

Intérêt de l'échographie thoracique et musculaire en kinésithérapie de réanimation

Relevance of Thoracic and Muscular Ultrasound in Critical Care Physiotherapy

A. Le Neindre · G. Fossat

Reçu le 19 mars 2017 ; accepté le 17 août 2017
© SRLF et Lavoisier SAS 2017

Résumé L'échographie est utilisée depuis de nombreuses années par les kinésithérapeutes anglo-saxons. Son application au domaine respiratoire et musculaire en kinésithérapie est par contre nouvelle et se développe de plus en plus dans le secteur des soins intensifs. L'échographie pulmonaire permet au kinésithérapeute d'évaluer son patient avec une plus grande précision diagnostique, permettant ainsi d'optimiser le choix et le suivi du traitement par kinésithérapie respiratoire. Son application à la fonction musculaire lui permet d'évaluer et de suivre les patients atteints de neuromyopathie de réanimation. L'évolution qualitative et quantitative du muscle est un bon indicateur de la sévérité de l'état du patient et de l'efficacité ou non des traitements mis en place. L'appropriation par les kinésithérapeutes de nouvelles techniques d'examen comme l'échographie est une aubaine qui doit être soutenue et développée.

Mots clés Échographie pulmonaire · Échographie musculaire · Kinésithérapie respiratoire · Mobilisation précoce · Neuromyopathie de réanimation

Abstract Ultrasonography has been used for many years by physiotherapists in the English-speaking countries. But its application to intensive care unit physiotherapy is a new trend and is gaining wide acceptance. Thoracic ultrasound allows the physiotherapist to assess the patient with more accuracy, allowing optimization of the treatment choice and monitoring. Muscular ultrasound allows the physiothe-

rapist to make an assessment of intensive care unit-acquired weakness in the patient and follow up on recovery. Qualitative and quantitative muscle evolution may be a useful indicator of the patient's severity status and of treatment efficacy. The use of ultrasonography by the physiotherapists is beneficial and should be supported and developed.

Keywords Chest physiotherapy · Early mobilization · ICU-acquired weakness · Lung ultrasound · Muscular ultrasound

Introduction

L'échographie est un outil largement utilisé dans les services de réanimation, que ce soit l'échographie de la fonction cardiaque, pulmonaire ou vasculaire, dans le monitoring hémodynamique ou encore dans le guidage de ponction pleurale ou la pose de cathéters [1,2].

Son utilisation en kinésithérapie fait partie intégrante de la pratique du kinésithérapeute dans les pays anglo-saxons depuis de nombreuses années [3]. Son utilisation par les kinésithérapeutes en France est relativement récente, notamment dans le domaine respiratoire et musculaire [4].

En réanimation, l'objectif de la kinésithérapie respiratoire est d'améliorer la ventilation locale ou globale et la compliance pulmonaire en favorisant le recrutement alvéolaire, la perfusion pulmonaire et la liberté des voies bronchiques [5,6]. Le kinésithérapeute a également une place de choix dans l'évaluation musculaire du patient en réanimation, que ce soit dans l'évaluation de la fonction musculaire périphérique ou du diaphragme. Ces compétences dans le domaine respiratoire et musculaire lui permettent également d'occuper un rôle clé dans le sevrage de la ventilation mécanique. Le raisonnement clinique du kinésithérapeute menant au choix du traitement repose sur l'évaluation du patient et nécessite l'utilisation d'outils diagnostiques adaptés [5]. Un examen précis est indispensable pour déterminer l'indication

A. Le Neindre (✉)

Service de kinésithérapie, hôpital Forcilles,
route de Servon, F-77150 Férolles-Attilly, France
e-mail : aymeric.leneindre@gmail.com

UMR1231, université de Bourgogne,
F-21000 Dijon, France

G. Fossat
Service de réanimation, recherche paramédicale,
CHR d'Orléans, avenue de l'hôpital, F-45000 Orléans, France

à la kinésithérapie respiratoire, choisir les modalités du traitement, suivre l'évolution du patient et évaluer l'efficacité de la prise en charge [5,7].

L'échographie thoracique et musculaire périphérique bénéficie d'un développement croissant ces dernières années et pourrait être un outil complémentaire à l'examen habituel du kinésithérapeute pertinent [8–10].

