

Quel intérêt à la mesure de la toux et de la force périphérique lors du sevrage de la ventilation ?

What Is the Interest in Measuring the Cough and Peripheral Force when Withdrawing Ventilation?

F. Le Gall · P. Beuret · N. Terzi

Reçu le 14 septembre 2015 ; accepté le 27 octobre 2015
© SRLF et Lavoisier SAS 2015

Résumé Le pronostic des patients de réanimation a été considérablement modifié ces dernières années. Toutefois, l'hospitalisation en réanimation est source de complications qui peuvent être à l'origine de sevrage ventilatoire compliqué. L'atteinte neuromusculaire périphérique et celle de la musculature respiratoire font partie de ces complications. S'il est établi que ces atteintes sont fréquentes et qu'elles sont à l'origine d'un impact négatif à plus ou moins long terme, leur évaluation reste complexe et non consensuelle. Pourtant, une évaluation la plus objective possible est l'élément central à considérer avant d'envisager toute stratégie qui viserait à améliorer ces atteintes. L'objectif de cette revue est de faire l'état des lieux des méthodes spécifiques d'évaluation de la toux et de la force musculaire périphérique, ainsi que des données de la littérature de leur utilisation dans le sevrage de la ventilation mécanique.

Mots clés Toux · Force musculaire périphérique · Sevrage · Ventilation mécanique

Abstract The prognosis of critically ill patients has changed considerably in recent years. Admission to the intensive care unit is nevertheless a source of complications that can result in difficult weaning from mechanical ventilation. Peripheral

neuromuscular impairments and respiratory muscle weakness are among these complications. Although these events are common and known to have adverse effects in the more or less long term, their evaluation is complex and continues to generate debate. Assessing them in the most objective possible manner is a crucial prerequisite to develop an effective therapeutic strategy. The objective of this review is to describe the specific available methods for assessing cough ability and peripheral muscle strength, and to discuss published data on the use of these methods during weaning from mechanical ventilation.

Keywords Cough · Muscle strength · Weaning · Mechanical ventilation

Introduction

Il est désormais établi que la ventilation mécanique prolongée est associée à une augmentation de la morbidité et de la mortalité [1], laissant penser qu'il faille raccourcir la durée de ventilation mécanique et recourir dès que possible à l'extubation. Les causes de sevrage ventilatoire prolongé sont nombreuses [2]. Une des raisons de l'allongement de la durée de ventilation mécanique est la dysfonction diaphragmatique induite par la ventilation mécanique. Celle-ci a fait l'objet de nombreux travaux expérimentaux et cliniques, qui permettent de mieux en appréhender les mécanismes et les moyens de prévention [3,4]. L'atteinte musculaire respiratoire est toutefois vraisemblablement plus globale, touchant également la musculature expiratoire. Outre les difficultés de sevrage, elle constitue très probablement une des composantes du déficit de toux et de l'encombrement bronchique secondaire observés cliniquement dans les échecs d'extubation et pourtant assez peu étudié. À cette atteinte respiratoire peut s'ajouter une pathologie plus globale, secondaire aux défaillances viscérales sévères et à l'inactivité musculaire,

F. Le Gall
Département d'anesthésie-réanimation, CHU de Caen, F-14000
Caen, France

P. Beuret
Service de réanimation et soins continus, centre hospitalier de
Roanne, F-42328 Roanne, France

N. Terzi (✉)
Inserm U1042, université Grenoble-Alpes, HP2, F-38000
Grenoble, France
e-mail : nterzi@chu-grenoble.fr

Service de réanimation médicale, CHU Grenoble Alpes, F-38043
Grenoble, France

à savoir la neuromyopathie de réanimation (NMR) [5], dont les mécanismes sont assez proches par certains aspects. Les conséquences cliniques de cette faiblesse acquise en réanimation ne se limitent toutefois pas au sevrage de la ventilation, dont la durée peut être significativement plus importante, parfois multipliée par 3 [6,7], voire 7 [8]. En effet, celle-ci est également responsable d'une augmentation de la durée du séjour en réanimation, à l'hôpital [8,9], d'une mortalité accrue en réanimation, à l'hôpital [8–10] mais aussi à un an après le séjour en réanimation [11].

Une évaluation de la toux et de la force musculaire périphérique systématique et objective, pendant le sevrage de la ventilation, devrait permettre d'en apprécier l'efficacité respective, d'identifier une population à risque d'échec de sevrage mais aussi d'envisager les moyens de les améliorer. Cependant, de telles évaluations restent très rarement réalisées au quotidien. Nous nous efforcerons ici de décrire les méthodes d'évaluation spécifique de la toux et de la force musculaire périphérique et d'en décrire les intérêts respectifs rapportés à ce jour dans la littérature.

Intérêt de la mesure de la toux

Afin de mieux comprendre les enjeux de l'évaluation de la toux, il nous paraît important de revenir tout d'abord sur quelques notions physiologiques.

Rappels physiologiques

La toux, fonction physiologique naturelle, est nécessaire pour protéger les voies aériennes de l'irruption de substances étrangères, mais aussi pour compléter la clairance mucociliaire. En effet, en situation physiologique, l'escalator mucociliaire assure seul le drainage des sécrétions bronchiques. Cependant, en présence de sécrétions abondantes, la toux vient compléter cette clairance naturelle en assurant à la fois le drainage quotidien des voies aériennes et une protection vis-à-vis des obstructions trachéobronchiques aiguës.

Cette toux peut être automatique ou volontaire.

