

運動中の視覚刺激が呼吸困難と下肢疲労感 および呼吸循環応答に与える影響

伊藤雅紹・増井綾乃・森駿一朗

[目的]本研究は、自転車エルゴメータを用いた定常運動負荷時の呼吸困難、下肢疲労感および呼吸循環応答に対して、視覚刺激が与える影響を検討した。[対象と方法]対象は、若年健常者 16 名 (男性 9 名, 女性 7 名)。方法は、DVD 再生下で行う刺激群と非刺激群の 2 通りを封筒法により無作為化し、事前に行った漸増運動負荷試験で得られた $\text{peak}\dot{V}\text{O}_2$ の 40% 負荷に相当する負荷量にて定常負荷実験を実施した。実験中は、呼気ガス分析装置を用いた呼吸循環応答と呼吸困難、下肢疲労感を測定、評価した。また、実験終了後に楽しさを VAS にて評価した。[結果]呼吸困難、下肢疲労感是非刺激群に比して刺激群で有意に低値を示し、楽しさは非刺激群に比して刺激群で有意に高値を示した。しかし、呼吸循環応答は両群間で差は認められなかった。[結語]運動中に視覚刺激を与えることで、運動時の呼吸困難、下肢疲労感を軽減させるということが示唆された。

はじめに

近年、増加傾向にある慢性閉塞性肺疾患 (chronic obstructive pulmonary disease; COPD) は、臨床的には徐々に生じる体動時の呼吸困難や慢性の咳、痰を特徴とする。この COPD を主とした呼吸器関連疾患に対する運動療法においては、下肢の運動による全身持久力トレーニングが適応され、有用性のエビデンスも高く、日本呼吸器学会 COPD ガイドラインにおいても推奨されている¹⁾。しかし、運動療法の中止基準の一つに臨床症状である強い呼吸困難 (修正 Borg スケール 7~9) が含まれており²⁾、運動療法継続の制限因子となっている。米国呼吸器学会によると³⁾、呼吸困難は「a subjective experience of breathing discomfort that consists of qualitatively distinct sensations that vary in intensity」と定義され、呼吸をすることに不快感を訴えるといった主観的な状態である。また、古くより肺や気道の受容器、胸郭の機械受容器、動脈血ガスのホメオスタシス維持に寄与する呼吸化学受容器が検討されており⁴⁾、抑うつ、不安等の心理的な因子も強く関与することが従来から知られている²⁾。

近年の研究では⁵⁾、脳の情動系が痛みの体験や喜怒哀楽、不快感、恐怖などの基礎的な感情の体験に重要な役割を持つと言われており、この他に嗅覚や味覚、視覚、聴覚といった外部感覚刺激も作用すると言われている。また、脳画像解析においても、呼吸困難の発現に情動系が関与することが判明している⁶⁾。そこで、聴覚や視覚、嗅覚、味覚といった外部感覚に関して、呼吸困難誘発時に賦活される脳の情動系ネットワークに対する外部感覚刺激が呼吸困難に影響を与えるのではないかという仮説を立てた。

外部感覚刺激に関する過去の文献において、V.M. Nethery ら⁶⁾ が健常成人に対して行った自転車エルゴメータを用いた研究では、音楽による聴覚刺激が自覚的運動強度に有意に影響を与えたが、映像を用いた視覚刺激による自覚的運動強度への影響は見られなかったと報告している。しかし、この実験における自覚的運動強度は“労作感”として表現され、呼吸困難と筋疲労感が含まれているが、これらは個別に評価・検討されたものではない。

さらに、聴覚刺激に関しては、新貝ら⁷⁾ が健常成人に対して行った Shuttle Walking Test を用い

た研究では、呼吸困難および下肢疲労感が個別に評価、検討しており、聴覚刺激が呼吸困難および下肢疲労感の軽減に対して有意に影響を与えたと報告している。

近年では、人々の健康に対する意識が高まる中、運動が注目されており、フィットネスクラブ等において、運動中に映像を見たり、音楽を聴いたりしている人々の姿がよく見受けられる。そこで、映像や音楽が呼吸困難に何らかの影響を及ぼすのではないかと考えた。しかし、視覚刺激が呼吸困難に与える影響について、COPD 患者のみならず、健常者を対象とした先行研究は未だ報告されていない。