Cette revue narrative aborde les bases de l'échographie thoracique et musculaire et son intérêt pour la pratique clinique du kinésithérapeute.

Échographie pulmonaire en kinésithérapie

Modalités de l'examen

De façon similaire à l'auscultation, l'échographie nécessite de définir une topographie thoracique : l'espace axillaire est délimité par une ligne axillaire antérieure et une ligne axillaire postérieure. Elles définissent ainsi une région d'exploration antérieure, une région latérale et une région postérieure [11,12]. Chaque région est subdivisée en partie supérieure et inférieure. Chaque hémithorax comprend ainsi six régions à explorer.

Le patient est généralement installé en position semi-assise (inclinaison à 30°). La sonde échographique est placée dans un espace intercostal, selon un axe craniocaudal, permettant une vue longitudinale. Dans certaines situations, un axe horizontal peut-être utilisé, permettant une vue transversale. Chaque espace intercostal des différentes régions est ainsi exploré, en déplaçant transversalement la sonde [13], de l'intérieur vers l'extérieur.

Le syndrome alvéolo-interstitiel et le pneumothorax seront recherchés dans les régions antérolatérales tandis que l'épanchement pleural sera recherché dans les régions postérieures.

Rappels sémiologiques

Poumon « normal »

L'impédance acoustique élevée de l'air empêche le passage des ultrasons. Les signes échographiques du poumon sain sont ainsi produits par des artefacts liés à la réflexion de l'ultrason. L'image normale du poumon est caractérisée par la présence de trois signes (Fig. 1) : le signe de la chauve-souris (formé par les bords supérieurs des deux côtes formant l'espace intercostal et la ligne pleurale), les lignes A (lignes de répétition de la ligne pleurale) et le glissement pleural. Ces signes indiquent que le poumon est correctement aéré dans l'espace intercostal exploré.

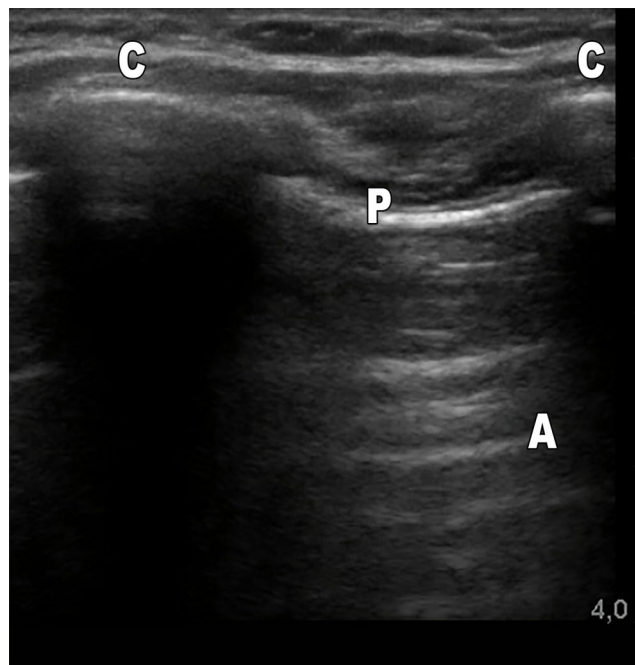


Fig. 1 Échographie pulmonaire normale. C : côte ; P : plèvre ; A : ligne A. Le signe de la chauve-souris : les côtes supérieure et inférieure et la ligne pleurale dans un espace intercostal forment la silhouette d'une chauve-souris. Les lignes A : artefacts horizontaux hyperéchogènes (A) de répétition de la ligne pleurale. Ils indiquent la présence d'air

Perte d'aération pulmonaire

Lorsque l'on évoque la perte de l'aération pulmonaire, il est question des pathologies impliquant le tissu interstitiel et les alvéoles : syndrome alvéolo-interstitiel et consolidation pulmonaire.

Le syndrome alvéolo-interstitiel est caractérisé par la présence de lignes B [12,14]. Ces lignes B sont des artefacts verticaux, naissant de la ligne pleurale, effaçant les lignes A et allant jusqu'en bas de l'écran sans s'épuiser (Fig. 2). Elles sont dynamiques et bougent avec le glissement pleural (voir vidéo S1 en ligne). Elles trouvent leur origine suite à un phénomène de réflexion multiple lié à la présence d'air et d'eau mêlés dans le tissu pulmonaire, générant une différence d'impédance acoustique élevée [10]. La présence d'un syndrome alvéolo-interstitiel peut s'expliquer par la présence d'un œdème pulmonaire, d'une pneumopathie ou encore d'une fibrose pulmonaire.