Contrôle neurologique de la toux

Le déclenchement du réflexe de toux dépend de la stimulation de récepteurs sensitifs localisés dans l'épithélium du larynx, de la trachée et des grosses bronches. Ces récepteurs, de type polymodal, peuvent répondre à des stimulations de nature mécanique, thermique ou chimique. Il existe deux catégories de récepteurs :

- d'une part, les RARs ou *rapidly adapting receptors*, qui regroupent une famille hétérogène de récepteurs sensitifs connectés à des fibres myélinisées A δ . Ils sont situés

essentiellement au niveau du larynx et de la carène, mais également au niveau pulmonaire. Ce sont initialement des récepteurs d'adaptation rapide à des stimuli mécaniques, mais c'est leur sensibilité à des facteurs mécaniques et chimiques qui intervient dans le réflexe de toux : dioxyde de soufre, acide citrique, histamine, nicotine, corps étranger ;

- d'autre part, les récepteurs des fibres C, qui dépendent à la fois de stimuli chimiques exogènes (capsaïne, acide citrique, nicotine) et de stimuli d'origine systémique à type de médiateurs endogènes (histamine, bradykinines, prostaglandines...). Ces récepteurs sont répartis sur l'ensemble du tractus respiratoire en deux familles : bronchique et pulmonaire.

Le réflexe de toux sera adapté au type de récepteur stimulé et à l'intensité du stimulus. Les récepteurs laryngés et trachéaux sont sensibles à des stimuli mécaniques ; par contre, les récepteurs bronchiques sont plus chémosensibles. Par conséquent, la toux d'origine laryngée ou trachéale, en réponse à la présence d'aliments, sera différente de celle initiée par la présence de sécrétions dans l'arbre bronchique. La stimulation mécanique des cordes vocales déclenche ainsi un réflexe expiratoire isolé, c'est-à-dire non précédé d'un temps inspiratoire qui serait à haut risque d'inhalation. De même, la prise d'inhibiteur de l'enzyme de conversion peut s'accompagner d'une véritable toux d'origine bronchique déclenchée par l'action des bradykinines sur les récepteurs chémosensibles [12]. Cette innervation semble s'achever au niveau des bronches segmentaires. Il n'y aurait donc pas de récepteur alvéolaire.

Le contrôle neurologique de la toux fait également intervenir des fibres afférentes et efférentes et un centre de contrôle.

Les fibres afférentes A δ issues des récepteurs RARs et les fibres C se poursuivent par des afférences du nerf vague. Ce dernier rassemble les afférences sensitives thoraciques et abdominales mais aussi la branche interne du nerf laryngé supérieur (NLS). Celles-ci passent ensuite par la racine dorsale et pénètrent dans le tronc cérébral. Elles se projettent finalement dans le bulbe vers le noyau du faisceau solitaire. L'information est alors relayée vers un centre de contrôle non encore bien élucidé (voir plus bas), qui aurait des connexions intimes avec les centres respiratoires et les neurones effecteurs. Deux voies anatomiquement distinctes semblent cependant coexister : une commande sous-corticale responsable du réflexe de toux, probablement située dans le tronc cérébral et qui modifie l'activité des centres respiratoires ; une commande volontaire (voie corticospinale) issue du cortex cérébral et qui se termine sur les motoneurones des muscles respiratoires et glottiques [13]. Cette commande permet une toux volontaire et permettrait aussi d'inhiber la toux réflexe. Dans ce sens, une lésion de la région ventrale de la

protubérance ou de la face antérieure de la moelle cervicale peut se traduire par une disparition de la toux volontaire malgré la conservation d'un volume courant spontané, d'une réponse au CO₂ et d'un réflexe de toux [14]. Les efférences motrices pharyngolaryngées sont médiées par le nerf vague. À l'inspiration, l'information nerveuse issue des centres intégrateurs est véhiculée par les racines métamériques de la moelle cervicale et thoracique permettant une action conjuguée du diaphragme et des muscles intercostaux. À l'expiration, les muscles abdominaux sont sous la dépendance de l'influx nerveux issu des dernières racines thoraciques et des racines lombaires.

Étapes d'un effort de toux

Qu'il soit automatique ou volontaire, l'effort de toux est constitué de trois étapes successives :

- la première étape est marquée par une inspiration profonde.

Elle permet une augmentation du volume d'air intrapulmonaire, une dilatation des bronches grâce à la structure spiralée de la paroi bronchique et une augmentation de la pression de retour élastique du poumon.

Ce volume inspiré est évalué par la mesure de la capacité inspiratoire maximale (CIM). Les principaux muscles inspiratoires sont le diaphragme, les muscles intercostaux externes et les muscles parasternaux, mais de nombreux muscles accessoires peuvent aussi être mis en jeu : muscle sternocléidomastoïdien, faisceaux antérieur et moyen du scalène, trapèze, rhomboïde et petit pectoral. L'inspiration

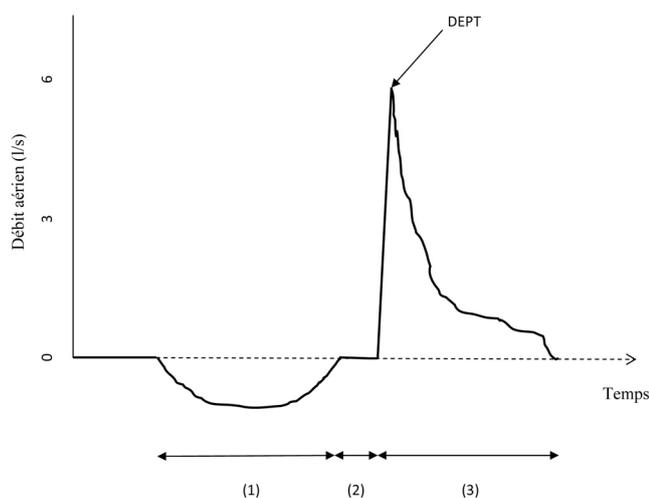


Fig. 1 Le débit aérien durant les trois phases d'un effort de toux : (1) inspiration profonde ; (2) phase compressive avec fermeture de la glotte et contraction des muscles expiratoires ; (3) phase expiratoire avec ouverture soudaine de la glotte et expiration forcée caractérisée par le débit expiratoire de pointe (DEPT)

s'associe à une large ouverture de la glotte permettant le passage de grands volumes d'air ;

- la deuxième étape débute par la contraction des muscles adducteurs des cartilages aryénoïdes qui ferment la glotte pendant environ 0,2 s. Puis il y a coordination entre la fermeture de glotte et la contraction des muscles expiratoires, ce qui permet une élévation rapide des pressions intrathoraciques, alvéolaires et abdominales. Les pressions obtenues dépassent de 50 à 100 % celles nécessaires pour générer une manœuvre d'expiration forcée de type débit expiratoire de pointe [13,15]. Cette étape s'achève avec l'ouverture soudaine de la glotte.

