

サージカルマスクの着用が運動持続時間に及ぼす影響

有本ちひろ・臼井理人

要旨

本研究の目的は、サージカルマスク着用の有無が定常負荷での歩行運動の持続時間ならびに運動中の呼吸困難、脈拍数、経皮的動脈血酸素飽和度 (SpO₂) などに与える影響について調査することである。若年健常者 20 名を対象に、サージカルマスク着用と非着用の 2 条件で最高酸素摂取量の 80% に相当する定常負荷での歩行運動を実施し、呼吸困難、下肢疲労感、脈拍数、SpO₂ を比較した。結果、運動持続時間はサージカルマスク着用で中央値が 347 秒、非着用で 540 秒と有意に短縮した。また、サージカルマスク着用によって呼吸困難は有意に増強し、SpO₂ も有意な低下を認めた。以上より、サージカルマスク着用は呼吸困難、SpO₂ に影響を与え、定常負荷での歩行運動の持続時間を短縮させることが示唆された。

はじめに

2019 年末、中国武漢に端を発した新型コロナウイルスに対して、世界保健機関からは緊急事態宣言が出され、感染拡大予防対策が極めて重要視されている¹⁾。その一環として手指消毒に加え、フェイスマスク着用が推奨されている。特に、医療従事者においてはサージカルマスクを必ず着用し、患者においても院内を移動する際にはサージカルマスクの着用が適応されている²⁾。

その一方で、フェイスマスクを着用することで呼吸困難や不快感の増強が報告されている。健常成人を対象に 4 種類のフェイスマスク着用にてトレッドミルでの歩行運動後、呼吸抵抗、熱、湿度、かゆみなどの不快感の増強を認めている³⁾。同様に健常男性 12 名を対象にサージカルマスク着用の有無で自転車エルゴメータによる漸増運動負荷試験 (cardiopulmonary exercise test; CPX) を行った際、非着用時と比較し着用時の呼吸抵抗や疲労など有意な増強を認めた⁴⁾。さらに不快感増強の要因について、先行研究ではマスクの着用により頸部や胸部の呼吸補助筋が動員されたことで呼吸仕事量が増大し、呼吸困難が生じることを明らかにしている⁵⁾。

しかし、これまでにフェイスマスク着用の有無が運動耐容能に及ぼす影響について検討した先行研究は少ない。健常男性を対象にサージカルマスク着用の有無で自転車エルゴメータによる

CPX にて呼吸代謝指標を比較した結果、最高酸素摂取量 (peak oxygen consumption; VO₂ peak) や心拍数、分時換気量に有意な差は認められなかった⁴⁾。また健常者 44 名にサージカルマスク着用の有無で 6 分間歩行試験を実施した研究では、着用によって呼吸困難は有意に増強したが、歩行距離や心拍数、経皮的動脈血酸素飽和度 (percutaneous oxygen saturation; SpO₂) に有意差は認められなかった⁶⁾。同様に、健常男性 8 名を対象にサージカルマスク着用の有無で 10 分間走行を行った先行研究では、酸素摂取量や心拍数に有意差は認められなかったと報告しており⁷⁾、サージカルマスク着用が運動耐容能に及ぼす影響はないように結論付けられている。しかし、これらの先行研究は運動負荷が増強する試験や時間内試験に限定されており、定常運動負荷試験による検討は皆無である。

理学療法の場合において、運動耐容能の向上を目的に患者に処方する全身持久カトレニングは定常負荷で 20 分以上の実施が推奨されている⁸⁾。そこで、昨今サージカルマスクの着用を義務づけられた状態で理学療法を受けている患者において、推奨された時間の運動が実施できているかは疑問である。さらにサージカルマスク着用の有無による定常負荷での運動持続時間ならびに呼吸困難、脈拍数 (pulse rate; PR)、SpO₂ への影響については不明である。そこで本

研究では、サージカルマスク着用の有無が定常負荷での歩行運動の持続時間ならびに運動中の呼吸困難、PR、SpO₂などに与える影響について検討することを目的とした。

対象

本研究の趣旨を理解し、研究の参加に同意が得られた若年健常者 20 名(男性, 女性それぞれ 10 名)を対象とした。除外基準は、呼吸器疾患や循環器疾患の既往、過去および現喫煙者、気管支ぜんそくに関しては、1 年以内に症状が出現した者、運動器疾患によって本研究での運動負荷が困難な者とした。対象者には、本研究の目的および手順、内容、リスクについて口頭および文書で十分に説明し、書面にて同意を得た上で実施した。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 21070808)。

方法

1. 研究デザインと実施手順 (図 1)

