25～28℃にセットされた実験室内において傾斜0度に設定したトレッドミル（C956i/C966i, PRECOR）を使用し漸増運動負荷試験を行った。被験者は座位にて30分間安静にして安静時心拍数を測定した。3分間のウォーミングアップを行った後、100m/minの速度からランニングを開始し、毎ステージごとに時速20m/minずつ速度を増加させ、6～11ステージ行った。それぞれのステージごとでの休憩時間は3分間とした。尚、1）心拍数が対象者の年齢から予測される最大心拍数（220 - age）bpmに達したとき、2）負荷強度が上昇したにもかかわらず心拍数の上昇が確認されなくなったとき、3）RPEが18を超えたとき、のいずれかが満たされた場合には、安全を考慮し負荷試験を終了した。各ステージ終了後に直ちに手の指先より採血を行い、簡易型乳酸測定器（Lactate Pro, ARKRAY）を用いて血中乳酸濃度を測定した。尚、漸増負荷試験中は、心拍数は心拍計（RS400, Polar）を用いて5秒間隔で記録した。分析には、心拍数は各ステージ2分から3分までの平均値を使用した。また、RPEは運動終了30秒前に口頭で回答させた。さらに、ピッチとストライドを測定するために、各ステージにおいて1分30秒から3分までのランニングを毎ステージビデオカメラ（GZ-MG300, Victor）にて側方より固定撮影し、映像の中の30秒の間の歩数をカウントし、ストライドとピッチを算出した。ストライドは各被験者の身長による影響を考慮し、各被験者の身長で除した値（cm/m）をストライド長として用いた。ピッチは1分間の歩数

値に換算 (steps/min) して使用した。各被験者のLTを決定には、乳酸値解析ソフトウェア (MEQNET LT Manager, ARKRAY) の1点法を用いた。以上の方法により求めた被験者のLT時における速度、相対的運動強度、ストライドおよびピッチを表2に示した。尚、相対的運動強度には、各被験者の最大心拍数と安静時心拍数から算出する予備心拍数 (Heart Rate Reserve : 以下HRR) 法を用いて、(運動時心拍数 - 安静時心拍数) ÷ (最大心拍数 - 安静時心拍数) × 100の式で算出した。

2-2. 多様な環境下での快適自己ペース走

2-2-1. 実験環境

鳥取市内の鳥取大学陸上競技場 (以下、トラック)、森林公園とっとり出会いの森 (森林) および鳥取砂丘 (砂丘) の3ヶ所において、20分間の運動実践者の快適感情を重視する「快適自己ペース走」を行った。尚、森林では森林に囲まれた芝生広場の平坦な場所を指定し、砂丘では比較的平坦な地形の場所を指定し周回させた。

2-2-2. 快適自己ペース走

本研究では先行研究 (橋本ほか, 1994; 橋本ほか, 1995; 橋本ほか, 1998) を参考にして、以下の快適自己ペース走の条件を被験者に口頭で指示した後、各環境での実験を実施した。

- ・ 始めから終わりまで一定のペースであること。
- ・ 走っているとき、周囲の状況が良く見えること。

- ・ 終わったとき、まだ十分に走れる余力が残っていること。

- ・ 走っているとき、苦痛を伴わないこと。

2-2-3. 運動強度の検討

各環境下での快適自己ペース走時の生理学的な運動強度を検討するために、漸増運動負荷試験時と同様に血中乳酸濃度、心拍数、RPEを測定した。尚、血中乳酸濃度は疾走後に測定し、心拍数は疾走中20分間5秒間隔で測定し、分析には運動開始15分から20分の平均値を用いた。RPEは疾走後終了直後に口頭で答えさせた。

2-2-4. 疾走動作の検討

各環境下での快適自己ペース走時の疾走動作を検討するために、ピッチおよびストライドの分析も行った。測定方法は、各環境下において側方にビデオカメラを設置した30mの直線路を設けて、快適自己ペース走開始15分後以降に必ず通過するよう指示した。得られた映像を走行中の速度、疾走動作の分析に使用した。30mコースの歩数を測定し、30mのタイムを測定した。ストライドとピッチは、漸増運動負荷試験時と同じ算出方法で行った。

2-2-5. 唾液ストレスマーカーによる検討

各環境下における快適自己ペース走によるストレス応答について、ストレスマーカーを用いて検討した。尚、本研究では被験者の主観的な「快適感」や気分を重視する観点から、ストレスマーカーは非侵襲的な唾液試料を用いる唾液コルチゾール濃度および唾液アミラーゼ活性

表2 漸増運動負荷試験により求めたLT時の血中乳酸濃度、走速度、相対的運動強度、ストライドおよびピッチ

血中乳酸濃度(mmol/l)	2.64 ± 0.53
走速度(m/min)	168.8 ± 19.96
相対的運動強度(%HRR)	57.62 ± 11.77
ストライド(cm/m)	57.21 ± 6.55
ピッチ(steps/min)	170.14 ± 11.44

mean ± S.D.