La sortie explosive des volumes pulmonaires inaugure alors la troisième phase de la toux.

À ce moment, la contraction des muscles expiratoires s'ajoute à la force de rétraction élastique du système poumon-paroi pour générer un gradient de pression entre l'alvéole et la bouche. Le débit expiratoire peut atteindre des valeurs de l'ordre de 12 l/s (Fig. 1).

Action de la toux sur la clairance mucociliaire

L'autre fonction de la toux est de compléter la clairance mucociliaire, en cas d'encombrement bronchique, par des sécrétions endogènes sous-glottiques abondantes.

Cette fonction intéresse particulièrement le patient intubé-ventilé. Pour ce dernier, une toux efficace est avant tout une toux productive, capable de drainer efficacement ses voies aériennes sous-glottiques. L'efficacité des manœuvres d'expiration forcée et de la toux, utilisées en kinésithérapie pour augmenter le transport du mucus dans les voies aériennes, est fondée sur le principe suivant : un flux d'air s'écoulant le long d'un conduit recouvert d'une couche de liquide visqueux est capable de mobiliser ce liquide par une interaction avec le flux d'air. La mobilisation du mucus est la meilleure lorsque les vitesses expiratoires de l'écoulement aérien sont élevées. Ces vitesses élevées sont obtenues quand la pression motrice (différence de pression entre l'alvéole et la bouche) augmente en générant de hauts débits et que le diamètre total des voies aériennes est réduit. Ce diamètre dépend de l'étage bronchique et de la compression dynamique des voies aériennes. On sait que ce diamètre bronchique total diminue de la périphérie vers les bronches les plus centrales. Cela implique que la vitesse locale de l'écoulement intrabronchique s'élève de la périphérie jusqu'aux bronches souches. Les expirations forcées et la toux sont donc surtout efficaces dans les bronches les plus grosses.

Ces notions physiologiques permettent de mieux appréhender les difficultés rencontrées par le patient intubé-ventilé à produire une toux efficace. L'encombrement muqueux des voies aériennes sous-glottiques, facilement géré chez le

sujet sain, peut prendre un caractère limitant lorsqu'il s'agit de prendre la décision d'extuber un patient après une ventilation mécanique prolongée. En effet, il est désormais établi que la ventilation mécanique prolongée est responsable d'effets délétères sur la musculature respiratoire [16,17], et que le déficit de toux ou l'encombrement qui en résulte est une des causes d'échec d'extubation.

La conférence de consensus portant sur le sevrage de la ventilation mécanique rappelle que l'évaluation clinique de la toux est une donnée qui doit être prise en compte comme prérequis à l'extubation, sans pour autant plus de précision [18,19]. Évaluer la toux par des mesures objectives permettrait non seulement d'en apprécier l'efficacité, mais aussi d'envisager les moyens de l'améliorer à l'aide de la kinésithérapie ou d'une assistance ventilatoire mécanique. Cette évaluation objective reste aujourd'hui difficile, d'autant que la sonde d'intubation en elle-même ne permet pas une toux efficace en empêchant la fermeture de la glotte.

Méthodes d'évaluation

Chez le patient intubé, l'évaluation de la toux est en effet le plus souvent subjective. Il est demandé au patient de réaliser un effort de toux, et la force est évaluée comme faible, modérée ou excellente [20–22]. Le test de la carte blanche a été proposé pour optimiser cette évaluation : elle est placée en regard de l'extrémité proximale de la sonde d'intubation, et la force de toux est jugée adéquate si la carte est souillée par des sécrétions quand le patient tousse [21,23] ; toutefois, ce test peut être négatif, malgré une force adéquate, en l'absence de sécrétions bronchiques. Il a aussi été proposé de combiner l'évaluation de la toux à l'ordre et à l'aspiration trachéale : la toux est jugée inefficace si elle est évaluée comme absente ou faible aussi bien à l'ordre qu'à l'aspiration, et efficace si la force de toux est évaluée comme satisfaisante à l'ordre ou seulement à l'aspiration [24].

L'évaluation objective de la force de toux repose sur la mesure du pic de débit expiratoire à la toux, appelé communément débit expiratoire de pointe à la toux (DEPT). La méthode de référence utilise le pneumotachographe. Des dispositifs plus simples d'emploi et portables peuvent être utilisés pour mesurer le DEPT chez les patients sous ventilation mécanique :

- les dispositifs mécaniques, « classiques » débitmètres de pointe [23,25,26]. Ils sont simples d'emploi, mais leur précision semble insuffisante : chez des patients en ventilation spontanée, ils surestiment le débit lorsque celui-ci est bas [27,28] ; or, les débits de pointe à la toux mesurés chez les patients intubés sont clairement inférieurs à ceux mesurés en ventilation spontanée, du fait de la présence de la sonde d'intubation qui supprime l'action de la glotte et empêche la phase compressive ;

- le débitmètre électronique Piko (E-NESS, Aix-en-Provence, FR) [29,30] (Fig. 2). Il a une précision jugée satisfaisante lorsqu'il est comparé au pneumotachographe, avec une distribution linéaire des différences sur l'échelle de débit [27] ;
- un spiromètre portable peut également être utilisé, il s'agit alors soit d'un pneumotachographe [31], soit d'un spiromètre à turbine (Fig. 2). Outre leur fiabilité pour la mesure du débit de pointe, ces outils de mesure permettent de visualiser la courbe débit–volume et de s'assurer de la bonne réalisation de la manœuvre.

La mesure du DEPT est habituellement réalisée lors d'un effort de toux : il est demandé au patient d'inspirer profondément puis de tousser le plus fort possible sur la sonde d'intubation. Certains ont proposé comme alternative de mesurer le DEPT lors d'une toux réflexe provoquée par l'instillation dans la sonde d'intubation de 2 ml de sérum physiologique en fin d'inspiration [31]. Cela permettrait d'évaluer la force de toux chez des patients non coopératifs.