以下の測定を 3 日間に分けて実施した。1 日目、事前調査と自転車エルゴメータを用いた CPX を実施した。2 日目と 3 日目に行う定常負荷による歩行運動は、サージカルマスクの着用と非着用を封筒法によるランダム化クロスオーバーとした。

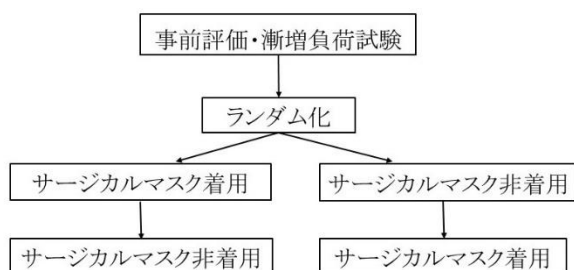


図 1 研究プロトコル

2. 測定項目

1) 事前評価

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、研究説明書を用いて測定の手順、目的、リスク等につい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、呼吸機能、呼吸筋力、下肢筋力を測定した。

① 呼吸機能: スパイロメータ(ミナト医科学社製、オートスパイロ AS-507)を用い、日本呼吸器学会の呼吸機能検査ガイドラインに従って、肺活量(vital capacity; VC)と予測値に対する割合(%VC)、1 秒量(forced expiratory volume in one second; FEV₁)、予測値に対する割合(%FEV₁)、1 秒率(forced expiratory volume in one second/forced vital capacity; FEV₁/FVC)、ピークフロー(peak expiratory flow rate; PEFR)を測定した。測定は 2 回行い、良好な値を解析に用いた¹⁰⁾。

② 呼吸筋力: 呼吸筋力計(木幡計器製作所製、呼吸筋力測定器 IOP-01)を用い、米国胸部学会/欧州呼吸器学会のガイドラインに従って、最大吸気圧(maximal inspiratory pressure, MIP)、最大呼気圧(maximal expiratory pressure, MEP)を測定した。測定は最低 2 回以上行い、測定機器による再現性の判定が「良好」となった時点での最大値を採用した¹¹⁾。

③ 下肢筋力: ハンドヘルドダイナモメーター(アニマ社製、μ-Tus)を用い、等尺性膝伸展筋力を測定した。測定は、利き脚に対して 30 秒以上の間隔をあけて 2 回ずつ行い、最大値を採用した¹²⁾。

2) 漸増運動負荷試験

定常負荷運動の歩行速度を決定するために、自転車エルゴメータ(COMBI 社製 232CXL9)を使用し CPX を実施した。負荷プロトコルは 20W/分のランプ負荷を適用し、回転数 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)と心拍数モニター(ポラール社製心拍センサー H10)を装着し、呼吸・循環動態を連続的に測定した。運動終了基準は、対象者が症候限界に至った時点とし、中止基準は成書に従った。

表 1 対象者背景

	全体 (n=20)	男性 (n=10)	女性 (n=10)
年齢, 歳	21.1±0.8	21.1±0.6	21.0±0.9
身長, cm	162.9±5.9	166.5±4.8	159.4±4.7
体重, kg	57.0±7.1	62.8±3.7	51.2±4.3
BMI, kg/m ²	21.5±2.0	22.7±1.6	20.1±1.9
VO ₂ peak, ml/kg/min	38.8±9.8	36.0±8.1	33.3±6.3
速度, km/h	6.5±1.5	6.8±1.7	6.1±1.3
VC, L	3.7±0.6	4.2±0.5	3.2±0.3
%VC, %	90±8.6	89±9.6	91±7.7
FEV ₁ , L	3.3±0.6	3.8±0.5	2.8±0.1
%FEV ₁ , %	91±8.0	90±10.7	92±4.2
FEV ₁ /FVC, %	88.2±5.5	88.6±4.2	87.8±6.7
MIP, cmH ₂ O	79.6±17.5	91.5±9.0	67.7±15.8
MEP, cmH ₂ O	107.0±32.7	130.4±25.8	83.6±19.2
下肢筋一体重比, kgf/kg	0.6±0.1	0.7±0.1	0.6±0.1

(平均値±標準偏差)

BMI: body mass index, VO₂peak: peak oxygen consumption, VC: vital capacity, FEV₁: forced expiratory volume in one second, FEV₁/FVC: forced expiratory volume in one second/ forced vital capacity, MIP: maximum inspiratory pressure, MEP: maximal expiratory pressure

3. サージカルマスク着用の有無での比較

マスク着用の有無で運動持続時間の中央値は、それぞれ 347 秒、540 秒であり、運動持続時間はマスク着用によって有意に短縮していた ($p<0.01$, 図 4)。マスク着用によって時間が短縮した者は 12 名、変化なしが 7 名、延長が 1 名であった。