とした。唾液コルチゾール濃度および唾液アミラーゼ活性の評価のために、各環境での快適自己ペース前後に唾液を採取した。尚、食事の影響を考慮して、被験者には実験開始60分以内の食事と12時間以内のアルコール摂取を禁止させ、唾液採取前に水で口腔内を十分にゆすいだ後に唾液を採取した。唾液コルチゾール濃度の測定時の唾液は口腔外自然排泄法によって、約2 mLの唾液を採取した。採取された唾液は、直ちにドライアイスにより冷凍し、摂取後4時間以内に -80°C で測定時まで冷凍保存した。唾液コルチゾール濃度の測定時には凍結された唾液を融解した後、不純物を取り除くために 4°C 下で15分間、 $1500\times\text{g}$ (3000rpm) で遠心分離し、その上澄みを測定サンプルとして使用した。唾液中コルチゾール濃度は、High Sensitivity Salivary Cortisol EIA Kit (SALIMETRICS) の手順に従い、 450nm (Sunrise Remote ; Wako, PM2004) で測定および解析 (LS-PLATE manager 2004) した。また、唾液アミラーゼ活性の測定は、唾液アミラーゼモニター (NIPRO社) を用いて行った。

2-2-6. 心理状態の検討

各環境下における快適自己ペース走の心理状態の変動の評価には、坂入ら (2003) が作成した二次元気分尺度 TDMS (Two dimensional Mood Scale : 以下 TDMS、アイエムエフ) を用いた。測定方法は、各環境下において快適自己ペース走前後にTDMSを回答させた。尚、本研究ではTDMSの8項目の質問から測定できる心理状態の「活性度」、「安定度」、「快適度」および「覚醒度」を分析に用いた。

以上の実験は平成22年10月4日～11月29日の間に実施された。屋外での実験は被験者および験者が無風か微風と感じる天候が晴れか曇りの日に実施され、平均温度は $19.81\pm 5.99^{\circ}\text{C}$ 、平均湿度は $53.83\pm 7.77\%$ であった。尚、本研

究は屋外実験を実施したため実験日の気象条件の違いによる測定結果への影響について検討するために、各環境においてそれぞれ実験日の気象条件 (気温および湿度) と相対的運動強度の相関性の検討と、各環境においてそれぞれ各実験日の相対的運動強度の平均値の差の検討を行った。その結果、気象条件や各実験日と相対的運動強度に有意な相関や差は確認できなかったため、本研究の結果には気象条件は影響しないという前提で結果の検討を行った。

3. 統計処理

結果については、平均値 \pm 標準偏差で表記した。3環境における各測定項目の違いの検討には1要因分散分析を行った。また、疾走前後の測定項目の変化の検討には、Wilcoxonのt検定を用いた。さらに、各測定項目間の相関性を評価するためPearsonの積率相関係数を求めた。尚、有意水準はすべて5%未満とし、統計ソフトはIBM SPSS Statistics 21を用いた。

Ⅲ. 結果と考察

1. 快適自己ペース走の生理学的な運動強度からの検討

各環境での快適自己ペース走時の走速度は、トラックおよび森林の走速度は砂丘と比較して有意に高値を示した (それぞれ $p<0.01$; 表3)。また、各環境での快適自己ペース走時の相対的運動強度は、砂丘、森林、トラックという順に有意に高値を示した (砂丘-森林 $p<0.05$, 森林-トラック $p<0.05$, 砂丘-トラック $p<0.01$; 表3)。トラックと森林での快適自己ペース走を比較すると、走速度では明らかな違いは認められなかったが、相対的運動強度では森林がトラックより有意に高値を示した。本研究では、どの環境でも快適感を維持していると仮定しているため、砂丘環境は走速度を低下させて快適という

