九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

運動による気分変化の一方略 : カップリングを用いることの意義

鍋谷, 照
Graduate School of Human-Environment Studies, Kyushu University

徳永, 幹雄
Institute of Health Science, Kyushu University

https://doi.org/10.15017/716

出版情報：健康科学. 22, pp.175-182, 2000-02-10. 九州大学健康科学センター
バージョン：
権利関係：

— 研究資料 —

運動による気分変化の一方略
— カップリングを用いることの意義 —

鍋谷　照　徳永幹雄*

A Strategy of Mood Alteration with Exercise
— The Significance of the Use of Coupling —

Teru NABETANI and Mikio TOKUNAGA*

Abstract

The purpose of the present paper is to introduce the influences that the relationship between the pace of exercise and efficiency has, and to endeavors to address the issue of this relationship on acute exercise for mood alteration. In order to maintain a regular exercise program it is necessary to reinforce behavior, and psychological effect should be regard as important in developing exercise habit.

The efficiency of energetics establishes exercise modality. This paper discusses the two coupling methods of cardiac locomotor coupling and locomotor respiration coupling that can change the efficiency. These methods may decrease energy expenditure during exercise situations.

There has been little to investigation regarding mood alteration and efficiency. However, it is possible that this relationship may be effective for stress managements. The problem is the lack of sufficient studies that lead to psychology and physiology and other field of study. Therefore, future research should focus on multidisciplinary approaches.

Key words: coupling, efficiency, mood alteration

(Journal of Health Science, Kyushu University, 22 : 175−182, 2000)

はじめに

高齢化社会を迎えた現在、自立を促し健やかな人生を過ごすための有効な手だてとして、運動の効果は計り知れない。運動の必要性が叫ばれてはいるものの、運動の継続化は容易ではなく、継続化のための方略の具体化が望まれる。谷口[34]は、1）心地よい気分→ 2）精神的充実→ 3）生理的効果→ 4）長い寿命→ 5）運動への動機づけ→ 6）適度な運動の6つの部分から構成される運動の良循環モデルを提示している。谷口はこのような良循環を生活の中にとりいれることが、運動の継続性を高めることに寄与するとしている。ここで重要であると思われることは「心地よい気分の体験」である。中尾[23]によれば、人間の行動を起こすまでの過程において、情報は直接的に心を動かすのではなく、個体にとって意味のある情報が心を動かすとし、それを動因と呼んでいる。この動因とは、欲求や欲望と同義語である。そして、欲求が満たされ、

Graduate School of Human-Environment Studies, Kyushu University 11, Kasuga 816-8580, Japan
* Institute of Health Science, Kyushu University 11, Kasuga 816-8580, Japan

充足されると快が生じるとしている。

このように行動の強化と快の体験は強く結びついているものと思われる。そのため、よりよい健康行動を促進してゆくためには、運動による効果を生理機能的な側面だけでなく、心理的な効果を得ることを目的にした運動処方が求められる。

そこで本稿は健康行動を強化するための一過性運動を題材として、運動の至適ペースと効率の関わりを紹介し、心理的効果をねらいとした方略についての今後の課題を明確にすることを目的とする。

1．至適ペースについて

至適ペースに関して類似した言葉はいくつかある。リズム・テンポ・ピッチなどである。一般にリズムとは律動・進行の調子とあり、音量や音の高低、音色と結びついてアクセントが生じ、拍子などの現象が生じるとされている。テンポとは、楽曲が演奏される速度や、単なる速度のことを指し、ピッチとは、同じ動作を繰り返す速さを示している。また、ペースとは、歩調・歩速、または物事の進む度合いとされている。これらのことを踏まえると、運動場面では音の高低は問題にならないため、アクセントを伴うリズム以外は同義語として捉えることが出来る。本稿の題材として扱うウォーキング・ジョギングでは、動作そのものはペース・テンポ・ピッチという言葉を用い、呼吸の仕方には強弱が存在するため、リズムという言葉を用いる。

1）プリファードテンポ

最初にプリファードテンポについて考えてみたい。日常の動作の中に他人とは異なる自分自身に都合の良いペースがある。この自分自身にとって、自然で快適である動作速度に関する研究は、1930年頃から欧米において盛んに行われている。この動作速度の名称としては preferred tempo, personal tempo, self-paced tempo などと呼ばれている。三島[20]はこれらのテンポを「精神テンポ」と表現し、「個人の精神生活におけるいわば自然流出速度として、その個人に持続的に維持されているものであること、またこのようなテンポは各個人においてまったく変化しないが、変化してもそこにその個人特有の偏差の範囲が保持されていることなどから固有のテンポであり、きわめて高い恒常性を持つこと」と説明をしている。

