

運動療法を実施する際のマスク装着の影響

神崎 良子¹⁾²⁾、高橋精一郎¹⁾、樋口 博之²⁾³⁾

Effect of a mask-wearing during an aerobic exercise

Ryoko KANZAKI¹⁾²⁾, Seiichiro TAKAHASHI¹⁾, Hiroyuki HIGUCHI²⁾³⁾

Abstract

BACKGROUND : Due to the COVID-19, it is recommended to wear a facemask. Mask-wearing may increase the physical burden during exercise. **OBJECTIVE** : This study aimed to compare the effects of a mask-wearing and ambient room temperature on heart rate (HR), autonomic nervous system activity, and rating of perceived exertion (RPE) during a bicycle exercise. **METHODS** : Thirty healthy university students participated in four bicycle exercise sessions, performed at the intensity of anaerobic threshold for 10 minutes. During these sessions, participants were subjected to two temperatures, 20°C and 24°C, and were either, while wearing a mask or not. We measured the electrocardiogram (ECG) and RPE during exercise. HR and rate of change in autonomic nervous system activity were evaluated by the ECG. **RESULTS** : We observed significant changes in HR ($p < 0.001$) and RPE ($p = 0.0026$) between different room temperatures and whether or not a mask was used. RPE was significantly higher during mask-wearing sessions than during no mask sessions at 24°C. However, there were no significant changes in the rate of change in autonomic nervous system activity, regardless of room temperature or mask-wearing. **CONCLUSION** : Our results suggest that physiological discomfort associated with mask-wearing can be reduced by decreasing the ambient room temperature.

Keywords : surgical mask, room temperature, heart rate, rating of perceived exertion, autonomic nervous system activity

-
- 1) 九州栄養福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科
〒800-0298 福岡県北九州市小倉南区葛原高松 1-5-1
Department of Physical Therapy, Faculty of Rehabilitation, Kyushu Nutrition Welfare University
代表著者の通信先 : 神崎良子、九州栄養福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科
〒800-0298 福岡県北九州市小倉南区葛原高松 1-5-1
Phone:093-471-7939 Fax:093-471-8123 E-mail:kanzaki@knwu.ac.jp
 - 2) 九州保健福祉大学大学院保健科学研究科
〒882-8508 宮崎県延岡市吉野町 1714-1
Graduate school of Health Science, Kyushu University of Health and Welfare
 - 3) 吉備国際大学保健医療福祉学部
〒716-8508 岡山県高梁市伊賀町 8
School of Health Science and Social Welfare, Kibi International University

受付日 : 2023.4.17, 採択日 : 2023.7.12 J-STAGE早期公開日 : 2023.8.14

I 緒言

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) のまん延により我々の社会生活は一変した。2020年5月に新型コロナウイルス感染症対策専門家会議¹⁾で新しい生活様式としてマスク着用が推奨されて以来、日常生活でマスク着用が定着した。運動実施時においても、スポーツイベント²⁾や屋内運動³⁾、介護予防を目的とした通いの場⁴⁾等でマスク装着が求められてきた。また日本心臓リハビリテーション学会の指針⁵⁾では、患者と医療従事者はサージカルマスクを着用することが明記されるなど、地域における健康増進や病院・施設におけるリハビリテーションではマスク装着が原則義務づけられてきた。

運動時のマスク装着による心肺機能への影響については、Lässingら⁶⁾は、自転車エルゴメータを用いた中強度10分間の運動でマスクの有無を比較し、マスク装着下では気道抵抗の増大や心拍数の増加を認めたものの、自覚的運動強度については有意差がなかったと報告している。自転車エルゴメータを用いた漸増運動負荷を症候限界性に実施した際の指標をマスクの有無で比較した先行研究^{7, 8)}では、心拍数や自覚的運動強度に有意差はなかった。Otsukaら⁹⁾は、症候限界性にランプ負荷を実施し嫌気性代謝閾値における自覚的運動強度に有意差はなかったが、マスク群において呼吸困難感が有意に高値を示したと報告している。このようにマスク装着による心拍数や自覚的運動強度への影響は一定の見解を得ていない。