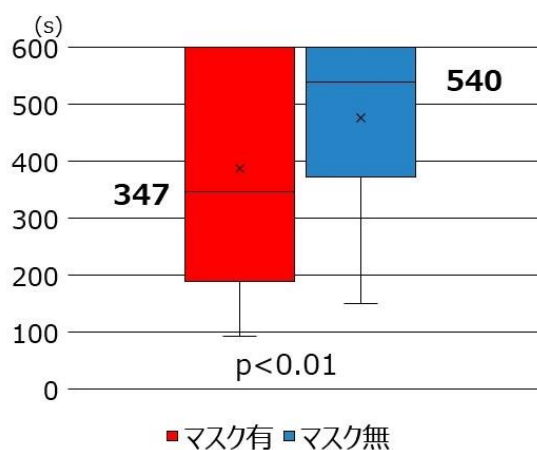


図 4 運動持続時間

呼吸困難はマスク着用で有意に増強し、SpO₂は有意に低下していたが ($p<0.01, 0.05$, 図 5・6)、下肢疲労感、PR において有意差は認められなかった(図 7・8)。さらに、呼吸困難の変化率を(終了時-開始時)÷運動時間(秒)の式より算出し比較した結果、マスク着用で有意に変化率が大きく、呼吸困難の上昇率が高い結果となった ($p<0.01$, 図 9)。

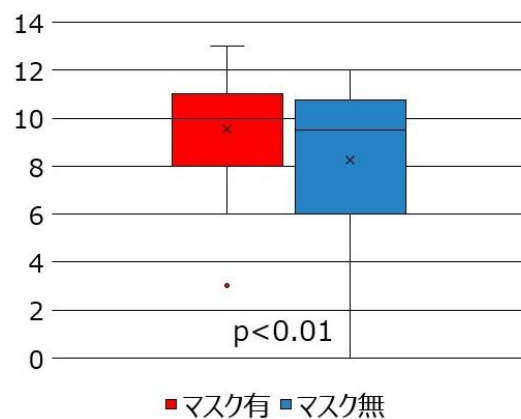
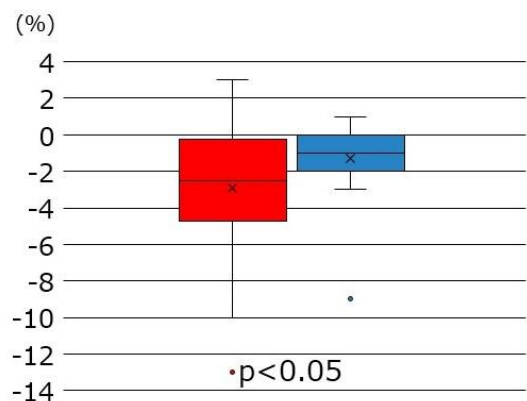
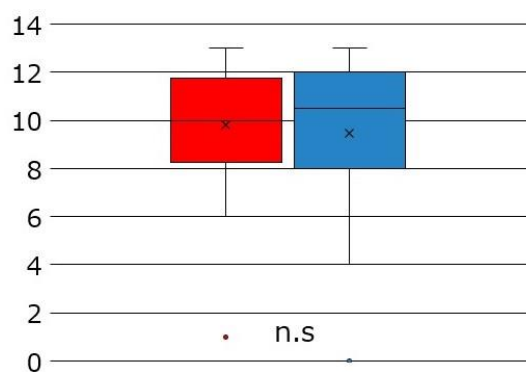