Bouchard & Carson[5]は指先タッピング・拍手・歩行と3種類の課題動作のプリファードテンポを幼児・小学生・中学生・大学生・高齢者の各グループにおいて比較している。全体に動作テンポは幼児が最も速く、加齢に伴って減少する傾向がみられたことを報告している。三島[20]によれば、プリファードテンポは「一つの行動の形態として個体において形成されたものである限り発達的に変化しうる」としている。

また国安[17]は「リズムの原型は心臓の拍動のような内因性のリズムから成立する」と述べているように、プリファードテンポは生体リズムとの関連性が推測され、例えばヒトの安静時心拍数が、新生児の120bpmから、10歳で90bpmに成人で60－70bpmに減少するように、至適である動作速度も加齢とともに減少するものと考えられる。

2）ペースの再現性

第2に実際の運動の場面を想定し、ウォーキングとランニングを題材としてペースの再現性について考えてみたい。日常運動者の自己選択的運動強度を調べたSpelmanら[27]の研究がある。ウォーキングをいつもと同じように行うように教示を与え、被験者に気づかれないようにビデオカメラにとりスピードを確認した（日常条件）。その一方で、被験者に同様の教示を与え47mの廊下を歩いてもらい速度を記録した（実験条件）。これらの2条件を比較することによって、これまで行われた歩行速度の研究における妥当性を確認している。結果として、日常条件は1.78±0.19 m/sec (mean±SD)、実験条件は1.78±0.21m/secの速度を示し、有意な差はみられなかった。Spelmanらは日常の運動強度を導き出し、運動処方として適切なレベルであるか否かを問題にしている。その結果は、日常のウォーキングと実験室条件での歩行スピードの再現性という観点からも意味のある結果をもたらしている。

また、ランニングにおいては、高野[28]が長距離走者のペース再生について研究を行っている。長距離選手における競技レベルとペース再生の能力の関わりに焦点を当てているが、競技レベルの高い陸上競技部員は同好会員に比べて、自己の身体感覚や動きなどを手がかりとしてペースを判断し、正確にペースを認知している傾向があることを報告している。

橋本[13]は、「快適自己ペース」という主観的な運動強度を用いて、ランニングペースの再現性をみている。被験者に対し快適自己ペースを10試行し、心拍数・スピード・RPEの3つにおける内部相関を確認している。心拍数の相関係数とスピードの相関係数はそれぞれ高く、特に1試行と2試行の相関よりも、9試行と10試行の相関というように、10試行中の後半において、その傾向は著しい。このことは快適自己ペースの試行回数が増えることによって再現性が高まること

を示している。

これらのことから、運動を繰り返して行うことが再現性につながるものと思われる。

3）歩行ペースの至適性

第3に、歩行・走行のスピードが一定の範囲に収まる要因について考えてみたい。歩行のエネルギー出力量が最小になるピッチの歩きが存在し、それが自然歩調（natural cadency）となるという仮説がある。このことを検証するために、大道[24]は腰部の上下動を測定している。トレッドミル上を歩く被験者の腰に紐を装着し、その紐にポテンショ・メーターをくくりつけ上下動を記録すれば、歩行の場合、腰部は重心にほぼ一致していると見なせるため、その曲線は位置エネルギーと同等となる。大道は1人の成人男性について、トレッドミルでは26種類、通常の歩行については42種類の合計68種類の歩幅・歩数の組み合わせで腰部の上下動を測定している。速度に対して上下動は関連がみられないが、歩幅と上下動の関係には極めて強い相関が得られている。つまり、歩行の上下動は速度ではなく歩幅によって一意的に規定されていると考えることができる。

次に自由歩行と強制歩行を比較してみる。歩行には自由歩行と強制歩行があり、自由歩行とは歩数と歩幅を自由に選択できる歩行である。それに対して、強制歩行は歩数と歩幅が規制されているものを示す。歩速と歩幅は連動しているので、至適ピッチで歩いた自由歩行は、上下動と速度は直線関係にあると考えることができる。また強制歩行と自由歩行を比較した場合、強制歩行に対して、自由歩行は明らかに上下動が少ない値を示す。つまり、物理学的な側面からは、自由で至適である歩行はエネルギー消費が少なく疲れにくいといえる。