Lorsque la perte d'aération est complète, on parle de consolidation pulmonaire. La consolidation pulmonaire est une structure sous-pleurale hypoéchoïque ou d'aspect tissulaire (Fig. 3) (voir vidéo S2 en ligne) [12]. Elles peuvent avoir différentes origines, telles que la pneumopathie, les nodules pulmonaires, l'atélectasie compressive ou

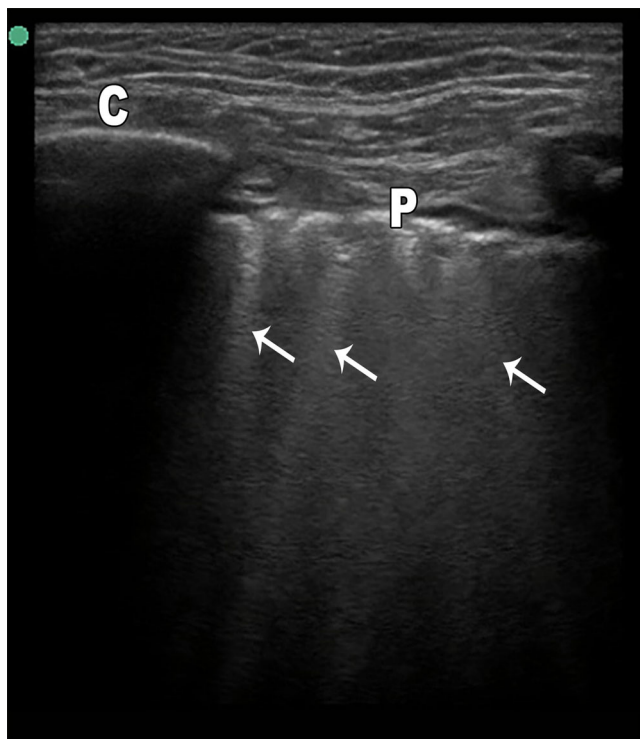


Fig. 2 Syndrome interstitiel échographique. P : ligne pleurale ; C : côtes ; flèches : lignes B. Les lignes B : artefact en queue de comètes (flèches) naissant de la ligne pleurale sans s'épuiser, effaçant les lignes A

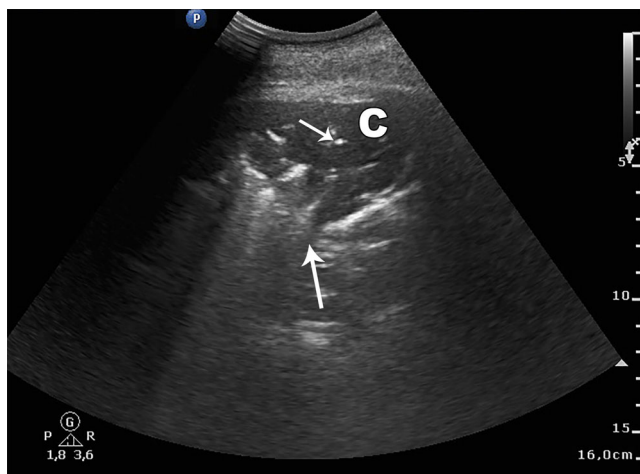


Fig. 3 La consolidation pulmonaire. C : consolidation ; petite flèche : bronchogramme aérique ; grande flèche : bordure profonde. Consolidation pulmonaire : aspect tissulaire émanant de la ligne pleurale, d'une consolidation pulmonaire (C). Le signe de la scie : limite profonde (grande flèche), d'allure déchirée, d'une consolidation pulmonaire, impliquant partiellement un lobe. Notez la présence d'un bronchogramme aérique (petite flèche). Il s'agit ici d'une pneumopathie

obstructive ou encore la contusion pulmonaire. L'analyse de la limite profonde de la consolidation, la présence d'un bronchogramme aérique statique ou dynamique ou d'un bronchogramme liquidien permettent de déterminer la nature de la consolidation.

