

呼吸法の違いが運動後の呼吸困難の回復に及ぼす影響

渥美美有・中田裕人・和田七海

要旨

本研究の目的は、通常呼吸、腹式呼吸、口すぼめ呼吸による呼吸法の違いが運動後の呼吸困難の回復にどのように影響するかを明らかにすることである。健常者 20 名を対象に、自転車エルゴメーターによる最高仕事量の 60% に相当する負荷強度で一段階運動負荷試験を 5 分間実施した。運動終了後は各呼吸法にて、修正 Borg スケールによる呼吸困難と呼吸数、換気諸量を測定し、運動後の回復過程の比較を行った。結果、3 条件によって呼吸困難の回復推移や時間に有意な相違を認めなかった。また、3 つの呼吸法で分時換気量の回復推移に有意差を認めなかったが、口すぼめ呼吸は他の呼吸法、特に通常呼吸と比較して呼吸数が少なく、1 回換気量が大きく推移した。以上の結果より、健常者を対象とした場合、呼吸法の相違は運動後の呼吸困難の回復には影響しない可能性が示唆された。

はじめに

労作時の呼吸困難は、慢性呼吸器疾患患者の主要な症状であり、身体活動や日常生活を制限し、二次的な運動機能低下を引き起こす。呼吸困難とその影響を評価し、どのように軽減を図るかは理学療法の重要な目標であると言える。

理学療法臨床において労作時呼吸困難をコントロールする手段には、徒手的呼吸介助手技、安楽姿勢やペーシングなどがある²⁾。また、呼吸困難が生じた際には、患者自身で呼吸法を行うことによって、速やかな回復を図るよう指導される。この方法はパニックコントロールと言い、上肢で体幹を支持する前傾座位や壁に寄り掛かった立位など呼吸困難の軽減に有用である姿勢をとりながら、患者自身で呼吸を調整する³⁾。その際の呼吸法としては、口すぼめ呼吸や腹式呼吸などを適用することが多い。しかし、このような呼吸法自体が呼吸困難の軽減や回復にどのような影響を及ぼすかは不明な点が多い。

呼吸法による呼吸困難への影響に関する先行研究は限られているが、Garrod ら⁴⁾は COPD

患者を対象に、運動中および運動後に口すぼめ呼吸を行うことの有用性を検討している。その結果、運動終了時の呼吸数 (respiratory rate; 以下、RR) の減少と呼吸困難の回復時間の有意な短縮を認めた。また、腹式呼吸に関しては、健常者を対象に運動中に同呼吸法を併用することで、比較対照としての通常呼吸による運動の同一時間と比べて、分時換気量 (minute ventilation; 以下、 \dot{V}_E) および RR の減少、1 回換気量 (tidal volume; 以下、 V_T) の増加が得られたと報告されている⁵⁾。この報告では呼吸困難への影響は評価されていないが、終了時の自覚的運動強度は腹式呼吸で平均 14.4、通常呼吸で 14.3 と有意な相違を認めなかった。これらの研究報告では、運動後の呼吸困難に限定して、呼吸法の有無による呼吸困難の軽減や回復に及ぼす影響とともに、口すぼめ呼吸や腹式呼吸の比較検討も行われていないといった課題が残されている。

口すぼめ呼吸や腹式呼吸は、呼吸パターンを意識的に変化させることで換気の効率を改善させるとされ、患者に指導されている。その根拠として、前者はゆっくりとした呼気による気道閉塞

の是正や死腔換気量の減少⁶⁾、後者は吸気時の横隔膜運動の増幅による呼吸仕事量の軽減などである⁶⁾。しかしながら、これらは安静時で得られた結果であり、労作時や運動後の状態では検討されていない。

呼吸困難が生じた際の呼吸パターンは通常、RRが増加し、吸気努力を伴った呼吸パターンとなる。今回私たちは、これらの呼吸法を行うことでRRの減少、吸気努力の軽減を図ることができれば、呼吸困難の軽減、つまり回復時間を短縮できるのではないかと仮説を立てた。