以上のように、ヒトが動作を行う場合、固有の至適テンポが存在する。そのテンポは極めて恒常性が高いことが既に確認されている。同様に運動場面の歩行や走行においても観察されており、至適ペースは運動にも再現性が高いことが報告されているため、このようにペースが一定の範囲に収まることは、エネルギー消費が要因となっているものと思われる。

2．運動の効率について

1）運動様式の推移と効率

次に歩調推移の理論についてふれてみたい。総エネルギー代謝を最小にするために歩調の推移が生じることを提案しているエナジェティック・トリガーの考え方によれば、一般に歩行からランニングへの推移は、ランニングを上回る歩行のエネルギー消費の割合（cal/kg/sec）でのスピードと推測される。つまり、単位距離あたりのエネルギー消費（cal/kg/m）において、ランニングが歩行よりも効率的になるスピードに等しい。単位距離あたりのエネルギー消費を計算で求めたヒトのデータは2.2–2.3m/secになることを示している[10), 19)]。そしてこの値は多くの研究者によって観察された2.1m/secの推移速度に近いものである[3), 14), 11)]。

この理論を考慮すると、ヒトの至適活動は効率によって決められていると考えることができる。無意識に、最もエネルギー消費が少なくてすむ方法で活動をしているのである。我々がどこかに急いで移動する場合に、急ぎ足から小走りに変わっていることがある。これは、走った方が身体に負担が少ないことを示している。馬の歩調も同様でありウォーク（普通の歩き）からトロット（弾みをつけた早歩き）へ、またトロットからギャロップ（四足とも地面から離れる最も速い走り）という移動速度に合わせた動作がある。

これまで述べてきた、自由歩行や歩調推移といった観点からの効率の良い動きは、ヒトが自ら望む負担の少ない運動様式であると考えられよう。

2）感情と効率

ここで運動の効率と感情の関わりに注目したい。エネルギー代謝と感情の変化の関わりをみたものはいくつかあるが、そこに運動を絡めたものは少ない。

例えば、Morgan[22]はレビューの中で、運動の代謝に影響を及ぼすものとして、感情・知覚・認知をあげている。しかしながら、この論文は多くを催眠について言及している。感情は一過性の強い情動を示す言葉である。怒り・恐れ・不安・幸福感などがこれにあたる。知覚とは、感覚や気づきといった環境内で物体を理解する力に関連するものである。例えば、運動の感じ方に影響を及ぼすであろうタイプA行動パターンや、暗示や催眠などがこれにあたる。認知はassociationやdissociationといったメンタル・ストラテジーと、コーピング・ストラテジーにはリラクセーション・テクニックやストレス・マネジメントが含まれている。ここでは感情に焦点を当て、運動の代謝における問題を運動の効率であるランニングエコノミー（以下RE）と置き換えて話を進める。

心理状態は心の認知や情動の状態を指している。運動の効率を示すREは、ある最大下のスピードでのランニングに消費される酸素の総量として定義されている[21]。本稿で注目されるべき点は、ある一定の作業負荷で認知や情動が酸素コストに影響を与えるかどうか

を確認することである。

Schwarts ら[26]は、幸福感・悲しみ・怒り・恐れの4つの感情状態とリラックス、プラシボの6条件を比較している。運動課題としては60秒間のステッピングである。被験者は2分間の感情イメージ想起の後に運動課題を行った。結果は、怒り条件において心拍数と収縮期血圧の大きな高まりを生み、恐れ・幸福感の条件がこれに続いた。また、悲しみの条件では他のイメージ条件に比べて運動時の変化がなかったことが報告されている。

次の Williams ら[32]の研究は RE と気分の関連を確認している。中程度に鍛えられたランナー(n=10) は、約 50%VO_2max, 60%VO_2max, 70%VO_2max の3つのトレッドミルスピードで、週あたり5回4週間にわたってランニングを行った。各週の最後に、ランニングに先立って被験者は、この週の気分の状態を特定するために POMS を行った。POMS の尺度は、緊張・抑鬱・情緒混乱・活力・怒り・疲労の6つの下位尺度を含んでいる。それに加えて、ネガティブな指標である Total Mood Disturbance (TMD) 尺度は6つの下位因子から計算された。酸素消費量は5日間を通した3つのスピードの平均とされ、それぞれ4週間の POMS のスコアとの相関が確認された。その結果、酸素消費量と TMD のグループ内相関は有意ではなかった (r=−0.28)。しかし、標準化されたデータにおける被験者内変動は6つのうち5つの下位尺度間に正相関が示され、その TMD 範囲は 0.7 から 0.99 の範囲であった。その TMD と RE の相関は強く (r=0.88)、それは、ネガティブな感情の少ないことが、一定の作業負荷での少ない酸素消費と関連していたことを示している。下位尺度が示した最も強い RE との相関は緊張であった (r=0.88)。RE に関わりがなかった下位尺度は疲労であった (r=0.18)。Fig1. はそれぞれの酸素摂取量とともに、被験者内の z スコア変換した TMD が示されている。TMD が高まるにつれて酸素消費の高まることが明確にされた。

