



## Du déficit fonctionnel au désavantage social en pneumologie: normes des explorations fonctionnelles respiratoires (EFR) et questionnaires de qualité de vie (QDV) validés pour la population Tunisienne

### From deficiency to handicap in the respiratory field: lung function tests (LFT) norms and quality of life (QOL) questionnaires validated for the Tunisian population

Rim Kammoun<sup>1</sup>, Helmi Ben Saad<sup>2</sup>

1-Service de Physiologie / Université de Sfax. Faculté de Médecine de Sfax,

2-Laboratoire de recherche "Insuffisance Cardiaque, LR12SP09", EPS Farhat Hached, Sousse, Tunisie. / Université de Sousse (Faculté de Médecine de Sousse),

#### RÉSUMÉ

**Objectif.** L'objectif de cette revue de littérature est de rassembler toutes les normes des EFR disponibles pour la population Tunisienne, ainsi que les questionnaires de QDV spécifiques aux malades respiratoires chroniques et qui ont été validés en Tunisie.

**Méthodes.** La présente revue a inclus une recherche documentaire à l'aide des bases de données PubMed et Sciencedirect. Les listes de références des articles anglais/français récupérés ont été recherchées pour toute référence supplémentaire. Une recherche spécifique a été réalisée pour chaque stade de l'évolution naturelle des maladies chroniques. Pour les EFR utilisées dans l'exploration de la déficience, les mots-clés étaient: ("respiratory function test" OR "spirometry" OR "plethysmography" OR "exhaled fraction of oxide nitric" OR "lung diffusion" OR "peak nasal inspiratory flow" OR "Lung age") AND ("Tunisia" OR "North Africa") AND ("reference equation" OR "reference value" OR "standard reference"). Pour les EFR utilisées dans l'exploration de l'incapacité, les mots-clés étaient: ("exercise test" OR "maximal oxygen uptake" OR "cardiorespiratory test" OR "six minute walk distance" OR "six-minute walk distance" OR "6-minute walk distance" OR "six-min walk distance" OR "6-min walk distance" OR "six minute walking distance" OR "6MWD") AND ("Tunisia" OR "North Africa") AND ("reference equation" OR "reference value" OR "standard reference"). Pour les questionnaires de QDV utilisés en pneumologie, les mots-clés étaient: ("quality of life" OR "QOL") AND ("respiratory" OR "pulmonology") AND ("Tunisia" OR "North Africa").

**Résultats.** Dans le cadre de l'exploration de la déficience, 11 normes Tunisiennes sont disponibles. Dans le cadre de l'exploration de l'incapacité trois normes Tunisiennes sont disponibles pour le test de marche de 6 minutes. Enfin, un seul questionnaire de QDV spécifique aux malades respiratoires chroniques a été validé en Tunisie.

**Conclusion.** Malgré sa richesse, la «banque» Tunisiennes des normes pour les EFR et pour les questionnaires de QDV reste à enrichir.

**Mots-clés:** spirométrie, pléthysmographie, fraction exhalée du monoxyde d'azote, débit nasal inspiratoire maximal, âge pulmonaire, diffusion alvéolo-capillaire, test de marche de 6 minutes, consommation maximale d'oxygène, questionnaire respiratoire de Saint George.

#### SUMMARY

**Objectif.** The objective of this literature review is to gather all the LFT norms available for the Tunisian population, as well as QDV questionnaires specific to chronic respiratory patients that have been validated in Tunisia.

**Methods.** This review included a literature search using the PubMed and Sciencedirect databases. The reference lists of the retrieved English/French articles were searched for any additional reference. Specific research has been carried out for each stage of the natural evolution of chronic diseases. For LFT used in the exploration of deficiency, the key-words were ("respiratory function test" OR "spirometry" OR "plethysmography" OR "exhaled fraction of oxide nitric" OR "lung diffusion" OR "peak nasal inspiratory flow" OR "Lung age") AND ("Tunisia" OR "North Africa") AND ("reference equation" OR "reference value" OR "standard reference"). For LFT used in the exploration of incapacity, the key-words were ("exercise test" OR "maximal oxygen uptake" OR "cardiorespiratory test" OR "six minute walk distance" OR "six-minute walk distance" OR "6-minute walk distance" OR "six-min walk distance" OR "6-min walk distance" OR "six minute walking distance" OR "6MWD") AND ("Tunisia" OR "North Africa") AND ("reference equation" OR "reference value" OR "standard reference"). For the QOL questionnaires used in pneumology, the key-words were: ("quality of life" OR "QOL") AND ("respiratory" OR "pulmonology") AND ("Tunisia" OR "North Africa").

**Results.** As part of deficiency exploration, 11 Tunisian norms are available. As part of incapacity exploration, three Tunisian norms are available for the 6-minute walk test. Only one QOL questionnaire specific to chronic respiratory patients has been validated in Tunisia.

**Conclusion.** Despite its richness, the Tunisian «bank» of norms for LFT and QOL questionnaires has yet to be enriched.

**Key-words:** spirometry, plethysmography, exhaled nitric oxide fraction, maximal inspiratory nasal flow, lung age, alveolar-capillary diffusion, 6-minute walk test, Saint George respiratory questionnaire.

Correspondance

Helmi Ben Saad

Laboratoire de recherche "Insuffisance Cardiaque, LR12SP09", EPS Farhat Hached, Sousse, Tunisie. / Université de Sousse (Faculté de Médecine de Sousse)

Mail : bensaadh@yahoo.fr

## INTRODUCTION

Les maladies respiratoires chroniques, dont les chefs de file sont l'asthme et la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), représentent un problème de santé public majeur [1-3]. À un stade avancé, ces maladies peuvent engager le pronostic vital. Pour cela une prise en charge adéquate de ces maladies respiratoires chroniques (incluant une lutte contre le tabagisme, un dépistage précoce des maladies, un diagnostic précis, et un suivi adéquat) est primordiale [1,2]. Dans ce cadre, les explorations fonctionnelles respiratoires (EFR) et les questionnaires de qualité de vie (QDV) ont un grand apport dans la gestion de ces maladies [1,2,4]. Les explorations permettent d'évaluer les trois stades évolutifs des maladies chroniques (la déficience, l'incapacité et le désavantage social) définis par l'organisation mondiale de la santé (OMS) [5]. Chacun de ses stades doit être évalué par une ou plusieurs explorations spécifiques. La première étape consiste à évaluer le déficit fonctionnel local [5]. Ce dernier peut être exploré par la mesure de certaines données (débits bronchiques, volumes pulmonaires mobilisables et non mobilisables, fraction exhalée du monoxyde d'azote ( $F_{eNO}$ ), volume capillaire (VC), diffusion membranaire (DM), débit nasal inspiratoire maximal (DNIM)) [4] ou en estimant l'effet d'un agent nocif (par exemple la consommation de cigarettes et/ou du narghilé) sur l'appareil respiratoire, en calculant par exemple l'âge estimé des poumons (AEP) [6]. Premièrement, la baisse de certains paramètres spirométriques [par exemple, le rapport entre le volume expiré maximal à la première seconde et la capacité vitale forcée (VEMS/CVF)] ou pléthysmographiques [par exemple, la capacité pulmonaire totale (CPT)] permettent d'une part, de diagnostiquer, respectivement, un déficit ventilatoire obstructif (DVO) ou restrictif (DVR) [7-9], et d'autre part, d'évaluer sa sévérité (par exemple léger ou très sévère). A l'inverse, l'augmentation d'autres paramètres [par exemple, le volume résiduel (VR) et/ou le volume gazeux thoracique (VGT)] permet de retenir le diagnostic d'une distension pulmonaire [10]. De même, la spirométrie, en mentionnant une élévation de l'AEP peut être une aide au sevrage tabagique [11]. Deuxièmement, l'augmentation de la valeur de la  $F_{eNO}$  permet d'objectiver une inflammation bronchique évolutive à éosinophile [12,13]. Troisièmement, les baisses des valeurs du VC et/ou de la DM orientent vers une atteinte des capillaires pulmonaires et/ou de la membrane alvéolaire, respectivement

[14]. Quatrièmement, l'élévation de la valeur du DNIM témoignera d'une augmentation des résistances nasales [15]. La deuxième étape consiste à évaluer l'incapacité fonctionnelle, c'est-à-dire le retentissement général des déficits fonctionnels locaux précédents sur l'aptitude aérobie maximale et sous-maximale [5]. L'évaluation de cette étape est considérée comme primordiale, car elle seule peut prédire l'avenir fonctionnel du patient [5]. Il s'agit de la détermination de la tolérance à l'exercice à travers les données d'un test de terrain comme le test de marche de six minutes (TM6) par exemple [16-20]. La baisse de la distance de marche de six minutes (Dm6) peut avoir à la fois une valeur diagnostique [en orientant vers une cause cardiorespiratoire ou musculaire à l'origine de la dyspnée [16-20]] ou pronostique [via l'indice BODE (body mass index, obstruction, dyspnea, exercise) [21]]. La troisième étape, consiste à évaluer le retentissement psychosocial de la maladie respiratoire chronique. Il s'agit de l'évaluation du désavantage social (cad la QDV [22]) via les données d'un questionnaire générique ou spécifique comme celui du questionnaire respiratoire de Saint George (SGRQ) [23]. En effet, des scores augmentés du SGRQ orientent vers une mauvaise QDV [23].

Cependant, il convient de noter qu'en absence d'un point de référence spécifique intra individuel, l'interprétation des résultats des EFR et des questionnaires de QDV rencontre souvent des difficultés. D'une part, l'interprétation des EFR nécessite une comparaison des données déterminées chez le sujet avec celles de référence calculées selon des normes (équations de référence ou tableaux de valeurs normales) [7-9,16-18,24,25]. Ces normes doivent dériver de mesures effectuées au sein d'un échantillon représentatif de la population générale (cad une population adaptée de sujets «sains/normaux»), possédant les mêmes caractéristiques anthropométriques, ethniques, socio-économiques et environnementales que le patient testé [7-9,16-18,24-26]. Selon la littérature, différents facteurs influencent la variabilité des données ventilatoires. Par exemple, la variabilité de la CVF est expliquée de  $\pm$  30% par le sexe, de 8% par l'âge, de 20% par la taille, de 10% par le groupe ethnique, de 2% par le poids, de 3% par les facteurs techniques, et de 30% par d'autres facteurs [27]. D'autre part, l'application de questionnaire de QDV non validé en langue locale pourrait induire des conclusions erronées. La question que se pose alors, est de savoir si la Tunisie dispose de normes pour les EFR utilisées pour explorer la déficience et l'incapacité,

et s'il existe des questionnaires de QDV spécifiques aux maladies respiratoires chroniques et qui sont validés en Tunisie.

Ainsi l'objectif principal de cette revue de littérature est de rassembler toutes les normes des EFR disponibles pour la population Tunisienne, ainsi que les questionnaires de QDV spécifiques aux malades respiratoires chroniques et qui ont été validés en Tunisie. Cette revue de littérature aidera les cliniciens Tunisiens dans leurs pratiques quotidiennes.

## MÉTHODES

La présente analyse inclut une recherche documentaire de 1970 au 31 septembre 2019 à l'aide des bases de données PubMed et ScienceDirect. Les listes de références des articles anglais/français récupérés ont été recherchées pour toute référence supplémentaire.

