

匂いの好みと階段昇降時の 呼吸困難に与える影響

池田陽呂・恩河優真・志水真斗

本研究の目的は、階段昇降時の呼吸困難に対して匂いの好みと与える影響を明らかにすることである。若年健常成人 20 名を対象に、無臭、メントールおよび好みの匂いの 3 条件において階段昇降を実施した。評価項目は、呼吸困難、経皮的酸素飽和度、脈拍数、呼吸数、吸気流速の認知、呼吸の認知・情動的側面、およびメントールの嗜好とし、各条件間で比較した。その結果、メントールおよび好みの匂いはいずれも呼吸困難の軽減には寄与しなかった。一方、呼吸の認知・情動的側面においては、メントールおよび好みの両条件で有意な効果が認められた。また、メントールの効果は、個々の嗜好による影響を受ける可能性が示唆された。

はじめに

慢性呼吸器疾患患者の主症状は、換気制限やガス交換障害などの不可逆的な呼吸機能障害に起因する労作時の呼吸困難である。呼吸困難は運動回避を招き、その結果、日常生活動作 (activities of daily living; ADL) の低下をきたすことが報告されている¹⁾。このような ADL 制限は身体活動量の減少を引き起こし、呼吸困難を増悪させる悪循環を形成する。さらに、呼吸困難は死亡の予測因子であることも示されており²⁾、その改善は慢性呼吸器疾患患者の治療およびケアにおいて重要である。

呼吸困難を生じやすい日常動作には運動強度の高い動作や腕を上げる動作などが挙げられるが、特に階段昇降は軽症の段階から制限される動作の一つとされている¹⁾。階段昇降は下肢筋活動や換気需要が大きく、呼吸器疾患患者にとって負担の大きい動作であることから、呼吸困難の評価や介入効果を検討するための運動課題として有用であると考えられる。

一方、呼吸困難を軽減する方法として、呼吸リハビリテーション、薬物療法、呼吸調整法などが知られており、近年では嗅覚刺激の一つであるメントールに注目した研究が報告されている。先行研究では、健常者や慢性閉塞性肺疾患 (chronic

obstructive pulmonary disease; COPD) 患者を対象とした自転車エルゴメーターによる定常負荷運動や吸気抵抗負荷下において、メントール使用により呼吸困難や呼吸努力、空気飢餓感、呼吸不快が有意に軽減することが示されている^{3,4)}。

さらに、珊瑚らの研究⁵⁾では、若年健常者を対象とした非支持型上肢運動負荷試験において、メントールにより 10 名中 7 名で呼吸困難の軽減が認められた一方で、2 名では呼吸困難の増強が認められた。この結果から、メントールに対する「好み・嫌い」といった個人の嗜好が、呼吸困難の知覚に影響を及ぼす可能性が示唆されている。しかし、匂いの好みと呼吸困難に与える影響について検討した研究は限られている。これまでに、海野らが行った研究⁶⁾では若年健常者を対象に無臭と快臭で安静呼吸を比較すると、快臭で呼吸数が有意に低下した。一方で、階段昇降動作を用いた検討は行われていない。

そこで、本研究の目的は、匂いの好みと階段昇降時の呼吸困難に与える影響を明らかにすることである。本研究の成果は、慢性呼吸器疾患患者に対するリハビリテーションや日常生活のケアにおいて、匂い刺激を用いた簡便かつ非侵襲的な新たな介入手段の検討に寄与する可能性がある。

対象

対象者は健常成人 20 名 (男性 10 名, 女性 10 名) とした。

除外基準は, ①心肺機能に問題を有する者, ②鼻閉症など嗅覚機能に問題のある者, ③視覚異常を有する者, ④運動器疾患や下肢痛などにより階段昇降に支障のある者, ⑤過去にメントールを含む嗅覚刺激によってアレルギー症状を呈した経験のある者とした。

対象者には, 本研究の目的, 手順および予想されるリスクについて, 口頭および文書で十分な説明を行い, 書面にて同意を得た。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 25021304-2)。

方法

1. 研究デザイン (図 1)

本研究は, ランダム化クロスオーバー試験として実施した。

嗅覚刺激は, 無臭, メントール, および好みの匂いの 3 条件とし, 提示順序は封筒法を用いてランダム化した。各嗅覚刺激の試験日は, 1 日以上の間隔を設けて, 計 3 回実施した。