各被験者は、最も効率の悪い週と比較して、最も効率的であるときに心理的に好ましい状態とされるアイスバーグプロフィールを伴っていた (Fig2.)。この研究において感情は操作されていないが、強い関わりを示す高い相関は、POMS の尺度によって測られた気分の状態と RE の関わりを示している。

この研究以外に運動の効率と感情の関連を直接的にみた論文はみあたらない。間接的に女性の月経周期と RE の関わりを確認することを目的とした Williams ら[33]の論文が唯一のものであろう。ただし、この論文は被験者の気分の状態を把握するために POMS が使われているにすぎない。この論文は 55%VO_2max と 80%VO_2max に相当するスピードでの運動強度を設定し、RE の変化と性周期の関わりを確認している。結果は、55%VO_2max 強度では、月経周期の局面間における RE の有意な違いはみられなかった。しかしながら、80%VO_2max に相当するスピードでの RE は、卵胞初期よりも黄体中期の方が有意に酸素消費が多かっ

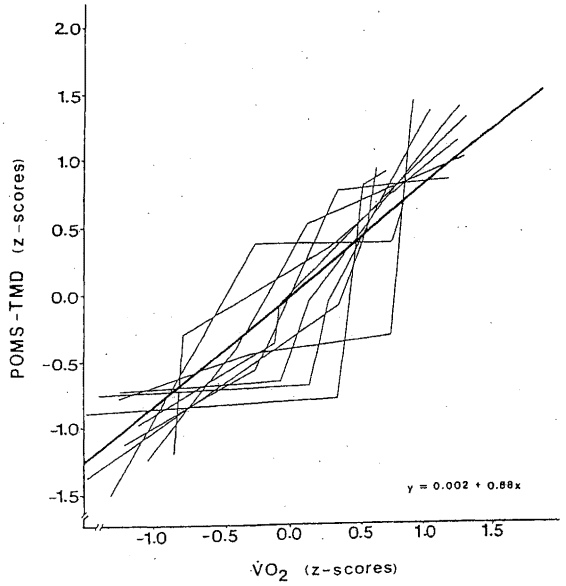

Fig 1. Correlation between Profile of Mood States (POMS) total mood disturbance (TMD) z-scores and oxgen consumption (VO_2) z-scores (from ref. 32).

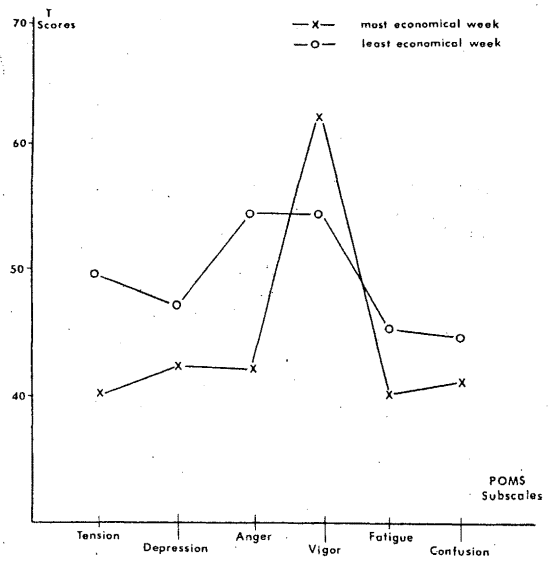

Fig 2. Profile sheet of the six subscales from the Profile of Mood States (POMS) for the most and least economical week (from ref. 32).