Une recherche spécifique a été réalisée pour chaque stade de la classification internationale adoptée par l'OMS [5]. Pour les EFR utilisées dans l'exploration de la déficience, les mots clés inclus étaient les suivants: ("Respiratory function test" OR "Spirometry" OR "Plethysmography" OR "Exhaled fraction of oxide nitric" OR "lung diffusion" OR "peak nasal inspiratory flow" OR "Lung age") AND ("Tunisia" OR "North Africa") AND ("reference equation" OR "reference value" OR "standard reference"). Pour les EFR utilisées dans l'exploration de l'incapacité, les mots clés inclus étaient les suivants: ("Exercise test" OR "maximal oxygen uptake" OR "cardiorespiratory test" OR "six minute walk distance" OR "six-minute walk distance" OR "6-minute walk distance" OR "six-min walk distance" OR "6-min walk distance" OR "six minute walking distance" OR "six-minute walking distance" OR "6MWD") AND ("Tunisia" OR "North Africa") AND ("reference equation" OR "reference value" OR "standard reference"). Pour les questionnaires de QDV utilisés en pneumologie, les mots clés inclus étaient les suivants: ("Quality of life" OR "QOL") AND ("Respiratory" OR "Pulmonology") AND ("Tunisia" OR "North Africa").

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans le cadre de l'exploration de la déficience, 11 normes

sont disponibles [28-37] (Tableaux 1-5). Dans le cadre de l'exploration de l'incapacité, trois normes sont disponibles [38-40] (Tableau 6). Enfin, un seul questionnaire de QDV spécifique aux malades respiratoires chroniques [22] a été validé en Tunisie (Annexe 1).

### Normes disponibles pour l'évaluation de la déficience

#### *Normes pour les données spirométriques*

La réalisation de la spirométrie doit répondre aux critères d'acceptabilité et de reproductibilité [8,41]. Son interprétation nécessite l'expression des données spirométriques mesurées/calculées en pourcentage par rapport aux normes établies à partir d'une population de référence locale [7]. La Tunisie fait partie des rares pays qui disposent des normes spirométriques pour les enfants [30], les adultes [29] et les sujets âgés [28]. Le tableau 1 expose les normes spirométriques propres à la population Tunisienne. Les normes des adultes ont été publiées en 1995 sur un échantillon de 977 adultes (444 femmes) âgés de 18 à 70 ans, en utilisant un pléthysmographe [29]. Les auteurs ont opté pour des modèles linéaires incluant la taille et l'âge comme données indépendantes. Les normes des enfants ont été publiées en 2004 sur un échantillon de 1114 enfants (533 filles) âgés de 6 à 16 ans, en utilisant un spiromètre portable [30]. Les auteurs ont opté pour des modèles logarithmiques incluant seulement la taille comme donnée indépendante. Les normes des sujets âgés ont été publiées en 2003 sur un échantillon de 186 sujets (123 femmes) âgés de 60 ans et plus, en utilisant un débitmètre portable [28]. Les auteurs ont opté pour des modèles linéaires incluant seulement la taille comme donnée explicative. Les auteurs des trois papiers ont précisé les coefficients de détermination ( $r^2$ ) de chaque donnée et la méthode de détermination des limites inférieure et supérieure de la normale (LIN, LSN, respectivement) [28-30].

Il est important de souligner que l'application des normes spirométriques Caucasiennes (Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier (CECA)) publiées en 1983 [42] entraîne une mauvaise interprétation des données spirométriques dans une proportion importante d'adultes Tunisiens [43]. En effet, en utilisant les équations de la CECA [42], l'erreur de classification a été grande pour le DVO proximal et pour la tendance restrictive, respectivement, de 68 et de 89% [43]. Cependant,

l'application des nouvelles normes mondiales du Global Lung Function Initiative (GLI) [44] publiées en 2012 est controversée. D'une part, une étude incluant 1192 (104 femmes) adultes âgés de 18 à 60 ans et dont 489 sujets (96 femmes) ont été sains, a déconseillé l'utilisation des normes du GLI pour interpréter la spirométrie des adultes Tunisiens [45]. En effet, en utilisant les équations de référence tunisiennes [29], 71, 7 et 19% des spirométries ont été interprétées, respectivement, comme normales, comme ayant un DVO proximal, et comme ayant une tendance restrictive [45]. En utilisant les normes mondiales du GLI [44], ces pourcentages étaient, respectivement, de 86, 4 et 8%. De surplus, les moyennes des Z-scores des Tunisiens sains étaient de 0,55 à 0,87 pour le VEMS, de 0,62 à 0,86 pour la CVF et de 0,10 à 0,73 pour le rapport VEMS/CVF [45]. D'autre part, une récente étude Africaine a recommandé l'utilisation des normes du GLI (du groupe Caucasiens) en Tunisie [46]. Dans cette étude multicentrique, la Tunisie a été représentée par 1730 sujets sains (1041 enfants, 581 adultes âgés de 19 à 90 ans et 108 adultes âgés de plus de 40 ans). Les z-scores du VEMS, de la CVF et du rapport VEMS/CVF ont été dans les normes, respectivement, de  $-0,12 \pm 1,37$ , de  $-0,26 \pm 1,36$ , et de  $0,25 \pm 1,11$  [46].

**Tableau 1. Normes Tunisiennes des données spirométriques.**

Age	Donnée	Variable =	r <sup>2</sup>	1,64 x ETR
<b>Sexe masculin</b>				
6-16 ans (n=581) [30]	CVF	Exp (2,8008 x LnT - 13,0169)	0,90	0,21
	VEMS	Exp (2,7243 x LnT - 12,7686)	0,90	0,21
	VEMS/CVF	Exp (- 0,1155 x LnT + 5,0419)	0,22	0,08
	DEMM	Exp (2,3114 x LnT - 10,5608)	0,74	0,34
	DEP	Exp (2,8347 x LnT - 12,5743)	0,81	0,34
18-70 ans (n=533) [29]	CVF	- 0,0291 x A + 6,9482 x T - 6,7919	0,86	0,43
	VEMS	0,0033 x A - 0,1037 x T + 0,3463	0,70	0,03
	DEMM	- 0,0336 x A + 5,2317 x T - 4,0159	0,67	0,75
	DEP	- 0,0185 x A + 7,6062 x T - 4,6441	0,81	1,16
	CVF	- 0,051 x A + 3,300 x T + 1,756	0,29	1,33
60-89 ans (n=63) [28]	VEMS	- 0,044 x A + 2,600 x T + 1,612	0,27	1,15
	VEMS/CVF	- 0,072 x A + 84,090	0,00	12,55
	DEMM	- 0,077 x A - 0,400 x T + 9,941	0,15	2,26
	DEP	- 0,109 x A + 2,9 x T + 10,522	0,13	3,84
	<b>Sexe féminin</b>			
6-16 ans (n=533) [30]	CVF	Exp (2,6706 x LnT - 12,4071)	0,89	0,21
	VEMS	Exp (2,6035 x LnT - 12,1922)	0,88	0,21
	VEMS/CVF	Exp (- 0,0788 x LnT + 4,8786)	0,17	0,07
	DEMM	Exp (2,1212 x LnT - 9,5615)	0,75	0,30
	DEP	Exp (2,4808 x LnT - 10,8559)	0,78	0,31
18-70 ans (n=444) [29]	CVF	- 0,0213 x A + 4,3701 x T - 3,4049	0,77	0,34
	VEMS	- 0,0233 x A + 3,6332 x T - 2,6009	0,67	0,44
	DEMM	- 0,0263 x A + 3,9036 x T - 2,4559	0,60	0,57
	DEP	- 0,0239 x A + 5,678 x T - 2,6985	0,46	0,90
	CVF	- 0,026 x A + 3,400 x T - 0,859	0,24	0,92
60-89 ans (n=123) [28]	VEMS	- 0,023 x A + 2,800 x T - 0,630	0,25	0,79
	VEMS/CVF	- 0,156 x A + 92,940	0,02	12,30
	DEMM	- 0,032 x A + 3,400 x T + 0,091	0,11	1,64
	DEP	- 0,037 x A + 3,500 x T + 2,358	0,05	0,08

A: âge (an). CVF: capacité vitale forcée (L). DEMM: débit expiratoire maximal médian (L/s). DEP: débit expiratoire de pointe (L/s). ETR: écart-type résiduel. Exp: Exponentiel. Ln: logarithme népérien. r<sup>2</sup>: coefficient de détermination. T: taille (m). VEMS: volume expiré maximal à la 1<sup>ère</sup> seconde (L). Algorithme d'interprétation: Etape 1: déterminer le groupe (enfant, adulte ou sujet âgé) et calculer la moyenne de la donnée selon l'équation spécifique. Etape 2: déterminer la limite inférieure de la normale (LIN) en soustrayant la valeur du «1,64 x ETR» de la valeur moyenne. Etape 3: toute valeur mesurée < LIN est considérée comme anormale.

*Normes pour les données pléthysmographiques*

La pléthysmographie contribue à mesurer les volumes non mobilisables [47,48]. Elle permet de déterminer le VGT, le VR et la CPT. Sa réalisation doit répondre aux critères d'acceptabilité et de reproductibilité [9,49]. Les résultats pléthysmographiques doivent être exprimés en valeurs absolues et rapportés aux valeurs de référence prenant en compte le sexe, en plus des données anthropométriques (âge, taille, poids, indice de masse corporelle (IMC)). Comme pour les données spirométriques, la Tunisie dispose de normes pléthysmographiques, mais seulement pour les adultes âgés de 18 à 70 ans [29] (Tableau 2). Des équations de références propres aux hommes et aux femmes ont été développées. Pour la majorité des données pléthysmographiques, des modèles linéaires incluant la taille et l'âge ont été développés. L'exception concerne le rapport VEMS/capacité vitale lente (CV) des hommes où les logarithmes décimaux de la taille et de l'âge ont été inclus dans le modèle linéaire (Tableau 2). Les auteurs ont précisé les coefficients de corrélation (r) de chaque donnée et la méthode de détermination des LIN et LSN [29].

Il est important de souligner que la population Tunisienne a des particularités qui la différencient de celle Caucasienne. A titre d'exemple, une étude locale a analysé les données pléthysmographiques de 108 femmes saines âgées de 40 ans et plus, et a montré que les facteurs suivants influencent significativement leurs données pléthysmographiques: données anthropométriques (âge, taille, poids, IMC), parité, niveau de scolarisation, scores des activités journalière, de loisir et physique [50]. De surplus, les auteurs ont montré qu'avec une parité élevée, apparaît une tendance obstructive sans composante restrictive associée [50]. Une récente étude Algérienne vient de confirmer l'effet «délétère» d'une parité élevée sur les données pléthysmographiques [51].

**Tableau 2.** Normes Tunisiennes pour les volumes pulmonaires et le rapport VEMS/CV des adultes âgés de 18 à 70 ans [29].

Donnée	Donnée =	r	1,64 x ETE
<b>Hommes (n=533)</b>			
CV	$-0,028 \times A + 7,0348 \times T - 6,7686$	0,93	0,426
CPT	$-0,0118 \times A + 9,4608 \times T - 9,7755$	0,87	0,672
VR	$0,0161 \times A + 2,4260 \times T - 3,0069$	0,67	0,426
CRF	$-0,0031 \times A + 3,7291 \times T - 2,9781$	0,52	0,738
VR/CPT (%)	$-0,0331 \times A + 6,0100 \times T - 5,5855$	0,93	0,443
VEMS/CV (%)	$0,1933 \times \text{LogT} + 0,1208 \times \text{LogA} - 0,0058 \times A - 0,3845$	0,60	0,820
<b>Femmes (n=444)</b>			
CV	$-0,0212 \times A + 4,359 \times T - 3,1946$	0,88	0,344
CPT	$-0,0017 \times A + 6,999 \times T - 6,2104$	0,88	0,476
VR	$0,0041 \times A + 2,6409 \times T - 3,0157$	0,77	0,246
CRF	$-0,0020 \times A + 3,5979 \times T - 3,2356$	0,72	0,394
VR/CPT (%)	$0,0021 \times A - 0,0887 \times T + 0,0905$	0,74	0,033
VEMS/CV (%)	$0,0023 \times A + 0,8687$	0,60	0,820

A: âge (an). CPT: capacité pulmonaire totale (L). CRF: capacité résiduelle fonctionnelle (L). CV: capacité vitale lente (L). ETE: erreur type de l'estimation. Log: logarithme décimal. r: coefficient de corrélation. T: taille (m). VEMS: volume expiré maximal à la 1<sup>ère</sup> seconde. VR: volume résiduel (L). Algorithme d'interprétation: Etape 1: calculer la moyenne de la donnée selon l'équation spécifique. Etape 2: déterminer la limite inférieure de la normale (LIN) en soustrayant la valeur du «1,64 x ETE» de la valeur moyenne: toute valeur mesurée < LIN est considérée comme diminuée. Etape 3: déterminer la limite supérieure de la normale (LSN) en additionnant la valeur du «1,64 x ETE» à la valeur moyenne: toute valeur mesurée > LSN est considérée comme augmentée.