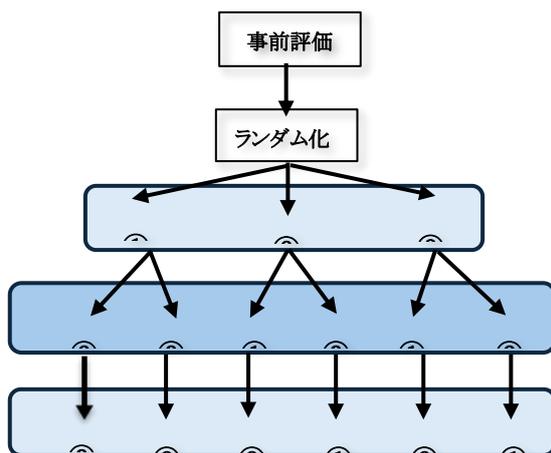


図1 研究プロトコル

- ① 無臭, ② メントール, ③ 好みの匂い

2. 実施手順

事前評価は, 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実施した。研究の目的, 手順および予想されるリスクについて説明を行い, 書面による同意を得た後, 年齢を聴取し, 身長および体重を測定した。

3 回の嗅覚刺激による測定時には, ResMo®テレメトリー式生体信号測定装置を装着し (図 2), 安静座位にて脈拍および呼吸数が安定したことを確認後, いずれかの匂いを塗布した脱脂綿を装着したサージカルマスクを着用させ, 1 分間の嗅覚刺激を行った。嗅覚刺激から 1 分経過後, 引き続き, 嗅覚刺激下で階段昇降運動を行った (図 3)。ResMo®で測定可能な項目のうち, 本研究では修正 Borg scale, 経皮的動脈酸素飽和度 (saturation percutaneous oxygen; SpO₂), 脈拍数 (pulse rate; PR), 呼吸数 (respiratory rate; RR) を評価項目として採用した。

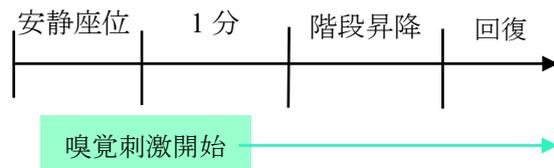


図2 実施手順



図3 ResMo®装着場面

3. 階段昇降運動のプロトコル

階段昇降は長崎大学医学部保健学科の 1 階から 5 階までを昇降する 1 往復とした。昇降速度は, 先行研究⁶⁾を参考に, 1 分間あたり 130 歩のテンポで, 一足一段の方法で実施した。

4. 測定項目

ResMo®で測定可能な 1~4)に加えて、以下の項目について評価した。

- 1) 呼吸困難;修正 Borg scale
- 2) SpO₂
- 3) PR
- 4) RR
- 5) 吸気流速の認知

呼吸の認知的側面の評価の一つとして、先行研究を参考に、吸気流速の認知 (cognition of inspiratory flow; CIF)⁴⁾を用いた。10 cm の定規を用い、左端を「息を止めたときのように、鼻や喉を空気がまったく通らない感覚」、右端を「大量の空気が鼻や喉を通っている感覚」と定義した。対象者には、階段昇降前および終了後に、該当する位置を指差して示してもらった。

6) 呼吸の認知・情動的側面

先行研究を参考に、認知的側面として、「呼吸するために筋肉に力を入れる、または努力が必要」、「十分に空気が得られない、息が詰まっている、または空気が足りないように感じる」、「胸と肺がきつい、または締めつけられているように感じる」、「呼吸するのに意識的に努力または集中力を要する」、「たくさん呼吸をしている」の 5 項目、情動的側面として、「気分の落ち込み」、「不安」、「いら立ち」、「怒り」、「恐怖」、「リラックス」、「清々しい」の 7 項目を設定した。

7) メントールの好き嫌い

メントールを用いた階段昇降運動後に、メントールの匂いについて「好き」または「嫌い」のいずれであるかを、口頭で確認した。

5. 統計学的解析方法

Shapiro-Wilk 検定を用いて正規性を確認後、反復測定分散分析を行い、有意水準 5%未満とした。有意差が認められた項目においては事後検定として Bonferroni 補正を行い、有意水準 5%/3 条件=1.67%未満とした。