Chez le patient trachéotomisé, la force de toux est là encore le plus souvent évaluée de façon subjective : la toux est jugée efficace si le patient est capable d'expectorer à la demande [32].

L'évaluation objective de la toux repose sur la mesure du DEPT :

- soit par la canule de trachéotomie, ballonnet gonflé, en connectant le dispositif de mesure sur l'extrémité proximale de la canule [30] ;
- soit par la bouche, ballonnet dégonflé, canule occluse : il est demandé au patient de tousser par la bouche via un masque facial connecté au dispositif de mesure. Cela permet de retrouver la fonction glottique et donc de se rapprocher de l'effort de toux postextubation. On peut aussi



Fig. 2 Mesure du débit de pointe à la toux, avec le débitmètre électronique Piko (E-NESS, Aix-en-Provence, FR) à gauche ou avec le spiromètre à turbine Spirodoc® (MIR, Roma, IT) à droite

mesurer un DEPT « assisté » lors d'une manœuvre de toux assistée combinant une insufflation mécanique jusqu'à la CIM puis un effort de toux couplé à une compression manuelle de l'abdomen [33].

Données de la littérature

Intérêt de la mesure de la force de toux au cours du sevrage ventilatoire

- Pour prédire l'issue de l'extubation

Quand l'évaluation de la toux réalisée juste avant l'extubation est subjective, les résultats sont contrastés : dans certaines études, l'inefficacité de la toux est associée à l'échec de l'extubation [21,24], pas dans d'autres [20,22]. De même, le test de la carte blanche était soit prédictif de l'issue de l'extubation [21], soit non [23].

À l'inverse, toutes les études qui ont évalué objectivement la force de toux avant l'extubation par la mesure du DEPT ont retrouvé une association significative avec l'issue de l'extubation [23,25,26,29,31] : un DEPT bas inférieur au seuil avant l'extubation augmente le risque d'échec d'extubation d'un facteur 5 à 9.

Toutefois, la valeur seuil de DEPT optimale pour prédire l'issue de l'extubation varie en fonction de la méthode de mesure (dispositif utilisé, circuit de raccordement avec la sonde d'intubation, toux volontaire ou réflexe) : 60 l/min avec les dispositifs mécaniques [23,25,26], 35 l/min avec le débitmètre électronique [29], 58 l/min en mesurant une toux réflexe avec un spiromètre portable [31]. Il n'y a pas à l'heure actuelle de méthode consensuelle, ce qui limite la diffusion de cette mesure dans la pratique clinique.

Qu'en est-il des patients incapables de tousser à l'ordre ? Pour certains, c'est en soi un facteur de risque d'échec d'extubation [29]. Pour d'autres, il convient chez ces patients de mesurer le DEPT lors d'une toux provoquée [31].

- Impact sur la décision d'extubation

La valeur prédictive positive du test est relativement faible. Ainsi, dans l'étude utilisant un débitmètre électronique, le risque d'échec d'extubation pour les patients incapables de tousser à l'ordre ou avec un DEPT inférieur ou égal à 35 l/min « n'était que de 24 % » [29]. Cela ne doit donc pas retarder l'extubation, mais sélectionne des patients « à risque » qui pourraient bénéficier d'une prise en charge spécifique en postextubation. L'utilisation d'une ventilation non invasive (VNI) prophylactique en postextubation chez ces patients paraît logique dans la mesure où un DEPT bas identifie probablement des patients avec une relative faiblesse des muscles respiratoires. Une étude avant-après suggère

qu'elle peut réduire le taux de réintubation dans les 48 heures après extubation.

Décanulation trachéale

L'efficacité de la toux fait partie en pratique clinique des prérequis à la décanulation des patients trachéotomisés préalablement sevrés de la ventilation mécanique [34]. Dans l'algorithme de décanulation proposé par Ceriana et al., l'efficacité de la toux reposait sur la capacité du patient d'expectorer à la demande et de développer une pression expiratoire maximale supérieure à 40 cmH₂O [32]. Chez les patients non coopératifs, notamment cérébrésés, le DEPT peut être mesuré lors d'un réflexe de toux induit par l'insertion d'une sonde d'aspiration trachéale, avec une valeur seuil de 29 l/min [30].

Chez des patients neuromusculaires, la mesure du DEPT par la bouche — ballonnet dégonflé et canule occluse — est probablement indiquée, car elle intègre le fonctionnement des voies aériennes supérieures, notamment de la glotte, qui peut jouer un rôle crucial en postextubation chez ces patients. Pour Bach et Saporito, la possibilité d'obtenir un DEPT par la bouche supérieur à 160 l/min — soit spontané, soit assisté si le DEPT spontané était inférieur au seuil — prédisait le succès de la décanulation [33].

Comme nous avons pu le voir, la plupart des études ont utilisé pour l'évaluation de la toux le DEPT. Si celui-ci semble fiable et reproductible, il n'est qu'un élément parmi d'autres ; si l'on prend l'exemple des pathologies neuromusculaires, il est démontré que cet élément n'est pas le seul à prendre en compte [35]. C'est pourquoi il nous est apparu intéressant de préciser les paramètres physiologiques déterminant la capacité de toux au travers d'une étude prospective qui vient de s'achever (NCT01564745).