*Normes pour la FeNO*

La mesure de la FeNO permet de diagnostiquer et de quantifier l'inflammation des voies respiratoires [12]. En effet, l'inflammation bronchique entraîne une activation de l'isoforme inductible de la NO synthase qui augmente la synthèse de NO par les cellules inflammatoires. De ce fait lors d'une inflammation, aiguë ou chronique, touchant les voies respiratoires (exemple de l'asthme), la FeNO est élevée [12,52]. En outre il a été démontré que la FeNO contribue dans l'évaluation thérapeutique de la corticothérapie [53]. Cet examen simple, fiable et non invasif [12], est réalisable chez les enfants, les adultes et notamment chez les sujets âgés [12,53-55]. La mesure de la FeNO doit répondre aux critères d'acceptabilité et de reproductibilité [12,53].

La  $F_{eNO}$  est essentiellement exprimée en valeur absolue (parties par milliard, ppb) [12,53]). Selon la littérature, l'interprétation de la  $F_{eNO}$  est basée sur deux grandes méthodes [12,33-35,53-57]. D'une part, chez les adultes, les sociétés savantes ont recommandé deux valeurs seuils fixes: une  $F_{eNO} > 50$  ppb plaide en faveur d'une inflammation bronchique à éosinophile, alors qu'une  $F_{eNO} < 25$  ppb élimine probablement l'inflammation [53]. D'autre part, certains auteurs ont recommandé de comparer la valeur mesurée de la  $F_{eNO}$  avec celle dérivée d'une norme ou d'une table de références [12,33-35,53-57]. Dans cette méthode, trois techniques ont été proposées. La première

consiste à comparer la valeur mesurée de la  $F_{eNO}$  avec la LSN calculée à partir de la valeur théorique. La deuxième technique est basée sur une comparaison de la valeur mesurée de la  $F_{eNO}$  avec celle maximale qui est variable selon l'âge et/ou la taille (Table de référence). La troisième technique consiste à comparer la valeur mesurée de la  $F_{eNO}$  avec celle moyenne déterminée à partir d'une équation de référence. Comme pour la spirométrie, la Tunisie fait partie des rares pays qui dispose des normes de la  $F_{eNO}$  pour les enfants [33], les adultes [34] et les sujets âgés [35]. Le tableau 3 expose les équations et les tables de références de la  $F_{eNO}$  disponibles pour la

**Tableau 3.** Normes Tunisiennes de la fraction exhalée du monoxyde d'azote ( $F_{eNO}$ , partie par milliard (ppb)).

Équations de référence												
Age	Sexe		$F_{eNO}$ (ppb) =					$r^2$	1,64 x ETR			
5-16 ans [33]	Filles (n=104)		NR					0,0451	4,8			
	Garçons (n=107)		3,17682 + 0,75009 x VEMS									
	ET (n=211)		3,91283 + 0,46666 x DEMM					0,0236	4,6			
25-60 ans [34]	Femmes (n=145)		4,73424 - 1,17043 x T - 0,00209 x DEM <sub>50%</sub> - 0,06149 x VGT					0,0924	0,54			
	Hommes (n=112)		4,47053-1,11099 x T					0,0380	0,64			
	ET (n=257)		3,466936 - 0,560725 x T					0,0192	0,60			
<sup>3</sup> 50 ans [35]	Femmes (n=57), Hommes (n=43), ET (n=100)		NR									
Tableau de valeurs: tranches d'âge (référence) (nombres de participants)												
Enfants [33] (104 filles et 107 garçons)												
[5,0-5,9]	[6,0-6,9]	[7,0-7,9]	[8,0-8,9]	[9,0-9,9]	[10,0-10,9]	[11,0-11,9]	[12,0-12,9]	[13,0-13,9]	[14,0-14,9]	[15,0-16,0]	ET [5-16]	
4,2±2,5	4,8±2,0	4,7±2,8	4,7±2,2	3,9±1,8	6,3±2,9	5,5±3,1	5,7±3,6	4,2±1,5	4,7±2,5	5,6±4,0	5,0±2,9	
[5,4-10,0]	[6,0-8,0]	[5,9-12,0]	[5,8-11,0]	[4,8-7,0]	[7,6-14,0]	[7,0-13,0]	[7,7-17,0]	[5,4-6,0]	[5,7-12,0]	[7,1-16,0]	[5,4-17,0]	
Adultes [34] (145 femmes et 112 hommes)												
[17-35 [	[35-45 [		[45-55 [			≥ 55			ET [17-60]			
12±4 [5-24]	13±5 [5-26]		13±5 [6-25]			11±5 [6-23]			13±5 [5-26]			
Sujets âgés <sup>3</sup> 50 ans [35] (57 femmes et 43 hommes)												
[50-60 [	[60-70 [		<sup>3</sup> 70			ET [50-83]						
13±5 [3-23]	12±8 [4-34]		12±4 [5-22]			13±6 [3-34]						

DEM<sub>50%</sub>: débit expiratoire médian lorsque 50% de la capacité vitale forcée reste à expirer (L/s). DEMM: débit expiratoire maximal médian (L/s). ET: échantillon total. ETR: écart-type résiduel. NR: non rapporté.  $r^2$ : coefficient de corrélation. T: taille (m). VEMS: volume expiré maximal à la 1<sup>ère</sup> s (L). VGT: volume gazeux thoracique (L). Les valeurs ont été exprimées en \*Moyenne±écart-type et [limite supérieure de la normale (LSN) - maximum] pour les enfants; \*\*Moyenne±écart-type et [minimum-maximum] pour les adultes; \*\*\*Moyenne géométrique±écart-type et [minimum-maximum] pour les sujets âgés <sup>3</sup> 50 ans. Algorithme d'interprétation pour les équations: Etape 1: calculer la moyenne de la  $F_{eNO}$  selon l'équation spécifique. Etape 2: déterminer la limite supérieure de la normale (LSN) en additionnant la valeur du «1,64 x ETR» à la valeur moyenne: toute valeur mesurée > LSN est considérée comme augmentée.

Algorithme d'interprétation pour les tableaux: Etape 1: déterminer le groupe (enfant, adulte ou sujet âgé <sup>3</sup> 50 ans) et l'intervalle d'âge correspondant. Etape 2: déterminer la valeur maximale de la  $F_{eNO}$  pour cet intervalle (mentionnée en gras) ou la LSN chez les enfants. Etape 3: toute valeur mesurée de  $F_{eNO}$  > valeur maximale (ou > LSN) sera considérée comme augmentée.

population Tunisienne enfantine, adulte et âgée. Les normes de la  $F_{NO}$  des enfants ont été publiées en 2013 à partir des données d'un échantillon comportant 211 enfants (104 filles) sains âgés de 5 à 16 ans [33]. Les auteurs ont développé deux équations de référence ayant un modèle linéaire pour les garçons (modèle incluant uniquement le VEMS) et pour l'échantillon total (modèle incluant uniquement le DEMM) (Tableau 3). Ces équations ont des  $r^2$  très bas. De surplus, les auteurs ont développé des tables de référence pour des tranches d'âge d'une année avec des  $F_{NO}$  exprimées en moyenne±écart-type [LSN - maximum] (Tableau 3). Les normes de la  $F_{NO}$  des adultes ont été publiées en 2014 à partir des données d'un échantillon comportant 257 adultes (145 femmes) sains âgés de 25 à 60 ans [34]. Les auteurs ont développé trois équations de référence ayant un modèle linéaire pour les femmes (modèle incluant la taille, le débit expiré maximal lorsque 50% de la CVF reste à expiré ( $DEM_{50\%}$ ) et le VGT), pour les hommes et l'échantillon total (modèles incluant uniquement la taille) (Tableau 3). Ces équations ont des  $r^2$  très bas. De surplus, les auteurs ont développé des tables de référence pour des tranches d'âge avec des  $F_{NO}$  exprimées en moyenne±écart-type [minimum - maximum] (Tableau 3). Les normes de la  $F_{NO}$  des sujets âgés ont été publiées en 2015 à partir des données d'un échantillon comportant 100 sujets (57 femmes) sains âgés de plus de 50 ans [35]. Devant l'absence de corrélation entre les données anthropométriques et la  $F_{NO}$  mesurée, les auteurs n'ont pas développé des équations de référence (Tableau 3), mais ils ont opté pour des tables de référence pour des tranches d'âge de 10 ans avec des  $F_{NO}$  exprimées en moyenne géométrique±écart-type [minimum - maximum] (Tableau 3).

Les auteurs des trois papiers ont montré que les autres normes disponibles ne sont pas applicables dans la population Tunisienne [33-35]. De même, les auteurs ont validé leurs modèles sur des groupes additionnels d'enfants (n=24), d'adultes (n=50) et de sujets âgés (17 sujets sains et 10 sujets asthmatiques).

#### *Normes pour l'estimation de l'âge pulmonaire*

L'AEP est une mesure couramment calculée chez les fumeurs, à partir de leurs données spirométriques (souvent le VEMS) et de certaines données anthropométriques [11,58-60]. Il permet d'encourager les fumeurs au sevrage

tabagique, principalement en l'absence d'anomalies spirométriques [6]. Dans le monde, et aux meilleures des connaissances des auteurs, seules six études ont établi des équations de références pour l'AEP [36,58,61-64]. Ces études, qui ont été réalisées en Tunisie (n=1), en Australie (n=1), en USA (n=2) et au Japon (n=2) ont été largement discutées dans une récente revue [6]. Les équations tunisiennes ont été publiées en 2014 à partir des données d'un échantillon de 540 (364 femmes) adultes sains âgés de 19 à 90 ans [36]. Pour chaque sexe et pour l'échantillon total, les auteurs ont présenté deux modèles, un destiné à la pratique quotidienne, et un autre à la recherche clinique (Tableau 4). Les équations de référence avaient un modèle linéaire incluant certaines données spirométriques [VEMS, CVF, débit expiratoire de pointe (DEP), débit expiré maximal médian (DEMM), débit expiré maximal lorsque 25% de la CVF reste à expiré ( $DEM_{25\%}$ ) et  $DEM_{50\%}$ ], certaines données anthropométriques (sexe, taille, poids, IMC et surface corporelle) en plus de la parité (Tableau 4). Les  $r^2$  de ces équations variaient entre 0,38 et 0,60. Selon les normes Tunisiennes, l'interprétation de l'AEP se fait en comparant la valeur du «delta âge pulmonaire» (différence entre l'AEP et l'âge chronologique) avec des valeurs seuils [36]. En pratique clinique, les valeurs normales des «delta âge pulmonaire» pour les Tunisiens ont été estimées à < 16,90 ans chez les hommes, à < 14,77 ans chez les femmes, et à < 16,43 ans pour l'échantillon total [36]. Toute valeur de «delta âge pulmonaire» excédant ces seuils est considérée comme anormale, et témoigne d'une accélération du vieillissement respiratoire [36].