表3 快適自己ペース走の生理学的運動強度と疾走動作

	走速度 (m/min)	相対的運動強度 (%HRR)	血中乳酸濃度 (mmol/l)	RPE	ストライド (cm/m)	ピッチ (steps/min)
トラック	153.01±24.98	61.28±21.96	3.60±2.65	12.32±2.21	53.38±8.07	165.49±10.59
森林	153.48±28.77	70.78±12.38	2.88±2.24	12.00±1.20	53.97±8.92	163.69±7.77
砂丘	139.51±17.10	73.60±10.53	4.73±2.59	12.79±1.62	49.61±6.89	162.73±8.88

** p<0.01 *p<0.05

感情を維持しているが、地形や地面の影響を受けて相対的運動強度が高くなったことが考えられる。橋本ら（1998）は、快適自己ペース走時の運動強度に対する標準偏差が大きく、人によって高い強度や低い強度で走行する特徴があることを報告しているが、本研究でも標準偏差は大きく個人差がみられた。特に、トラックでは走速度と相対的運動強度で、森林では走速度で標準偏差が大きかった。トラックでは、陸上競技の長距離選手には慣れている環境であるが、特に運動習慣のない本研究の被験者のような場合、同じ景観であるために走ることに飽きが生じてしまった者と、傾斜などがなく走りやすい環境であるために速度をあげた者がいたことが推察される。また、森林では、トラックとは異なり距離などの目印となる指標がなかったため、被験者の快適という感覚が指標であったため20分間の快適自己ペース走中に速度の増減がトラックよりはあったため、相対的運動強度が高値を示した可能性も考えられる。しかし、本研究の快適自己ペース走の相対的運動強度は、全ての環境において60～75 %HRR付近の中程度の運動であった（表3）。特に、森林と砂丘においては全ての被験者が相対的運動強度60～80%内であり、この強度はACSM（American College of Sports Medicine）が示す「たまに運動する」から「運動習慣がある」健康な成人に対して推奨されている強度の範囲内であった

（ACSM/日本体力医学会，2011）。これらのことから、快適自己ペース走は、生理的な運動強度が環境変化により変動するものの、生理的効果が期待でき安全に行える運動方法の一つになり得ることが考えられる。

一方、各環境での快適自己ペース走直後の血中乳酸濃度は、砂丘は森林と比較して有意に高値を示した（ $p<0.05$ ；表3）。また、トレッドミル走による漸増負荷試験で測定されたLTに対する各環境における快適自己ペース走時の血中乳酸濃度、疾走速度、相対的運動強度、ストライドおよびピッチの割合を表4に示した。LT時の血中乳酸濃度と快適自己ペース後の血中乳酸濃度との比較では、トラックおよび森林では有意な差は認められなかったが、砂丘ではLT値よりも有意に高値を示した（ $p<0.05$ ；表4）。このことから、砂丘環境は、走速度は低い地形や地面の影響を受け生理的に高い負荷を身体に与え、他の環境とは異なる筋群を活用することで血中乳酸濃度が上昇したと考えられる。また、快適自己ペース走の相対的運動強度は森林および砂丘ではLT時よりも有意に高く、トラックでは有意な差は確認できなかったが、19名中半数以上である11名がLT強度よりも高かった。これらのことから、本研究で行われた快適自己ペース走は、運動環境を変化させてもLT付近の中程度の運動強度を維持する可能性が伺える。

表4 各環境における快適自己ペース走の生理学的運動強度、疾走動作のLTに対する割合

	血中乳酸濃度	走速度	相対的運動強度	ストライド	ピッチ
トラック	138.76±107.24	91.33±14.59*	107.64±38.91	93.52±11.30*	97.83±10.68
森林	109.63±85.89	92.01±19.06	125.71±26.41*	94.86±15.63	96.67±8.53
砂丘	180.58±102.86*	83.55±13.46**	131.14±26.04**	87.60±14.80**	96.17±9.76