L'atteinte respiratoire à l'origine d'un déficit de la force de toux s'intègre dans une atteinte musculaire plus globale, dont on sait maintenant que l'incidence est élevée [5,36]. Celle-ci peut être classée en polyneuropathie de réanimation, en myopathie de réanimation ou les deux associées. La NMR est la plus fréquente des atteintes neuromusculaires. Longtemps sous-estimée, Stevens et al. rapportent une médiane de prévalence à 46 % chez les patients de réanimation [37]. Les sujets sont le plus souvent indemnes de toute pathologie neurologique antérieure. Les facteurs associés au développement de ce type d'atteinte sont l'alitement et l'immobilisation prolongés [4,38]. D'autres facteurs de risque peuvent être également associés : le sexe féminin [39], la défaillance d'organes [39], le sepsis [40], l'hyperglycémie [41], la durée de ventilation mécanique [39] et l'usage de curares [40,42]. L'implication des corticostéroïdes dans le développement des atteintes neuromusculaires en réanimation reste quant à elle controversée [37,39,42]. Cliniquement, l'atteinte musculaire liée à la réanimation touche le système nerveux

périphérique. Elle intéresse les quatre membres de manière relativement symétrique. À la phase initiale, elle prédomine à la racine des membres, des hanches et des épaules [39]. Elle peut aller de la tétraparésie jusqu'à la tétraplégie dans les formes les plus sévères. L'atteinte des muscles de la face est plus rare. Les réflexes ostéotendineux sont le plus souvent diminués ou abolis dans la polyneuropathie et présents dans la myopathie de réanimation.

Les conséquences de cette faiblesse musculaire, parfois sévères, sont maintenant bien décrites : difficultés de sevrage de la ventilation mécanique, augmentation de la morbidité liée à la ventilation mécanique [8,43], augmentation de la durée du séjour en réanimation et à l'hôpital, dégradation de la qualité de vie à moyen et à long terme [44,45]. Celles-ci expliquent probablement l'intérêt porté à la mesure de la force musculaire périphérique afin de mieux identifier les patients et de pouvoir prévenir les conséquences d'un échec d'extubation. Toutefois, cette évaluation reste complexe dans sa réalisation au quotidien. Plusieurs méthodes d'évaluation ont été décrites.

Méthodes de mesure de la force motrice périphérique

Score MRC

Le score Medical Research Council (MRC) est la méthode d'évaluation de la force motrice périphérique la plus couramment utilisée en réanimation. Il se fonde sur l'évaluation de la force de six groupes musculaires périphériques, trois aux membres supérieurs (extension du poignet, flexion de l'avant-bras et antépulsion du bras) et trois aux membres inférieurs (dorsiflexion du pied, extension de jambe et flexion de cuisse). Chaque groupe musculaire est coté de 0 à 5 ; 0 pour l'absence de contraction visible, 1 pour une contraction visible sans mouvement du membre, 2 pour un mouvement insuffisant pour vaincre la pesanteur, 3 pour un mouvement permettant de vaincre la pesanteur, 4 pour un mouvement contre la pesanteur et contre la résistance et 5 pour une force musculaire normale. Le score MRC varie de 0 (tétraplégie) à 60 (force musculaire normale). La neuro-myopathie acquise en réanimation est définie par un score MRC inférieur à 48 [5].

Plusieurs auteurs mettent en évidence la bonne reproductibilité interobservateur du score MRC sur différents types de populations : sujets âgés [46], patients avec paralysie spécifique du nerf radial [47], patients de réanimation [48] ou non. Toutefois, une meilleure corrélation est retrouvée chez les patients hors de la réanimation [49].

La discordance observée est plus marquée pour les cotations MRC supérieures à 3. Cela pourrait s'expliquer par la variabilité de résistance appliquée au membre par les diffé-

rents observateurs, dans le but de différencier les cotations MRC 4 et 5 [48].

En conséquence, le score MRC est un bon moyen de diagnostic de la NMR d'autant plus que le score est bas [48,50,51], mais dont les limites nécessitent de trouver d'autres moyens d'évaluation.

Dynamométrie

La dynamométrie est une méthode d'évaluation de la force motrice périphérique plus récente en réanimation, elle reste à l'heure actuelle assez peu utilisée en routine. La technique nécessite que le clinicien immobilise le patient. Il place le dynamomètre portable ou *handheld* dans sa main de manière à exercer une force en opposition sur le membre à tester. Le test débute lorsque le clinicien commence à exercer cette force et que le patient essaie de résister. Afin de déceler une faiblesse éventuelle sont comparées les forces nécessaires pour les membres droit et gauche. Un autre outil d'évaluation de la force musculaire périphérique par dynamométrie est disponible. Il s'agit du dynamomètre à poignet ou *handgrip* qui est spécifique de la contraction des muscles de la main. Le positionnement nécessite là encore d'être précis pour une évaluation correcte de chaque groupe musculaire [52].

L'utilisation de la dynamométrie a été proposée par plusieurs auteurs, notamment pour les patients de réanimation dont la force musculaire est mal discriminée par une cotation MRC supérieure ou égale à 3 [48,51,52]. Les résultats sont malgré tout controversés. En effet, Vanpee et al. ont démontré dans une population de patients hospitalisés en réanimation médicochirurgicale et présentant une cotation MRC supérieure ou égale à 3, une bonne corrélation interobservateur pour les membres étudiés en dehors de la flexion de hanche et de la dorsiflexion de pied. Par ailleurs, aucune différence significative n'était relevée ni entre les muscles des membres supérieurs et inférieurs ni entre les muscles proximaux et distaux [52]. Ces constatations sont toutefois surprenantes et en désaccord avec l'atteinte proximale initiale classiquement décrite dans la NMR. Cependant, Baldwin et al. ont pu montrer une grande variabilité de force musculaire par dynamométrie sur trois groupes musculaires dans une population de patients avec un score MRC supérieur à 3. Ils mettent en évidence une bonne corrélation test-retest à 48 heures d'intervalle pour la mesure de la force musculaire de la préhension de la main et de l'extension de jambe par dynamométrie [51]. Hermans et al. rapportent quant à eux une bonne reproductibilité interobservateur de la force de préhension, qu'il s'agisse de la main dominante ou non (à gauche, ICC = 0,97 ; 0,94-0,98 ; à droite, ICC = 0,93 ; 0,86-0,97) [48].

La dynamométrie présente toutefois des limites. Si certains auteurs ont utilisé un seuil limite de *handgrip* de

11 kg chez l'homme et 7 kg chez la femme [50,53], il n'existe pas de valeurs références pour la mesure de la force musculaire par *handgrip* en fonction du sexe et de l'âge chez le patient de réanimation. Cependant, la mesure ne semble pas influencée par le poids ou le caractère dominant de la main étudiée chez le sujet sain [54].