Pathologies pleurales

L'échographie permet de détecter la présence d'un épanchement pleural et d'un pneumothorax [10,12]. Le pneumothorax se caractérise par la présence de lignes A, l'absence de glissement pleural et la présence du point poumon. L'épanchement pleural apparaît généralement comme un espace anéchoïque entre la plèvre pariétale et la plèvre viscérale (signe du dièse). La plèvre viscérale apparaît sinusoïdale lors des mouvements respiratoires en mode M (signe de la sinusoïde) (Fig. 4). L'échographie permet également d'estimer le volume de l'épanchement pleural [15-17].

Intérêt de l'échographie pulmonaire en kinésithérapie

À la suite de son examen clinique, le kinésithérapeute a parfois besoin d'utiliser certains examens complémentaires pour confirmer ou exclure une hypothèse diagnostique. En termes d'imagerie, l'échographie possède une précision supérieure à la radiographie dans les pathologies pulmonaires et pleurales intéressant le kinésithérapeute : épanchement pleural, syndrome alvéolo-interstitiel ou consolidation pulmonaire [4].

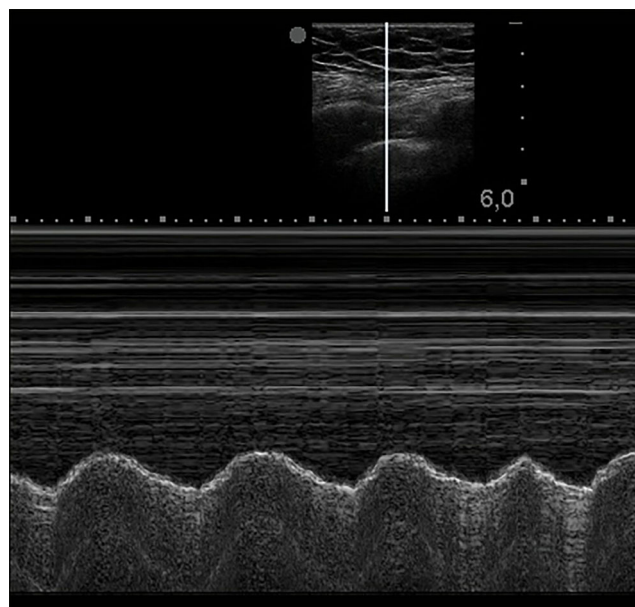


Fig. 4 Épanchement pleural : signe de la sinusoïde. En mode M, la plèvre viscérale se rapproche de la plèvre pariétale à l'inspiration et s'en éloigne à l'expiration. Son mouvement forme une sinusoïde, signalant la présence d'un épanchement liquidien libre

Syndrome alvéolo-interstitiel

En présence de lignes B multiples, homogènes et diffuses (œdème pulmonaire), les techniques inspiratoires actives visant à améliorer la ventilation globale seraient contre-indiquées et inefficaces : en effet, la présence d'un œdème pulmonaire provoque une perte de compliance et une augmentation de la charge de travail respiratoire [18].

La présence de lignes B coalescentes et focales indique un comblement alvéolaire partiel : le choix du traitement s'orientera vers les techniques visant à améliorer de façon localisée la ventilation alvéolaire. Les techniques de ventilation en pression positive, le positionnement et la mobilisation semblent le plus adaptés [5,6,19].

Consolidations pulmonaires

En présence d'une consolidation pulmonaire, le kinésithérapeute devra en déterminer la nature échographique afin d'orienter de façon adaptée le traitement par kinésithérapie respiratoire. En présence d'une consolidation d'origine pneumonique, en dehors de la mise en évidence clinique d'un encombrement bronchique chez un patient présentant une toux inefficace, il n'existe pas d'indication à des techniques d'augmentation du débit expiratoire [5]. Une récente revue *Cochrane* [20] soulignait d'ailleurs l'inefficacité des techniques de drainage bronchique dans la prise en charge de la pneumopathie : l'utilisation d'une pression expiratoire positive (PEP) semblait cependant apporter un bénéfice aux patients en diminuant la durée de la fièvre et de l'hospitalisation [20]. Les techniques de ventilation en pression positive (ventilation non invasive [VNI], pression positive continue [PPC]), la mobilisation et le positionnement peuvent améliorer le recrutement alvéolaire et pourraient donc être également indiqués.