値:% mean±S.D.
vs.LT ** *p<0.01 *p<0.05

さらに、各環境での快適自己ペース走後に各被験者に選択させたRPEは、トラックでは12.32±2.21、森林では12.00±1.20、砂丘では12.79±1.62、であり、おおむね11「楽である」から15「きつい」の範囲であった(表3)。RPEを用いた運動テストの研究では、RPE13(ややきつい)によって速度を調整する歩行テストやランニングテストは全身持久性体力の変化を妥当に評価することに有効であったことや(中垣内ほか, 1996; 中垣内ほか, 1999)^{8,13)}、RPE13を用いた最大下12分間走や12分間歩行の距離とその他の簡便に得られる個人情報から $\dot{V}O_{2max}$ や $\dot{V}O_{2AT}$ を妥当に推定することができること(熊谷ほか, 1997)などから、RPE13での走行時がおおむねAT水準であることを示しており、本研究とほぼ同等な強度であった。さらに、本研究における快適自己ペース走は各環境ともにRPEは13付近に点在しており、橋本らの快適自己ペース走の報告(橋本ほか, 1994; 橋本ほか, 1995; 橋本ほか, 1998)と同様な結果であることから、「ややきつい」と「快適」と主観的に感じる強度は生理的には同水準である可能性が高く、個々の体力維持・向上などの生理的効果が期待でき、安全に行える強度であると考えられる。また、森林のRPEは砂丘と比較して有意に低値を示した(p<0.05; 表3)。岡本らは、仮想環境下の森林浴を体験しながら運動を行うと主観的運動強度を低くできることを報告しており(岡本, 2008)、本研究の結果から森林環境は視覚的に景観の影響などを受け、実際の生理的強度より低く感じる可

能性が考えられる。

2. 快適自己ペース走の疾走動作からの検討

各環境での快適自己ペース走時のストライドについては、砂丘がトラックおよび森林と比較して有意に低値を示した(それぞれp<0.05; 表3)。同様にピッチについては、砂丘がトラックと比較して有意に低値を示した(p<0.05; 表3)。これらのことから、同じ快適という主観で走っても環境変化により疾走動作も変化することが明らかとなった。特に、砂丘環境はストライド、ピッチともに他の環境と比較して有意に低い値を示し、地面や地形が動作に影響を及ぼしたと考えられる。

すべての環境での快適自己ペース走時のストライドは、走速度との間に有意な正の相関を示したが(トラック r=0.946, 森林 r=0.964, 砂丘 r=0.907, すべてp<0.01; 図1)、ピッチと速度の間に有意な相関は認められなかった(トラック r=-0.011, 森林 r=0.127, 砂丘 r=-0.406; 図2)。レッドミルを用いた快適自己ペース走の検討では、ピッチも高い再現性を示すことが報告されている(橋本ほか, 1994)。これらの結果から、快適自己ペース走時の疾走動作は、環境変化に対し、ストライドを中心に調節することで、快適と感じる速度や運動強度を適応させていることが考えられる。つまり、快適と感じるためには運動実践者の好みのピッチ(リズム)を保つことが重要かもしれない。今後は、速度や強度の増減に対して変動が少なかったピッチが快適という感情にどう影響しているの