Une étude antérieure a montré que les autres équations mondiales estimant l'âge pulmonaire [58, 62-64] ne sont pas applicables en Tunisie [65]. Chez les femmes Tunisiennes, et pour un calcul rigoureux de la LSN de l'AEP, Ben Saad et al. [36] ont suggéré de soustraire un certain nombre d'années (= 1,16 multiplié par le nombre de parité) de la LSN calculée à partir des équations destinées à la pratique quotidienne (Tableau 5). L'application des équations tunisiennes a été vérifiée dans trois groupes de validation: 41 adultes sains (groupe 1), 65 hommes atteints de BPCO (groupe 2) et 60 patients porteurs de syndrome d'apnée de sommeil (SAS, groupe 3) [36]. L'AEP et l'âge chronologie du groupe 1 ont été similaires, indiquant une bonne fiabilité des normes tunisiennes. L'AEP du groupe 2 a été significativement plus élevé que l'âge chronologique (77±12 contre 61±11 ans). L'AEP du groupe 3 a été significativement plus élevé que l'âge chronologique (57±14 contre 49±10 ans).

**Tableau 4.** Normes Tunisiennes pour l'âge estimé du poumon (AEP, an) [36].

Sexe	Modèle AEP (an) =	r <sup>2</sup>	1,64 x ETR
Femmes (n=364)	1 64,64 - 8,00 x VEMS - 0,17 x IMC + 8,82 x T	0,38	14,77
	2 52,83 - 3,64 x VEMS + 1,16 x Parité + 1,08 x DEP - 1,54 x DEMM - 3,30 x CVF + 11,27 x T - 0,15 x IMC - 0,47 x DEM <sub>25%</sub>	0,45	14,04
Hommes (n=176)	1 42,85 - 20,74 x VEMS + 47,41 x SC - 0,62 x IMC	0,55	16,90
	2 53,37-4,12 x DEM <sub>25%</sub> - 6,26 x CVF + 36,54 x SC - 8,19 x VEMS - 0,45 x IMC + 3,66 x DEM <sub>50%</sub> - 5,17 x DEMM	0,60	15,91
Échantillon total (n=540)	1 259,28 11,54 x VEMS 333,75 x T + 2,68 x S + 359,87 x SC 2,75 x P 2,6 x IMC	0,41	16,43
	2 210,67 - 5,48 x VEMS + 2,17 x DEP - 265,40 x T + 3,84 x S - 2,97 x DEMM - 3,98 x CVF - 0,84 x DEM <sub>25%</sub> + 289,51 x SC - 1,94 x IMC - 2,27 x P	0,47	15,70

CVF: capacité vitale forcée (L). DEMM: débit expiratoire maximal médian (L/s). DEM<sub>x%</sub>: débit expiratoire maximal lorsque x% de la CVF reste à expirer (L/s). DEP: débit expiratoire de pointe (L/s). ETR: écart-type résiduel. IMC: indice de masse corporelle (kg/m<sup>2</sup>). P: poids (kg). r<sup>2</sup>: coefficient de détermination. S: sexe (1: femmes; 0: hommes). SC: surface corporelle (m<sup>2</sup>). T: taille (m). VEMS: volume expiré maximal à la 1<sup>ère</sup> s (L). Algorithme d'interprétation: Etape 1: choisir le sexe et calculer la moyenne de l'AEP en utilisant le modèle 1 pour la pratique quotidienne et le modèle 2 pour la recherche. Etape 2: calculer la différence entre l'âge chronologique (delta âge pulmonaire) du candidat et l'AEP du poumon. Etape 3: si le delta âge pulmonaire est > à «1,64 x ETR»: accélération anormale du vieillissement respiratoire.

#### Normes pour la diffusion membranaire et le volume capillaire

La double technique de diffusion du NO et du monoxyde de carbone (DLNO-CO) permet d'évaluer la membrane alvéolo-capillaire [14,66-69]. C'est une mesure fiable et non invasive, qui est réalisable chez les adultes et les enfants [14,66-69]. Contrairement à la technique traditionnelle, cad la mesure de la capacité de transfert de CO (DLCO) [70,71], cette technique a l'avantage de distinguer séparément une atteinte membranaire d'une atteinte du capillaire pulmonaire en mesurant respectivement, la DM (ml/min/mmHg) et le VC (ml) [14,66-68]. Pareil aux autres données ventilatoires, la Dm et le VC doivent être exprimés en fonction des valeurs de référence. En Tunisie, deux études ont établi des équations de référence de la DM et du VC chez les adultes [31] et chez les garçons [32] (Tableau 5). Les équations de référence propres aux adultes ont été publiées en 2010 sur un échantillon composé de 110 adultes (58 femmes) sains âgés de 18 à 85 ans [31]. Pour chaque donnée, trois modèles d'équations de références linéaires ont été établis chez les hommes, les femmes et l'échantillon total (Tableau 5). Pour la DM, les équations de référence ont inclus comme facteurs indépendants la taille, l'âge, le poids, l'IMC, et le sexe. Les r<sup>2</sup> de la DM variaient entre 0,39 et 0,47 (Tableau 5). Pour le VC, les équations de référence ont inclus comme facteurs indépendants la taille, l'âge, le poids et

le sexe. Les r<sup>2</sup> du VC variaient entre 0,30 et 0,52 (Tableau 5). Les équations de référence (de type linéaire) propres aux garçons ont été publiées en 2014 sur un échantillon composé de 85 garçons sains âgés de 5 à 16 ans [32]. Pour la DM, l'équation de référence a inclus seulement la taille avec un r<sup>2</sup> à 0,16 (Tableau 5). Pour le VC, l'équation de référence a inclus comme facteurs indépendants l'âge et l'IMC, et avait un r<sup>2</sup> à 0,46 (Tableau 5). De façon générale, l'interprétation du VC et de la DM repose sur la comparaison des données obtenues avec la LIN ou la LSN obtenues par les équations de références [72]. Toute valeur de VC et/ou de DM dépassant la LSN ou inférieure à la LIN, est considérée comme anormale (Tableau 5). Il est important de signaler que les équations de référence Européennes [14, 72] ne sont pas applicables en Tunisie [31,32].

#### Normes pour le DNIM

La détermination du DNIM est une mesure simple souvent indiquée pour confirmer ou infirmer une obstruction nasale [73-76]. Elle se fait à l'aide d'un spiromètre portatif déterminant le débit expiratoire ou inspiratoire nasale [73-76]. En pratique courante, la méthode inspiratoire est la plus simple car elle évite le risque de projections des sécrétions nasales [73-76]. L'interprétation du DNIM (L/min) requiert de comparer la valeur mesurée avec celle



prédite à partir des équations appropriées disponibles. En Tunisie, trois modèles d'équations de référence ont été établis en 2011 sur un échantillon composé de 212 adultes (100 femmes) âgés de 13 à 27 ans [37] (Tableau 5). Trois modèles d'équations de référence linéaires ont été établis pour les hommes, les femmes et l'échantillon total, avec des  $r^2$  qui varient de 0,06 à 0,30 [37]. Les principaux facteurs influençant le DNIM ont été l'âge, la taille et le sexe. Dans l'échantillon total, pour calculer la LSN du DNIM, il suffit d'ajouter 84 L/min à la valeur théorique obtenue à partir de l'équation de référence [37] (Tableau 5).

Il est important de signaler que les équations de référence Grecque [77] ne sont pas applicables en Tunisie. De même, le recours à l'utilisation du seuil de 80% de la valeur théorique comme LIN n'est pas valide en Tunisie (son application engendre un taux de faux positifs de 24% [37]). Cependant, il semble que le seuil de 50% de la valeur théorique serait plus conforme aux jeunes Tunisiens [37].

**Tableau 5.** Normes Tunisiennes pour la diffusion membranaire (DM), le volume capillaire (VC) et le débit nasal inspiratoire maximal (DNIM).

Sexe	Moyenne d'âge	Donnée =	$r^2$	1,64 x ETR
<b>DM (ml/min/mmHg)</b>				
G (n=85) [32]	11±1	0,6430 x T - 41,5854	0,16	23,22
F (n=58)	42±16	89,28 x T + 0,35 x IMC - 104,88	0,39	14,82
Adultes [31]	H (n=52)	53±21 P - 0,44 x A - 1,65 x IMC + 50,32	0,48	24,66
	ÉT (n=110)	47±19 45,37 x T - 0,34 x A + 0,39 x P + 7,41 x S - 36,16	0,47	24,36
<b>VC (ml)</b>				
G (n=85) [32]	11±1	11,3859 x A + 3,4613 x IMC - 117,0508	0,46	42,48
F (n=58)	42±16	94,7 - 0,57 x A	0,30	23,86
Adultes [31]	H (n=52)	53±21 0,16 x P - 0,48 x A + 52,47 x T + 0,82	0,52	22,20
	ET (n=110)	47±19 0,25 x P + 79,71 - 0,6 x A + 9,68 x S	0,41	23,25
<b>DNIM [37]</b>				
Sexe	Tranche d'âge	DNIM (L/min) =	$r^2$	1,64 x ETR
F (n=100)	13-27	1,3719 x A + 82,66 x T - 36,6996	0,06	64
H (n=112)	13-27	199,65 x T - 177,3210	0,13	98
ET (n=212)	13-27	1,4117 x A + 142,56 x T + 33,0215 x S - 136,6778	0,30	84

A: âge (ans). ET: échantillon total. ETR: écart-type résiduel. F: femme. G: garçon. H: homme. IMC: indice de masse corporelle (kg/m<sup>2</sup>). P: poids (kg).  $r^2$ : coefficient de détermination. S: sexe (0: f; 1: h). T: taille (m).  
 Algorithme d'interprétation pour la Dm ou le VC: Etape 1: déterminer le groupe (garçon ou adulte) et calculer la moyenne de la donnée selon l'équation spécifique. Etape 2: déterminer la limite inférieure de la normale (LIN) en soustrayant la valeur du «1,64 x ETR» de la valeur moyenne. Etape 3: toute valeur mesurée < LIN est considérée comme anormale.  
 Algorithme d'interprétation pour le DNIM: Etape 1: déterminer le sexe et calculer la moyenne du DNIM. Etape 2: déterminer la limite supérieure de la normale (LSN) en additionnant la valeur du «1,64 x ETR» à la valeur moyenne. Etape 3: toute valeur mesurée > LSN est considérée comme anormale.

**Normes disponibles pour l'évaluation de l'incapacité : normes de la Dm6**

Le TM6 est un test de terrain non invasif et de réalisation facile [16-18]. Il permet d'évaluer l'aptitude cardiorespiratoire à un niveau sous-maximal chez des patients atteints d'une pathologie chronique, essentiellement cardiorespiratoires [19,20,78-100]. En outre, le TM6 peut-être réalisé chez les enfants, les adultes et les sujets âgés [101-104]. Son exécution doit répondre aux recommandations internationales [16,18].

La Dm6 est considérée comme le principal paramètre à interpréter lors du TM6 [16,18]. En l'absence de toute référence intra individuelle, la base d'interprétation de la Dm6 repose sur la comparaison de la valeur notée avec celle prédite à partir d'une équation de référence ou selon une table de référence [16,18,38-40,105-107]. En effet, la Dm6 est considérée comme anormale si elle est inférieure soit à la LIN déterminée selon une équation de référence [39,108-110] soit à un pourcentage fixe de la valeur théorique (81 [111] or 82% [112]) soit à une valeur seuil déterminée selon un tableau [113]. En Tunisie, deux études ont établi des équations de référence pour la Dm6 chez des adultes sains [39,40] et une étude a établi une équation de référence pour la Dm6 chez les enfants sains [38] (Tableau 6). Les normes chez les enfants ont été publiées en 2009 sur un échantillon comportant 200 enfants (100 filles) âgés de 6 à 16 ans [38]. Les auteurs ont opté pour un modèle linéaire incluant le poids, la taille et l'âge comme facteurs indépendants. Ces trois facteurs expliquent ensemble 60% de la variabilité de la Dm6. Pour calculer la LIN de la Dm6, il faut soustraire 92 m de la valeur théorique. Pour les adultes tunisiens, la première étude a été publiée en 2008 sur un échantillon incluant 155 adultes (80 femmes) originaire de Sfax et âgés de 40 à 80 ans [40]. Le modèle linéaire présenté par les auteurs, incluant l'âge, la taille, le poids et le sexe, explique 60% de la variabilité de la Dm6. Pour calculer la LIN de la Dm6, il faut soustraire 125 m de la valeur théorique. La deuxième étude a été publiée en 2009 sur un échantillon incluant 229 adultes (125 femmes) originaire de Sousse et âgés de 40 à 85 ans [40]. Le modèle linéaire présenté par les auteurs, incluant l'âge, la taille, le poids et le sexe, explique 77% de la variabilité de la Dm6. Pour calculer la LIN de la Dm6, il faut soustraire 89 m de la valeur théorique.