したがって本研究の目的は、呼吸器疾患のない健常者において、通常呼吸、口すぼめ呼吸、腹式呼吸による呼吸法の違いが、運動後の呼吸困難からの回復における推移や時間に及ぼす影響を明らかにすることとした。これが明確になることで、運動療法をはじめとする理学療法における呼吸困難発生時の対応や対象者への指導に対する一助となることが期待できる。

対象

本研究の趣旨と内容を理解し、同意が得られた健常者20名(男性、女性それぞれ10名)を対象とした。除外基準は呼吸器疾患(気管支喘息に関しては1年以内に症状が出現した者)や循環器疾患の既往、研究参加日の前日に行った身体活動に起因する倦怠感や疲労感、筋痛が残存する場合、過去1週間以内に上気道炎に罹患し、症状が残存する者、喫煙歴(過去・現喫煙)がある者とした⁷⁾。対象者には、口頭および文書で本研究の目的および手順、内容、リスクについて十分に説明し、書面にて同意を得た上で研究を実施した。なお、本研究は長崎大学大学院医歯薬学総合研究科倫理委員会の承認を得て実施した(許可番号23041302)。

方法

1. 実施手順

本研究では、事前調査、漸増運動負荷試験(cardiopulmonary exercise test; 以下、CPX)および一段階運動負荷試験を実施した⁷⁾。測定の日は事前調査とCPXを、2日目以降に一段階運

動負荷試験を3回実施し、運動後の回復時にそれぞれ通常呼吸(コントロール)、腹式呼吸、口すぼめ呼吸を行い、呼吸困難をはじめとする項目を評価した。これらすべての測定は24時間以上の間隔を空けるとともに、上記の呼吸法は負荷試験の事前に封筒法によるランダムな順序を決定した上で実施した。

2. 事前調査

長崎大学医学部保健学科内部障害系理学療法学研究室にて、対象者に各測定の目的、手順、リスク等について研究説明書に従って十分なオリエンテーションを行った。その後、身長、体重、バイタルサイン、身体活動量(国際標準化身体活動質問票、International Physical Activity Questionnaire; 以下、IPAQ)を評価した。

3. 漸増運動負荷試験⁷⁾

一段階運動負荷試験の運動強度を決定する目的で、自転車エルゴメーター(COMBI社製232CXL)によるCPXを実施した。負荷プロトコルには20W/分の漸増ランプ負荷を適用し、回転数は50回/分とした。試験中は、呼気ガス分析装置(ミナト医科学社製エアロモニタAE-300S)にて酸素摂取量(oxygen consumption; 以下、 $\dot{V}O_2$)ならびに換気諸量を連続的に測定した。また、試験開始から1分毎に修正Borgスケールにて呼吸困難と下肢疲労感を聴取した。試験終了基準は、対象者が症候限界に至った時点とし、中止基準は成書⁸⁾に従った。

4. 一段階運動負荷試験

1) 測定方法および運動後回復時の呼吸法

自転車エルゴメーターを使用し、プロトコルは安静5分間、強度20Wでのウォーミングアップ1分間の後、定常負荷による運動を5分間、クールダウンを20秒間とした。その後、自転車エルゴメーターから降車し、体幹垂直位の座位にて事前に決められた呼吸法を5分間実施、後述する測定指標の推移を評価した。なお、運動強度はCPXにて得られた最高仕事量(W peak)の60%に相当する負荷強度(W)を適用し、回転数は50回/分とした。

運動負荷終了後 5 分間の回復過程における各呼吸法として、通常呼吸は対象者に呼吸を意識させることなく、通常の呼吸を指示した。腹式呼吸は吸気時に腹部の拡張運動が大きくなるように意識した呼吸法で、対象者自身の呼吸を調整させた。なお、本呼吸法を実施できているかどうかは、腹部にバンドを装着し、対象者が同部位を触知することで拡張運動を確認した。口すぼめ呼吸は、口をすぼめてゆっくりと呼気を行いながら呼吸を調整、吸気と呼気の比率は 1:2 以上となるように指示した。実施の可否は視覚的に確認した。なお、腹式呼吸と口すぼめ呼吸は、当該試験実施前の説明とともに、対象者に十分に練習を行わせて各呼吸法が行えるように準備させた。また、腹式呼吸の際に腹部に装着したバンドによる影響を排除するために、通常呼吸と口すぼめ呼吸の際にも同部位にバンドを装着した。