図 5 呼吸困難



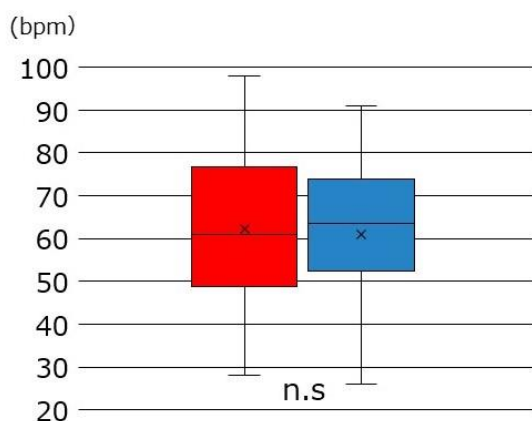
■マスク有 ■マスク無

図 6 SpO₂



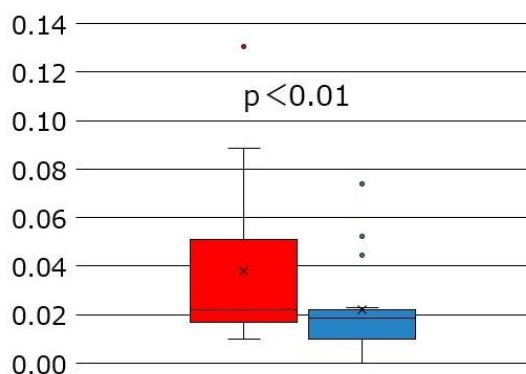
■マスク有 ■マスク無

図 7 下肢疲労



■マスク有 ■マスク無

図 8 PR



■マスク有 ■マスク無

図 9 呼吸困難変化率

表 2 各測定項目の比較

	短縮群 (n=12)	非短縮群 (n=7)	P 値
VE, L/min	67.4±23.2	53.4±25.8	0.167
V _T , ml	3220.8±736.4	2894.6±1118.4	0.261
%VC, %	89.3±9.8	91.1±6.8	0.967
%FEV ₁ , %	89.3±9.2	93.1±5.3	0.196
FVC, L	3.8±0.7	3.7±0.8	0.902
FEV ₁ /FVC, %	87.9±5.5	88.9±5.8	0.643
PEFR, L/s	7.3±2.0	6.4±2.4	0.432
MIP, cmH ₂ O	86.4±14.3	68.2±18.7	0.083
MEP, cmH ₂ O	112.6±31.6	99.0±37.1	0.432
下肢筋一体重比, kgf/kg	0.6±0.1	0.7±0.1	0.167

(平均値±標準偏差)

VE: minute ventilation, V_T: tidal volume, VC: vital capacity, FEV₁: forced expiratory volume in one second, FEV₁/FVC: forced expiratory volume in one second/ forced vital capacity, PEFR: peak expiratory flow rate, MIP: maximum inspiratory pressure, MEP: maximal expiratory pressure

4. 運動持続時間短縮群と非短縮群による測定項目の比較

サージカルマスク着用において%FEV₁と下肢筋一体重比は短縮群で低値を示し、MIP については短縮群で高値を示したが、いずれも有意差は認められなかった。その他の項目についても有意差は認められなかった。

考察

本研究は、サージカルマスクの着用の有無が高強度定常負荷歩行の持続時間、呼吸困難、PR、SpO₂などに与える影響について検討した。その結果、着用によって運動持続時間の短縮、呼吸困難の増強、SpO₂の低下を認めた。

一般的に運動すると呼吸中枢が刺激され呼吸仕事量が増大する。先行研究では、運動にサージカルマスクの着用が加わると呼吸抵抗が大きくなることで換気量が減少し、呼吸仕事量がさらに増大する。そのため酸素摂取量が制限されると共に呼吸筋の酸素消費量が増加することが報告されている。そして、この両者によって SpO₂ 低下をきたすと述べられている⁵⁾。本研究においても、サージカルマスク着用が非着用と比べ、SpO₂ が有意に低値を示し、呼吸困難も強く、その上昇率も高い結果であったことから、サージカルマスクの着用が先行研究と同様の機序によって運動持続時間の短縮をもたらしたと推察された。また、片山らの先行研究では過度の呼吸筋活動の増加は、呼吸筋由来の代謝受容器反射により活動肢の末梢血管を収縮させ酸素運搬を制限させるため、結果的に活動筋の早期疲労発現や持久性運動パフォーマンスの低下につながると報告されている¹⁴⁾ことから、マスク着用によって下肢疲労感も影響を受けると仮説を立てた。さらにマスクによる抵抗により酸素摂取量が減少することで交感神経が刺激され心拍数が上昇すると報告されている¹⁵⁾ことから、PR もマスクの影響を受けると推察していた。しかし、本研究でこれらに有意差は認められなかった。これは、今回 CPX と定常負荷試験では運動様式が異なっていたことが原因ではないかと考える。

また、サージカルマスク着用が運動持続時間

の変化と関連する項目の検討として対象者特性を比較検討した結果、運動時間短縮群と非短縮群で有意な相違は認められなかった。先行研究において、マスク着用によって気道抵抗が上昇するため、強い吸気筋力が必要であることに加え、運動中の換気量を増加させる際には呼吸抵抗が強くなることが報告されている¹⁶⁾。さらに、征矢らは運動中の換気量増大を補助するためには強い呼気筋力が必要であると述べている¹⁷⁾。加えて、一般的に下肢筋力と運動耐容能は関連する。これらのことから、マスク着用によって運動持続時間が短縮する対象者は短縮しない対象者と比較して、呼吸機能や呼吸筋力、さらには下肢筋力が低値であると仮説を立てた。しかし%FEV₁においては、時間減少群が低値ではあったが、すべての指標において有意差は認められなかった。これは定常負荷運動の最長運動時間を 10 分に設けたことで正確な運動持続時間を計測できていないことが原因ではないかと考える。