結果

1. 対象者背景

平均年齢は 21.8±4.0 歳、身長ならびに体重は、それぞれ 165.7±9.7 cm, 57.6±11.1 kg であった。

2. 呼吸困難 (図 4)

運動前および運動後のいずれにおいても、無臭、メントール、好みの匂いの 3 群間で有意差は認められなかった。

3. RR (図 5)

運動前においては 3 群間で有意差を認めなかった。一方、運動後では、無臭と比較してメントールが有意に低値を示した (p<0.05)。

4. SpO₂ および PR (表 1)

いずれにおいても群間で有意差は認められなかった。

5. 吸気流速の認知 (図 6)

3 群間で有意差は認められなかった。

6. 呼吸の認知的側面 (表 2)

「空気が十分に得られない」の項目では、無臭と比べメントールおよび好みの匂いが有意に低値を示した (p<0.01, p<0.05)。また、「胸と肺がきつい」の項目では、無臭と比較してメントールが有意に低値であった (p<0.01)。

7. 呼吸の情動的側面 (表 3)

「リラックス」と「清々しい」の項目において、無臭と比べメントールと好みの匂いがともに有意に高値を示した (p<0.05, p<0.01, p<0.01, p<0.01)。さらに、「リラックス」ではメントールより好みの匂いが有意に高値を、清々しいでは、好みの匂いよりメントールが有意に高値を示した (p<0.01, p<0.05)。

8. メントールの好みによる呼吸の認知・情動的側面 (表 4)