運動時のマスク装着に関する先行研究では室温について記述がないものが散見される。田中ら¹⁰⁾は、室温10℃～35℃で自転車エルゴメータを用いて一定量負荷を行い、室温が低いほど運動時の心拍数は減少したと報告している。また木本ら¹¹⁾は、室温20℃と32℃～34℃の暑熱下で中強度運動負荷を行い、暑熱下では自覚的運動強度が有意に高値であったと報告している。従ってマスク装着による影響を考える際は室温についても考慮する必要がある。一方運動時のマスク装着が自律神経活動に及ぼす影響を調査した報告は、現在のところ見当たらない。高齢者¹²⁾や心不全患者¹³⁾は自律神経機能が障害されることが指摘されており、マスク装着下での運動による心拍数や自律神経活動への影響を検証することは、安全かつ効果的な運動療法を提供する上で重要である。また室温の違いによる影響も検証することで、運動実施中の室温の調整を考慮する一助となる。

令和5年2月の新型コロナウイルス感染症対策本部¹⁴⁾にて、COVID-19は感染症法上5類感染症に変更し、マスク着用は個人の判断に委ねることが決定した。しかし通いの場等を実施する際の留意事項として引き続きマスク着用は推奨¹⁵⁾されており、今後も高齢者を対象と

した健康増進や病院・施設でのリハビリテーションにおいては運動時のマスク装着が想定されることから、運動療法実施時のマスク装着の影響について検証する社会的意義は大きい。

本研究では、若年健常者における運動負荷時のマスク装着の有無による心拍数や自覚的運動強度、自律神経活動への影響を評価し、さらに室温による違いを明らかにすることを目的とする。

II 方法

1. 対象と倫理的配慮

対象者の選択基準は健常な男子大学生としA大学内で公募した。運動遂行が困難な整形外科疾患や循環器疾患、呼吸器疾患を有する者、喫煙者は除外した。研究参加者には口頭および書面にて研究の説明を行い文書にて同意を得た。対象者は13名(平均年齢 ± 標準偏差: 21.2 ± 0.9歳)である。基本情報として対象者の年齢、身長と体重、運動経験、現在の運動習慣を聴取した。本研究は九州栄養福祉大学倫理審査委員会(第2105号)および九州保健福祉大学倫理委員会(第21-011号)にて承認を得たうえで実施した。

2. 方法

本研究のデザインはクロスオーバー試験である。対象者は心肺運動負荷試験にて運動強度を決定、2種類の室温とマスクの有無の合計4条件で有酸素運動を実施した。

1) 一定量負荷強度の設定

呼気ガス分析装置(AE-310、ミナト医科学社製)、負荷装置には自転車エルゴメータ(エアロバイク75XLⅢ、コンビ社製)を用いて心肺運動負荷試験を実施した。1分間に30watt増加させるランプ負荷にて実施、V-Slope法にて嫌気性代謝閾値(Anaerobic threshold: AT)を決定し、日本心臓リハビリテーション学会策定の心臓リハビリテーション標準プログラム¹⁶⁾に従い、AT1分前の負荷量を一定量負荷強度と設定した。

2) 室温の設定と管理

病院や施設における療養環境を想定した快適室温と、室内運動を行う環境を想定した室温を設定した。快適室温は、アメリカ暖房冷凍空調学会による至適温度範囲¹⁷⁾を参考に24℃と設定した。運動時の室温は至適温度範囲より低く、臨床で実行可能な室温として20℃を設定した。床上60cmと140cmの2か所に温湿度計を設置し、実験中も室内の空調設備を調整して室温を管理した。

