



Since January 2020 Elsevier has created a COVID-19 resource centre with free information in English and Mandarin on the novel coronavirus COVID-19. The COVID-19 resource centre is hosted on Elsevier Connect, the company's public news and information website.

Elsevier hereby grants permission to make all its COVID-19-related research that is available on the COVID-19 resource centre - including this research content - immediately available in PubMed Central and other publicly funded repositories, such as the WHO COVID database with rights for unrestricted research re-use and analyses in any form or by any means with acknowledgement of the original source. These permissions are granted for free by Elsevier for as long as the COVID-19 resource centre remains active.



Disponible en ligne sur

**ScienceDirect**  
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

**EM|consulte**  
www.em-consulte.com



## TEXTES OFFICIELS

# Pratique des explorations fonctionnelles respiratoires pendant l'épidémie COVID-19. Prise de position du groupe « Fonction respiratoire » et du groupe « Alvéole » de la SPLF concernant la pratique de l'exploration fonctionnelle respiratoire au repos et à l'exercice, applicable à la phase de reprise d'activité



*Lung function testing under COVID-19: A position paper*

L. Plantier<sup>a,\*</sup>, F. Costes<sup>c,d</sup>,  
pour les groupes de travail 'Fonction' et 'Alvéole'  
de la Société de pneumologie de langue française

<sup>a</sup> Service de pneumologie et explorations fonctionnelles respiratoires, CHRU de Tours, hôpital Bretonneau, 2, boulevard Tonnellé, 37044 Tours cedex 9, France

<sup>b</sup> CEPR/Inserm UMR1100, université de Tours, Tours, France

<sup>c</sup> Service de médecine du sport et explorations fonctionnelles, CHU de Clermont-Ferrand, Clermont-Ferrand, France

<sup>d</sup> INRAE, UNH, Université Clermont-Auvergne, Clermont-Ferrand, France

Reçu le 25 mai 2020 ; accepté le 28 mai 2020

Disponible sur Internet le 5 juin 2020

## Préambule et mise en garde

L'objectif de ces propositions est de prévenir la transmission du virus SARS-CoV-2 lors de la pratique des explorations

fonctionnelles respiratoires (EFR) au repos et à l'exercice, dans le contexte général de l'assouplissement progressif des mesures de distanciation sociale débuté en France le 11 mai 2020.

L'ensemble des propositions rassemblées dans le présent document représente l'état des réflexions des groupes de travail « Fonction respiratoire » et « Alvéole » de la SPLF en date de sa publication. Ces propositions reposent, d'une

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [laurent.plantier@univ-tours.fr](mailto:laurent.plantier@univ-tours.fr) (L. Plantier).

part, sur les données actuelles des connaissances concernant l'épidémiologie et la transmission du SARS-CoV-2 et, d'autre part, sur un consensus des praticiens francophones impliqués dans la réalisation et l'encadrement des EFR. Ces propositions n'ont pas de caractère opposable. Les arbitrages éventuels quant à l'attribution des équipements de protection individuelle ne sont pas de la responsabilité des personnels et des encadrants pratiquant ces explorations.

## Contexte

Les données essentielles concernant l'épidémiologie et la transmission de SARS-CoV-2 peuvent être résumées de la façon suivante. Une fraction minoritaire de la population française a développé des anticorps ciblant SARS-CoV-2 témoignant d'un contact avec le virus. Il existe d'importantes variations sur ce point entre les régions françaises [1]. La contagiosité de l'infection par SARS-CoV-2 est très importante 48 h avant l'apparition des premiers symptômes [2]. La moitié des sujets infectés restent asymptomatiques et sont très probablement contaminants [3]. La persistance de l'ARN viral semble nulle dans la sphère ORL au-delà de 30 jours après le début des symptômes [2,4,5], mais pourrait perdurer au-delà dans le poumon profond. Des quelques données disponibles sur le produit d'aspiration sous-glottique, on peut retenir la positivité de la RT-PCR au-delà de 3 semaines chez 2 patients sur 3 [5] et 6 patients sur 9 [6]. On peut rappeler que la persistance dans le poumon profond de l'ARN viral au-delà du 50<sup>e</sup> jour avait été observée chez des patients infectés par le SARS-CoV-1 [7]. La transmission interhumaine de SARS-CoV-2 semble attribuable pour partie à des modalités « gouttelettes » et « contact » [8]. Des aérosols contenant l'ARN de SARS-CoV-2 ont été détectés dans l'air des hôpitaux chinois. Les particules étaient de diamètre submicrométrique (0,25–1 µm) et > 2,5 µm, c'est-à-dire aéroportées. Leur concentration était maximale dans les locaux non ventilés [9]. Le virus SARS-CoV-2 reste viable plus de 3 h en aérosol [10]. Les bioaérosols représentent une voie de contamination possible. Cette notion est soutenue notamment par l'observation d'un foyer de cas distribués le long des flux aériens dans des locaux climatisés [11]. Cette possibilité est reconnue par le rapport de la Haute Autorité de Santé en date du 8 avril 2020 [8]. On rappelle que les manœuvres expiratoires forcées effectuées au cours des EFR sont génératrices de bioaérosols en provenance du poumon profond [12].