好きな群では、4 項目でメントールが有意な効果を示した。一方、嫌いな群ではいずれの項目においても効果を認めなかった。

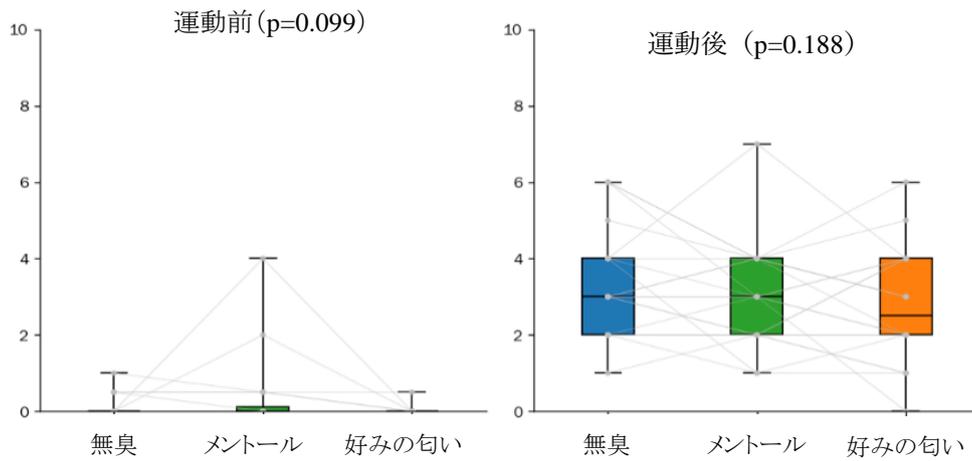


図4 呼吸困難の比較

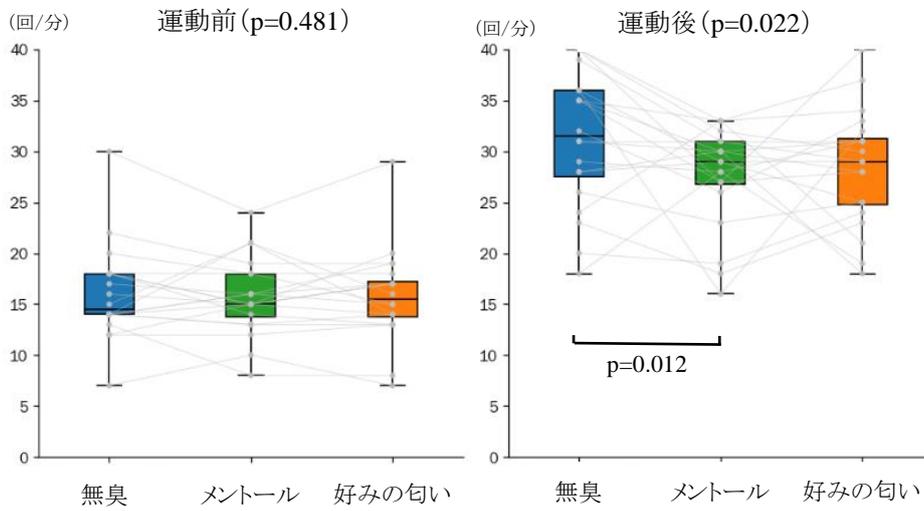


図5 呼吸数の比較

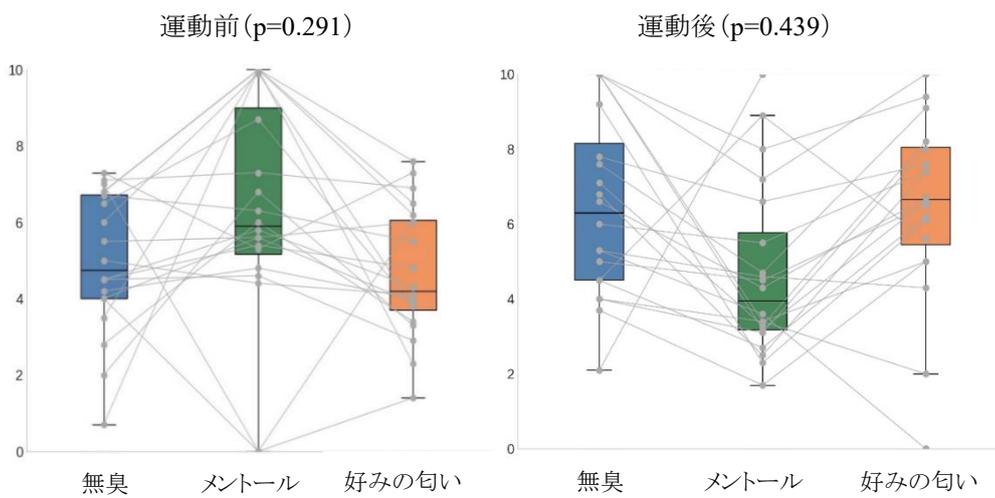


図6 吸気流速の認知の比較

表 1 各測定項目の変化量の比較

	無臭	メントール	好みの匂い	p 値
運動前・SpO ₂	98.0 [97.0-98.0]	97.5 [96.75-98.25]	98.0 [97.0-99.0]	0.882
運動後・SpO ₂	96.0 [95.0-97.0]	94.0 [93.0-96.0]	95.0 [93.0-96.0]	0.566
運動前・PR	72.5 [67.0-80.8]	74.0 [70.0-77.0]	73.5 [70.25-76.5]	0.555
運動後・PR	124.5 [117.8-135.8]	123.5 [117.8-134.0]	131.5 [117.3-136.0]	0.910

表 2 呼吸の認知的側面の比較

	無臭	メントール	好みの匂い	p 値
呼吸に努力が必要	2.0 [0.8-3.3]	0.5 [0.0-3.0]	1.5 [0.0-3.0]	0.096
空気が十分に得られない	3.5 [1.0-6.0]	1.0 ^a [0.8-3.0]	2.5 ^a [1.0-3.5]	0.004
胸と肺がきつい	1.5 [0.8-2.3]	1.0 ^a [0.0-1.0]	1.0 [0.0-2.0]	0.028
呼吸に集中が必要	1.5 [1.0-3.3]	1.5 [1.0-2.3]	0.5 [0.0-3.0]	0.203
たくさん呼吸をしている	2.5 [1.0-4.3]	2.5 [1.0-3.0]	1.0 [1.0-3.0]	0.055

表 3 呼吸の情動的側面の比較

	無臭	メントール	好みの匂い	p 値
気分の落ち込み	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.232
不安	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.867
いら立ち	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.584
怒り	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.670
恐怖	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.670
リラックス	1.5 [0.0-3.0]	3.0 [0.0-4.0]	3.5 ^{a,b} [1.0-5.3]	0.001
清々しい	1.0 [0.0-2.3]	5.0 ^{a,c} [1.5-6.3]	3.0 ^a [0.0-4.0]	0.003