た。また、POMS の TMD と 3 つの下位因子（抑鬱・疲労・情緒混乱）は卵胞初期に比べて黄体中期が有意に高かった。POMS の活動性のスケールは卵胞初期に比べて黄体中期が有意に低かった。この研究では 80%VO_2max に相当するスピードでの RE は、換気量の制御変化や月経サイクルを通じて起こる気分の変化と共に変化すると結論づけている。このことは、RE と気分の状態の関連を示すものであるが、この研究における POMS の結果は、女性の月経周期によるホルモンの影響と、気分の影響を切り離して考えることが出来ないため、感情と RE の関わりを直接論ずることは出来ない。

しかしながら、これらの 2 つの文献は RE という運動の効率と感情の関わりを検討している数少ない資料として価値があるものであろう。

3）coupling について

次に効率に影響を与える方法として、意図的にテンポ・リズム等を同期させる coupling と呼ばれる方法について考えてみたい。

(1) cardiac locomotor coupling

トレッドミルを用いて漸増負荷をしている過程において、速度を一定にし勾配を徐々に上げていく。この時に足の着地を音刺激に合わせて一定のピッチで走るようにしながら、心拍数をモニターすると、はじめはピッチよりも少なく、ゆっくりと漸増し、やがてピッチと同じになる。そしてさらに増加するという過程を踏む。

この時に、心拍数の漸増曲線がピッチのレベルとクロスする点がしばらく続く状態が観察できる。例えば 1 分あたりのピッチ数が 160 回であったとすると、しばらく心拍数が 160 拍で保たれるという具合である。このような心拍と動作の同期を cardiac locomotor coupling と呼んでいる。

この現象について池上[15]は、次のように説明している。一般に収縮期には心臓からの血液の駆出によって動脈圧が高まる。そのため、頸動脈洞などの圧受容器が刺激され、ここから洞結節を通ってインパルスが上行して、脳の心臓迷走神経中枢に入る。その結果、迷走神経中枢は興奮し、下行性のインパルスを洞結節に送る。洞結節が迷走神経のインパルスを受けると除脈が起こり心拍数は減少する。

通常、心拍数は収縮時に頸動脈洞を発するインパルスによって除脈化されている。しかし、その一方で、着地すると足の感覚が刺激され、インパルスが上行する。このインパルスは心臓迷走神経中枢に至り、その活動を抑制するように作用する。したがって、収縮期に着地すると、感覚刺激は心臓迷走神経中枢が頸動脈洞からのインパルスによって興奮しているとき（除脈化効果の起こっているとき）に中枢に達するので、興奮していた中枢は抑制され、除脈化効果も消失して心拍数が増大する。

ところが、拡張期に着地すると感覚刺激と頸動脈洞の刺激がタイミング的に一致せず、感覚インパルスは心臓迷走神経中枢が興奮していないときに到着するので、感覚刺激による中枢抑制効果は発揮されず、心拍数には影響を及ぼさない。つまり、除脈が保たれるのである。

この知見によってカップリング発生のメカニズムを説明することができる。Fig3. は心電図における RR 間隔（R−R）と、R 波と足底の着地まで（R−St）の時間を模式的に示した正弦波である。ランニングの始めの部分ではカップリングが起こっており、何かの原因によってカップリングが乱れたとする。例えば、R 波が予定よりも早く生じ、脚のリズムは変わらないとすると、R−St はそれまでの値よりも長くなる。つまり図 3 の正弦波において点が A から B に移動することになり、それに対する R−R はそれまでよりも大きい。その結果、次の R 波は少し遅れて起こることになる。

このような仕組みで、何らかの原因で R 波が予定よりも遅く生じた場合も同様の過程が生じることとなる。つまり、一端カップリングが生じると、何らかの原因でカップリングが乱れても再び引き戻されるという機構が働いているのである。

次に、この cardiac locomotor coupling の作用について考えてみたい。トレッドミル上を走っているときに、心電図の R 波をトリガーとして聴覚刺激を発

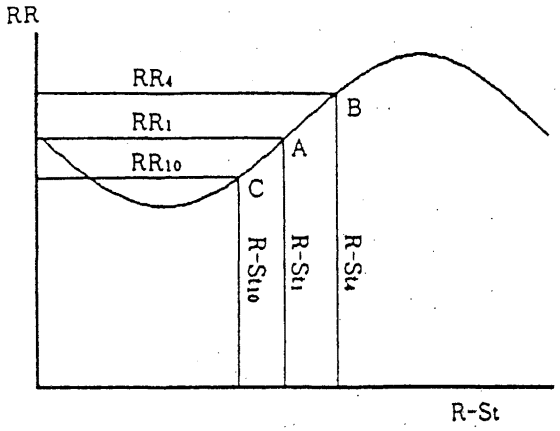

Fig 3. Relationship between R-R interval and R-Step interval on coupling situation (from ref. 15).