### Proposition 1

Le déplacement d'un patient dans une structure d'EFR représente une levée des mesures de distanciation sociale et donc un risque infectieux, pour le patient comme pour les personnels. Par ailleurs, il est attendu que la mise en œuvre des mesures complémentaires d'hygiène citées plus bas réduise de façon importante la disponibilité de l'EFR.

Il est donc proposé que la réalisation d'EFR soit limitée aux situations où le résultat de l'examen modifie directement l'attitude thérapeutique. Un exemple indiscutable d'une telle situation est le bilan préthérapeutique en oncologie.

En dehors du contexte de l'oncologie, l'indication de l'EFR doit faire l'objet d'une évaluation intégrant le bénéfice pour le patient, le risque pour les soignants et la disponibilité de l'examen. Des exemples de situations où l'EFR peut être indiquée sont présentés ci-dessous. Cette liste n'est pas exhaustive :

- indication ou surveillance d'un traitement spécifique chez un patient présentant une pneumopathie interstitielle ou obstructive ;
- diagnostic d'un asthme difficile à contrôler, d'un asthme sévère, d'un asthme professionnel ;
- surveillance d'un patient exposé à un risque respiratoire, en l'absence de technique alternative (par exemple : risque de bronchiolite constrictive dans le contexte de l'allogreffe de moelle) ;
- diagnostic d'une dysfonction neuromusculaire ;
- bilan prétransplantation d'organe ;
- protocoles thérapeutiques.

### Proposition 2

Il n'existe aucune indication à la réalisation d'EFR chez un patient considéré comme un cas suspect/probable de COVID-19 active, sauf situation où la réalisation de l'EFR serait jugée indispensable. La structure d'EFR (service/secteur hospitalier ou cabinet libéral) doit donc être considérée comme un secteur à faible densité virale. Il est préférable que la structure d'EFR soit localisée dans un secteur non dédié à la prise en charge des patients atteints de COVID-19.

Chez tout patient consultant une structure d'EFR, on pratiquera au préalable :

- un interrogatoire à la recherche de signes ORL (odynophagie, rhinorrhée) ou respiratoires (toux, expectoration, dyspnée ou leur modification par rapport à l'état habituel) et de la notion d'un contagé. Des procédures de ce type ont été mises en place à l'échelle de l'établissement entier dans de nombreuses structures de soins ;
- éventuellement complété d'une mesure de la température ;

En cas de signe clinique ou de fièvre ( $T^{\circ} > 38^{\circ}C$ ) :

- l'examen ne doit pas être réalisé ;
- on veillera à ce que le patient soit équipé d'un masque chirurgical ;
- on adressera le patient aux interlocuteurs adaptés (médecin traitant en médecine ambulatoire, médecin référent en médecine hospitalière).

Le délai devant être respecté avant la réalisation d'une EFR chez un patient ayant présenté une infection à SARS-CoV-2 n'est pas codifié. Un délai de 4 semaines est reconnu comme un minimum. Ce délai est justifié par :

- la notion de la génération de bioaérosols en provenance du poumon profond au cours des manœuvres respiratoires forcées et ;
- la notion de la persistance de l'ARN viral de SARS-CoV-2 au-delà de 3 semaines dans le poumon profond.