以上のことから、本研究の目的は、健常者を対象とし、自転車エルゴメータを用いての定常運動負荷による呼吸困難、下肢疲労感および呼吸循環応答に対して、視覚刺激が与える影響を検討することである。

対象と方法

対象は、若年健常者 16 名(男性 9 名, 女性 7 名)であり、平均年齢は 21.7 ± 2.9 歳、平均身長 166.1 ± 9.2 cm、平均体重 59.1 ± 9.4 kg であった。対象者には口頭にて本研究の目的、方法およびリスクについて説明し、同意を得た上で安全面を重視して測定を行った。

研究手法は、クロスオーバー比較試験とし、3 セッションから構成されている。セッション 1 では、運動負荷試験(以下、CPX)を実施した。CPX は、エルゴメータ(ERGOMETER232CXL, COMBI 社)を使用し、エルゴメータ上で 2 分間の安静座位、3 分間の 20W 定常負荷による warm up に続き、20W/min ずつ漸増する Ramp 負荷にて行った。この時の回転数は 60rpm とした。中止基準は、アメリカスポーツ医学協会の運動負荷試験実施要領ならびに、回転数の維持が困難となった時点とした。呼気ガス分析装置(呼吸代謝測定システム エアロモニタ AE-300S)にて得られた最高酸素摂取量(以下、 $\dot{V}O_{2\max}$)は負荷試験終了時から終了前 30 秒間の平均値を採用した。セッション 2, 3 では、 $\dot{V}O_{2\max}$ の 40% に相当する負荷量にて定常負荷実験を実施した。この負荷量

の選択基準は、先行研究⁷⁾より、高負荷運動では音楽の効果が小さいと推測されていたことに準じた。この実験は、映像を見ながらの定常負荷実験(以下、刺激群)と映像を見ない状態での定常負荷実験(以下、非刺激群)を封筒法により無作為化した。実験プロトコルは、エルゴメータ上で安静座位を 5 分間とり、続いて 3 分後に CPX で決定した $\dot{V}O_{2\max}$ の 40% に相当する負荷量に達するよう設定した Ramp 負荷にて 3 分間の warm up を実施した。その後、定常負荷にて 20 分間の運動を実施し、1 分間の cool down と、recovery として 10 分間の安静座位による回復段階を設けた。実験中の回転数は CPX 時と同様に 60rpm を維持するよう指示した。

視覚刺激は、映画、アニメーション、風景、スポーツの 4 つの異なるジャンルを事前に用意した。実験開始前に、対象者に 4 本の DVD の中から最も興味のあるものを選択させ、20 分間の運動中のみ前方に設置した 60inch のテレビ画面に消音設定にて再生した。この時、画面の位置は対象者が快適と感じる距離に調整した。また、対象者の左右にはパーテーションを設置し、映像以外の視覚刺激が最小限になるよう配慮した。20 分間の運動開始時に DVD を再生し、運動終了と同時に DVD を停止した。非刺激群は、刺激群と同様の実験環境下にて、運動実施中に DVD を再生せず、視覚刺激を行わない条件で実施した。実験は静かな部屋で、外部からの刺激が最小限になるように配慮した。また、実験中は、対象者にはノイズキャンセリング機能付きヘッドホン(Panasonic RP-HC150 ステレオヘッドホン)を装着させ、実験中の対象者への指示は全て紙面にて行った。また、各セッションは実験による対象者の疲労を考慮して 2, 3 日の期間を空けて実施し、実施前には対象者に実験手順について十分なオリエンテーションを行った。

評価項目は、呼吸困難、下肢疲労感、楽しさおよび呼気ガス分析装置にて得られた体重当たりの酸素摂取量(以下、 $\dot{V}O_{2/W}$)、分時換気量(以下、VE)、呼吸数(以下、RR)、心拍数(以下、HR)とした。呼吸困難および下肢疲労感の評価には修正 Borg Scale を使用し、運動中は 3 分毎に、回復段階は 1 分毎に対象者が目視可能な場