Il est important de signaler que les équations de référence publiées [109, 112, 114-119] ne permettaient pas de prédire de manière fiable la mesure de la Dm6 chez les enfants [38] et les adultes [39] Tunisiens. Enfin, une particularité des normes Tunisiennes est à signaler. Elle concerne la corrélation négative entre la Dm6 et la parité [39]. Pour cela, Ben Saad et al. [39] ont recommandé d'ajuster la valeur théorique prédite de la Dm6 en soustrayant 35 m, en cas de femme ayant une parité  $\geq 4$ .

**Tableau 6.** Normes Tunisiennes pour la distance de marche de six minutes (Dm6).

Auteur (ref)	Dm6 (m) =	r <sup>2</sup>	1,64 x ETR
Tranches d'âge (an)			
Sexe			
Ben Saad et al. [38]	$463 \times T - 3,53 \times P + 10,42 \times A + 56,32$	0,60	92
6-16 ans			
100 garçons et 100 filles			
Masmoudi et al. [40]	$299,8 - 4,34 \times A + 342,6 \times T - 1,46 \times P + 62,5 \times S$	0,60	125
40-80 ans			
80 hommes et 75 femmes			
Ben Saad et al. [39]	$720,50 + 160,27 \times S - 5,14 \times A - 2,23 \times P + 271,98 \times T$	0,77	89
40-85 ans			
104 hommes et 125 femmes			

A: âge (an). ETR: écart-type résiduel. IMC: indice de masse corporel (kg/m<sup>2</sup>). P: poids (kg). r<sup>2</sup>: coefficient de corrélation. T: taille (m). S: sexe (1: homme; 0: femme). Algorithme d'interprétation: Etape 1: déterminer le groupe (enfant ou adulte) et calculer la moyenne de la Dm6 selon l'équation spécifique. Etape 2: déterminer la limite inférieure de la normale (LIN) en soustrayant la valeur du «1,64 x ETR» de la valeur moyenne. Etape 3: toute Dm6 mesurée < LIN est considérée comme anormale.

### Questionnaires validés en langue Arabe et évaluant le désavantage social : évaluation de la QDV via le SGRQ

Pour une meilleure prise en charge des malades atteints d'une maladie respiratoire chronique, le médecin ne doit pas se contenter des résultats obtenus à partir des EFR réalisées, mais il doit s'intéresser à l'impact psychologique de la maladie sur l'état de santé du sujet [120]. En effet, l'évaluation du désavantage social reste une étape essentielle dans le processus de prise en charge du malade atteint d'une maladie respiratoire chronique [5]. Il s'agit de l'évaluation de sa QDV via des questionnaires spécifiques (par exemple, VQ11 [121,122], COPD clinical questionnaire [123], SGRQ [124,125], chronic respiratory questionnaire [126], Maugeri foundation respiratory failure questionnaire [127]). Dans les pays en voie de développement (comme la Tunisie), les études s'intéressant à la QDV des malades atteints de BPCO sont rares [22,97,128-132]. Par exemple, aux meilleures des connaissances des auteurs, la version Arabe du SGRQ n'est validée que dans trois pays dont la Tunisie [22,133,134]. Le SGRQ, destiné aux patients respiratoires chroniques [124,134,135], comporte 50 items et se compose de trois dimensions (symptômes, activité et impacts) et une dimension totale englobant ces trois

dernières. Les scores de chaque dimension varient de 0 à 100 indiquant un excellent état de santé [124,125]. La version Tunisienne du SGRQ (Annexe 1) a été publiée en 2017 sur un échantillon de 50 BPCO cliniquement stables [22]. Les auteurs ont trouvé une corrélation significative entre le VEMS post-bronchodilatateur et le score total de QDV « $r=0,65$ » [22]. De surplus, les scores symptômes, activités, impacts, et total ont été significativement moins altérés chez les BPCO ayant une obstruction bronchique légère ou modérée que chez ceux ayant une obstruction bronchique grave ou très grave (respectivement,  $52\pm 24$  contre  $77\pm 17$ ;  $66\pm 28$  contre  $87\pm 18$ ;  $48\pm 25$  contre  $70\pm 23$  et  $54\pm 2$  contre  $76\pm 17$ ).

En Tunisie, seules quelques études ont évalué la QDV des BPCO en utilisant le SGRQ dans sa version arabe non validée [97,129,130] ou française traduite oralement par l'investigateur [128]. Dans l'étude de Maoua et al. [128], il a été noté que «le médecin chargé de l'enquête complétait lui-même les questionnaires vu le faible niveau d'instruction des patients. Il traduisait à chaque fois les questions en dialecte tunisien et s'assurait de leurs bonnes compréhensions». Dans les autres études, le SGRQ a été appliqué par des médecins [128-130] et une doctorante en sciences et techniques des activités physiques et sportives [97].

## LIMITES ET PERSPECTIVES

Certes, l'interprétation des résultats des EFR en Tunisie est devenue de plus en plus facile et ce depuis l'avènement des équations de référence propres à la population tunisienne. De même, l'existence d'une version Arabe validée du SGRQ rendra l'évaluation du désavantage social des malades respiratoires chroniques plus aisée. Cependant, malgré cette richesse, la «banque» Tunisiennes des normes pour les EFR manque d'autres équations de référence en rapport avec quelques autres explorations.

Dans le cadre de l'évaluation de la déficience, il y a quatre actions urgentes à débiter. Premièrement, il est souhaitable de réactualiser les normes pléthysmographiques des adultes qui datent de 1995 [29]. En effet, puisque les caractéristiques des populations de sujets dits normaux évoluent en fonction des modifications de l'alimentation, de l'état de santé général, de l'environnement, il faut

envisager d'actualiser régulièrement les équations de référence (tous les 20 ans par exemple) [7,136]. Deuxièmement, il est temps de développer des équations de référence pléthysmographiques incluant des enfants et des sujets âgés de plus de 70 ans. Troisièmement, il est urgent d'établir des équations de référence tunisiennes pour la DLCO en appliquant les dernières recommandations [70] et d'évaluer la validité des récentes normes propres aux Caucasiens [137] sur la population Tunisienne. Quatrièmement, il est temps de développer des équations de référence du VC et de la DM pour des enfants de sexe féminin et pour les sujets âgés de plus de 60 ans, et des équations de référence pour le DNIM chez les adultes âgés plus de 27 ans. Cinquièmement, il est temps de développer des équations de référence permettant le calcul, en plus des LIN et des LSN, du Z-score [44,138,139]. Le Z-score, un index indépendant de la taille, de l'âge, du sexe et du groupe ethnique, indique de combien d'écart-types un sujet est écarté de sa valeur théorique [44,138,139].

Dans le cadre de l'évaluation de l'incapacité, il y a deux actions urgentes à entreprendre. La première concerne le développement des équations de référence pour la Dm6 chez les sujets âgés de 16 à 40 ans. En attendant la création de ces dernières, il est préférable d'utiliser les récentes équations de référence propres à la population Algérienne âgée entre 16 et 40 ans [107]. La deuxième action concerne l'établissement de normes pour la consommation maximale d'oxygène ( $VO_2max$ ) afin de faciliter l'interprétation des données de l'épreuve d'exercice musculaire [80,140]. À ce jour, la majorité des publications tunisiennes analysant les données de l'épreuve d'exercice musculaire ont exprimé la  $VO_2max$  en pourcentage des normes Caucasiennes [130,141,142].

Dans le cadre de l'évaluation du désavantage social, il est souhaitable soit de développer des questionnaires de QDV propres à la population Tunisienne, soit de valider d'autres questionnaires de QDV moins chronophage, comme le VQ11, qui est un questionnaire Français comportant 11 questions [121, 122]. Il semble que certains auteurs sont en train de valider le VQ11 en langue Tunisienne [143]. Il est à noter que le questionnaire du COPD assessment test (CAT) [144] existe en version Arabe [145].

## CONCLUSION

Le recours à des normes et des questionnaires compatibles avec la population Tunisienne pourrait minimiser les taux des faux positifs et des faux négatifs en Tunisie, d'autant plus si la stratégie d'interprétation suivie consiste à comparer la valeur mesurée/notée avec des normes et non pas à un seuil de pourcentage fixe au préalable.

## RÉFÉRENCES

- Global initiative for asthma (GINA). 2019-Global strategy for asthma management and prevention. Téléchargeable à partir de: [www.ginasthma.org](http://www.ginasthma.org) (dernière visite le 19 mars 2020).
- Organisation mondiale de la santé (OMS). Les affections respiratoires chroniques en bref. Téléchargeable à partir de: [http://www.who.int/respiratory/about\\_topic/fr](http://www.who.int/respiratory/about_topic/fr) (dernière visite le 19 mars 2020).
- Global initiative for chronic obstructive lung disease (GOLD). 2020-Global strategy for prevention, diagnosis and management of COPD. Téléchargeable à partir de: <https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2019/11/GOLD-2020-REPORT-ver1.0wms.pdf> (dernière visite le 19 mars 2020).
- Société de pneumologie de langue Française (SPLF). Practice guidelines for Respiratory function tests 2008-2010. *Rev Mal Respir.* 2011;28(9):1183-92.
- World health organization (WHO). International classification of functioning, disability and health (ICF). Geneva: WHO; 2001. Téléchargeable à partir de: <http://www.who.int/classifications/icf/en/> (dernière visite le 19 mars 2020).
- Khelifa MB, Salem HB, Sfaxi R, Chatti S, Rouatbi S, Saad HB. "Spirometric" lung age reference equations: A narrative review. *Respir Physiol Neurobiol.* 2018;247:31-42.
- Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J.* 2005;26(5):948-68.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26(2):319-38.
- Wanger J, Clausen JL, Coates A, Pedersen OF, Brusasco V, Burgos F, et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur Respir J.* 2005;26(3):511-22.
- Ben Saad H, Ben Amor L, Ben Mdalla S, Ghannouchi I, Ben Essghair M, Sfaxi R, et al. The importance of lung volumes in the investigation of heavy smokers. *Rev Mal Respir.* 2014;31(1):29-40.
- Ben Mdalla S, Ben Saad H, Ben Mansour N, Rouatbi B, Ben Esseghair M, Mezghani S, et al. The announcement of the lung age it is a motivation to quit smoking?. *Tunis Med.* 2013;91(8-9):521-6.
- No authors listed. ATS/ERS recommendations for standardized procedures for the online and offline measurement of exhaled lower respiratory nitric oxide and nasal nitric oxide, 2005. *Am J Respir Crit Care Med.* 2005;171(8):912-30.
- Rouatbi S, Ghannouchi I, Bensaad H. The effects of aging on exhaled nitric oxide (FeNO) in a North African population. *Lung.* 2019;197(1):73-80.
- Aguilaniu B, Maitre J, Glenet S, Gegout-Petit A, Guenard H. European reference equations for CO and NO lung transfer. *Eur Respir J.* 2008;31(5):1091-7.
- Blomgren K, Simola M, Hytönen M, Pitkäranta A. Peak nasal inspiratory and expiratory flow measurements – practical tools in primary care? *Rhinology* 2003;(41):206–10.
- Holland AE, Spruit MA, Troosters T, Puhan MA, Pepin V, Saey D, et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J.* 2014;44(6):1428-46.
- No authors listed. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(1):111-7.
- Singh SJ, Puhan MA, Andrianopoulos V, Hernandez NA, Mitchell KE, Hill CJ, et al. An official systematic review of the European Respiratory Society/ American Thoracic Society: measurement properties of field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J.* 2014;44(6):1447-78.
- Joobeur S, Rouatbi S, Latiri I, Sfaxi R, Ben Saad H. Influencing factors of the 6-min walk distance in adult Arab populations: a literature review. *Tunis Med.* 2016;94(5):339-48.
- Daami M, Latiri I, Rouatbi S, Sfaxi R, Ben Saad H. 6-min walk-distance norms in adults Arab populations: a literature review. *Tunis Med.* 2017;95(8-9):743-55.
- Celli BR, Cote CG, Marin JM, Casanova C, Montes de Oca M, Mendez RA, et al. The body-mass index, airflow obstruction, dyspnea, and exercise capacity index in chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med.* 2004;350(10):1005-12.
- Khalladi R, Gargouri I, Mahjoub M, Belhareth S, Ben Saad H. Evaluation of quality of life (QOL) of Tunisians patients with COPD. *Rev Pneumol Clin.* 2017;73(5):231-9.
- Jones PW, Quirk FH, Baveystock CM. The St George's respiratory questionnaire. *Respir Med.* 1991;85 Suppl B:25-31.
- No authors listed. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. American Thoracic Society. *Am Rev Respir Dis.* 1991;144(5):1202-18.
- Frans A, Arcangeli P. Les valeurs normales du volume capillaire pulmonaire (Vc) et de la capacité de diffusion de la membrane alvéolo-capillaire. In Torino, Panminerva Medica., 1970: 352-63.
- Solberg HE, Grasbeck R. Reference values. *Adv Clin Chem.* 1989;27:1-79.
- No authors listed. Seconde édition française des recommandations européennes pour les explorations fonctionnelles respiratoires. *Rev Mal Respi.* 2001;18:6S13-6S52.