### Proposition 3

Bien que la structure d'EFR réponde à la définition d'un secteur à faible densité virale, nous considérons que des

précautions complémentaires visant à protéger les personnels et les patients sont indispensables du fait :

- de la contagiosité des sujets asymptomatiques et ;
- des particularités de l'EFR et notamment de la génération de gouttelettes et/ou d'aérosols potentiellement infectants lors des manœuvres expiratoires [12] et la toux [13,14], du risque de déconnexion accidentelle du filtre antimicrobien et de la possibilité d'une toux induite par l'examen.

De plus, le risque de contamination nosocomiale des patients ne peut être écarté.

Dans le cas où la réalisation d'EFR est jugée indispensable à la prise en charge du patient, nous proposons donc de respecter les règles suivantes :

- port d'un masque protecteur par les opérateurs (techniciens, infirmiers, médecins). Compte tenu du risque de transmission de SARS-CoV-2 par les bioaérosols, le port d'un masque de type FFP2 est recommandé par les unités en charge de l'hygiène hospitalière consultées par le groupe Fonction. On rappelle que dans le seul essai randomisé ayant exploré cette question, la protection offerte contre l'infection grippale par un masque de type N95 (analogue à un masque FFP2) n'était pas différente de celle offerte par un masque chirurgical [15] ;
- port d'un masque par les patients (masque grand public ou chirurgical) avant, entre et après les mesures ;
- port d'une tenue protectrice à manches longues et d'une protection oculaire par les opérateurs en contact direct et prolongé avec le patient ;
- friction hydro-alcoolique des mains du patient et du personnel avant et après chaque examen. Le port de gants est possible, par les personnels uniquement, lors des manipulations à proximité du visage du patient. Les gants doivent être jetés immédiatement après usage ;
- réalisation de l'examen préférentiellement à l'intérieur d'une cabine de pléthysmographie qui permet un confinement simple et efficace. La question de laisser la porte de la cabine de pléthysmographie ouverte ou fermée pendant la spirométrie forcée ne fait pas l'objet d'un consensus. La fermeture de la porte de la cabine permet un confinement maximal. Laisser la porte entrebâillée permet de préserver la communication avec le patient et limite la possibilité théorique d'erreur de mesure ;
- utilisation de filtres antimicrobiens assurant une filtration > 99,9 % des bactéries et des virus et des débits ventilatoires de 750 L/min. Il semble préférable d'utiliser les filtres à composante électrostatique qui respectent au mieux, en association avec le système de mesure utilisé, les contraintes de résistance du consensus ERS/ATS 2005 (soit au total  $1,5 \text{ cmH}_2\text{O} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}$  à  $14 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ ) ;
- nettoyage des surfaces touchées par le patient et des cabines après chaque patient ayant réalisé un examen (lingette désinfectante) ;
- en cas de réalisation d'un test de bronchodilatation, le dispositif d'administration (chambre d'inhalation, étui de spray) est décontaminé entre chaque patient ;
- aération des box d'EFR, porte de la pièce fermée, fenêtre ouverte quand cela est possible, porte du pléthysmographe ouverte, après chaque examen. La durée de cette période d'aération dépend des conditions architecturales et peut être discutée localement. Elle peut également

dépendre des conditions de réalisation de l'examen, par exemple être allongée en cas de déconnexion du patient ou de toux. À défaut, l'utilisation d'épurateurs d'air peut être discutée. Un système de climatisation est accepté si l'air entrant est intégralement neuf ;

- étalonnage des appareils, en particulier des pléthysmographe, après chaque période d'aération et stabilisation de la température ;
- cas particuliers : la réalisation des tests de provocation non spécifiques ne présente pas de particularités. Une attention particulière doit être portée à l'évaluation de leur rapport bénéfice/risque. La mesure du NO exhalé est possible sous couvert de l'utilisation d'un filtre éliminant plus de 99,9 % des bactéries et des virus. La mesure des pressions inspiratoire et expiratoire maximales ne présente pas de particularités. La mesure de la pression de reniflement (SNIP) doit faire appel à un matériel jetable ou décontaminable. Il est également proposé d'utiliser un filtre sur la tubulure de SNIP.

#### Proposition 4 — particularités des épreuves d'exercice cardiorespiratoires

L'épreuve d'exercice cardiorespiratoire (EFX) représente une situation à risque élevé de transmission d'agents infectieux respiratoires. L'hyperpnée induite par l'exercice entraîne une augmentation d'un facteur 5 de la concentration de l'air expiré en particules [16]. Du fait de la durée de l'exercice et du grand volume d'air expiré au cours de celui-ci, il est attendu que la réalisation d'une épreuve d'effort entraîne la libération d'une quantité importante de particules aérosolisées dans la pièce d'examen. Il existe donc un consensus sur le fait que :

- l'indication de l'EFX doit être soigneusement pensée en termes de rapport bénéfice/risque ;
- la mise en œuvre de mesures de protection soit indispensable au cours des EFX.