Le *handgrip* étudié seul n'évalue que la force motrice distale [50,53] exposant au risque de sous-évaluation de l'atteinte neuromusculaire réelle [39].

Du fait d'une grande variabilité des mesures, son utilisation dans le suivi des patients peut être complexe. En effet, Baldwin et al. ont observé qu'il était nécessaire de considérer des variations d'au moins 21 % pour être certain de ne pas conclure à une amélioration par excès dans une population de patients de réanimation alors même que des variations de 5 % sont nécessaires chez les sujets sains [51].

En termes de temps d'évaluation, la dynamométrie sur un groupe musculaire permet une évaluation plus rapide et plus simple que le score MRC sur six groupes musculaires [50]. Néanmoins, le temps moyen pour générer le pic de force musculaire sur dynamométrie chez le patient de réanimation est plus long que chez le sujet sain, de l'ordre de 4,35 versus 3,75 s ($p \leq 0,001$) [51]. En conséquence, les mesures devraient toutefois être réalisées sur des durées de cinq à six secondes afin de ne pas sous-évaluer la force musculaire.

Ali et al. démontrent une bonne performance de la dynamométrie par *handgrip* en comparaison au score MRC avec une sensibilité de 80,6 % et une spécificité de 83,2 % [50].

À côté de ces manœuvres volitionnelles requérant au moins en partie la coopération des patients, la mesure de la force musculaire périphérique peut se faire par le biais de manœuvres non volitionnelles et notamment en réponse à une stimulation magnétique.

Mesure de la force motrice par stimulation magnétique

La stimulation magnétique étudie la force motrice périphérique involontaire. Cette technique est utilisée dans la force motrice du quadriceps [55] et de l'adducteur du pouce par stimulation respective des nerfs fémoral et ulnaire [56]. Dans le cas de l'adduction du pouce, la main nécessite d'être immobilisée. Harris et al. ont étudié cette méthode dans différents types de populations : sujets sains jeunes ou âgés, patients de réanimation ou de bloc opératoire. Outre sa bonne tolérance, la stimulation supramaximale permettait une réponse motrice chez 48 patients sur 50 [57]. Cette technique permettrait donc l'évaluation de la force musculaire périphérique chez des patients présentant des troubles de conscience, de compréhension ou du langage. Le diagnostic de faiblesse musculaire pourrait être alors plus précoce et permettrait un traitement adapté plus rapide [55]. Cependant, cette technique demande à être évaluée plus largement.

Données de la littérature

Le sevrage ventilatoire difficile est une des complications de l'atteinte neuromusculaire avec pour conséquences une ventilation mécanique prolongée [58]. L'étude de De Jonghe et al. s'intéressant à l'association faiblesse musculaire périphérique et faiblesse respiratoire rapporte une association significative entre le score MRC et une diminution des paramètres respiratoires suivants : pression inspiratoire et expiratoire maximale et capacité vitale au moment de l'éveil du patient [6]. Ces résultats sous-tendent une relation étroite entre la faiblesse proportionnelle du muscle moteur périphérique et celle du muscle respiratoire. En effet, plusieurs études ont permis de mettre en évidence que la NMR évaluée par le score MRC était associée à une durée de sevrage ventilatoire prolongée [6,7,39]. Plus récemment, chez des patients de réanimation chirurgicale, les mesures de la force musculaire par dynamométrie n'étaient pas associées à une durée de ventilation mécanique prolongée [59].

Une équipe française s'est intéressée très récemment à la force musculaire de préhension de la main par dynamométrie comme facteur prédictif de durée de sevrage de la ventilation mécanique et d'échec d'extubation. Leur médiane de durée de ventilation mécanique était de six jours dans une population de réanimation médicale. La faiblesse musculaire évaluée par *handgrip* était de 31 %. En analyse multivariée, la force musculaire au premier essai de ventilation spontanée était significativement associée à un sevrage difficile ou prolongé de la ventilation mécanique (OR = 0,89 ; IC 95 % : 0,85–0,97 ; $p = 0,004$). En revanche, dans cette étude, aucune différence significative n'était retrouvée sur l'influence de la force musculaire sur l'échec d'extubation [53]. Une étude récente ne retrouve pas non plus d'association significative, en analyse multivariée, entre l'existence d'une faiblesse musculaire périphérique le jour de l'extubation et le risque d'échec de l'extubation [24]. Ces données peuvent plaider, pour ne pas retarder l'extubation, sur la seule constatation d'une faiblesse musculaire périphérique.

L'ensemble des études portant sur l'évaluation de la force musculaire volontaire comporte de nombreux biais de sélection, ce qui ne permet pas de généraliser les techniques à l'ensemble des patients de réanimation. En effet, sont exclus des études, les patients neurolésés ou présentant des troubles de conscience ou une pathologie neuromusculaire antérieurement [6,7,39,48,50–53], les patients avec troubles de la compréhension ou du langage [49–51], les patients confus ou en delirium [49,53], les patients ne comprenant pas la langue française [6,39,48,49], les patients ne pouvant être évalués sur l'ensemble des quatre membres pour cause d'amputation, de traumatisme de membres ou de brûlures [6,39,50,51,53].

En pratique, chez le patient de réanimation évaluable cliniquement, l'échelle MRC reste valide pour détecter une

faiblesse musculaire significative (soit score MRC < 48, soit cotation MRC < 4 par groupe musculaire), permettant de faire aisément le diagnostic de NMR. De plus, la réalisation du score MRC permettrait de suivre l'évolution de récupération fonctionnelle des patients les plus sévères. Lorsque le patient est capable de réaliser un mouvement contre pesantier (cotation MRC \geq 3), la dynamométrie pourrait remplacer le score MRC moins discriminant sur l'évaluation fine de la force motrice périphérique [52]. Elle permettrait de guider la kinésithérapie et d'assurer le suivi de la force musculaire. En revanche, il reste à définir des normes chez les patients de réanimation. Ces normes peuvent s'avérer difficiles à codifier devant les multiples facteurs interférant avec la force musculaire [60]. Pour les patients non accessibles à ces deux méthodes, la mesure de la force musculaire périphérique peut être évaluée par stimulation magnétique. Les données de la littérature manquent sur ce sujet.