2) 測定項目

呼吸困難は修正 Borg スケールを用いて、安静時および負荷試験開始から終了までは 60 秒毎、クールダウン終了直後から回復の 5 分間は 30 秒毎に対象者から聴取した。また、呼気ガス分析装置にて RR、 \dot{V}_E 、 V_T を連続的に測定した。

5. 統計学的解析方法

運動後回復過程の呼吸困難の解析として、各呼吸方法による 3 条件の比較には運動終了後 60 秒毎の各タイムポイントでの修正 Borg スケールの値を Kruskal-Wallis 検定にて比較した。また、本研究では運動開始直前の修正 Borg スケールと同値となるまでの運動後回復時間を呼吸困難回復時間と定義し、同様に比較した。なお、運動終了後の評価時間内に呼吸困難が運動前値まで回復しなかった対象者は、回復時間を 5 分(300 秒)として解析に用いた。

また、呼吸困難の回復との関連性を確認する目的で RR、 \dot{V}_E と V_T の回復推移についても各タイムポイントで比較した。この比較には、一次元配置分析を用いた。測定項目はすべて中央値と四分位範囲にて示し、危険率は 5%未満をもって統計学的有意とした。上記の解析には統計解析ソフトウェア IBM SPSS ver. 25 を使用した。

結果

1. 対象者背景

事前調査ならびに CPX の結果を表 1 に示す。CPX では 1 名が実施直後に気分不良を訴えたが、経過観察で回復し、その他の対象者は問題なく実施した。また、一段階運動負荷試験についても全対象者が完遂した。

2. 各呼吸法による呼吸困難の回復推移と回復時間の比較

図 1 に各呼吸法による運動後呼吸困難の回復推移を示す。運動終了時の呼吸困難は修正 Borg スケールで 4 程度であった。その後 300 秒間の回復過程では、各呼吸法でいずれも同様の推移を示し、有意な相違を認めなかった。また、呼吸困難回復時間の中央値(四分位範囲)は通常呼吸で 240(135–300)秒、腹式呼吸 210(150–300)秒、口すぼめ呼吸 210(150–292.5)秒であり、3 条件において有意差はなかった(図 2)。

3. 各呼吸法による \dot{V}_E の回復推移の比較

同様に各呼吸法による \dot{V}_E の回復推移を図 3 上段に示す。 \dot{V}_E は運動によって増大し、終了後 300 秒間の回復過程ではいずれの呼吸法も同様の推移を示し有意な相違を認めなかった。

4. 各呼吸法による V_T の回復推移の比較

V_T (図 3 中段)は運動によって増大したが、通常呼吸では速やかに減少したことに對して、口すぼめ呼吸では増加を維持しており、終了後 60, 120, 240, 300 秒後の各ポイントでは通常呼吸と比較して有意に高値を、180 秒では通常呼吸と腹式呼吸と比較して有意に高値を示した。

5. 各呼吸法による RR の回復推移の比較

RR(図 3 下段)は運動によって増加し、通常呼吸では終了後に比較的高値で推移したのに対して、口すぼめ呼吸では速やかに低下して推移しており、通常呼吸と比較して終了後のすべてのポイントにおいて有意に低値を示した。また、120 秒後では通常呼吸と腹式呼吸と比較しても有意に低値であった。

表 1 対象者背景

	全体 (n = 20)	男性 (n = 10)	女性 (n = 10)
年齢, 歳	22 (21-22)	22 (21.25-22)	21 (21-22)
身長, cm	163.8 (160.8-168)	168 (165-171.5)	160.5 (156.9-162)
体重, kg	56 (50-60.5)	59.5 (56.9-63.5)	52 (50-55.5)
BMI, kg/m ²	20.8 (19.5-21.6)	20.9 (20.6-21.4)	20.2 (19.4-21.9)
IPAQ	1557 (1125-2566)	1557 (1134-3138)	1601 (1209-2273)
$\dot{V}O_2$ peak, ml/kg/min	42 (29.6-45.5)	42.2 (35.6-46.1)	33.9 (21.6-44.3)
W peak, W	179 (147-200.5)	197 (180.5-206.5)	144 (122-174.5)