En présence d'un pattern atélectasique, il est important d'un point de vue thérapeutique de distinguer une atélectasie de résorption d'une atélectasie compressive. La présence d'un épanchement pleural important à l'échographie en regard d'une base pulmonaire atélectasiée orientera le traitement vers un positionnement et une mobilisation, associé ou non à un traitement médical [21,22]. Si l'atélectasie est d'origine obstructive, la réalisation de manœuvres d'hyperinflation chez le patient intubé ou la mise en place d'une VNI chez le patient en ventilation spontanée, associées à un positionnement en latérocubitus, peuvent alors être indiquées [5].

L'échographie peut permettre au kinésithérapeute de suivre l'évolution de la consolidation, et donc d'évaluer l'efficacité ou non du traitement [23] : diminution de la surface de la lésion, diminution du bronchogramme liquidien, apparition de lignes B ou l'apparition d'un profil normal [24–27]. La réaération pulmonaire évaluée à l'échographie est fortement corrélée à celle évaluée au scanner thoracique [23].

Épanchement pleural

Il existe très peu de littératures évaluant l'efficacité de la kinésithérapie respiratoire chez les patients atteints d'épanchements pleuraux, et aucune ne permet d'indiquer la kinésithérapie respiratoire devant cette pathologie. Ainsi, en cas de découverte d'un épanchement pleural à l'échographie par le kinésithérapeute, celui-ci doit d'abord réorienter le patient vers le médecin. Ce dernier évaluera le besoin d'un drainage thoracique [22]. Ensuite, selon le contexte clinique, le kinésithérapeute pourra assurer la mise en place d'un support permettant de diminuer le travail respiratoire (e.g : VNI). En présence d'une consolidation pulmonaire associée, le kinésithérapeute pourra aussi mettre en place des techniques de positionnement. Le kinésithérapeute peut également détecter une dyskinésie diaphragmatique induite par l'épanchement pleural [28] et suivre la récupération de la fonction diaphragmatique.

Échographie du diaphragme en kinésithérapie

Méthodes échographiques d'évaluation du diaphragme

Parmi les méthodes les plus fréquemment utilisées, on retrouve la mesure de l'excursion du diaphragme par la voie subcostale antérieure et la mesure de l'épaississement à la zone d'apposition du diaphragme.

Mesure de l'excursion du diaphragme

L'évaluation de l'excursion diaphragmatique par voie subcostale antérieure semble être la méthode la plus utilisée : une sonde convexe est placée en voie sous-costale, entre la ligne médioclaviculaire et la ligne axillaire antérieure [29–31]. Le diaphragme apparaît comme une ligne hyperéchogène bordant le foie à droite ou la rate à gauche. Lors de l'inspiration, le diaphragme se rapproche de la sonde et s'en éloigne à l'expiration. La mesure de l'excursion du diaphragme s'effectue en mode M. Elle correspond à la distance entre la fin d'inspiration et la fin d'expiration. Une excursion inférieure à 25 mm indique la présence d'une dysfonction diaphragmatique [32].

Mesure de l'épaississement de la zone d'apposition du diaphragme

L'épaisseur du diaphragme se mesure à sa zone d'apposition sur le thorax. Une sonde linéaire est placée entre la ligne axillaire antérieure et la ligne médioaxillaire, 0,5 à 2 cm sous le sinus costodiaphragmatique [33–37]. Les épaisseurs en fin d'inspiration et en fin d'expiration sont mesurées (Fig. 5)

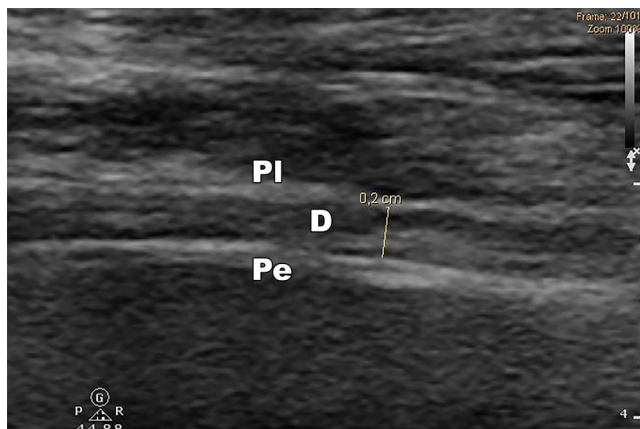


Fig. 5 Zone d'apposition du diaphragme. C : côtes ; PI : plèvre ; D : diaphragme ; Pe : péritoine. La sonde est placée dans un espace intercostal, selon un axe longitudinal, entre la ligne axillaire antérieure et la ligne médioaxillaire, 0,5 à 2 cm sous le sinus costodiaphragmatique. Le diaphragme apparaît comme une ligne hypéchogène, comprise entre deux lignes hyperéchogènes, à l'extérieur la plèvre et à l'intérieur le péritoine