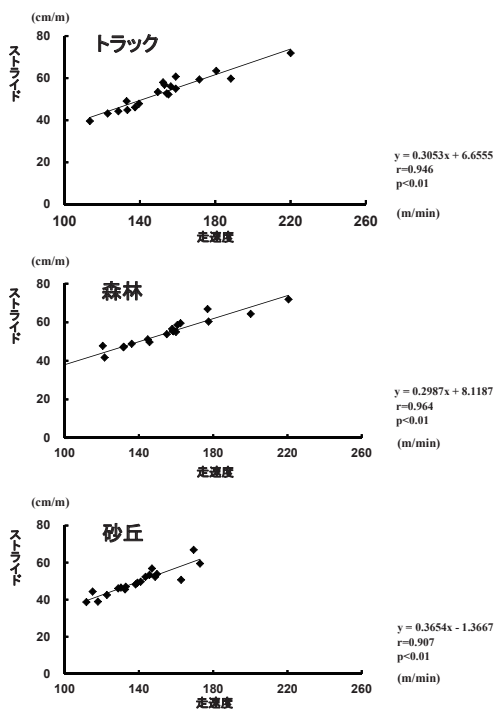


図1 快適自己ペース走における走速度とストライドとの相関

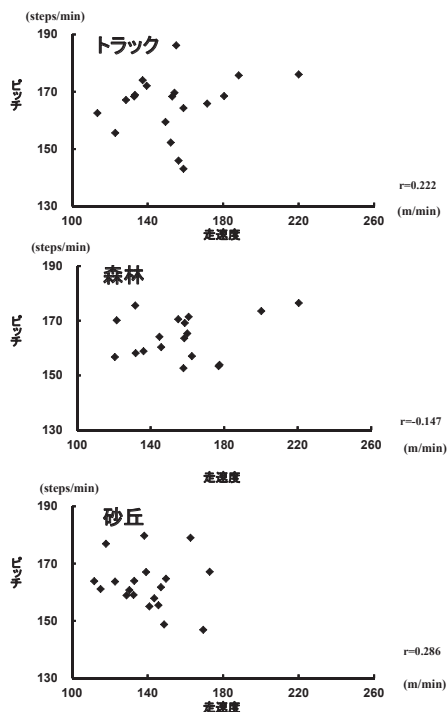


図2 快適自己ペース走における走速度とピッチとの相関

か、様々なピッチ数で走るなどピッチと快適度の関係性を検討する必要がある。

3. 快適自己ペース走前後のストレス指標からの検討

各環境での快適自己ペース走前後の唾液コルチゾール濃度は、トラックおよび砂丘では明らかな変化はみられなかったが、森林では疾走前と比較して疾走後が有意に減少した (図3)。また、各環境での快適自己ペース走前後の唾液アミラーゼ活性は、トラック、森林および砂丘のすべての環境で、疾走前後で明らかな変化は認められなかった (図4)。尚、疾走前の唾液コルチゾール濃度および唾液アミラーゼ活性は、各環境で明らかな違いは認められなかった。唾液コルチゾールは、急性のストレス、高強度運動、心理的ストレスなどにおいて視床下部-下垂体-副腎皮質系 (HPA system) の

活性が高まり分泌が増えることが報告されている (藤林ほか, 1993; 井澤ほか, 2007; 近藤ほか, 2007; 山口, 2007)。また、唾液アミラーゼは、心理的ストレスや身体的ストレスにおいて交感神経系の直接作用や交感神経-副腎髄質系 (SAM system) の活性が高まることによって分泌が亢進されるといわれている (井澤ほか, 2007; 山口, 2007)。したがって、本研究における森林環境での快適自己ペースにおけるストレス応答は交感神経の抑制よりも、ストレスホルモンのACTH (副腎皮質刺激ホルモン) 分泌抑制が影響を与えたと考えられる。また、高強度運動や長時間運動ではコルチゾールやアミラーゼは増加すると考えられるが、本研究の走運動は各環境において中強度であったこと、森林環境でのみ快適自己ペース走後に唾液コルチゾール濃度が有意に減少したことから、森林の景観による心理的な効果や森林浴の生理的効果

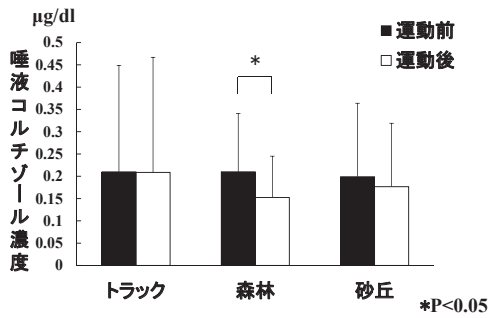


図3 快適自己ペース走前後の唾液コルチゾール濃度

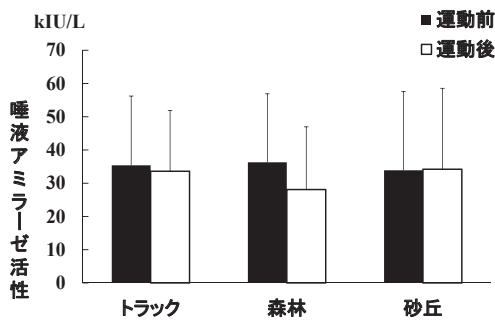


図4 快適自己ペース走前後の唾液アミラーゼ活性

が影響した可能性が推察される。このように、同じ快適と感じる強動強度であっても環境の違いによって、生理的ストレス応答は変化する可能性が伺えた。

一方、各環境での快適自己ペース走前後のTDMSの各因子得点の変化を図5に示した。その結果、トラックにおいて活性度得点および覚醒度得点が有意に増加した ($p<0.01$, $p<0.05$)。また、砂丘においても活性度得点および覚醒度得点が有意に増加した (それぞれ $p<0.01$)。一方、森林においては、トラックや砂丘と同様に活性度得点および覚醒度得点が有意に増加し ($p<0.01$, $p<0.05$)、さらに快適度得点が有意に増加した ($p<0.05$)。尚、疾走前のTDMSの各因子得点は各環境で明らかな違いは認められな