Conclusion

L'évaluation de la force musculaire périphérique et celle de la force de toux sont des éléments importants à intégrer dans la conduite des différentes étapes du sevrage ventilatoire et de l'extubation. Ainsi, la mise en évidence d'une faiblesse musculaire périphérique à l'initiation du sevrage peut prédire un sevrage prolongé, voire difficile. De même, chez les patients prêts à être extubés, une faiblesse de la toux identifie des patients à risque d'échec d'extubation. Cependant, dans les deux cas, le choix de la méthode d'évaluation n'est pas univoque, ce qui en limite l'utilisation au lit du patient. C'est sans doute un préalable indispensable à l'évaluation de stratégies visant à assister spécifiquement ces patients pour optimiser leur sevrage ventilatoire.

Liens d'intérêts : Les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt.

Références

1. Esteban A, Anzueto A, Frutos F, et al (2002) Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. *JAMA* 287:345–55
2. Heunks LM, van der Hoeven JG (2010) Clinical review: the ABC of weaning failure — a structured approach. *Crit Care* 14:245
3. Jaber S, Petrof BJ, Jung B, et al (2011) Rapidly progressive diaphragmatic weakness and injury during mechanical ventilation in humans. *Am J Resp Crit Care Med* 183:364–71
4. Levine S, Nguyen T, Taylor N, et al (2008) Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *NEJM* 358:1327–35
5. Kress JP, Hall JB (2014) ICU-Acquired weakness and recovery from critical illness. *NEJM* 370:1626–35
6. De Jonghe B, Bastuji-Garin S, Durand M-C, et al (2007) Respiratory weakness is associated with limb weakness and delayed weaning in critical illness. *Crit Care Med* 35:2007–15
7. De Jonghe B, Bastuji-Garin S, Sharshar T, et al (2004) Does ICU-acquired paresis lengthen weaning from mechanical ventilation? *Intensive Care Med* 30:1117–21
8. Garnacho-Montero J, Amaya-Villar R, Garcia-Garmendia JL, et al (2005) Effect of critical illness polyneuropathy on the withdrawal from mechanical ventilation and the length of stay in septic patients. *Crit Care Med* 33:349–54
9. Trappe S, Trappe T, Gallagher P, et al (2004) Human single muscle fibre function with 84 day bed-rest and resistance exercise. *J Physiol* 557:501–13
10. Sharshar T, Bastuji-Garin S, Stevens RD, et al (2009) Presence and severity of intensive care unit-acquired paresis at time of awakening are associated with increased intensive care unit and hospital mortality. *Crit Care Med* 37:3047–53
11. Hermans G, Van Mechelen H, Clerckx B, et al (2014) Acute outcomes and 1-year mortality of intensive care unit-acquired weakness: a cohort study and propensity-matched analysis. *Am J Resp Crit Care Med* 190:410–20
12. Morice AH, Lowry R, Brown MJ, et al (1987) Angiotensin-converting enzyme and the cough reflex. *Lancet* 2:1116–8
13. Hadjikoutis S, Wiles CM, Eccles R (1999) Cough in motor neuron disease: a review of mechanisms. *QJM* 92:487–94
14. Dawson K, Hourihan MD, Wiles CM, et al (1994) Separation of voluntary and limbic activation of facial and respiratory muscles in ventral pontine infarction. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 57:1281–2
15. Leith DE (1985) The development of cough. *Am Rev Respir Dis* 131:S39–S42
16. Powers SK, Kavazis AN, Levine S (2009) Prolonged mechanical ventilation alters diaphragmatic structure and function. *Crit Care Med* 37:S347–S53
17. Jaber S, Jung B, Matecki S, et al (2011) Clinical review: ventilator-induced diaphragmatic dysfunction — human studies confirm animal model findings! *Crit Care* 15:206
18. Boles JM, Bion J, Connors A, et al (2007) Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J* 29:1033–56
19. Société de réanimation de langue française, Société française d'anesthésie et de réanimation, Société de pneumologie de langue française, et al (2001) Sevrage de la ventilation mécanique, à l'exclusion du nouveau-né et du réveil d'anesthésie. *Réanimation* 697–8
20. Frutos-Vivar F, Ferguson ND, Esteban A, et al (2006) Risk factors for extubation failure in patients following a successful spontaneous breathing trial. *Chest* 130:1664–71
21. Khamiees M, Raju P, DeGirolamo A, et al (2001) Predictors of extubation outcome in patients who have successfully completed a spontaneous breathing trial. *Chest* 120:1262–70
22. Miu T, Joffe AM, Yanez ND, et al (2014) Predictors of reintubation in critically ill patients. *Respir Care* 59:178–85
23. Salam A, Tilluckdharry L, Amoateng-Adjepong Y, et al (2004) Neurologic status, cough, secretions and extubation outcomes. *Intens Care Med* 30:1334–9
24. Thille AW, Boissier F, Ben Ghezala H, et al (2015) Risk factors for and prediction by caregivers of extubation failure in ICU patients: a prospective study. *Crit Care Med* 43:613–20
25. Smina M, Salam A, Khamiees M, et al (2003) Cough peak flows and extubation outcomes. *Chest* 124:262–8
26. Smailes ST, McVicar AJ, Martin R (2013) Cough strength, secretions and extubation outcome in burn patients who have passed a spontaneous breathing trial. *Burns* 39:236–42
27. Fonseca JA, Costa-Pereira A, Delgado L, et al (2005) Pulmonary function electronic monitoring devices: a randomized agreement study. *Chest* 128:1258–65