3) 一定量負荷の実施

一定量負荷には自転車エルゴメータ(エアロバイク75XLⅢ、コンビ社製)を使用した。対象者は自転車エ

エルゴメータのサドルに腰掛け、股関節、膝関節軽度屈曲位で足を台の上に乗せて5分間の安静座位の後、一定量負荷で自転車エルゴメータを10分間実施し、再び足を台の上に乗せて5分間安静にしたうえで終了とした。エルゴメータの回転速度は1分間に50～60回転とし表示画面で対象者、検者ともに目視で確認しながら実施した。対象者は室温20℃・マスクあり、室温20℃・マスクなし、室温24℃・マスクあり、室温24℃・マスクなしの4条件をランダムに実施した。ランダム化には乱数生成ソフトを用い、マスクの有無は実施直前に対象者に告知した。4条件間のウォッシュアウト期間は48時間以上とした。マスクは3層構造の不織布マスク(医療用マスククラスⅡ、横井定株式会社製)を使用し、着衣は半袖シャツとハーフパンツの服装で着衣量を統一した(0.3 clo.)。対象者は測定前日からの飲酒、測定3時間前からの飲食を控え、測定時は視覚情報の管理のため白を基調とした壁側を向いて計測した。測定は午後の同一時間帯に実施した。

4) 測定項目と測定方法

心拍数(heart rate:HR)は、心拍計(LRR-03、アームエレクトロニクス株式会社製)を装着して測定した。自律神経活動の測定には、RR間隔を用いた心拍変動解析を採用した。心拍変動解析はコリン作動性の機能評価に分類され、非侵襲的で簡便であり信頼性の高い評価¹⁸⁾である。心拍揺らぎシステムMemCalc(Tawara, GMS社製)を用いて最大エントロピー法にて周波数解析を行った。サンプリング周波数は250 Hzとし、0.04～0.15 Hzの低周波成分(low frequency:LF)と0.15～0.40 Hzの高周波成分(high frequency:HF)を算出、HFを副交感神経活動の指標、LF/HFを交感神経活動の指標とした。またHFは $HF/(LF + HF) \times 100$ により標準化(normalized unit)データとしてHFnuを算出した。

自覚的運動強度(rating of perceived exertion:RPE)は、アメリカスポーツ医学会のカテゴリーレシオスケール¹⁹⁾を用いて測定した。0(全くなし)から10(極めて強い)を記した表を対象者の側方から提示し1分ごとに指差しで疲労感を確認した。

5) データ解析と統計処理

安静時測定値(Rest)は運動開始1分前の数値の平均値とした。運動時測定値(Ex1～10分)、および運動後測定値(Post1～5分)は1分ごとの平均値を算出した。ただし足台を撤去・設置し対象者が足台やペダルに足底を接地完了するまでの数値については解析から除外した。HFnu、LF/HFは変化量を安静時測定値で除した変化率を求めた。

各変数の測定結果は平均値 ± 標準偏差で示した。

マスク装着群(Surgical mask:SM群)、マスクなし群(Control:C群)に分け、各指標の測定結果についてマスクと室温の2要因の解析は対応のある二元配置分散分析を使用し、交互作用を認めた項目については下位検定として対応のあるt検定もしくはWilcoxonの符号順位検定を行った。統計にはSPSS statistics ver.26 for Windows(IBM社製)を使用し、有意水準は5%とした。

Ⅲ 結果

対象者の基本特性を表1に示す。計4回の測定を全員が完遂し脱落者はいなかった。室温は20℃設定で $20.5 \pm 0.6^\circ\text{C}$ 、24℃設定で $23.7 \pm 0.7^\circ\text{C}$ 、湿度は20℃設定で $38.2 \pm 6.4\%$ 、24℃設定で $43.3 \pm 11.2\%$ であり、室温20℃下と24℃下で湿度に有意差はなかった。

表1 対象者基本情報

年齢	21.2 ± 0.9 歳
BMI	18.4 ± 1.4 kg/m ²
運動強度	75.3 ± 17.3 watt
運動歴(あり/なし)	12/1
運動習慣(あり/なし)	9/4

平均値 ± 標準偏差

1) HR(心拍数)の推移

HRはマスク装着の有無と室温に交互作用を認めた($p < 0.001$)。HRは室温20℃でC群に比べSM群の方が有意に高くEx1分よりPost5分まで続いた。室温24℃ではSM群とC群でHRに有意差はなかった(図1)。