En l'absence de données scientifiques suffisantes, la nature exacte des mesures de protection à proposer au cours des EFX reste discutée. En particulier, l'opportunité d'utiliser un filtre antimicrobien sur le circuit respiratoire est débattue. L'utilisation d'un filtre constitue un mode de fonctionnement dégradé privilégiant la sécurité des personnels au détriment du caractère exhaustif de l'examen. Le groupe Alvéole se positionne contre l'utilisation d'un filtre. Afin de guider le choix d'utiliser ou non un filtre antimicrobien au cours de l'EFX, on peut retenir les points suivants :

- les filtres antimicrobiens n'ont pas été évalués dans le contexte précis de l'épreuve d'exercice. Il est possible que leurs performances de filtration soient altérées par l'accumulation d'humidité. Pour autant, il est probable que les filtres antimicrobiens restent une barrière efficace à l'expectoration du virus par le patient au cours d'une épreuve d'exercice ;
- l'utilisation lors de l'EFX, impliquant une hyperpnée durant environ 10 min, expose le filtre à une humification qui augmente sa résistance de façon non linéaire. Il est donc attendu que l'utilisation d'un filtre entraîne une sous-estimation de la charge et de la  $\text{VO}_2$  maximales, en particulier pour les niveaux élevés de charge chez les sujets entraînés. Dans un travail mené chez 14 sujets

jeunes et sportifs effectuant une EFX sur tapis roulant, l'utilisation d'un filtre antimicrobien sur le circuit expiratoire d'un dispositif comportant une valve inspiratoire/expiratoire entraînait une diminution moyenne de 1,1 mL/kg/min, soit 2,6 %, de la  $VO_2$ pic [17]. L'impact d'un filtre sur la performance et la  $VO_2$  maximale des patients explorés dans un cadre préopératoire n'est pas connu ;

- dans le cas où il est décidé d'utiliser un filtre, il est indispensable de tenir compte de son volume et d'ajouter celui-ci à l'espace mort de l'appareillage, au niveau du logiciel pilotant l'équipement d'EFX. De même, la calibration de l'appareillage doit être effectuée filtre en place.

Par ailleurs, il est proposé que les mesures suivantes, objet d'un consensus, soient systématiquement appliquées :

- un équipement de protection individuelle similaire à celui proposé pour la réalisation des EFR (voir ci-dessus, en particulier lunette ou visière) paraît indispensable compte tenu du caractère direct et prolongé du contact avec le patient ;
- l'utilisation d'un écran transparent de protection collective, séparant le patient des soignants, pourrait permettre de protéger le personnel contre les gouttelettes ;
- il est préférable d'assurer une distanciation raisonnée avec le sujet. Concrètement, il est proposé de ne pas se tenir en face du patient, mais latéralement, et de laisser un espace d'1,5 m en avant du sujet lors de l'exercice ;
- tout le matériel en contact avec le flux respiratoire (embout buccal, masque, pneumotachographe) doit être décontaminé après chaque épreuve (selon les recommandations et les procédures définies par le fabricant). Pour les turbines (si l'on ne dispose pas d'un nombre suffisant pour assurer l'ensemble des examens d'une demi-journée), après décontamination, le séchage peut être accéléré en répétant le calibrage ;
- l'ensemble du matériel, y compris informatique, doit faire l'objet d'une désinfection de surface entre chaque examen ;
- le capillaire séchant (permapur) et les tubulures du pneumotachographe doivent être changés à chaque épreuve, nettoyés et laissés à sécher avant réutilisation (selon les procédures du fabricant). L'extérieur de ces tuyaux et les connecteurs doivent être nettoyés avec une solution désinfectante. Pour certains ergo spiromètres, ces tuyaux ne se changent pas à chaque épreuve ; dans ce cas, on veillera à les connecter au patient suivant uniquement avec la pompe d'aspiration en route (démarrer l'épreuve avant de relier le patient au matériel), ce qui permet de limiter au maximum le risque de contamination croisée ;
- les surfaces en contact avec le patient, en particuliers câbles d'électrocardiogramme, capteur d'oxymétrie, brassard pour la mesure de pression artérielle et ergomètre, doivent être nettoyés entre chaque épreuve, selon les procédures habituelles ;
- la pièce doit être ventilée pendant au moins 15 min entre chaque épreuve (fenêtre ouverte si possible). On propose d'augmenter la durée de ventilation si un filtre n'est pas utilisé ;

- l'usage d'un ventilateur pendant l'EFX est fortement déconseillé afin de limiter la dissémination dans la pièce des particules expirées par le patient.