28. Ben Saad H, Rouatbi S, Raoudha S, Tabka Z, Laouani Kechrid C, Hassen G, et al. Vital capacity and peak expiratory flow rates in a North-African population aged 60 years and over: influence of anthropometric data and parity. *Rev Mal Respir.* 2003;20(4):521-30.
29. Tabka Z, Hassayoune H, Guenard H, Zebidi A, Commenges D, Essabah H, et al. Spirometric reference values in a Tunisian population. *Tunis Med.* 1995;73(2):125-31.
30. Trabelsi Y, Ben Saad H, Tabka Z, Gharbi N, Bouchez Buvry A, Richalet JP, et al. Spirometric reference values in Tunisian children. *Respiration.* 2004;71(5):511-8.
31. Rouatbi S, Ben Saad H, Latiri I, Tabka Z, Guenard H. North-African reference values of alveolar membrane diffusion capacity and pulmonary capillary blood volume. *Respiration.* 2010;80(4):301-12.
32. Rouatbi S, Khemis M, Garrouch A, Ben Saad H. Reference values of capillary blood volume and pulmonary membrane diffusing capacity in North African boys aged 8 to 16 years. *Egypt J Chest Dis Tuberc.* 2014;63(3):705-15.
33. Rouatbi S, Alqodwa A, Ben Mdella S, Ben Saad H. Fraction of exhaled nitric oxide (FeNO) norms in healthy North African children 5-16 years old. *Pediatr Pulmonol.* 2013;48(10):981-95.
34. Rouatbi S, Chouchene MA, Sfaxi I, Ben Rejeb M, Tabka Z, Ben Saad H. Fraction of exhaled nitric oxide (FeNO) norms in healthy Tunisian adults. *Biomed Res Int.* 2014;2014:269670.
35. Sfaxi I, Ben Saad H, Rouatbi S. Fraction of exhaled nitric oxide in healthy elderly Tunisian subjects. *Nitric Oxide.* 2015;50:88-97.
36. Ben Saad H, Selmi H, Hadj Mabrouk K, Gargouri I, Nouira A, Said Latiri H, et al. Spirometric "Lung Age" estimation for North African population. *Egypt J Chest Dis Tuberc.* 2014;63(2):491-503.
37. Bouzgarou MD, Ben Saad H, Chouchane A, Cheikh IB, Zbidi A, Dessanges JF, et al. North African reference equation for peak nasal inspiratory flow. *J Laryngol Otol.* 2011;125(6):595-602.
38. Ben Saad H, Prefaut C, Missaoui R, Mohamed IH, Tabka Z, Hayot M. Reference equation for 6-min walk distance in healthy North African children 6-16 years old. *Pediatr Pulmonol.* 2009;44(4):316-24.
39. Ben Saad H, Prefaut C, Tabka Z, Mtir AH, Chemit M, Hassaoune R, et al. 6-minute walk distance in healthy North Africans older than 40 years: influence of parity. *Respir Med.* 2009;103(1):74-84.
40. Masmoudi K, Aouicha MS, Fki H, Dammak J, Zouari N. The six minute walk test: which predictive values to apply for Tunisian subjects aged between 40 and 80 years? *Tunis Med.* 2008;86(1):20-6.
41. Graham BL, Steenbrugger I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, et al. Standardization of spirometry 2019 update. An official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. *Am J Respir Crit Care Med.* 2019;200(8):e70-e88.
42. No authors listed. Standardized lung function testing. Report working party. *Bull Eur Physiopathol Respir.* 1983;19 Suppl 5(19 Suppl 5):1-95.
43. El Attar MN, Hadj Mabrouk K, Ben Abdelaziz A, Abdelghani A, Bousarsar M, Limam K, et al. Applicability of the old European Respiratory Society/European Community for Steel and Coal reference equations for spirometry interpretation in Tunisian adult population. *Tunis Med.* 2014;92(8-9):574-80.
44. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH, et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur Respir J.* 2012;40(6):1324-43.
45. Ben Saad H, El Attar MN, Hadj Mabrouk K, Ben Abdelaziz A, Abdelghani A, Bousarsar M, et al. The recent multi-ethnic global lung initiative 2012 (GLI2012) reference values don't reflect contemporary adult's North African spirometry. *Respir Med.* 2013;107(12):2000-8.
46. Masekela R, Hall GL, Stanojevic S, Sartorius B, MacGinty R, Saad HB, et al. An urgent need for African spirometry reference equations: the Paediatric and Adult African Spirometry study. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2019;23(8):952-8.
47. de Mir Messa I, Sardon Prado O, Larramona H, Salcedo Posadas A, Villa Asensi JR. Body plethysmography (I): standardisation and quality criteria. *An Pediatr (Barc).* 2015;83(2):136 e1-7.
48. Criece CP, Soricther S, Smith HJ, Kardos P, Merget R, Heise D, et al. Body plethysmography—its principles and clinical use. *Respir Med.* 2011;105(7):959-71.
49. Culver BH, Graham BL, Coates AL, Wanger J, Berry CE, Clarke PK, et al. Recommendations for a standardized pulmonary function report. An official American Thoracic Society technical statement. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017;196(11):1463-72.
50. Ben Saad H, Tiftha M, Harrabi I, Tabka Z, Guenard H, Hayot M, et al. Factors influencing pulmonary function in Tunisian women aged 45 years and more. *Rev Mal Respir.* 2006;23(4 Pt 1):324-38.
51. Keffi A, Triki L, Ghamaout M, Ben saad H. The impacts of parity on lung function data (LFD) of healthy females aged 40 years and more issued from an upper middle income country (Algeria): a comparative study. *PLoS One.* 2019;14(11):e0225067.
52. Blake TL, Chang AB, Chatfield MD, Petsky HL, Rodwell LT, Brown MG, et al. Does ethnicity influence fractional exhaled nitric oxide in healthy individuals? A systematic review. *Chest.* 2017;152(1):40-50.
53. Dweik RA, Boggs PB, Erzurum SC, Irvin CG, Leigh MW, Lundberg JO, et al. An official ATS clinical practice guideline: interpretation of exhaled nitric oxide levels (FENO) for clinical applications. *Am J Respir Crit Care Med.* 2011;184(5):602-15.
54. Mahut B, Louis B, Delclaux C. Measurement of exhaled nitric oxide: methodology. *Rev Mal Respir.* 2006;23(3 Suppl):6S29-6S36.
55. Jacinto T, Alving K, Correia R, Costa-Pereira A, Fonseca J. Setting reference values for exhaled nitric oxide: a systematic review. *Clin Respir J.* 2013;7(2):113-20.
56. Jo EJ, Song WJ, Kim TW, Park HW, Chang YS, Kim TB, et al. Reference ranges and determinant factors for exhaled nitric oxide in a healthy Korean elderly population. *Allergy Asthma Immunol Res.* 2014;6(6):504-10.
57. Leon de la Barra S, Smith AD, Cowan JO, Peter Herbison G, Robin Taylor D. Predicted versus absolute values in the application of exhaled nitric