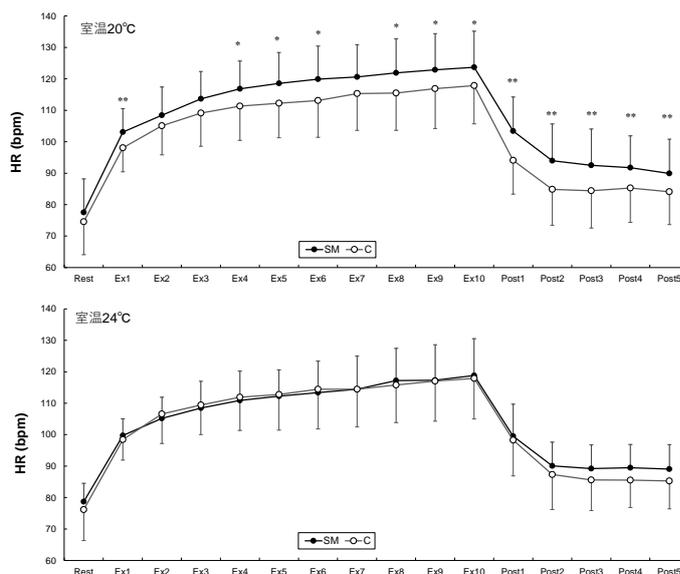


図1 心拍数の推移

データは平均値 ± 標準偏差で示す

SM: surgical mask group, C: control group

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ SM vs C

2) RPEの推移

RPEはマスク装着の有無と室温に交互作用を認めた ($p = 0.0026$)。しかし室温20℃ではRPEにSM群とC群で有意差はなく、室温24℃でEx 4分以降にC群に比べSM群が有意に高い値を示した(図2)。