生させ、着地をその刺激音に合わせるようにした。条件としては、1）同期させない　2）収縮期に同期させる　3）拡張期に同期させるの3条件を設定した。その結果、心拍数・酸素摂取量いずれも有意な差はみられなかったが、収縮期に同期させた場合、血中乳酸値において有意な低下がみられた。このように、自律神経系の支配下にある心臓の拍動が、体性神経支配下の脚のタイミングによって影響を受けることは非常に興味深い。

(2) locomotor respiration coupling

呼吸は、筋肉や心拍に影響を与えるものとして、ストレス・マネジメント・プログラムの導入部の多くに用いられている。このことは、呼吸が体性神経系から自律神経系に影響を与えることを示すものである。

運動と呼吸の関わりを考えた場合、2つの観点がある。まず運動のテンポと呼吸が同期化する現象と、一定の out put power におけるピッチやストライドとの組み合わせを最大酸素摂取量との関わりから検討するものの2つである。

前述の cardiac locomotor coupling と同様に、着目されているものとして locomotor respiration coupling (LRC) がある。これは、初期には entrainment という言葉が用いられ、呼吸リズムが律動的な動作に引き込まれていく位相同期化現象を指した。

Bramble & Carrier[6]は、野ウサギ、犬、馬の中において動きと呼吸リズムの couping を認めている。呼吸筋活動は呼吸中枢によって調節されるが、運動時には運動器官や呼吸筋周辺器官の動きによって影響され、そのため肺の換気も影響される。例えば走行時には、腹部内臓の上下動（ピストン運動）による横隔膜の受動的上下動とこれに伴う呼吸気流の変化が犬の走行実験で証明されている[7]。このことと同様の変化がヒトでも生じると推測されている[8]。

この coupling という言葉が用いられるようになったのは、1980年代以降である。このランニングのテンポに関して、河瀬ら[16]は、最大酸素摂取量が定常に保たれる 180–265m/min のランニング速度では、4歩1呼吸が最も酸素摂取量が少なくなるという。また、山口ら[35]は、学生中・長距離選手を対象にしたアンケートから、ランナーの約35%が走行中自分の呼吸リズムを認識しており、その内で64%が4歩1呼吸であったと報告している。

このような安静時及び運動時の呼吸パターン（呼吸頻度と一回換気量の組み合わせの結果としての肺換気量）の調節は、呼吸運動の至適化（optimization）に基づいていると考えられている[9]。それは血液ガスの変化・呼吸筋の機械的仕事・息苦しさの感覚が最小化するように調節されているというものである。

今日、ランニングのテンポや呼吸・心拍リズムの coupling についての研究は数多くあり、明らかになっていることが、山地[36]によって報告されている。ウォーキングよりもランニングに発生頻度が高く、非ランナーよりもランナーに顕著であること。そしてランニングのテンポが遅いよりも速いほうが発生頻度は高く、トレーニングによって発生頻度が多くなること。また、coupling の発生頻度が高くなることでエネルギー代謝量が減少するが、coupling の発生頻度は個人差が大きく一定しないことを挙げている。

一方で高野[30]は、運動リズムが速く、自転車やボート漕ぎよりランニングや歩行運動といった運動の様式への慣れや訓練が多いとき、LRC によって呼吸困難感が軽減するとき、そして運動リズムを一定に保つために聴覚外部刺激を使用したときなどに、LRC が増大すると報告している。また、運動パフォーマンスへの影響についても、1）運動時の酸素摂取量の軽減、2）運動時の息苦しさの軽減、これらについては確定した結論が得られていないとしている。高野ら[31]は LRC による全身の酸素摂取量の変化は、呼吸筋の酸素消費量に依存していることを報告している。

好みのリズムや速度を一定に保ちながら運動した時の LRC 発生率（LRC 発生総時間 / 運動時間）はトレッドミル歩行で 30–50%であり、走行では 35–55%であり、自転車漕ぎ運動では 20–30%であるとし、どの運動においても個人差が大きいとしている[29]。

Garland ら[12]の研究は、一定負荷作業時において、動作と呼吸リズム間の coupling の割合が高まるほど酸素摂取量が減少したと報告している。Bernasconi ら[2]や Bonsignore ら[4]も同様の結果を導き出しているが、効果がみられないとするもの[1, 18, 25]もあり、結論については両義的である。このことを考えた場合、呼吸や心拍に動作を合わせることが、難度の高いタスクとなっている恐れがある。今後、被験者の心理的負担度を考慮し、タスクの困難度を取り除いた実験が望まれる。