28. Sancho J, Servera E, Díaz J, et al (2004) Comparison of peak cough flows measured by pneumotachograph and a portable peak flow meter. *Am J Phys Med Rehabil* 83:608–12
29. Beuret P, Roux C, Auclair A, et al (2009) Interest of an objective evaluation of cough during weaning from mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 35:1090–3
30. Chan LYY, Jones AYM, Chung RCK, et al (2010) Peak flow rate during induced cough: a predictor of successful decannulation of a tracheotomy tube in neurosurgical patients. *A J Crit Care* 19:278–84
31. Su W-L, Chen Y-H, Chen C-W, et al (2010) Involuntary cough strength and extubation outcomes for patients in an ICU. *Chest* 137:777–82
32. Ceriana P, Carlucci A, Navalesi P, et al (2003) Weaning from tracheotomy in long-term mechanically ventilated patients: feasibility of a decisional flowchart and clinical outcome. *Intensive Care Med* 29:845–8
33. Bach JR, Saporito LR (1996) Criteria for extubation and tracheostomy tube removal for patients with ventilatory failure. A different approach to weaning. *Chest* 110:1566–71
34. Stelfox HT, Crimi C, Berra L, et al (2008) Determinants of tracheostomy decannulation: an international survey. *Crit Care* 12:R26
35. Trebbia G, Lacombe M, Fermanian C, et al (2005) Cough determinants in patients with neuromuscular disease. *Respir Physiol Neurobiol* 146:291–300
36. De Jonghe B, Outin H, Lacherade J, et al (2008) Conséquences respiratoires de la neuromyopathie de réanimation. *Réanimation* 17:625–30
37. Stevens RD, Dowdy DW, Michaels RK, et al (2007) Neuromuscular dysfunction acquired in critical illness: a systematic review. *Intensive Care Med* 33:1876–91
38. Griffiths RD, Palmer TE, Helliwell T, et al (1995) Effect of passive stretching on the wasting of muscle in the critically ill. *Nutrition* 11:428–32
39. De Jonghe B, Sharshar T, Lefaucheur J-P, et al (2002) Paresis acquired in the intensive care unit: a prospective multicenter study. *JAMA* 288:2859–67
40. Garnacho-Montero J, Madrazo-Osuna J, Garcia-Garmendia J, et al (2001) Critical illness polyneuropathy: risk factors and clinical consequences. A cohort study in septic patients. *Intensive Care Med* 27:1288–96
41. Van den Berghe G, Wouters P, Weekers F, et al (2001) Intensive insulin therapy in critically ill patients. *NEJM* 345:1359–67
42. Leatherman JW, Fluegel WL, David WS, et al (1996) Muscle weakness in mechanically ventilated patients with severe asthma. *Am J Resp Crit Care Med* 153:1686–90
43. Herridge MS, Batt J, Santos CD (2014) ICU-acquired weakness, morbidity, and death. *Am J Resp Crit Care Med* 190:360–2
44. Herridge MS, Cheung AM, Tansey CM, et al (2003) One-year outcomes in survivors of the acute respiratory distress syndrome. *NEJM* 348:683–93
45. Herridge MS, Tansey CM, Matté A, et al (2011) Functional disability 5 years after acute respiratory distress syndrome. *NEJM* 364:1293–304
46. Gregson JM, Leathley MJ, Moore AP, et al (2000) Reliability of measurements of muscle tone and muscle power in stroke patients. *Age Ageing* 29:223–8
47. Paternostro-Sluga T, Grim-Stieger M, Posch M, et al (2008) Reliability and validity of the Medical Research Council (MRC) scale and a modified scale for testing muscle strength in patients with radial palsy. *J Rehabil Med* 40:665–71
48. Hermans G, Clerckx B, Vanhullebusch T, et al (2012) Interobserver agreement of medical research council sum-score and handgrip strength in the intensive care unit. *Muscle Nerve* 45:18–25
49. Hough CL, Lieu BK, Caldwell ES (2011) Manual muscle strength testing of critically ill patients: feasibility and interobserver agreement. *Crit Care* 15:R43
50. Ali NA, O'Brien JM, Hoffmann SP, et al (2008) Acquired weakness, handgrip strength, and mortality in critically ill patients. *Am J Resp Crit Care Med* 178:261–8
51. Baldwin CE, Paratz JD, Bersten AD (2013) Muscle strength assessment in critically ill patients with handheld dynamometry: an investigation of reliability, minimal detectable change, and time to peak force generation. *J Crit Care* 28:77–86
52. Vanpee G, Segers J, Van Mechelen H, et al (2011) The interobserver agreement of handheld dynamometry for muscle strength assessment in critically ill patients. *Crit Care Med* 39:1929–34
53. Cottreau G, Dres M, Avenel A, et al (2015) Handgrip strength predicts difficult weaning but not extubation failure in mechanically ventilated subjects. *Respir Care* 60:1097–104
54. Lunaheredia E, Martinpena G, Ruizgaliana J (2005) Handgrip dynamometry in healthy adults. *Clin Nutr* 24:250–8
55. Polkey MI, Kyroussis D, Hamnegard CH, et al (1996) Quadriceps strength and fatigue assessed by magnetic stimulation of the femoral nerve in man. *Muscle Nerve* 19:549–55
56. Man WDC (2004) Magnetic stimulation for the measurement of respiratory and skeletal muscle function. *Eur Resp J* 24:846–60
57. Harris ML, Luo YM, Watson AC, et al (2000) Adductor pollicis twitch tension assessed by magnetic stimulation of the ulnar nerve. *Am J Resp Crit Care Med* 162:240–5
58. Latronico N, Guarneri B, Alongi S, et al (1999) Acute neuromuscular respiratory failure after ICU discharge. *Intensive Care Med* 25:1302–6
59. Lee JJ, Waak K, Grosse-Sundrup M, et al (2012) Global muscle strength but not grip strength predicts mortality and length of stay in a general population in a surgical intensive care unit. *Phys Ther* 92:1546–55
60. Waak K, Zaremba S, Eikermann M (2013) Muscle strength measurement in the intensive care unit: not everything that can be counted counts. *J Crit Care* 28:96–8