3) HFnu変化率、LF/HF変化率の推移

図3にLF/HF変化率の推移を示す。HFnu変化率 (p

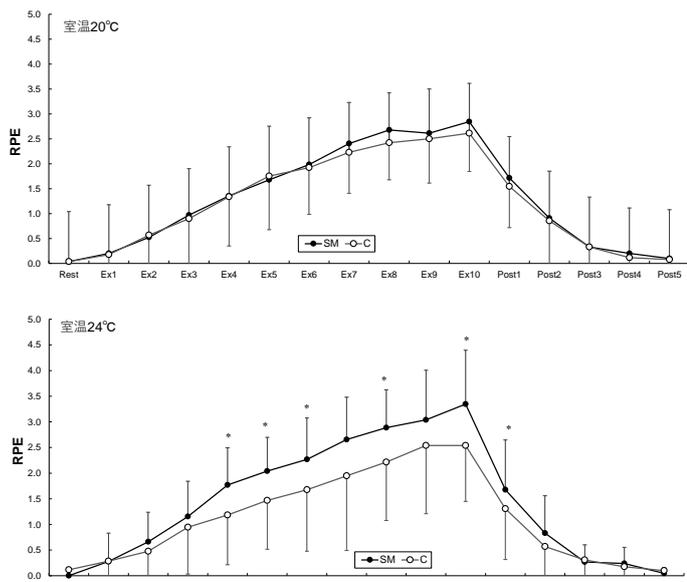


図2 自覚的運動強度の推移

データは平均値 ± 標準偏差で示す

SM: surgical mask group, C: control group

* $p < 0.05$, SM vs C

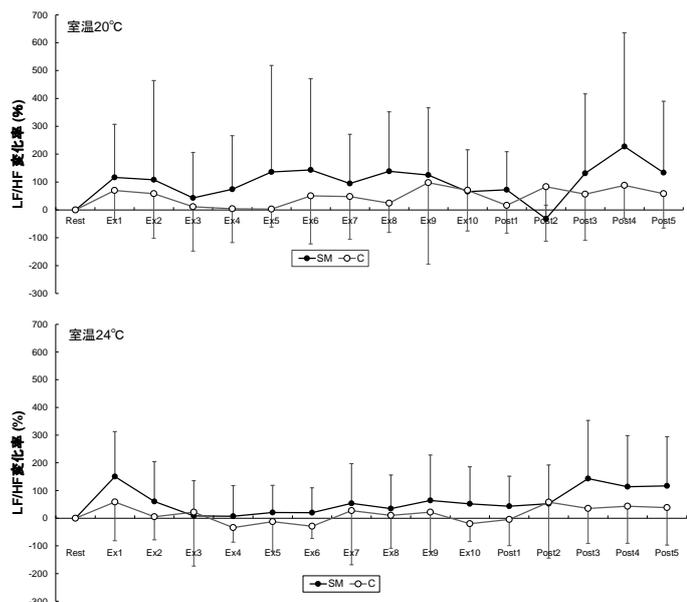


図3 交感神経活動変化率の推移

データは平均値 ± 標準偏差で示す

SM: surgical mask group, C: control group

$= 0.108$)、LF/HF変化率 ($p = 0.755$)はマスク装着の有無と室温に交互作用を認めなかった。

IV 考察

本研究は、有酸素運動時のマスクの有無による心拍数や自覚的運動強度、自律神経活動への影響を評価した。また快適室温である24℃と、運動時の室温としてリハビリテーション室等で設定が可能な20℃の室温で比較し、室温の違いによる影響を検証した。以下に指標毎の考察を行う。

1) 心拍数に対するマスク装着の影響

運動中の心拍数は、室温20℃下でマスク装着時にマスクなしと比較して有意に高値であった。Lassingら⁶⁾の中強度負荷による研究においても、マスク装着により心拍数の増加を認めており同様の結果となった。マスク装着下では、吸気抵抗やマスクと顔の皮膚の間のデッドスペースの影響により、マスクをつけていない時と同じ量の空気を吸い込むためには、呼吸をするにはより多くの仕事量が必要となる²⁰⁾。マスク装着下での運動により呼吸筋群の酸素需要が生じ、心拍数が増加したと推察できる。また顔面は前腕や大腿、体幹と比較して熱感受性が高い²¹⁾。顔面がマスクで覆われることによりマスク内温度の上昇や発汗を生じ、心拍数が増加した可能性も考えられる。室温20℃のみマスクの有無により有意差が生じた要因については不明である。同一強度で4回の自転車運動を行うため、少なからず慣れの影響は考えられる。しかし本研究では4条件の順序をランダムに行い、各条件の実験間隔を48時間以上に設定した。測定時間帯や運動時の服装、飲食についても同一条件とした。マスク装着が運動中の心拍数に与える要因について、今後の研究で明らかにしたい。

2) 自覚的運動強度に対するマスク装着の影響

室温24℃下での運動時は、マスクなしと比較しマスク装着により自覚的運動強度が高くなったが、同様の傾向は室温20℃下では認められなかった。Liら²²⁾は、室温25℃、湿度70%の環境下でサージカルマスクとN95マスクの影響をトレッドミル歩行で比較し、両群ともにマスク内の温度と湿度が上昇したと報告している。顔面は熱感受性が高い²¹⁾といわれており、マスクによる気道抵抗の増大⁶⁾による空気飢餓感に加えて、マスク内の温度・湿度の上昇やマスク内の発汗により不快感が増大し、室温24℃下で自覚的運動強度が高値を示したと考えられる。運動時の呼吸困難感への対処法の一つとして、顔面に局所的に送風するハンドヘルドファン療法が知られている。Galbraithら²³⁾による、慢性的な進行性の呼吸困難を有する患者を対象とした研究では、顔面への送風

により呼吸困難感が有意に減少したと報告している。しかし高齢者は、若年成人と比較して気流の影響を強く受け皮膚温の低下や体温の低下が生じ、寒さ感や不快感を示す傾向にある²⁴⁾ため冷房や扇風機の風が直接身体に当たることを嫌う場合も多い。本研究では室温20℃下ではマスク装着の影響を認めなかったことから、屋内における運動療法実施時は、室温を下げることもマスクによる自覚的運動強度を低減させる選択肢の一つになると思われる。