中央値(四分位範囲), BMI=body mass index; IPAQ=International Physical Activity Questionnaire (国際標準化身体活動質問票); $\dot{V}O_2$ = oxygen consumption (酸素摂取量); W=work (仕事量)

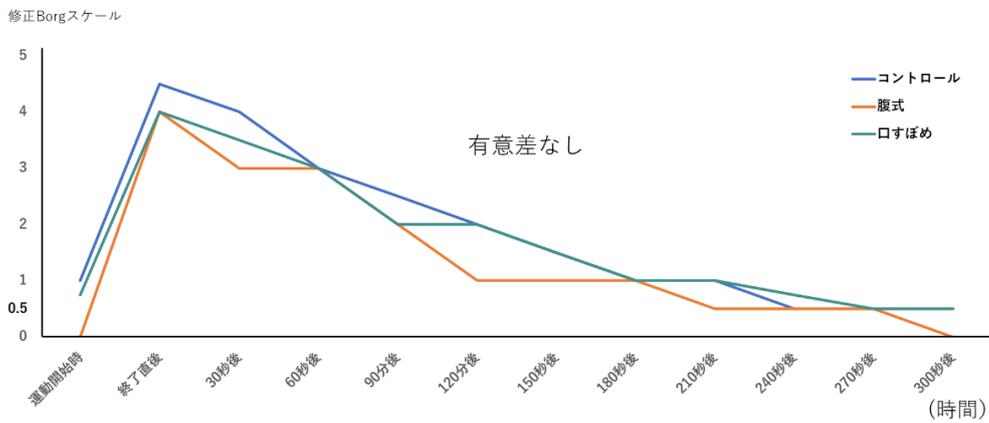


図 1 運動後呼吸困難の回復推移(中央値)

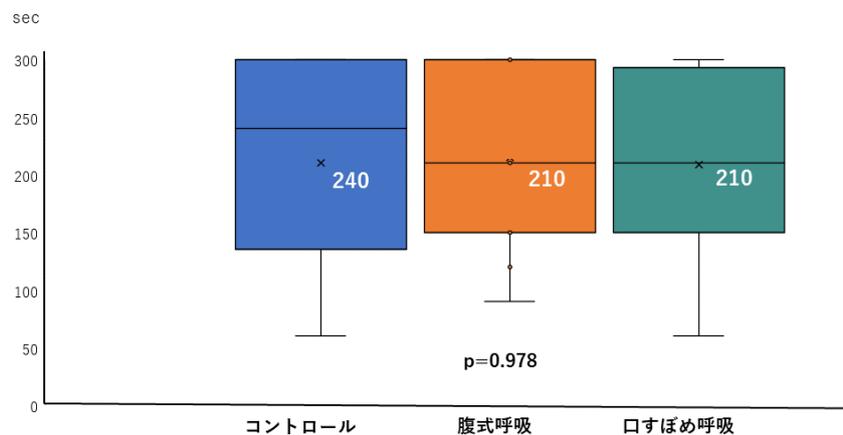


図 2 呼吸困難回復時間の比較(中央値)