(voir vidéo S3 en ligne). La fraction d'épaississement du diaphragme est calculée suivant la formule suivante :

$DTF (\%) = \frac{[(\text{épaisseur en fin d'inspiration} - \text{épaisseur en fin d'expiration}) / \text{épaisseur en fin d'expiration}] \times 100}{100}$

L'épaisseur moyenne du diaphragme en fin d'expiration chez le sujet sain est comprise entre 0,2 et 0,3 cm [38,39]. Une fraction d'épaississement inférieure à 20 % indique la présence d'une dysfonction du diaphragme [35].

Le Tableau 1 indique les valeurs normales et pathologiques en échographie du diaphragme.

Intérêt pour le kinésithérapeute

L'échographie du diaphragme permet de repérer les patients dont la mobilité ou la contractilité du diaphragme sont altérées, que ce soit par la ventilation mécanique ou d'autres causes de paralysie (lésions du nerf phrénique, postopératoire thoracique ou abdominal, maladie neuromusculaire,

etc.) [40]. Elle permet ainsi d'expliquer des cas de sevrage de la ventilation difficile ou une atteinte respiratoire chez un patient non ventilé.

L'échographie du diaphragme est également utilisée comme un index de sevrage de la ventilation mécanique, dans lequel est impliqué le kinésithérapeute : une DTF > 30 % est un facteur prédictif de réussite du sevrage de la ventilation avec une sensibilité de 88 % et une spécificité de 71 % [41]. Une excursion inférieure à 14 mm est également prédictive d'échec d'extubation avec une sensibilité de 83 % et une spécificité de 41 % [42]. L'excursion possède ainsi une faible spécificité, et la mesure de la DTF est à préférer dans la prédiction de l'issue de l'extubation [43].

L'échographie permet également de suivre l'évolution et la récupération du diaphragme [35,44] et d'aider à adapter le niveau de support ventilatoire [44].

Le suivi échographique du diaphragme du patient ventilé peut également aider le kinésithérapeute à identifier précocement une dysfonction et proposer un entraînement des muscles inspirateurs [45] et d'en évaluer son efficacité.

Échographie musculaire périphérique

Chez le patient sédaté ou inapte à répondre aux ordres simples, l'évaluation de la fonction musculaire est difficile. L'entourage peut renseigner les équipes sur l'autonomie antérieure (e.g. : score de Barthel) mais ces données sont insuffisantes pour mesurer l'évolution précise de la fonction musculaire durant le séjour de réanimation. Des outils existent pour les évaluer précisément, tels que l'imagerie par résonance magnétique (IRM), le scanner, l'étude de la conduction nerveuse ou même la biopsie [46]. Cependant, ils sont onéreux, irradiants, invasifs, nécessitent un personnel dédié pour les analyser et ne peuvent être pratiqués en routine au lit du patient.

L'utilisation de l'échographie musculaire apparaît comme une technique simple, peu coûteuse pour le kinésithérapeute et qui possède une bonne reproductibilité inter- et intraobservateur [9,47]. Elle permet d'identifier des changements

Tableau 1 Valeurs de références en échographie du diaphragme

Mesures	Respiration	Homme	Femme
Excursion (cm)	Repos	1,8 ± 0,3 (1,1-2,5)	1,6 ± 0,3 (1-2,2)
	Profonde	7 ± 1,1 (4,7-9,2)	5,7 ± 1 (3,6-7,7)
	Sniff	2,9 ± 0,6 (1,8-4,4)	2,6 ± 0,5 (1,6-3,6)
	Dysfonction	< 0,25	
Épaisseur (fin d'expiration) (cm)	Facteur d'échec d'extubation	< 1,4	
	Sujets sains	0,22-0,28	
Fraction d'épaississement (%)	Sujets sains	28-96	
	Dysfonction	< 20	

structurels et morphologiques du muscle. Actuellement, ni les examens complexes (e.g. : IRM, scanner) ni l'échographie musculaire ne sont corrélés à la force ou à la fonction musculaire chez le patient de réanimation [48,49].