3) 自律神経活動に対するマスク装着の影響

室温24℃下では、マスク装着下で運動を行うことでマスク内温度が上昇、息苦しさや不快感が生じ、交感神経活動が高まると仮説を立てたが、立証には至らなかった。結果には示さなかったが、4条件間のHFnu、LF/HFは対数変換を行い比較したものの同様の結果であった。林ら²⁵⁾は、自転車エルゴメータを用いて5分間の漸増負荷後に目標心拍数を維持するようプログラムされた運動を10分間行い、自律神経活動を測定している。運動強度は相対強度ではなく、目標心拍数100、120、140、160拍/分に設定し、安静時と比較して、運動中の交感神経活動は160拍/分で有意に高く、副交感神経活動は140拍/分と160拍/分で有意に低値であったことを報告している。本研究では、マスク装着の有無で自律神経活動の比較を行ったが、運動最終時の心拍数は4条件とも120拍/分付近であったことから、安静時と比較し自律神経活動の有意な変化が生じる運動強度に達していなかった可能性が考えられる。

また、室温24℃における自覚的運動強度は、マスクなし群と比較してマスク装着群で運動開始4分以降高値を示したが、自律神経活動に有意な変化はなかったことから、AT強度以下の運動中の自覚的運動強度は、自律神経活動、すなわち心拍のゆらぎ成分に影響を与えないのかもしれない。

本研究では若年健常者を対象としており、高齢者や内科的疾患を有する者にも同様の結果となるかは不明である。高齢者は自律神経機能が障害¹²⁾されており、若年者に比べて皮膚温が低く寒さ感が強い²⁴⁾と報告されている。先行研究^{12, 24)}は運動中の測定ではないが、高齢者において運動中の自律神経活動は若年健常者と異なる可能性はある。

本研究では、マスク装着による自律神経活動への影響は確認できなかった。しかし、リハビリテーションや健康増進分野で実施頻度の高い、自転車運動中のマスク装着の影響を心拍数と自覚的運動強度から明らかにした。今後はジョギングや高強度負荷の運動、高齢者を対象とした運動についても検証する。

V 結論

若年健常者を対象にAT強度で自転車運動を実施し、マスクなしと比較してマスク装着により室温20℃下では運動時心拍数が高く、室温24℃下では自覚的運動強度が高値となった。自律神経活動はマスク装着と室温による影響は認めなかった。マスク装着下でAT強度にて運動療法を行う際に自覚的運動強度を低減するには、室温を下げるのが望ましい。

謝辞および利益相反

本研究の実施にあたりご協力を賜りました参加者の皆様に心より感謝申し上げます。また本研究において利益相反はありません。

文献

- 1) 厚生労働省:新型コロナウイルス感染症対策専門会議 新型コロナウイルス感染症対策の状況分析・提言(2020年5月4日).
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000121431_senmonkakaigi.html(参照日2021年2月19日).
- 2) 日本スポーツ協会・日本パラスポーツ協会:スポーツイベントの開催における感染拡大予防ガイドライン令和4年12月26日改訂.
https://www.japan-sports.or.jp/Portals/0/data/somu/doc/guideline_R4_1226.pdf(参照日2023年3月13日).
- 3) 日本フィットネス産業協会:FIA フィットネス関連施設における新型コロナウイルス感染拡大対応ガイドライン11版.
https://fia.or.jp/wp-content/uploads/2022/12/fia_guide_11.pdf(参照日2023年2月27日).
- 4) 厚生労働省:新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止に配慮して通いの場等の取組を実施するための留意事項について(令和2年5月29日).
<https://www.mhlw.go.jp/content/000636894.pdf>(参照日2023年3月10日).
- 5) 日本心臓リハビリテーション学会:COVID-19に対する心臓リハビリテーション指針(2020年4月30日).
<https://www.jacr.jp/news/20200420/>(参照日2021年2月18日).
- 6) Lässig J, Falz R, Pökel, C, et al.: Effects of surgical face masks on cardiopulmonary parameters during steady state exercise. *Scientific Reports*, 2020; 10: 22363. DOI: 10.1038/s41598-020-78643-1.
- 7) Epstein D, Korytny A, Isenberg Y, et al.: Return