所に修正 Borg Scale の用紙を掲示し、指差しにて回答するよう指示した。楽しさの評価には、Visual Analog Scale(以下、VAS)を使用し、各実験終了後に評価した。

統計処理は、運動中の各時間における刺激群と非刺激群の比較を、 $\dot{V}O_2/W$, VE, RR, 楽しさについては対応のある t 検定, 呼吸困難と下肢疲労感, HR については Wilcoxon の符号付順位和検定にて比較検討した。統計ソフトは PASW Statistics 18 を使用し、危険率 5% 未満を有意とした。

結果

研究プロトコルから外れた者(2名), HR を正常に測定できなかった者(1名)は除外され、最終的な対象者は計 13 名(男性 6 名, 女性 7 名)であった。平均年齢は 21.1 ± 1.0 歳, 平均身長 164.8 ± 9.5 cm, 平均体重 56.9 ± 6.9 kg であった。

$\dot{V}O_2/W$, VE, RR, HR については、両群間で有意な差は認められなかった(図 1)。

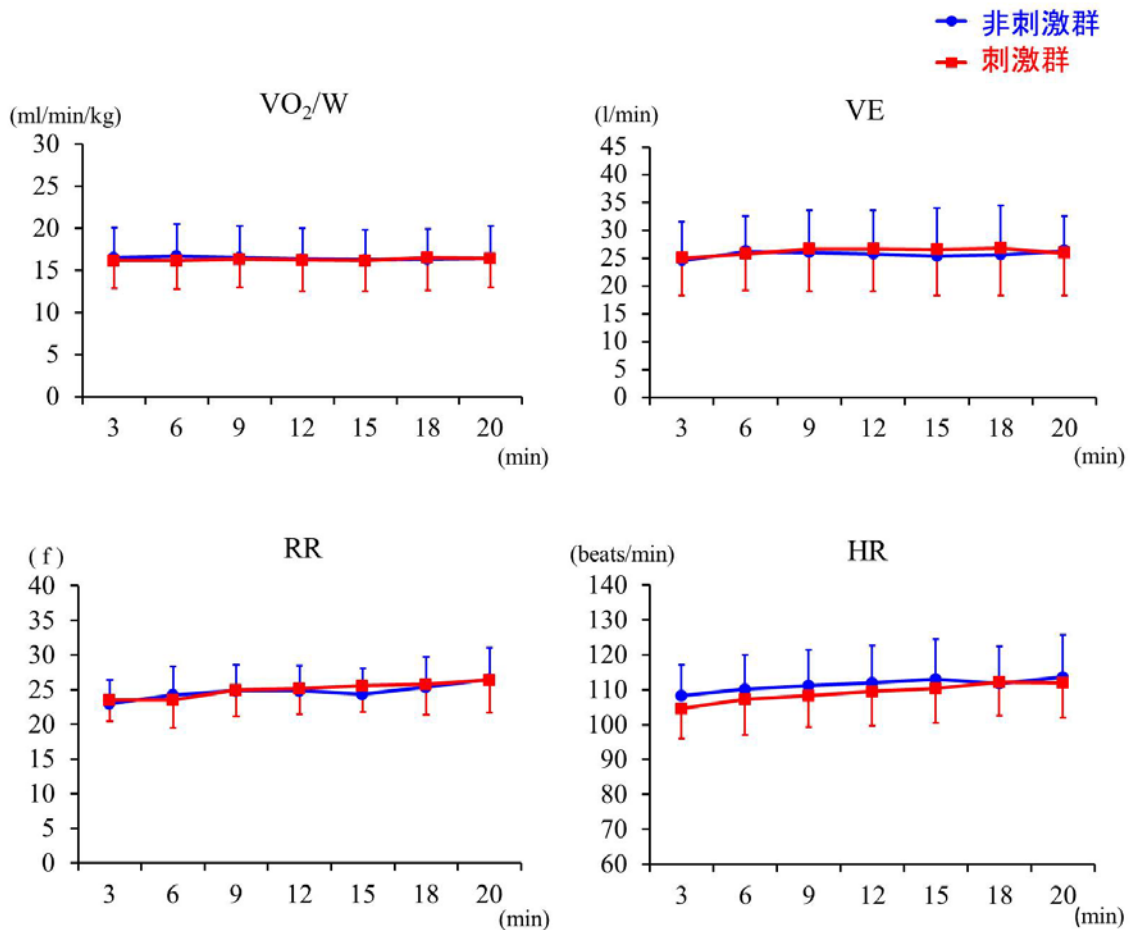


図 1:呼吸循環応答

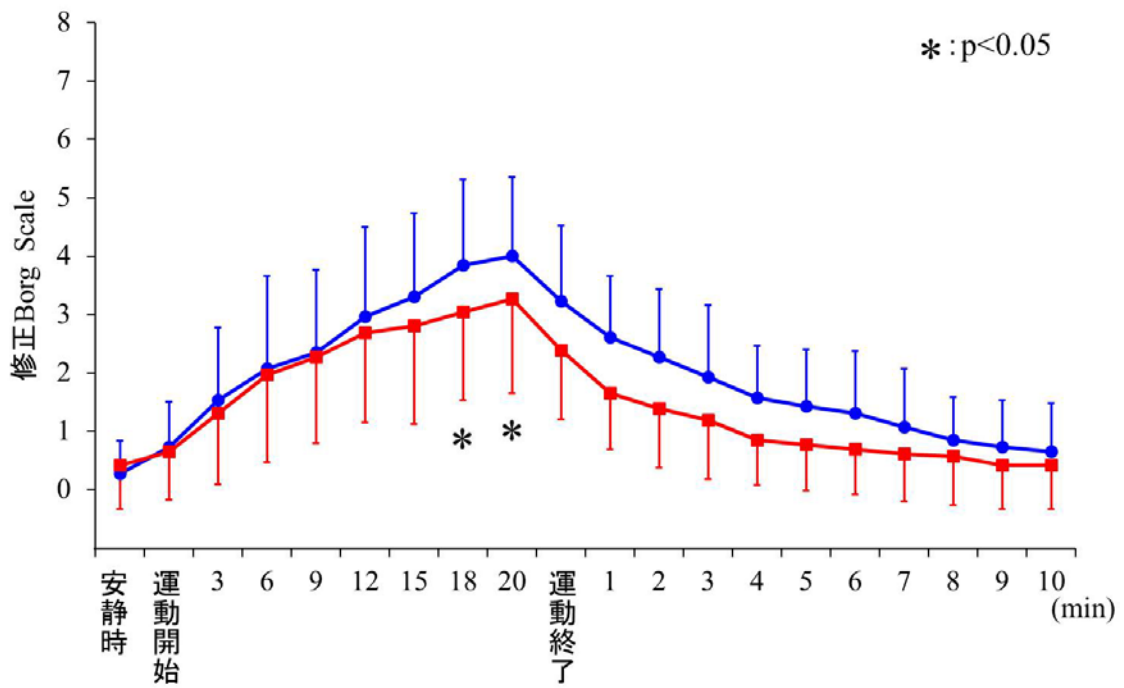


図 2:呼吸困難

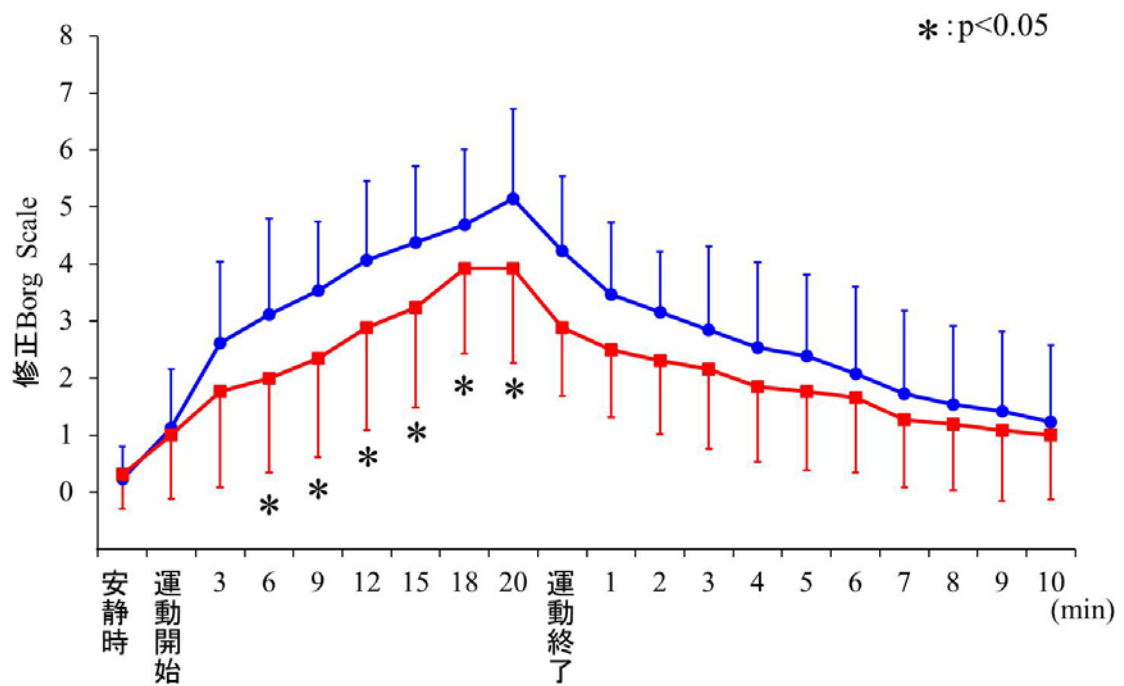


図 3:下肢疲労感

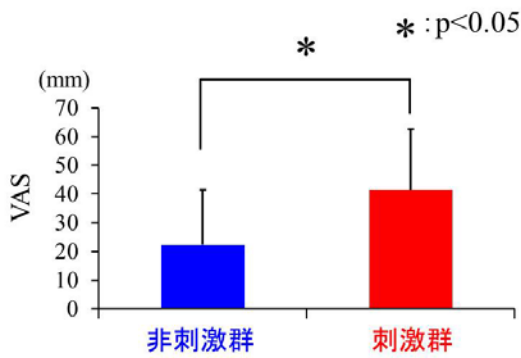


図 4: 楽しさ

呼吸困難は運動開始 18 分後から 20 分後にかけて、下肢疲労感は運動開始 6 分後から 20 分後にかけて、非刺激群と比して刺激群で有意に低値を示した(図 2, 3).

楽しさは非刺激群と比して刺激群で有意に高値を示した(図 4).

考察

エルゴメータを用いた定常負荷実験中の視覚刺激が低強度運動時および運動終了後に与える影響について、呼吸循環応答、呼吸困難、下肢疲労感および楽しさから検討した。

呼吸循環応答は、全ての項目において両群間で差は認められなかった。新貝らの研究においても、聴覚刺激群と非刺激群の両群間で呼吸循環応答に大きな変化は認められなかったと報告している。今回の結果から、低強度定常負荷における運動中の視覚刺激が、音楽による聴覚刺激と同様に呼吸循環応答に大きな影響を与えず、自覚症状のみを減少させる効果があることが示唆された。

呼吸困難、下肢疲労感は共に刺激群で有意に低値を示した。しかし、呼吸困難と下肢疲労感では効果の発現時間が大きく異なっていた。これに関して、運動負荷試験における健常者の運動能力および運動制限因子の特徴として、普段から運動量が少ない場合、換気、循環に余力があり、下肢疲労感で中断することが多いと報告しており⁸⁾、本研究の対象者が全て若年健常者であったことが自覚症状の効果の発現時間に影響している可能性も考えられる。しかし、呼吸困難お