La neuromyopathie acquise en réanimation (NMAR) est l'atteinte la plus courante sur le plan musculaire. Elle engendre une augmentation des durées de ventilation mécanique et de séjour à l'hôpital [50]. Le diagnostic de NMAR repose en partie sur l'évaluation musculaire volontaire, avec un score MRC inférieur à 48/60 [51–53]. Le dépistage précoce des patients à risque de NMAR est un enjeu important compte tenu des complications et séquelles fonctionnelles qui lui sont associées. Actuellement, hormis les stratégies de prévention (contrôle de la glycémie, sédation minimale, limitation des agents bloquants neuromusculaires et mobilisation précoce), aucun test ne permet d'affirmer que le patient de réanimation développera une NMAR. L'échographie musculaire périphérique pourrait permettre d'analyser la structure du muscle à l'admission en réanimation et de suivre son évolution durant tout le séjour.

Principes et aspects pratiques en échographie musculaire périphérique

Les muscles étudiés en échographie musculaire doivent être accessibles, visibles et leur évolution facilement quantifiable (épaisseur, volume, pennation des fibres et échogénicité).

Actuellement, il n'existe pas de méthode d'évaluation standardisée en échographie musculaire en réanimation [49,54]. Les modalités précises (muscles cibles, position du patient, sonde utilisée, etc.) doivent faire l'objet de nouvelles études pour valider la technique [55]. La structure musculaire la plus étudiée en réanimation est le quadriceps, pour son accès aisé, son volume et son implication dans les gestes de la vie quotidienne.

La visualisation des muscles périphériques nécessite l'utilisation d'une sonde linéaire (haute fréquence). La sonde est placée au contact de la peau via un gel à ultrasons.

Le patient est installé en décubitus dorsal (le plus strict possible), les membres inférieurs en extension et en position neutre de rotation. Le point de mesure du quadriceps se situe sur la face antérieure de la cuisse, aux 2/3 ou 3/5 de la distance épine iliaque antérosupérieure/bord supérieur de la patella (Fig. 6) [56]. La pression exercée avec la sonde se réalise perpendiculairement au plan du lit, à l'aplomb du fémur et doit être la plus faible possible pour obtenir une image représentative du muscle. Un excès de pression provoquera une déformation des tissus sous-cutanés et donc du muscle. Il existe deux façons d'orienter la sonde : dans le plan frontal (Fig. 7) ou sagittal (Fig. 8). Les chefs musculaires étudiés sont en général le droit fémoral, le vaste intermédiaire ou les deux. D'autres muscles sont étudiés, comme le biceps brachial ou le tibial antérieur, de façon