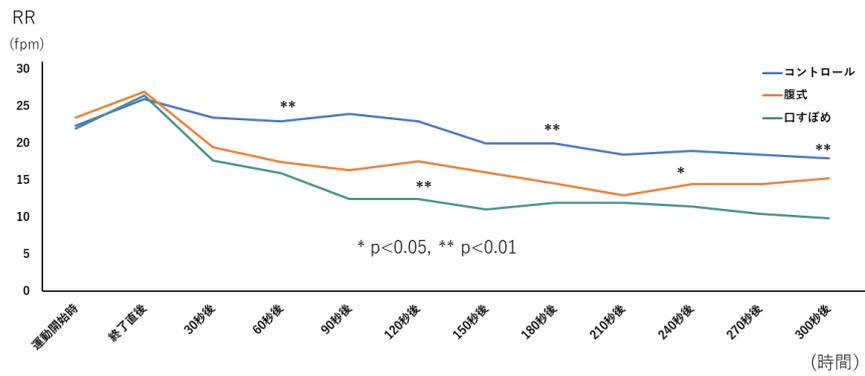
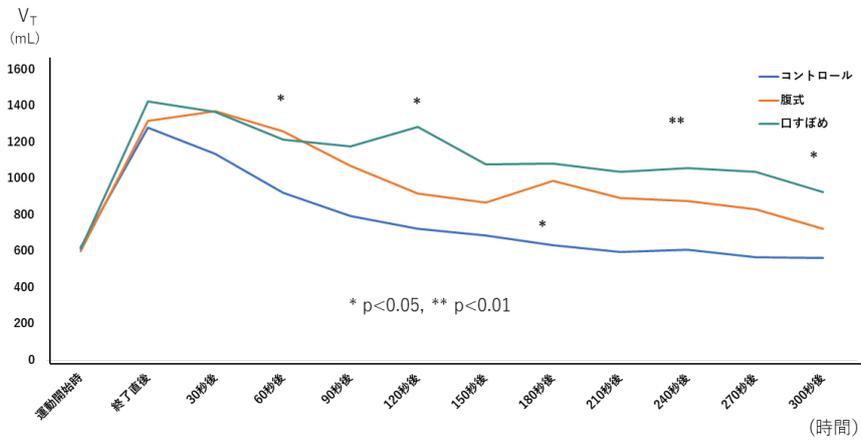
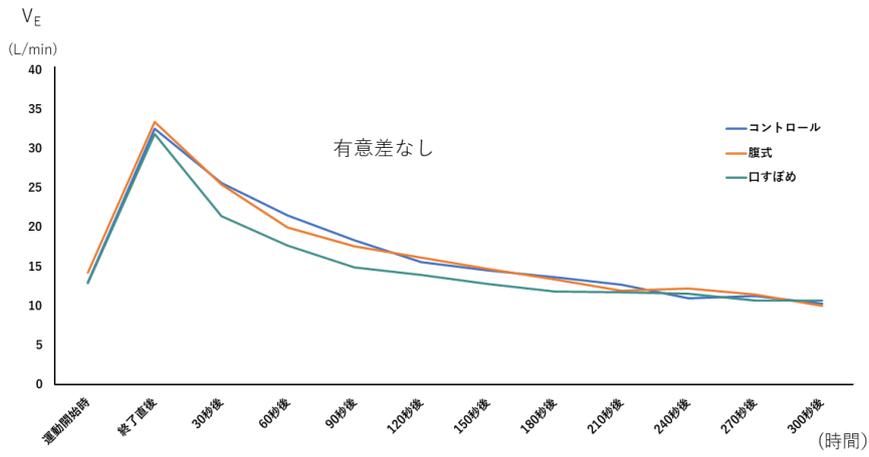


図3 分時換気量(\dot{V}_E), 1回換気量(V_T), 呼吸数(RR)の回復推移
(上段: \dot{V}_E , 中段: V_T , 下段:RR)

考察

本研究では呼吸器疾患のない健常者を対象に、通常呼吸、腹式呼吸、口すぼめ呼吸による呼吸法の違いが、運動後の呼吸困難の回復に及ぼす影響を検討した。その結果、3条件によって呼吸困難の回復推移には有意な相違を認めなかった。また、各呼吸法による回復時間は通常呼吸で240秒、腹式呼吸と口すぼめ呼吸はいずれも210秒と同等であり、通常呼吸との差は30秒であったが、有意な差は得られなかった。また \dot{V}_E も、各呼吸法で回復推移に有意差を認めなかった。なお、口すぼめ呼吸は他の呼吸法、特に通常呼吸と比較してRRが少なく、 V_T が大きく推移した。

運動後の呼吸困難は、酸素負債に起因するものである。酸素負債とは、「運動終了後に安静レベルに回復するまでの酸素摂取量の総量」であり、運動開始時に不足していた酸素借を補う⁹⁾。酸素負債は運動強度や時間、さらには個人の有酸素運動能力に依存するが、酸素をいかに速やかに摂取できるかが、安静レベルに回復するまでの時間に影響すると言える。本研究では3つの呼吸法において、運動後の \dot{V}_E の推移には有意な変化がなかったことから、酸素摂取に必要な換気量を呼吸法によって変化、特に増大させることができなかつたと考えた。つまり、呼吸法の違いは酸素負債における酸素摂取に影響しないのではないかと推察した。