本研究の限界として、サンプルサイズが少ないこと、運動中に呼気ガス分析装置を装着しておらず、呼吸循環応答を調べていなかったためサージカルマスクが運動持続時間に与える機序については明らかにできなかったことなどが考えられた。しかし、サージカルマスク着用は運動時間や呼吸困難、SpO₂に影響を与えることが明らかとなった。今後は臨床応用のため呼吸・循環器疾患を有する患者や高齢者を対象として、同様の研究を行う必要がある。

まとめ

本研究は若年健常者を対象にサージカルマスク着用の有無が高強度の定常負荷歩行運動での運動持続時間、呼吸困難、PR、SpO₂などに与える影響について検討した。その結果、サージカルマスクを着用することによって、呼吸困難の増強、SpO₂の低下により、運動持続時間は短縮することが明らかとなった。このことから、サージカルマスク着用下で運動を行う際、自覚症状について、より注意深く観察し、運動負荷や時間などの設定には配慮が必要であると思われる。

謝辞

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

参考文献

- 1) 厚生労働省: 新型コロナウイルス感染症について. https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000164708_00001.html (2021年3月15日引用)
- 2) 日本環境感染学会: 医療機関における新型コロナウイルス感染症への対応ガイド 第3版. http://www.kankyokansen.org/uploads/uploads/files/jsipc/CO_V_ID-19_taioguide3.pdf (2021年3月15日引用)
- 3) Li Y, Tokura H, et al.: Effects of wearing N95 and surgical facemasks on heart rate, thermal stress and subjective sensations. *Int Arch Occup Environ Health*. 2005; 78: 501-509.
- 4) Fikenzler S, Uhe T, et al.: Effects of surgical and FFP2/N95 face masks on cardiopulmonary exercise capacity. *Clin Res Cardiol*. 2020; 109: 1522-1530.
- 5) Kido S, Yu W, et al.: Cardiorespiratory response during combined training with breathing resistance and sustained physical exertion: a pilot study. *Physic Med Rehabil Res*. 2017; 2: 1-5.
- 6) Person E, Lemercier C, et al.: Effect of a surgical mask on six minutes walking distance. *Rev Mal Respir*. 2018; 35: 264-268.
- 7) 岩合昭直, 布施沙由理, 他: サージカルフェイスマスクを使用した走行が呼吸機能に及ぼす影響. *東洋大学大学院紀要*. 2012; 49: 321-332.
- 8) 日本理学療法士協会: 呼吸リハビリテーションのガイドライン 運動療法マニュアル. *理学療法学*. 2012; 31: 259-262.
- 9) 藤原誠助: 歩容変化を考慮した歩行運動に

おける運動強度推定式の作成. 東北大学大学院医工学研究科, 2016. <http://hdl.handle.net/10097/00120417>

- 10) 日本呼吸器学会肺生理専門委員会: 呼吸機能検査ガイドライン—スパイロメトリー, フローボリューム曲線, 肺拡散能力—. *メディカルレビュー社*, 東京, 2004.
- 11) American Thoracic Society/European Respiratory Society: ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002; 166: 518-624.
- 12) 山崎裕司, 長谷川輝美: 固定用ベルトを装着したダイナモメーターによる等尺性膝伸展筋力の測定. *高知リハビリテーション学院紀要*. 2001; 3: 7-11.
- 13) 田平一行, 原田鉄也, 他: 漸増運動負荷試験と高強度定常運動負荷試験の運動生理学的特徴 —酸素摂取量の視点から—. *日本呼吸ケア・リハ学誌*. 2014; 24: 252-257.
- 14) 片山敬章: 運動時の循環調節に対する呼吸筋活動の影響. *循環制御*. 2018; 39: 91-96.
- 15) 上野哲: マスク着用による生理学的負担. *日職災医誌*. 2021; 69: 1-8
- 16) Poon C. S: Optimal control of ventilation in hypoxia, hypercapnia and exercise. In *Modelling and Control of Breathing*, edited by B.J. Whipp and D.M. Wiberg. New York: Elsevier. 1983; 189-196.
- 17) 征矢英昭, 尾縣貢: 心臓, 肺, 血液のランニングへの適応. *中距離ランナーの科学的トレーニング*. 2001; 1: 108-133.

(指導教員 田中貴子)