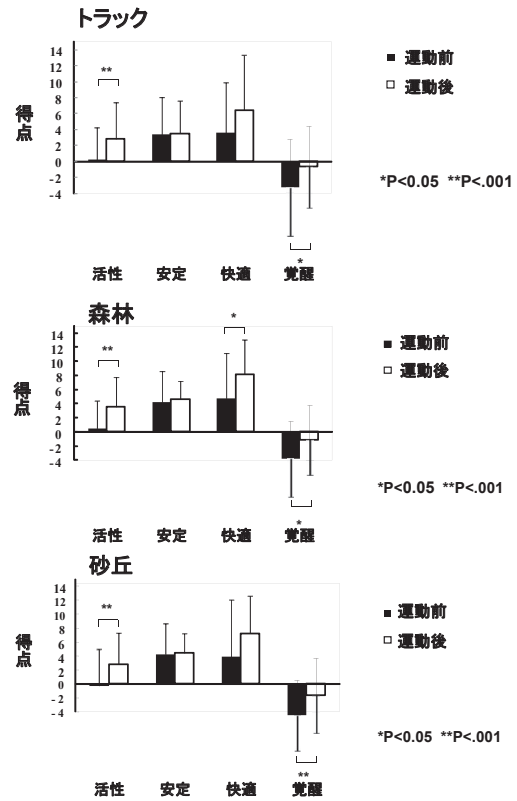


図5 快適自己ペース走前後のTDMS各因子得点の変動

かった。快適自己ペース走における心理的指標による検討は、MCL (Mood Check List) 感情尺度により、快適感やリラックス感などのポジティブな感情が増加することが報告されている (橋本ほか, 1998)。同様に、POMSを用いた快適自己ペース走の検討においては、活気得点が増加することが報告されている (井瀧ほか, 2006)。これまでの報告と同様に、TDMSを用いた本研究の各環境での快適自己ペース走後、気分はイキイキし活発な状態へと変化することが明らかとなった。特に、快適度得点が有意に増加した森林環境での快適自己ペース走は、運動による心理的効果をより増加させる可能性が考えられる。

さらに、激運動後の唾液中コルチゾール濃度

とTDMSの快適度の変化には極めて高い相関関係が認められ、唾液中コルチゾール濃度のクリアランスと特定の心理状態（快適度）が関係することが報告されているが（征矢ほか, 2005）、本研究の結果からは、唾液コルチゾール濃度とTDMSの変化に相関は認められなかった。しかし、本研究のような中程度運動であった快適自己ペース走において、唾液コルチゾール濃度が減少しTDMSの「活性度」「快適度」「覚醒度」の各因子得点が増加した森林環境では、運動効果に加えて環境による影響から生理的なストレスや気分も他の環境より改善される可能性が考えられる。

IV. 結 語

快適自己ペース走は、環境変化に対して運動強度は変動するものの、安全で生理的効果が期待できると考えられた。また、快適自己ペース走は環境変化に対して、ピッチの変動は少なくストライドを調節し適応される疾走動作である可能性が考えられた。特に、森林環境における快適自己ペース走は、他の環境では明らかな変動がみられなかった唾液コルチゾール濃度が低下し、TDMSの快適度が増加したことから、生理的にも心理的にも改善効果を促す運動実践である可能性が考えられた。今後は、多様な環境での運動実践の運動継続への影響の検討が課題である。

謝 辞

本研究の実施に際しご協力いただいた被験者の皆様と、実験およびデータ分析にご尽力いただいた鳥取大学地域学部地域環境学科卒業生の古川直樹氏および福永久人氏に感謝します。