- to training in the COVID-19 era: The physiological effects of face masks during exercise. *Scand J Med Sci Sports*, 2020; 00: 1-6. DOI: 10.1111/sms.13832.
- 8) Shaw K, Butcher S, Ko J, et al.: Wearing of cloth or disposable surgical face masks has no effect on vigorous exercise performance in healthy individuals. *Int J Environ Res Public Health*, 2020; 17: 8110. DOI: 10.3390/ijerph17218110.
- 9) Otsuka A, Komagata J, Sakamoto Y: Wearing a surgical mask does not affect the anaerobic threshold during pedaling exercise. *J Human Sport and Exercise*, 2022; 17: 22-28. DOI: 10.14198/jhse.2022.171.03.
- 10) 田中正敏, 松井住仁, 梶原裕, 他: 循環機能評価に及ぼす気温の影響. *日衛誌*, 1981; 35: 814-820. DOI: 10.1265/jjh.35.814.
- 11) 木本理可, 塚本未来, 東郷将成, 他: 中強度有酸素運動における温度条件の差異が運動誘発性酸化ストレスに与える影響. *北海道体育学研究*, 2015; 50: 17-24.
- 12) 田村直俊, 島津邦男, 稗貫誠, 他: 自律神経反射に及ぼす生理的加齢の影響. *日本老年医学会誌*, 1982; 19: 563-570. DOI: 10.3143/geriatrics.19.563.
- 13) Kishi T: Heart failure as an autonomic nervous system dysfunction. *J Cardiol*, 2012; 59: 117-122. DOI: 10.1016/j.jjcc.2011.12.006.
- 14) 新型コロナウイルス感染症対策本部: 新型コロナウイルス感染症対策の基本的対処方針 (令和5年2月10日変更).
https://corona.go.jp/expert-meeting/pdf/kihon_r_20230210.pdf (参照日2023年3月1日).
- 15) 厚生労働省: 新型コロナウイルス感染症の防止に配慮して通い場等の取組を実施するための留意事項について その3 (令和5年2月24日).
<https://www.mhlw.go.jp/content/000867568.pdf> (参照日2023年3月10日).
- 16) 日本心臓リハビリテーション学会: 心臓リハビリテーション標準プログラム (2013年版) - 心筋梗塞急性期・回復期 -.
<https://www.jacr.jp/standard-program/> (参照日2022年12月22日).
- 17) ASHRAE: ANSI/ASHRAE Standard 55-2004 The thermal environmental conditions for human occupancy. ASHRAE, Atlanta. 2004; 4-5.
- 18) 西田裕介, 白井晴信, 竹内真太: 自律神経機能の測定方法. *理学療法*, 2021; 38: 493-501.
- 19) 日本体力医学会体力科学編集委員会監訳: 運動処方
の指針 運動負荷試験と運動プログラム (原著第8
版). 南江堂, 東京. 2014; 80-83.
- 20) 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.
- 21) Cotter JD, Taylor NA: The distribution of cutaneous sudomotor and alliesthesial thermosensitivity in mildly heat-stressed humans: an open-loop approach. *J Physiol*, 2005; 565: 335-345. DOI: 10.1113/jphysiol.2004.081562.
- 22) Li Y, Tokura H, Guo YP, 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. DOI: 10.1007/s00420-004-0584-4.
- 23) Galbraith S, Fagan P, Perkins P, et al.: Does the use of a handheld fan improve chronic dyspnea? A randomized, controlled, crossover trial. *J Pain Symptom Manage*, 2010; 39: 831-838. DOI: 10.1016/j.jpainsymman.2009.09.024.
- 24) 田中英登, 梅田奈々: 高齢者における夏季の冷房使用状況と冷房使用時の生理的反応と温熱的快適性に及ぼす気流の影響. *日生気誌*, 2015; 51: 141-150. DOI: 10.11227/seikisho.51.141.
- 25) 林直亨, 中村好男, 村岡功: 一過性の運動中および運動後の自律神経系活動に及ぼす運動強度の影響. *体力科学*, 1995; 44: 279-286. DOI: 10.7600/jspfsm1949.44.279.