- oxide measurements. *Respir Med.* 2011;105(11):1629-34.
58. Morris JF, Temple W. Spirometric "lung age" estimation for motivating smoking cessation. *Prev Med.* 1985;14(5):655-62.
  59. Ben Khelifa M, Ben Saad H. Which reference equation should be applied to estimate the lung age? *Rev Mal Respir.* 2018;35(9):997-8.
  60. Saad HB. Promoting the development of reference equations for spirometric lung-age. *Curr Respir Med Rev.* 2019;15(1):62-3.
  61. Ishida Y, Ichikawa YE, Fukakusa M, Kawatsu A, Masuda K. Novel equations better predict lung age: a retrospective analysis using two cohorts of participants with medical check-up examinations in Japan. *NPJ Prim Care Respir Med.* 2015;25(1):15011.
  62. Yamaguchi K, Omori H, Onoue A, Katoh T, Ogata Y, Kawashima H, et al. Novel regression equations predicting lung age from varied spirometric parameters. *Respir Physiol Neurobiol.* 2012;183(2):108-14.
  63. Newbury W, Newbury J, Briggs N, Crockett A. Exploring the need to update lung age equations. *Prim Care Respir J.* 2010;19(3):242-7.
  64. Hansen JE, Sun XG, Wasserman K. Calculating gambling odds and lung ages for smokers. *Eur Respir J.* 2010;35(4):776-80.
  65. Ben Saad H, Elhraiech A, Hadj Mabrouk K, Ben Mdalla S, Essghaier M, Maatoug C, et al. Estimated lung age in healthy North African adults cannot be predicted using reference equations derived from other populations. *Egypt J Chest Dis Tuberc.* 2013;62(4):789-804.
  66. Guénard H, Varène N, Vaida P. Determination of lung capillary blood volume and membrane diffusing capacity in man by measurements of NO and CO transfer. *Respir Physiol* 1987 (70 ):113-20.
  67. Thomas A, Hanel B, Marott JL, Buchvald F, Mortensen J, Nielsen KG. The single-breath diffusing capacity of CO and NO in healthy children of European descent. *PLoS One.* 2014;9(12):e113177.
  68. Roughton FJW, Forster RE. Relative importance of diffusion and chemical reaction rates in determining the rate of exchange of gases in the human lung, with special reference to true diffusing capacity of the pulmonary membrane and volume of blood in lung capillaries. *J Appl Physiol* 1957;11:290-302.
  69. Borland CD, Higenbottam TW. A simultaneous single breath measurement of pulmonary diffusing capacity with nitric oxide and carbon monoxide. *Eur Respir J.* 1989;2(1):56-63.
  70. Graham BL, Brusasco V, Burgos F, Cooper BG, Jensen R, Kendrick A, et al. 2017 ERS/ATS standards for single-breath carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J.* 2017;49(1).
  71. Macintyre N, Crapo RO, Viegi G, Johnson DC, van der Grinten CP, Brusasco V, et al. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J.* 2005;26(4):720-35.
  72. Zanen P, van der Lee I, van der Mark T, van den Bosch JM. Reference values for alveolar membrane diffusion capacity and pulmonary capillary blood volume. *Eur Respir J.* 2001;18(5):764-9.
  73. Holmström M, Scadding GK, Lund VJ, Darby YC. Assessment of nasal obstruction. A comparison between rhinomanometry and nasal inspiratory peak flow. *Rhinology.* 1990;(28):191-6.
  74. Jones AS, Viani L, Phillips D, Charters P. The objective assessment of nasal patency. *Clin Otolaryngol Allied Sci.* 1991;16(2):206-11.
  75. Klossek JM, Lebreton JP, Delagranda A, Dufour X. PNIF measurement in a healthy French population. A prospective study about 234 patients. *Rhinology* 2009;(47):389-92.
  76. Cho SI, Hauser R, Christiani DC. Reproducibility of nasal peak inspiratory flow among healthy adults: assessment of epidemiologic utility. *Chest.* 1997;112(6):1547-53.
  77. Papachristou A, Bourli E, Aivazi D, Futzila E, Papastavrou T, Konstantinidis T, et al. Normal peak nasal inspiratory flow rate values in Greek children and adolescents. *Hippokratia.* 2008;12(2):94-7.
  78. Ingle L, Reddy P, Clark AL, Cleland JG. Diabetes lowers six-minute walk test performance in heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 2006;47(9):1909-10.
  79. Ingle L, Rigby AS, Nabb S, Jones PK, Clark AL, Cleland JG. Clinical determinants of poor six-minute walk test performance in patients with left ventricular systolic dysfunction and no major structural heart disease. *Eur J Heart Fail.* 2006;8(3):321-5.
  80. Howard L, Grocott MP, Naeije R, Oudiz R, Wensel R. Cardiopulmonary exercise testing. *Pulm Med.* 2012;2012:564134.
  81. Bonnevie T, Gravier FE, Leboullenger M, Medrinal C, Viacroze C, Cuvelier A, et al. Six-minute stepper test to set pulmonary rehabilitation intensity in patients with copd - a retrospective study. *COPD.* 2017;14(3):293-7.
  82. Reyhler G, Debatisse M, Lebecque P, Pieters T, Liistro G, Gohy S. Variability of gait speed during six minutes walking test in COPD and cystic fibrosis patients. *Gait Posture.* 2016;49:36-40.
  83. Osadnik CR, Borges RC, McDonald CF, Carvalho CR, Holland AE. Two 6-minute walk tests are required during hospitalisation for acute exacerbation of COPD. *COPD.* 2016;13(3):288-92.
  84. Pouessel G, Morillon S, Bonnel C, Neve V, Robin S, Santos C, et al. Walking tests: a step forward for functional cardiorespiratory assessment. *Arch Pediatr.* 2006;13(3):277-83.
  85. Abdelghani A, Ben Saad H, Ben Hassen I, Ghannouchi I, Ghairi H, Boumiza I, et al. Evaluation of the deficiency and the submaximal exercise capacity in obstructive sleep apnoea patients. *Rev Mal Respir.* 2010;27(3):266-74.
  86. Latiri I, Elbey R, Hcini K, Zaoui A, Charfeddine B, Maarouf MR, et al. Six-minute walk test in non-insulin-dependent diabetes mellitus patients living in Northwest Africa. *Diabetes Metab Syndr Obes.* 2012;5:227-45.
  87. Miadi-Messaoud H, Chouchane A, Ben Saad H, Debbabi H, Ben-Jebria A, Tabka Z. Six-minute walk test improved forearm skin blood flow in Tunisian obese women. *Obesity (Silver Spring).* 2012;20(9):1773-9.
  88. Lataoui S, Belghali S, Zeglaoui H, Bouajina E, Ben Saad H. Sub-maximal aerobic capacity and quality of life of patients with rheumatoid arthritis. *Rev Mal Respir.* 2017;34(1):74-85.
  89. Pinto-Plata VM, Cote C, Cabral H, Taylor J, Celli BR. The 6-min walk distance: change over time and value as a predictor of survival in severe

- COPD. *Eur Respir J.* 2004;23(1):28-33.
90. Martinez FJ, Foster G, Curtis JL, Criner G, Weinmann G, Fishman A, et al. Predictors of mortality in patients with emphysema and severe airflow obstruction. *Am J Respir Crit Care Med.* 2006;173(12):1326-34.
  91. Casanova C, Cote C, Marin JM, Pinto-Plata V, de Torres JP, Aguirre-Jaime A, et al. Distance and oxygen desaturation during the 6-min walk test as predictors of long-term mortality in patients with COPD. *Chest.* 2008;134(4):746-52.
  92. Lama VN, Flaherty KR, Toews GB, Colby TV, Travis WD, Long Q, et al. Prognostic value of desaturation during a 6-minute walk test in idiopathic interstitial pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;168(9):1084-90.
  93. Lederer DJ, Arcasoy SM, Wilt JS, D'Ovidio F, Sonett JR, Kawut SM. Six-minute-walk distance predicts waiting list survival in idiopathic pulmonary fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med.* 2006;174(6):659-64.
  94. Karppanen AK, Ahonen SM, Tammelin T, Vanhala M, Korpelainen R. Physical activity and fitness in 8-year-old overweight and normal weight children and their parents. *Int J Circumpolar Health.* 2012;71:17621.
  95. Paciocco G, Martinez FJ, Bossoni E, Pielsticker E, Gillespie B, Rubenfire M. Oxygen desaturation on the six-minute walk test and mortality in untreated primary pulmonary hypertension. *Eur Respir J.* 2001;17(4):647-52.
  96. Kadikar A, Maurer J, Kesten S. The six-minute walk test: a guide to assessment for lung transplantation. *J Heart Lung Transplant.* 1997;16(3):313-9.
  97. Ben Moussa S, Rouatbi S, Ben Saad H. Incapacity, handicap, and oxidative stress markers of male smokers with and without COPD. *Respir Care.* 2016;61(5):668-79.
  98. Ben Saad H, Babba M, Boukamcha R, Ghannouchi I, Latiri I, Mezghenni S, et al. Investigation of exclusive narghile smokers: deficiency and incapacity measured by spirometry and 6-minute walk test. *Respir Care.* 2014;59(11):1696-709.
  99. Ben Saad H, Babba M, Boukamcha R, Latiri I, Knani J, Slama R, et al. Submaximal exercise capacity and quality of life in exclusive water-pipe smokers. *Rev Mal Respir.* 2010;27(5):489-95.
  100. Ben Saad H, Ben Hassen I, Ghannouchi I, Latiri I, Rouatbi S, Escourrou P, et al. 6-Min walk-test data in severe obstructive-sleep-apnea-hypopnea-syndrome (OSAHS) under continuous-positive-airway-pressure (CPAP) treatment. *Respir Med.* 2015;109(5):642-55.
  101. Soares AAA, Barros CM, Santos CGC, Dos Santos MRA, Silva JRS, Silva Junior WMD, et al. Respiratory muscle strength and pulmonary function in children with rhinitis and asthma after a six-minute walk test. *J Asthma.* 2018;55(3):259-65.
  102. Mylius CF, Paap D, Takken T. Reference value for the 6-minute walk test in children and adolescents: a systematic review. *Expert Rev Respir Med.* 2016;10(12):1335-52.
  103. Cacao LA, de Santana-Filho VJ, Maynard LG, Gomes MN, Fernandes M, Carvalho VO. Reference values for the six-minute walk test in healthy children and adolescents: a systematic review. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2016;31(5):381-8.
  104. Martin-Ponce E, Hernandez-Betancor I, Gonzalez-Reimers E, Hernandez-Luis R, Martinez-Riera A, Santolaria F. Prognostic value of physical function tests: hand grip strength and six-minute walking test in elderly hospitalized patients. *Sci Rep.* 2014;4:7530.
  105. Alameri H, Al-Majed S, Al-Howaikhan A. Six-min walk test in a healthy adult Arab population. *Respir Med.* 2009;103(7):1041-6.
  106. Britto RR, Probst VS, de Andrade AF, Samora GA, Hernandez NA, Marinho PE, et al. Reference equations for the six-minute walk distance based on a Brazilian multicenter study. *Braz J Phys Ther.* 2013;17(6):556-63.
  107. Bourahli M-K, Bougrida M, Martani M, Mehdioui H, Ben Saad H. 6-Min walk-test data in healthy North-African subjects aged 16–40years. *Egypt J Chest Dis Tuberc.* 2016;65(1):349-60.
  108. Iwama AM, Andrade GN, Shima P, Tanni SE, Godoy I, Dourado VZ. The six-minute walk test and body weight-walk distance product in healthy Brazilian subjects. *Braz J Med Biol Res.* 2009;42(11):1080-5.
  109. Enright PL, Sherrill DL. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998;158(5 Pt 1):1384-7.
  110. Enright PL, McBurnie MA, Bittner V, Tracy RP, McNamara R, Arnold A, et al. The 6-min walk test: a quick measure of functional status in elderly adults. *Chest.* 2003;123(2):387-98.
  111. Soares MR, Pereira CA. Six-minute walk test: reference values for healthy adults in Brazil. *J Bras Pneumol.* 2011;37(5):576-83.
  112. Troosters T, Gosselink R, Decramer M. Six minute walking distance in healthy elderly subjects. *Eur Respir J.* 1999;14(2):270-4.
  113. Tsang RCC. Reference values for 6-minute walk test and hand-grip strength in healthy Hong Kong Chinese adults. *HKPJ* 2005;(23):6-12.
  114. Geiger R, Strasak A, Tremel B, Gasser K, Kleinsasser A, Fischer V, et al. Six-minute walk test in children and adolescents. *J Pediatr.* 2007;150(4):395-9, 9 e1-2.
  115. Li AM, Yin J, Au JT, So HK, Tsang T, Wong E, et al. Standard reference for the six-minute-walk test in healthy children aged 7 to 16 years. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007;176(2):174-80.
  116. Gibbons WJ, Fruchter N, Sloan S, Levy RD. Reference values for a multiple repetition 6-minute walk test in healthy adults older than 20 years. *J Cardiopulm Rehabil.* 2001;21(2):87-93.
  117. Camarri B, Eastwood PR, Cecins NM, Thompson PJ, Jenkins S. Six minute walk distance in healthy subjects aged 55-75 years. *Respir Med.* 2006;100(4):658-65.
  118. Poh H, Eastwood PR, Cecins NM, Ho KT, Jenkins SC. Six-minute walk distance in healthy Singaporean adults cannot be predicted using reference equations derived from Caucasian populations. *Respirology.* 2006;11(2):211-6.
  119. Chetta A, Zanini A, Pisi G, Aiello M, Tzani P, Neri M, et al. Reference values for the 6-min walk test in healthy subjects 20-50 years old. *Respir Med.* 2006;100(9):1573-8.