よび下肢疲労感が発現するメカニズムは未だ明らかになっていないため、今後さらなる検討が必要である。

新貝らの研究において、呼吸困難、下肢疲労感における音楽の効果機序として、知覚領域では、感覚信号の強さとその感覚に対する興味の強さの組み合わせで感覚の認識を行うとされている。つまり、感覚注意の焦点が運動疲労よりも興味の強い音楽が優先的に選択されると、より少ない疲労感として知覚される。即ち、音楽は疲労信号に対して感覚注意の焦点を変える、あるいは、部分的にそらす効果があるのではないかと述べられている。

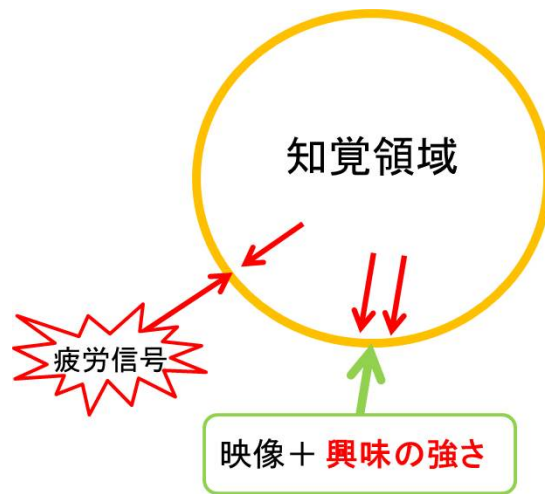


図 5: 知覚領域の感覚信号に対する反応

また、対象者に興味のある映像を選択させたことで、楽しさの値は刺激群が非刺激群の約 2 倍となった。このことから、詳細な脳内メカニズムについては明らかになっていないが、視覚刺激により快の感情発現に関わるといわれる側坐核などで構成される情動系ネットワークが賦活されていたのではないかと推測される。つまり、新貝らの研究と同様、視覚刺激によって呼吸困難や下肢疲労感などの不快な感覚から感覚注意の焦点をそらす効果が得られたのではないかと考える(図 5)。

まとめ

映像を見ることにより、運動時の呼吸困難、下肢疲労感を軽減させ、回復時間が短くなるという

ことが示唆された。

今後は、対象者数及び対象範囲を COPD 患者へと拡大し、さらに検討していく必要がある。加えて、新貝らの研究および本研究の結果から、聴覚刺激と視覚刺激が運動中の自覚症状に与える影響が示唆された。そこで、今後は聴覚刺激と視覚刺激を併せた音有り映像による効果の発現時間についての検討が期待される。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導、ご尽力を賜りました千住秀明教授ならびに長崎大学大学院医歯薬学総合研究科の諸先生方に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日本呼吸器学会 COPD ガイドライン第 3 版作成委員会:COPD(慢性閉塞性肺疾患)診断と治療のためのガイドライン第 3 版. 社団法人日本呼吸器学会, 東京, 2009.
- 2) 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会呼吸リハビリテーション委員会, 日本呼吸器学会ガイドライン施行管理委員会, 日本理学療法士協会呼吸リハビリテーションガイドライン作成委員会:呼吸リハビリテーションマニュアル編, 照林社, 東京, 2009, p12.
- 3) American Thoracic Society :Dyspnea. Mechanisms, assessment, and management: a consensus statement. Am J Respir Crit Care Med, 1999, 159 : 321-340.
- 4) 西野卓:呼吸困難の生理. 日本臨床麻酔学会誌, 2009, 第 29 巻 第 4 号:341-350.
- 5) 松原貴子, 沖田実, 他:ペインリハビリテーション. 三輪書店, 東京, 2011, pp110-119.
- 6) V.M. Nethery:Competition between internal and external sources of information during exercise: influence on RPE and the impact of the exercise load. J Sports Med Phys Fitness, 2002, 42: 172-178.
- 7) 新貝和也, 千住秀明:運動中の音楽が呼吸困難感と下肢疲労感に与える影響. 理学療法科学, 2011, 26(3):353-357.
- 8) 平田一人, 立石善隆, 他:呼吸器診療における運動負荷試験. 呼吸, 2006, 25(5):522-529.

(指導教員 千住秀明, 田中貴子)