表4 メントールの好みによる呼吸の認知・情動的側面の比較

	無臭	メントール	好みの匂い	p 値
好きな群 (n=12)				
認知的側面				
呼吸に努力が必要	2.0 [0.8-4.5]	0.5 [0.0-2.3] ^a	1.5 [0.0-3.0]	0.023
空気が十分に得られない	3.5 [1.8-6.0]	1.0 [0.0-2.3] ^a	2.5 [0.8-3.3] ^a	0.000
胸と肺がきつい	1.5 [0.8-3.5]	1.0 [0.0-1.5] ^a	1.0 [0.0-2.3]	0.023
呼吸に集中が必要	1.5 [1.0-2.5]	1.5 [0.8-2.25]	0.5 [0.0-2.3] ^a	0.042
たくさん呼吸をしている	2.5 [1.0-5.0]	2.5 [1.0-3.0]	1.0 [0.8-3.0] ^a	0.042
情動的側面				
気分の落ち込み	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.298
不安	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.861
いら立ち	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.601
怒り	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.725
恐怖	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.723
リラックス	1.5 [0.0-3.0]	3.0 [0.0-4.0]	3.5 [2.0-5.3] ^a	0.022
清々しい	1.0 [0.0-2.3]	5.0 [2.8-6.3] ^a	3.0 [0.8-4.3]	0.030
嫌いな群 (n=8)				
認知的側面				
呼吸に努力が必要	2.0 [0.8-3.0]	2.0 [1.0-3.0]	1.0 [0.0-2.5]	0.394
空気が十分に得られない	2.5 [1.0-4.8]	1.5 [1.0-3.0]	1.0 [1.0-2.0]	0.491
胸と肺がきつい	1.0 [0.8-2.0]	1.0 [0.0-1.0]	1.0 [0.0-2.0]	0.967
呼吸に集中が必要	2.0 [1.0-3.8]	2.0 [1.0-2.3]	1.0 [0.8-3.0]	0.506
たくさん呼吸をしている	3.5 [1.8-4.0]	2.5 [1.8-3.0]	2.0 [1.0-3.0]	0.278
情動的側面				
気分の落ち込み	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.5]	0.0 [0.0-0.0]	0.228
不安	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.3]	0.0 [0.0-0.0]	0.366
いら立ち	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-1.0]	0.0 [0.0-0.0]	0.291
怒り	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.3]	0.0 [0.0-0.0]	0.427
恐怖	0.0 [0.0-0.0]	0.0 [0.0-0.3]	0.0 [0.0-0.0]	0.233
リラックス	0.5 [0.0-2.0]	0.5 [0.0-4.3]	2.0 [1.0-4.8] ^a	0.016
清々しい	0.0 [0.0-1.5]	2.5 [0.0-6.5]	2.0 [0.0-3.3]	0.089

中央値[四分位範囲], a: 無臭との有意差 b: メントールとの有意差 c: 好みの匂いとの有意差

考察

本研究は、階段昇降における匂いの好みが呼吸困難に与える影響について検討した。その結果、呼吸困難の有意な軽減は認められなかった。一方で、呼吸の認知的側面において、「空気が十分に得られない」という項目では、無臭と比較してメントールおよび好みの匂いで有意に低値を示し、「胸と肺がきつい」という項目では、メントールが無臭と比較して有意に低値を示した。また、呼吸の情動的側面では、「リラックス」および「清々しい」の項目において、メントールおよび好みの匂いはいずれも無臭と比較して高値を示した。さらに、運動後の呼吸数は、メントール条件において無臭と比較して有意に低値を示した。

呼吸困難の有意な軽減は、メントールおよび好みの匂いのいずれの条件でも認められず、先行研究や本研究の仮説とは一致しない結果となった。その要因として、本研究における運動負荷が不十分であった可能性が考えられた。先行研究では、高強度の定常運動負荷試験を 10 分間実施した研究や、吸気抵抗負荷試験を 5 分間付加した研究など、呼吸困難が十分に惹起される条件が用いられている。一方、本研究では階段昇降 1 往復のみであり、運動時間が 1 分未満と短かったことから、呼吸困難を顕在化させる負荷としては不十分であった可能性が考えられる。

運動後の呼吸数がメントールにおいて減少した要因としては、呼吸時間の変化が関係している可能性があると考えた。先行研究では、メントール使用により運動後の吸気時間、呼気時間、および総呼吸時間が延長したことが報告されている⁶⁾。呼吸時間の延長は呼吸数の低下につながる。本研究では呼吸時間の直接的な測定は行っていないが、同様のメカニズムによって呼吸数が減少したのではないかとと思われる。