しかしながら、呼吸法によって運動後のRRと V_T の推移に相違を認めた。特に口すぼめ呼吸は通常呼吸や腹式呼吸と比較して V_T が大きく、RRが少ないといった呼吸パターンが特徴的であることが確認できた。しかし先述の通り、この呼吸パターンの変化は \dot{V}_E を変化させるまでの影響は得られないということが示唆された。

本研究の限界として、まず今回は運動後の呼吸困難が修正Borgスケールで4(多少強い)程度と比較的低値であったため、運動強度が結果に影響した可能性があった。また、対象者が20名であり、3つの呼吸法の回復過程を解析する上では、対象者数が不十分であったことも考えられる。さらに、今回は運動後の回復時間の評価

を5分間と定めていたため、その時間が短かった可能性もある。

今後の研究の展望として、高齢者や慢性器疾患患者を対象に検討する必要があると考えた。加えて、呼吸法を運動後のみならず、運動中にも行うことで運動後の呼吸困難の回復にどのように影響するかなどの検討する必要性も示された。

まとめ

本研究では健常者を対象として検討した結果、通常呼吸、腹式呼吸、口すぼめ呼吸の3つの呼吸法の違いは、運動後呼吸困難の回復推移と回復時間に対して有意に影響しないという結果が得られた。しかしながら、腹式呼吸と口すぼめ呼吸による回復時間は同等で、通常呼吸とは30秒間の差があった。健常者を対象とする場合、呼吸法の相違は呼吸困難からの回復に影響を及ぼさない可能性が示唆された。

謝辞

研究を進めるにあたり、ご協力いただきました研究対象者の皆様、ご指導を賜りました柳田頼英先生ならびに本学内部障害リハビリテーション学研究室の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 高橋哲也, 他(編): 内部障害理学療法学(第2版). 医学書院, 東京, 2020, pp. 181-184.
- 2) 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会, 日本呼吸器学会, 日本リハビリテーション医学会, 日本理学療法士協会(編): 呼吸リハビリテーションマニュアル-運動療法-(第2版). 照林社, 東京, 2012, pp. 35-41.
- 3) Pryor JA, et al: Physiotherapy techniques. Chap 5. In: Pryor JA and Prasad AS (eds): Physiotherapy for Respiratory and Cardiac Problems. 4th ed, Churchill Livingstone, Philadelphia, 2008, pp. 134-217.
- 4) Garrod R, Dallimore K, et al: An evaluation of the acute impact of pursed lips breathing on

- walking distance in nonspontaneous pursed lips breathing chronic obstructive pulmonary disease patients. *Chron Respir Dis.* 2005; 2: 67-72.
- 5) 横山茂樹, 千住秀明, 他: 運動中において腹式による呼吸通常呼吸が呼吸循環動態に及ぼす影響. 長崎大学医学部保健学科紀要. 2002; 15: 63-68.
 - 6) Bott J, Blumenthal S, et al; British Thoracic Society Physiotherapy Guideline Development Group: Guidelines for the physiotherapy management of the adult, medical, spontaneously breathing patient. *Thorax.* 2009; 64 Suppl 1: i1-51.
 - 7) 金城友也, 柴田寛斗: 姿勢の相違が健常者の運動後呼吸困難の回復過程に及ぼす影響. 長崎大学医学部保健学科理学療法専攻卒業研究論文集. 2021; 17: 28-34. <http://www2.am.nagasaki-u.ac.jp/physical/2021/ARGH17-05.pdf> (2023年12月15日引用)
 - 8) 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(原書第8版). 南江堂, 東京, 2011, pp. 39-156.
 - 9) 矢野徳郎: 運動生理学序説. 北海道大学大学院教育学研究院紀要. 2016; 125: 11-62. <https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/61884/4/02-1882-1669-125.pdf> (2023年12月15日引用)

(指導教員 神津 玲)