引用・参考文献

- 1) American College of Sports Medicine 編, 日本体力医学会体力科学編集委員会 監訳, 運動処方指針—運動負荷試験と運動プログラム—(原著第8版), 南江堂, 158-187, 2011.
- 2) 藤林しむ・長田泰公・矢富直美・藤田光子, ヒト下垂体—副腎皮質系における心理的ストレスの影響—唾液中コルチゾール濃度を指標として—, ストレス科学, 7, 47-55, 1993.
- 3) 橋本公雄・斎藤篤司・徳永幹雄・高柳茂美・磯貝浩久, 快適自己ペース走による感情の変化と運動強度, 健康科学, 17, 131-140, 1995.
- 4) 橋本公雄・斎藤篤司・徳永幹雄・丹羽劭昭, 快適自己ペース走によるポジティブな感情の変化量を規定する生理心理的要因, 健康科学, 20, 31-38, 1998.
- 5) 橋本公雄・斎藤篤司・徳永幹雄・高柳茂美・瀧豊樹, 快適自己ペース走の再現性の検討, 健康科学, 16, 57-64, 1994.
- 6) 東朋幸・山口昌樹・出口満生・水野康文・香川隆英・宮崎良文, 森林浴の生理的効果(Ⅱ)—唾液中アミラーゼ活性を指標として, 日本生理人類学会誌, 10, 40, 2005.
- 7) 井瀧千恵子・森谷きよし・小田史郎・武田秀勝, 若年女性の黄体期における快適自己ペース運動は血中エストロジオール濃度を上昇させ感情を改善する, 日本運動生理学雑誌, 13, 19-28, 2006.
- 8) 井澤修平・城月健太郎・菅谷渚・小川奈美子・鈴木克彦・野村忍, 唾液を用いたストレス評価—採取および測定手順と各唾液物質の特徴—, 日本補完代替医療学会誌, 91-101, 2007.
- 9) 川島聡子・萩原久美子・下永田修二・野村

- 純・野崎とも子, 運動前後の精神的変化とストレス応答物質の関連, 千葉大学教育学部研究紀要, 54, 263-270, 2006.
- 10) 近藤克之・水落文夫・青山清英, 大学男子短距離選手における短時間最大運動後の気分と唾液中テストステロン, コルチゾールの変動, 陸上競技研究, 14-21, 2007.
- 11) 厚生労働省 健康づくりのための身体活動指針 (アクティブガイド) 2013.
- 12) 熊谷もりえ・中垣内真樹・西嶋尚彦・田中喜代次, 個人情報と主観的運動強度を導入した全身持久性の簡易測定法—若年成人男性について—, 体力科学, 46, 179~188, 1997.
- 13) 近藤照彦・武田淳史・武田信彬・下村洋之助・谷田貝光克・小林功・関耕二・福村幸仁・村上正巳・山口貴史・富岡淳, 森林浴効果の生理学的研究: 川場村における癒しと健康効果の検討, 群馬パース大学紀要, 4, 435-442, 2007.
- 14) 中垣内真樹・熊谷もりえ・鍋倉賢治・佐伯徹郎・三本木温・田中喜代次, 全身持久性体力の評価法としての主観的運動強度を用いた最大下12分間走テストの提案, 体育学研究, 41, 173-180, 1996.
- 15) 中垣内真樹・中村容一・田中喜代次, “RPE13によって速度を調節する歩行テスト”の有用性について—エクササイズトレーニングによる全身持久性体力の改善を妥当に評価できるか—, 体育学研究, 44, 434-444, 1999.
- 16) 中村好男, 運動処方運動処方における「快適強度」の意味, 早稲田大学人間科学研究 9, 31-45, 1996.
- 17) 岡本敦, トレーニング環境が有酸素運動における主観的運動強度に与える影響, 環境経営研究所年報, 7, 51-52, 2008.
- 18) 大蔵倫博・林容市・和田実千・田中喜代次, 自己選択した運動強度に対応する呼吸循環器系反応および心理的反応に与える運動習慣の影響, 体育学研究, 45, 201-212, 2000
- 19) 朴範鎮・恒次祐子・総谷珠美・高山範理・太平辰朗・松井直之・村田秀夫・山口昌樹・安河内朗・平野秀樹・香川隆英・宮崎良文, 森林浴の生理的効果 (I) —唾液中コルチゾールならびに脳活動 (TRS) を指標として, 日本生理人類学会誌, 10, 39, 2005.
- 20) 坂入洋右・徳田英次・川原正人・谷木龍男・征矢英昭, 心理的覚醒度・快適度を測定する二次元気分尺度の開発, 筑波大学体育科学系紀, 26, 27-36, 2003.
- 21) 征矢英昭・加藤守匡・坂入洋右・木塚朝博・緒形ひとみ・西島壮・大森武則・大岩奈青・楯岡卓・中西康巳, 運動後の回復を表す新しいストレス指標の開発: 唾液中コルチゾール濃度からみた二次元気分尺度の有用性, 筑波大学体育科学系紀要 28, 181-186, 2005.
- 22) 山口昌樹, 唾液マーカーでストレスを測る, 日本薬理学雑誌, 129, 80-84, 2007