以上のように、歩行からランニングへの推移点は、ランニングが歩行よりも効率的になるスピードである。つまり、効率の良い動きは、ヒトが自ら望む負担の少ない運動様式であると考えられる。運動の効率と感情の変化の関わりをみたものはいくつかあるが、そこに

運動を関連づけた研究は少ない。例えば Williams ら[32]の研究は RE の気分の効果を確認し、最も運動の効率の悪い週と比較して、最も効率的である週に心理的に好ましい状態であったことを示し、気分の状態と RE に関連があることを報告している。

したがって、運動の効率に影響を与える方法として、意図的にテンポ・リズム等を同期させる coupling と呼ばれる方法（cardiac locomotor coupling, locomotor respiration coupling）が有効であることが推察される。coupling については酸素消費量や呼吸の困難感の低減についての報告があるが不明確であり、これらの研究は coupling 自体が難度の高いタスクになっている恐れがあるため、被験者の心理的負担度を考慮した実験設定が必要であり、さらなる、運動の効率と気分の変化に関する詳細な実験的研究が必要であろう。

3．今後の課題

これまでに運動の効率と感情の変化の関わりを検討しているものは少ない。ここで問題となるのはこのような運動の効率が気分の変化に与える影響である。前述した Williams ら[35]の文献は、その週の感情状態と運動における効率の変化を問題にしている数少ない研究である。しかしながら、この研究は1週間を単位として、その週の終わりに心理測定を行っており、運動による気分の変化と効率の関わりを明確にできない。ストレス・マネジメントの効果をねらいとする場合、運動の効率と気分の変化の関わりを確認することは意義のあることであろう。そのため、同一の運動課題を与えた場合の、効率の善し悪しと一過性の気分の変化を関連づけた考察が必要である。運動の効率が運動によって生じる感情変化と関わりがあるのであれば、固有のテンポやリズムといわれるものが運動の効率に影響を及ぼし、その結果、感情にも作用することが考えられる。また、coupling という言葉に表現される、拍動に合わせた動作、または動作に合わせた呼吸法を実施することによって運動効率が変化することも期待できる。効率と気分の関わりからストレス・マネジメントを目的とした運動処方を行う場合に coupling が新たな介入の方略となる可能性があり、運動継続に有効に作用することが期待できる。このような運動の効率と気分の変化の関連は、経験的に体感することではあるが、明確にされていないのが現状であり、今後、生理学と心理学を関連づけた学際的な研究が望まれる。

一方、効率の良い運動は体重減少のためには非効率的な運動であり、身体的な運動の効果の体験といった面から考えると、運動の継続のための動機づけを強くするものとは言い難い部分もある。したがって、多くの要因を考慮した多変量に焦点をあてた分析が必要であろう。同時に、一過性の感情喚起の要因を明確にするために、より詳細な部分に着目した研究も必要であろう。

文　献

1）Alphen, J., and Duffin, J.: Entrained breathing and oxygen consumption during treadmill walking. Can. J. Appl. Physiol., 19(4): 432–440, 1994.

2）Bernasconi, P., and Kohl, J.: Analysis of co-ordination between breathing and exercise rhythms in man. J. Physiol.(Lond), 471: 693–706, 1993.

3）Beuter, A., and Lalonde, F.: Analysis of phase transition in human locomotion using singularity theory. Neurosci. Res. Communications, 3: 127–132, 1989.

4）Bonsignore, M.R., Morici, G., Abate, P., Romano, S., and Bonsignore, G.: Ventilation and entrainment of breathing during cycling and running in triathletes. Med. Sci. Sports Exerc., 30(2): 239–245, 1998.

5）Bouchard, C. and Carson, J. A.: Heart rate regression with success and failure signals. Psychophysiology, 13(1): 69–74, 1976.

6）Bramble, D. M. and Carrier, D. R.: Running and breathing in mammals. Science, 219: 251–256, 1983.

7）Bramble, D. M. and Jenkins, F. A. Jr.: Mammalian locomotor-respiratory integration: implications for diaphragmatic and pulmonary design. Science, 262: 235–240, 1993.

8）Bramble, D. M. and Carrier, D. R.: Running and breathing in mammals. Science, 219: 251–256, 1983.

9）Dempsey, J. A., Adams, L., Ainsworth, D. M., et al.: Air way, lung, and respiratory muscle function during exercise. In: Handbook of physiology. Sect 12, Exercise: Regulation and integration of multiple systems. Ed. by Rowell L. B. and Shepherd J. T., Am. Physiol.

Soc., New York, pp.448-514, 1996.

10) Falls, H. B., and Humpherey, L. D.: Energy cost of running and walking in young women. Med. Sci. Sports, 8: 9-13, 1976.