120. Guyatt GH, Veldhuyzen Van Zanten SJ, Feeny DH, Patrick DL. Measuring quality of life in clinical trials: a taxonomy and review. *CMAJ*. 1989;140(12):1441-8.
121. Ninot G, Soyez F, Prefaut C. A short questionnaire for the assessment of quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease: psychometric properties of VQ11. *Health Qual Life Outcomes*. 2013;11(1):179.
122. Ninot G, Soyez F, Fiocco S, Nassih K, Morin AJ, Prefaut C. The VQ11, a short health-related quality of life questionnaire for routine practice in COPD patients. *Rev Mal Respir*. 2010;27(5):472-81.
123. van der Molen T, Willemse BW, Schokker S, ten Hacken NH, Postma DS, Juniper EF. Development, validity and responsiveness of the Clinical COPD Questionnaire. *Health Qual Life Outcomes*. 2003;1:13.
124. Bouchet C, Guillemin F, Hoang Thi TH, Cornette A, Briancon S. Validation of the St George's questionnaire for measuring the quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Rev Mal Respir*. 1996;13(1):43-6.
125. Jones PW, Quirk FH, Baveystock CM, Littlejohns P. A self-complete measure of health status for chronic airflow limitation. The St. George's Respiratory Questionnaire. *Am Rev Respir Dis*. 1992;145(6):1321-7.
126. Valero-Moreno S, Castillo-Corullon S, Prado-Gasco VJ, Perez-Marin M, Montoya-Castilla I. Chronic Respiratory Disease Questionnaire (CRQ-SAS): Analysis of psychometric properties. *Arch Argent Pediatr*. 2019;117(3):149-56.
127. Janssens JP, Heritier-Praz A, Carone M, Burdet L, Fitting JW, Uldry C, et al. Validity and reliability of a French version of the MRF-28 health-related quality of life questionnaire. *Respiration*. 2004;71(6):567-74.
128. Maoua M, El OM, Abdelghani A, Boughattas W, Kalboussi H, Chatti S, et al. Impact of COPD on quality of life and mental health among one hundred Tunisian patients. *Rev Pneumol Clin*. 2014;70(4):195-202.
129. Ben Hadj Mohamed G, Ben Saad H. Handicap status of exclusive narghile smokers compared to exclusive cigarette smokers: A case control-study. *Egypt J Chest Dis Tuberc*. 2016;65(2):397-403.
130. Saad HB, Hamadou R, Cheikh IB, Chouchene A, Rejeb N, Zbidi A, et al. Réadaptation respiratoire des malades atteints d'une bronchopneumopathie chronique obstructive: données préliminaires de l'expérience tunisienne. *Journal de Réadaptation Médicale: Pratique et Formation en Médecine Physique et de Réadaptation*. 2008;28(4):138-47.
131. Guermazi M, Allouch C, Yahia M, Huissa T, Ghorbel S, Damak J, et al. Translation in Arabic, adaptation and validation of the SF-36 Health Survey for use in Tunisia. *Ann Phys Rehabil Med*. 2012;55(6):388-403.
132. Rejeb H, Ben Khelifa M, Ben Abdallah J, Mrad S, Ben Rejeb M, Hayouni A, et al. The effects of Ramadan-fasting (RF) on inflammatory and hematological indices of stable chronic obstructive pulmonary disease (COPD) male patients: a pilot study. *Am J Mens Health*. 2018;12(6):2089-103.
133. Akiki Z, Hallit S, Layoun N, Cherrane M, Sacre H, Waked M, et al. Validation of the St George's respiratory questionnaire and risks factors affecting the quality of life of Lebanese COPD and asthma patients. *J Asthma*. 2019;56(11):1212-21.
134. El Rhazi K, Nejari C, Benjelloun MC, Bourkadi J, Affif H, Serhier Z, et al. Validation of the St. George's respiratory questionnaire in patients with COPD or asthma in Morocco. *Int J Tuberc Lung Dis*. 2006;10(11):1273-8.
135. Doll H, Duprat-Lomon I, Ammerman E, Sagnier PP. Validity of the St George's respiratory questionnaire at acute exacerbation of chronic bronchitis: comparison with the Nottingham health profile. *Qual Life Res*. 2003;12(2):117-32.
136. Chcialowski A, Golczewski T. Spirometry: a need for periodic updates of national reference values. *Adv Exp Med Biol*. 2019.
137. Stanojevic S, Graham BL, Cooper BG, Thompson BR, Carter KW, Francis RW, et al. Official ERS technical standards: global lung function initiative reference values for the carbon monoxide transfer factor for Caucasians. *Eur Respir J*. 2017;50(3).
138. Kammoun R, Ghannouchi I, Rouatbi S, Ben Saad H. Defining and grading an obstructive ventilatory defect (OVD): 'FEV<sub>1</sub>/FVC lower limit of normal (LLN) vs. Z-score' and 'FEV<sub>1</sub> percentage predicted (%pred) vs. Z-score'. *Libyan J Med*. 2018;13(1):1487751.
139. Ben Salah N, Bejar D, Snene H, Ouahchi Y, Mehiri N, Louzir B. The Z-score: A new tool in the interpretation of spirometric data. *Tunis Med*. 2017;95(8-9):767-71.
140. Aguilaniu B, Wallaert B. From interpretation of cardiopulmonary exercise testing to medical decision. *Rev Mal Respir*. 2013;30(6):498-515.
141. Denguezli M, Ben Chiekh I, Ben Saad H, Zaouali-Ajina M, Tabka Z, Abdelkrim Z. One-year endurance training: effects on lung function and airway inflammation. *J Sports Sci*. 2008;26(12):1351-9.
142. Lakhdar N, Ben Saad H, Denguezli M, Zaouali M, Zbidi A, Tabka Z, et al. Effects of intense cycling training on plasma leptin and adiponectin and its relation to insulin resistance. *Neuro Endocrinol Lett*. 2013;34(3):229-35.
143. Knaz H, Anane I, Guezguez F, Ben Saad H. Applicability of the Arabic version of the quality of life (QOL) questionnaire (VQ11) in Tunisian patients with COPD. *Eur Respir J*. 2019;54:367.
144. Jones PW, Harding G, Berry P, Wiklund I, Chen WH, Kline Leidy N. Development and first validation of the COPD Assessment Test. *Eur Respir J*. 2009;34(3):648-54.
145. COPD Assessment. Téléchargeable à partir de: <https://www.catestonline.org/patient-site-test-page-arabic-egypt.html> (dernière visite le 19 mars 2020).



## Annexe 1. Version Arabe du SGRQ:

[22]

## الجزء الأول

الأسئلة التي تلي، ترمي إلى تقييم المشاكل التنفسية التي مررت بها خلال الاثني عشر شهرا الماضية (ضع علامة في الخانة المناسبة)

أبدا	خلال نزلة برد فقط	بعض أيام من الشهر	بعض أيام الأسبوع (2 4)	تقريبا كامل أيام الأسبوع	
					(1) هل انتابك السعال؟
					(2) هل أفرزت الكثير من المخاط؟
					(3) هل شعرت بصعوبة في التنفس؟
					(4) هل لاحظت صفيرا في الصدر؟

- (5) كم من نوبة تنفسية خطيرة أصابتك خلال الاثني عشر شهرا الماضية؟ 0  1  2  3  أكثر من ثلاث
- (6) كم دامت النوبة الأكثر إرهاقا؟  أسبوع أو أكثر  3 أيام أو أكثر  يوم أو يومان  أقل من يوم
- (7) خلال الاثني عشر شهرا الماضية وفي خلال أسبوع عادي كم من يوم يمر دون مشاكل تنفسية تذكر؟ 0  يوم  يوم أو يومان  3 أو 4 أيام  تقريبا كل الأيام  كل الأيام
- (8) عندما يكون تنفسك مصحوبا بصفير في الصدر هل يكون ذلك الصفير أقوى في الصباح؟ نعم  لا

## الجزء الثاني

         

(9) ما تظن بخصوص حالتك التنفسية؟

- إنها مشكلتي الكبرى
- إنها تسبب لي الكثير من المشاكل
- إنها تسبب لي بعض المشاكل
- لا تسبب لي أي مشكل
- (10) إذا لديك عمل حاليا أو كان لديكم عمل
- مشاكل التنفسية أجبرتني على الانقطاع نهائيا عن العمل
- مشاكل التنفسية أجبرتني على الانقطاع بعض المرات عن العمل
- مشاكل التنفسية ليس لها انعكاس على العمل

         

(11) فيما يلي بعض المواقف التي تسبب لك عادة مشكلة تنفسية

- | صحيح                     | خطأ                      |   |
|--------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | وضعية الجلوس.....                       |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | الاغتسال، الوضوء، ارتداء الملابس.....   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | المشي في المنزل.....                    |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | المشي فوق ميدان مسطح.....               |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | صعود السلالم إلى الطوابق العليا.....    |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | صعود ربوة.....                          |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | ممارسة الأنشطة البدنية أو الرياضية..... |

         

(12) بعض المقترحات المتعلقة بالسعال و صعوبة التنفس لديك

- | صحيح                     | خطأ                      |  |
|--------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | أحس بآلم عندما أسعل.....   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | أحس بتعب عندما أسعل.....   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | أجد صعوبة في التنفس عند الكلام.....  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | أجد صعوبة في التنفس عند الانحناء.....  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | السعال والتنفس يفسدان نومي.....  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | أنتعب سريعا عند أداء بعض الأعمال اليومية مثل الاغتسال، الوضوء، ارتداء الملابس..... |

         

(13) هذه بعض الانعكاسات الناجمة عن مشاكل تنفسك

- | صحيح                     | خطأ                      |  |
|--------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | أحس بالإحراج عندما أسعل أو أجد صعوبة في التنفس أمام الآخرين..... |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | مشاكلي التنفسية تزج عائلتي، أصحابي أو جيراني.....                |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | أحس بالخوف أو ارتبك عندما أجد صعوبة في التنفس.....               |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | أظن أنني لا أستطيع التحكم في تنفسي.....                          |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | أظن أن حالتي التنفسية لن تتحسن.....                              |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | التمارين البدنية خطيرة على حياتي.....                            |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | أي عمل يتطلب مني مجهودا.....                                     |

         

(14) هذه الفقرة تتعلق بالعلاج الذي تتبعه (الأدوية، الأوكسجين، التأهيل التنفسي،).

- | صحيح                     | خطأ                      |   |
|--------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | طرق العلاج التي أتبعها لا تعينني كثيرا.....       |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | أمام الآخرين أحس بالحرج من العلاج.....            |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | طرق العلاج التي أتبعها لها آثار ثانوية مزعجة..... |

طرق العلاج التي أتبعها تخرجني في حياتي اليومية.....

□□□□□□□□ □□□□□□

- (15) هذه الفقرة تتعلق بالأعمال اليومية التي يمكن أن تتعطل بسبب حالتك التنفسية**
- احتاج الكثير من الوقت كي أغتسل أو أرتدي ملابستي  
 لا أستطيع الاستحمام لأن ذلك يتطلب مني الكثير من الوقت  
 أمشي بوتيرة أقل من الآخرين أو يجب علي أن أتوقف بعض الوقت للراحة  
 الأعمال مثل التنظيف المنزلي تأخذ مني الكثير من الوقت أو يجب علي أن أتوقف بعض الوقت للراحة  
 خلال الصعود إلى الطابق الموالي يجب علي الصعود ببطء أو يجب علي أن أتمهل أو أتوقف بعض الوقت للراحة
- عند ما أهرول أو أمشي بوتيرة سريعة يجب علي التمهّل أو أن أتوقف بعض الوقت للراحة  
 تنفسي يصعب الأنشطة التالية: الصعود إلى الطابق الموالي حاملا بعض الأغراض، القيام بأعمال خفيفة في البستان، الرقص، لعب الكرات الحديدية  
 تنفسي يصعب الأنشطة التالية: تقليب التربة في الحديقة، كنس الرمال أو الطين، الهرولة أو المشي السريع..  
 تنفسي يصعب الأنشطة التالية: الأعمال اليدوية المجهدة العدو التنزه على متن دراجة هوائية السباحة السريعة أو المسابقات الرياضية

□□□□□□□□ □□□□□□

- (16) صف انعكاس حالتك التنفسية علي حياتك اليومية**
- لا أمارس الرياضة .....  
 لا أستطيع الخروج للنزهة أو الترفيه .....  
 لا أستطيع الخروج للتسوق .....  
 لا أستطيع القيام بأعمال الترتيب المنزلي.....  
 لا أستطيع الابتعاد كثيرا عن أريكتي أو عن فراشي .....
- (17) الآن هل بقدرتك أن تختار مما يلي، الجواب الذي يصف على أحسن وجه انعكاس حالتك التنفسية عليك**
- إنها لا تمنعني من القيام بما أريد  
 □ إنها تمنعني من القيام بشأن أو اثنين  
 □ إنها تمنعني من القيام بأغلب الأشياء التي أود أن أقوم بها  
 □ إنها تمنعني من القيام بأي شيء