Protection et respirabilité

L’importante morbi-mortalité associée à la pandémie de COVID-19 a dynamisé les techniques visant à minimiser la transmission du virus. Pour lutter contre une source majeure de contamination, la fabrication de protections respiratoires s’est considérablement accrue. Les masques chirurgicaux, couramment utilisés en salle d’opération, visent à protéger le patient vis-à-vis d’éventuels germes contaminant le gaz expiré par l’opérateur. Les masques de type FFP (pour « Filtering Face Piece ») sont initialement prévus principalement pour la protection des professionnels exposés à de fines particules comme la poussière de silice. Le modèle le plus répandu est le masque FFP2. Par ailleurs, de nombreux autres équipements protecteurs, en général réutilisables, ont été mis au point, de manière souvent artisanale à partir de tissus très divers, pour faire face à l’urgence de la pandémie.

La protection est d’autant mieux tolérée qu’elle ne provoque pas de gêne respiratoire. Cette tolérance, aussi connue sous le terme de « respirabilité », est une propriété très importante car elle conditionne l’adhésion du sujet au port du masque. Lors de la mise au point d’un masque, le critère caractérisant sa respirabilité est lié à sa résistance, en considérant la différence de pression exercée de part et d’autre du tissu protecteur par un débit gazeux donné. Par exemple, selon les normes AFNOR, un débit constant de 96 L/sec traversant 1 m2 de tissu de protection doit être associé à une différence de pression maximale de 1 hPa (environ 1 cm d’eau). Bien sûr, plus la différence de pression mesurée est grande, plus la résistance du masque et la gêne respiratoire engendrée est élevée.

Cette standardisation permet d’établir un critère de prédiction de la respirabilité *in vitro*, mais la réalité du port du masque se fait dans des conditions bien différentes. En effet,*in vivo,* le matériel de protection sera soumis à un débit gazeux qui varie non seulement au cours cycle respiratoire, mais aussi avec le régime ventilatoire imposé par l’activité physique. De plus, il peut être porté par des sujets âgés et/ou atteints d’insuffisance respiratoire et donc plus sensibles à une augmentation de la charge imposée lors de la ventilation. Il est donc nécessaire de définir la résistance des masques dans des conditions plus proches de celles dans lesquelles ils sont portés.

Pour permettre l’étude de cet aspect important des propriétés des masques respiratoires, un montage spécial a été mis au point *(figure 1)*. Un respirateur artificiel permet de reproduire des cycles ventilatoires voisins de ceux observés chez un sujet adulte. Il est relié à des conduits simulant des « voies aériennes », incluses dans une tête de mannequin en plâtre et le masque recouvre les narines et la bouche. La mesure du débit délivré par le respirateur et de la différence de pression résultant de la présence du masque permet de calculer la résistance instantanée de ce dernier au cours du cycle ventilatoire.

Le modèle a été validé par des mesures répétées portant sur une série de 10 masques chirurgicaux fixés au mannequin par un ruban adhésif et exposés à une ventilation correspondant à celle d’un sujet adulte au repos. Une fois que la technique de fixation est acquise par l’opérateur, les mesures sont reproductibles, en moyenne 0.35 hPa.s/L, soit environ 15 % de la résistance respiratoire d’un sujet adulte normal. On note également de faibles variations de la résistance avec le débit dont la signification devra être examinée sur une gamme de ventilation plus importante *(Front Physiol. 2022 Feb 17;13:808588)*. Ces conditions de mesure, nécessaires pour établir des valeurs de référence, ne correspondent pas à celles de la vie courante où le masque est simplement maintenu par un élastique. Par ailleurs les conditions hygrométriques du gaz circulant doivent être modifiées pour mieux reproduire les conditions physiques du gaz respiré.

L’étude se propose d’examiner, dans des conditions aussi proches que possible de la vie courante, la résistance des masques chirurgicaux et des masques FFP2.

1. Une série de mesures sera réalisée sur des masques fixés hermétiquement pour en établir la résistance maximale de référence.
2. La résistance du masque sera mesurée lorsqu’il est simplement maintenu par l’élastique soumis à différentes tensions calibrées à l’aide d’un dynamomètre.
3. La mesure sera réalisée lorsque le modèle est exposé à deux régimes ventilatoires simulant la ventilation de repos d’une part et celle observée au cours d’un exercice musculaire modéré d’autre part.
4. Les masques seront exposés à un gaz saturé en vapeur d’eau et la résistance mesurée au cours des six heures consécutives pour en tester la stabilité dans le temps.

On attend de cette étude une meilleure caractérisation de la résistance à l’écoulement gazeux des principaux types de masque à usage unique dans des conditions aussi proches que possible de leur utilisation en routine. Il est attendu en particulier de définir une modalité de fixation du masque permettant une résistance acceptable avec des fuites minimes, et un meilleur compromis entre protection efficace et respirabilité acceptable.

Légende figure 1 :

Schéma de l'appareillage pour mesurer la résistance d’un masque facial fixé sur une tête factice. Le respirateur (1) est relié par une valve expiratoire (2) et une résistance (3) à un soufflet (4) équipé de ressorts (5). Le second soufflet est relié par un capteur de débit (6) aux voies respiratoires de la tête. La pression est mesurée en quatre points différents dans le masque (7). Les signaux de débit (8) et de pression (9) sont transmis à un enregistreur (10). Les flèches indiquent la direction du flux pendant l'inspiration.