En complément des mesures précédentes, certains centres préconisent la réalisation d'un test diagnostique de la COVID-19 avant celle d'une EFX.

### Proposition 5 — particularités des tests de marche de 6 minutes

L'impact du port d'un masque médical lors de la marche a été évalué chez des sujets sains. Le port d'un masque chirurgical ne modifie pas la distance de marche de 6 min mais accentue la sensation d'effort respiratoire chez les sujets sains [18]. En revanche, le port d'un masque filtrant analogue à un masque FFP2 entraînait une augmentation de la  $PCO_2$  transcutanée [19]. Chez les patients atteints de bronchopneumopathie chronique obstructive, le port d'un masque FFP2 est mal toléré [20]. À la lumière de ces données, il est proposé que la réalisation d'un test de marche de 6 min soit encadrée des mesures suivantes :

- port d'un dispositif limitant la dissémination des particules expirées par le patient, tel qu'un masque chirurgical. Le groupe Alvéole propose l'utilisation d'une visière plastique arrêtant le flux expiratoire ;
- distanciation raisonnée. Concrètement, il est proposé de laisser un espace d'au moins 2 m autour du patient. Le lieu de réalisation du test de marche doit idéalement être peu passant ;
- port d'un équipement de protection individuelle par le personnel incluant au minimum un masque chirurgical ;
- aération et ventilation du couloir où le test est effectué. Les modalités de cette aération doivent être établies localement en fonction de l'architecture des lieux.

### Remerciements

Les présentes propositions ont été rédigées avec l'aide des praticiens suivants :

- pour le groupe Fonction : Dr Catherine Bancal, CHU de Bichat, Paris ; Pr Sam Bayat, laboratoire STROBE, Inserm UA7, CHU de Grenoble-Alpes, université Grenoble-Alpes ; Pr Marcel Bonay, CHU d'Ambroise-Paré, Boulogne ; Pr Fabienne Brégeon, CHU hôpital nord, Marseille ; Dr Arnaud Chambellan, CHU de Nantes ; Pr Anne Charloux, CHU de Strasbourg ; Pr Bruno Chenuel, CHU de Nancy ; Pr Christophe Delclaux, CHU Robert-Debré, Paris ; Dr Rémi Gauthier, CHU d'Amiens ; Dr Thomas Gille, CHU d'Avicenne, Bobigny ; Dr Jean-Charles Glérant, CHU Louis-Pradel, Bron ; Dr Stéphanie Guillot, CHU de Rennes ; Pr Maurice Hayot, CHU de Montpellier ; Pr Pierantonio Lavenziana, CHU de la Pitié-Salpêtrière, Paris ; Dr Muriel Le Bourgeois, CHU Necker, Paris ; Pr Frédéric Lofaso, CHU Raymond-Poincaré, Garches ; Pr Renaud Louis, CHU de Liège ; Pr Régis Matran, CHU de Lille ; Dr Nicole Meslier, CHU d'Angers ; Pr Marie-Anne Metgès, CHU de Brest ; Dr Philippe Mialon, CHU de Brest ; Dr Amelle Mouadil, CHU de Caen ; Pr Hervé Normand, CHU de Caen ; Pr Marie-Pia d'Ortho, CHU de Bichat, Paris ; Dr Thierry Perez, CHU de Lille ; Pr Carole Planès, CHU d'Avicenne, Bobigny ;

- Pr Hélène Prigent, CHU Raymond-Poincaré, Garches ; Dr Bruno Stach, Valenciennes ; Pr Christian Straus, CHU de la Pitié-Salpêtrière, Paris ; Dr François Vincent, CHU de Limoges ;
- pour le groupe Alvéole : Dr Jean-Marie Grosbois, FormAction santé ; Dr Pascale Surpas et Dr Anne Lino, clinique de Bay ere ; Dr Sandrine St elianides, CHU de Bichat, Paris ; Pr Fabrice Caron, CHU de Poitiers ; Dr Julien Pernot, centre hospitalier d'Aix Les Bains ; Dr Dan Veale, SSR Dieulefit santé ; Dr Olivier Le Rouzic, CHU de Lille ; Dr Hakima Oukssel, CHU d'Angers ; Dr Monique Chambouleyron, CHU de Genève ; Mme Estelle Villiot Danger, centre des maladies respiratoires les Acacias, Brianc on.

## Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

## Références

- [1] Salje H, Tran Kiem C, Lefrancq N, et al. Estimating the burden of SARS-CoV-2 in France. *Science* 2020;10 [10.126/science.abc3517, article sous presse].
- [2] He X, Lau EHY, Wu P, et al. Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. *Nat Med* 2020;26:672–5.
- [3] Arons MM, Hatfield KM, Reddy SC, et al. Presymptomatic SARS-CoV-2 infections and transmission in a skilled nursing facility. *N Engl J Med* 2020;382:2081–90, 2081-2090.
- [4] Zou L, Ruan F, Huang M, et al. SARS-CoV-2 viral load in upper respiratory specimens of infected patients. *N Engl J Med* 2020;382:1177–9.
- [5] To KK-W, Tsang OT-Y, Leung W-S, et al. Temporal profiles of viral load in posterior oropharyngeal saliva samples and serum antibody responses during infection by SARS-CoV-2: an observational cohort study. *Lancet Infect Dis* 2020;20:565–74, 565-574.
- [6] W olfel R, Corman VM, Guggemos W, et al. Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. *Nature* 2020;581:465–9, 465-469.
- [7] Liu W, Tang F, Fontanet A, et al. Long-term SARS coronavirus excretion from patient cohort, China. *Emerg Infect Dis* 2004;10:1841–3.
- [8] Haut Conseil de la santé publique. Avis relatif au risque résiduel de transmission du SARS-CoV-2 sous forme d'aérosol, en milieu de soin, dans les autres environnements intérieurs, ainsi que dans l'environnement extérieur; 2020.
- [9] Liu Y, Ning Z, Chen Y, et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. *Nature* 2020, <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-020-2271-3> [Article sous presse].
- [10] van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med* 2020;382:1564–7.
- [11] Lu J, Gu J, Li K, et al. COVID-19 outbreak associated with air conditioning in restaurant, Guangzhou, China, 2020. *Emerg Infect Dis* 2020;26:1628–31.
- [12] Larsson P, Bake B, Wallin A, et al. The effect of exhalation flow on endogenous particle emission and phospholipid composition. *Respir Physiol Neurobiol* 2017;243:39–46.
- [13] Zayas G, Chiang MC, Wong E, et al. Cough aerosol in healthy participants: fundamental knowledge to optimize droplet-spread infectious respiratory disease management. *BMC Pulm Med* 2012;12:11.
- [14] Patterson B, Morrow C, Singh V, et al. Detection of Mycobacterium tuberculosis bacilli in bio-aerosols from untreated TB patients. *Gates Open Res* 2017;1:11.
- [15] Loeb M, Dafoe N, Mahony J, et al. Surgical mask vs. N95 respirator for preventing influenza among health care workers: a randomized trial. *JAMA* 2009;302:1865–71.
- [16] Fairchild CI, Stampfer JF. Particle concentration in exhaled breath. *Am Ind Hyg Assoc J* 1987;48:948–9.
- [17] Bach CW. Effects of a bacteriological filter on VO2max measured by a computerized metabolic system; 2012 [Master's thesis, University of Tennessee [https://trace.tennessee.edu/utk\\_gradthes/1308/](https://trace.tennessee.edu/utk_gradthes/1308/)].
- [18] Person E, Lemercier C, Royer A, et al. Effect of a surgical mask on six minute walking distance. *Rev Mal Respir* 2018;35:264–8.
- [19] Roberge RJ, Coca A, Williams WJ, et al. Physiological impact of the N95 filtering facepiece respirator on healthcare workers. *Respir Care* 2010;55:569–77.
- [20] Kyung SY, Kim Y, Hwang H, et al. Risks of N95 face mask use in subjects with COPD. *Respir Care* 2020;65:658–64.