11) Frederick, J. D., and William, H. W. Jr.: Why change gaits? Dynamics of the walk-run transition. J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform., 21(1): 183-202, 1995.

12) Garland, F., Kohl, J., Koller, E. A., and Pietsch, P.: Effect of coupling the breathing and cycling rhythms on oxygen uptake during bicycle ergometry. Eur. J. Appl. Physiol., 54: 497-501, 1985.

13) 橋本公雄:「快感情を求める身体運動」. 竹中晃二(編), 健康スポーツの心理学, 大修館書店, 1998. pp.32−39.

14) Hreljac, A.: Preferred and energetically optimal gait transition speeds in human locomotion. Med. Sci. Sports Exerc., 25: 1158-1162, 1993.

15) 池上晴夫：脚のリズムと心臓リズムの干渉. 体育の科学, 杏林書院, 43(12):963-968, 1993.

16) 河瀬雅夫, 山岡誠一：持久走における呼吸の調整についての生理学的考察. 体育学研究, 12(5): 212, 1968.

17) 国安愛子：リズム発生のメカニズム. 音楽教育研究, 音楽の友社, p.388. 1971.

18) Maclennan, S.E., Silvestri, G.A., Ward, J., and Mahler, D.A.: Does entrained breathing improve the economy of rowing. Med. Sci. Sports Exerc., 26(5): 610-614, 1994.

19) Margaria, R.: Biomechanics and energetics of muscular exercise. Oxford, England, Clarendon, Press, 1976.

20) 三島二郎:「精神テンポ」. 梅津八三, 宮城音弥, 相良守次, 依田新(編), 心理学辞典, 平凡社, 1964. pp.387−388.

21) Morgan, D. W.: Factor affecting running economy. Sports Med., 7: 310-330, 1989.

22) Morgan, W. P.: Psychogenic factors and exercise metabolism: a review. Med. Sci. Sports Exerc., 17(3): 309-316, 1985.

23) 中尾弘之:「快の意義」. 中尾弘之, 田代信維(編), 快の行動科学, 朝倉書店, 1998. pp.1-11.

24) 大道等：歩行の至適リズムにおけるエネルギー出力. 体育の科学, 杏林書院, 46(12): 960-968, 1996.

25) Rassler, B. and Kohl, J.: Analysis of coordination between breathing and walking rhythms in humans. Respir. Physiol., 106(3): 317-327, 1996.

26) Schwarts, G. E., Weinberger, D. A. and Singer, J. A.: Cardiovascular differentiation of happiness, sadness, anger, and fear following imagery and exercise. Psychosom. Med., 43: 343-364, 1981.

27) Spealman, C. C., Pate, R. R., Macera, C. A. and Ward, D. S.: Self-selected exercise intensity of habitual walkers. Med. Sci. Sports Exerc., 25(10): 1174-1179, 1993.

28) 高野和夫：長距離走者のペース再生における認知的方略. 体育学研究, 41:104-114, 1996.

29) 高野成子:「運動のテンポと呼吸リズム」. 宮村実晴, 古賀俊策, 安田好文(編), 呼吸−運動に対する応答とトレーニング効果, ナップ, 1998. pp.30−41.

30) 高野成子：運動と呼吸リズム. 体育の科学, 杏林書院, 49(5), 365-370, 1999.

31) Takano, N. and Deguchi, H.: Sensation of brethlessness and respiratory oxygen cost during cycle exercise with and without conscious entrainment of the breathing rhythm. Eur. J. Appl. Physiol., 76: 209-213, 1997.

32) Williams, T. J., Krahenbuhl, G. S. and Morgan, D. W.: Mood state and running economy in moderately trained male runners. Med. Sci. Sports Exerc., 23: 727-731, 1991.

33) Williams, T. J., and Krahenbuhl, G.S.: Menstrual cycle phase and running economy. Med. Sci. Sports Exerc., 29(12): 1609-1618, 1997.

34) 谷口幸一:「高齢期の健康と身体活動」. 竹中晃二(編), 健康スポーツの心理学, 大修館書店, 1998. pp.68-75.

35) 山口正信, 浅川正一, 武政喜代次, 古藤高良, 山西哲郎, 山本民夫, 佐藤芳久：疾走(中距離走)における呼吸リズムに関する研究. 体育学研究, 15(5): 238, 1971.

36) 山地啓司：ランニングのテンポと呼吸リズム. 体育の科学, 杏林書院, 49(5): 371-375, 1999.