呼吸の認知的側面である「空気が十分に得られない」、「胸と肺がきつい」に対してメントールの効果が認められた背景には、メントール刺激による冷感を惹起する一過性受容体メラスタチン 8 (transient receptor potential melastatin 8; TRPM8) の活性化が関係している可能性が考えられる。先行研究では、メントールが気道に存在する TRPM8 に作用して冷感を惹起し、実際の吸気

流と本人主観的に知覚される吸気流との乖離を生じさせることが、呼吸困難の軽減に寄与していると推察されている。⁴⁾

また、呼吸の情動的側面である「リラックス」、「清々しい」に対する効果は、嗅覚刺激が情動処理に関わる中枢神経系へ直接作用する特性を有することと関連している可能性がある。視覚や聴覚刺激は、大脳皮質の感覚連合野を経由して扁桃体に入力されるのに対し、嗅覚刺激は大脳皮質を介さずに直接扁桃体に入力されることが知られている⁷⁾。この神経学的特性により、香り刺激は人間の感情面に直接的な影響を及ぼしやすく、好みの匂いを提示された際に「リラックス」や「清々しさ」が増大した可能性が考えられる。

本研究の限界として、サンプルサイズが 20 名と少数であったこと、好みの匂いの種類や濃度を統一できていなかった点があげられる。

本研究の臨床的示唆として、メントールによる嗅覚刺激が呼吸の認知的側面および情動的側面に好影響を及ぼしたことから、慢性呼吸器疾患患者における階段昇降時の呼吸困難に対するアプローチの一助となる可能性が示された。また、好みの匂いも呼吸の認知的側面に有効であったことから、個々の嗜好を考慮した環境設定に活用することで運動アドヒアランスの維持につながる可能性がある。今後は、実際の慢性呼吸器疾患患者を対象とした検討を行い、臨床応用の可能性をさらに検証する必要がある。

まとめ

本研究では、若年健常成人を対象に、無臭、メントールおよび好みの匂いの 3 条件において、階段昇降時の呼吸困難に与える影響について検討した。その結果、メントールおよび好みの匂いは、いずれも呼吸困難そのものの有意な軽減には寄与しなかった。一方で、呼吸の認知的側面および情動的側面においては、メントールおよび好みの匂いの両条件で有意な効果が認められた。また、メントールの効果は嗜好の影響を受けていた。以上より、呼吸困難に対する嗅覚刺激の効果は一律ではなく、個々の嗜好を考慮したうえで活用する必要性が示された。

謝辞

本研究を進めるにあたり、研究実施にご協力いただいた被験者の皆様、ご指導賜りました内部障害理学療法研究室の方々ならびに関係者各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 田中貴子: 日常生活活動とセルフマネジメント, 内部障害理学療法第 2 版. 高橋哲也, 神津 玲, 野村卓生(編), 医学書院, 東京, 2020, pp.229-230.
- 2) Gimeno-Santos E, Frei A, Steurer-Stey C, et al.: Determinants and outcomes of physical activity in patients with COPD: a systematic review. *Thorax*. 2014; 69: 731-739.
- 3) Kanezaki M, Ebihara S: Effect of the cooling sensation induced by olfactory stimulation by L-menthol on dyspnea. *Eur Respir J*. 2017; 49: 1-4.
- 4) Kanezaki M, Terada K, et al.: Effect of olfactory stimulation by L-menthol on laboratory-induced dyspnea in COPD. *CHEST*. 2020; 157: 1455-1465.
- 5) 珊瑚龍之介: 非支持型上肢運動負荷試験におけるメントールの吸入が呼吸困難に及ぼす影響- 長崎大学医学部保健学科理学療法専攻 19 期生卒業研究論文集, 2023; 19: 29-34.
- 6) 海野智裕, 上村浩信, 他: 異なるニオイと呼吸法が安静時呼吸代謝応答に及ぼす影響. *日本味と匂学会誌*. 2010; 17(3): 441-444.
- 7) 丹羽結子, 大津萌々, 他: 女子大学生を対象とした大学施設を利用した階段昇降時の生理的及び主観的反応. *健康・スポーツ科学*. 2024; 14: 11-18.
- 8) 中野良樹, 畑山俊輝, 他: 香りによる快・不快感が心的作業に及ぼす影響. *感情心理学*. 1997; 4(2): 44-54.

(指導教員 田中貴子)