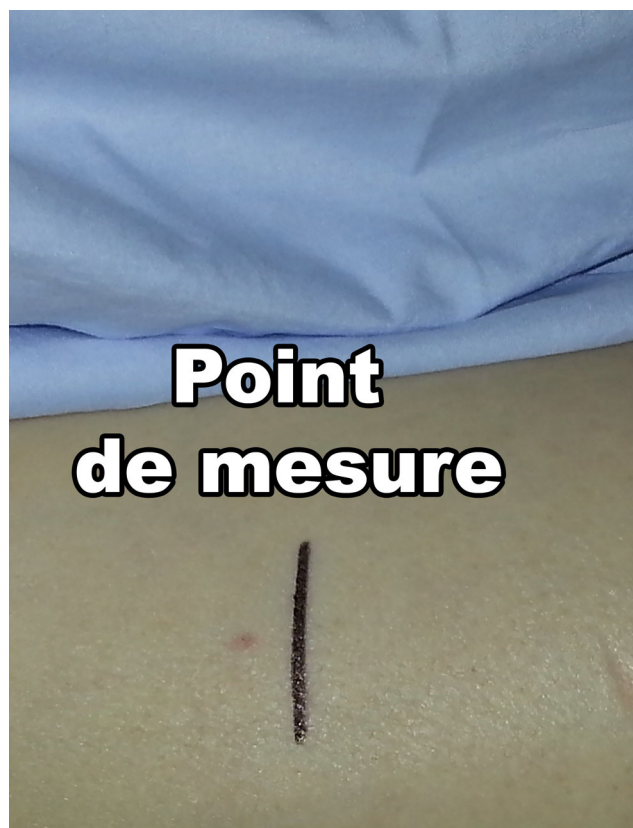


Fig. 6 Prise de repères sur la face antérieure de la cuisse. EIAS : épine iliaque antérosupérieure ; Bs Pat : bord supérieur de la patella. Le patient est en décubitus dorsal, hanche et genou en position neutre. L'épine iliaque antérosupérieure et le bord supérieur de la patella sont repérés. Une marque cutanée est tracée à équidistance entre ces deux repères et indique le point de mesure

plus anecdotique. Le point de mesure pour ces muscles correspond à la moitié de la distance entre l'insertion proximale et distale [9,57].

Sémiologie musculaire périphérique

Un muscle sain est globalement peu échogène mais comprend des zones hyperéchogènes représentant les fascias musculaires (Fig. 7) [58]. Sur une coupe frontale, l'échographie permet de mesurer l'épaisseur du corps musculaire. La pennation des fibres musculaires est évaluable sur une coupe sagittale. L'échogénicité est le dernier facteur que le praticien peut quantifier, en utilisant notamment le score de Heckmatt [59].

Épaisseur musculaire

C'est le paramètre le plus couramment évalué dans les études sur l'échographie musculaire en réanimation [9]. Elle correspond à la distance séparant les fascias supérieurs et

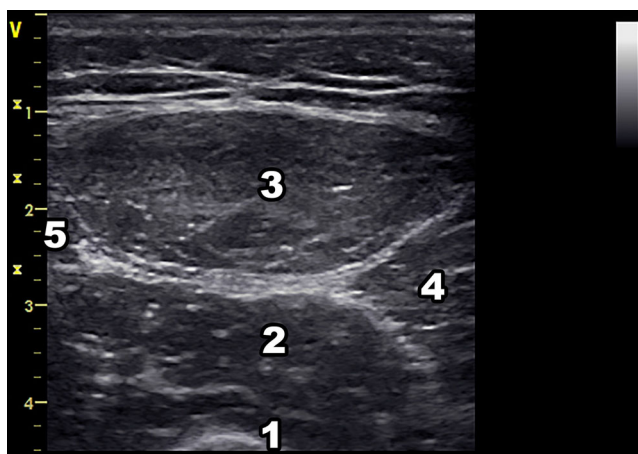


Fig. 7 Coupe échographique frontale à mi-cuisse. 1 : fémur ; 2 : vaste intermédiaire ; 3 : droit fémoral ; 4 : vaste médial ; 5 : vaste latéral

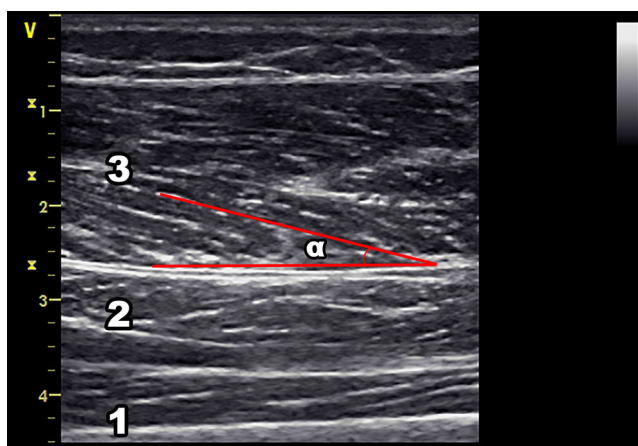


Fig. 8 Coupe échographique transversale à mi-cuisse. 1 : fémur ; 2 : vaste intermédiaire ; 3 : droit fémoral ; α : angle de pennation

inférieurs du corps musculaire (Fig. 7). Elle se mesure directement sur une image figée. Plusieurs études ont montré que l'épaisseur musculaire mesurée par échographie est fortement corrélée au volume total du muscle et l'aire de section mesurée par scanner ou IRM [9].

Échogénicité

Des troubles neuromusculaires peuvent entraîner un remaniement au niveau de la structure du muscle, se manifestant par un changement de la qualité du muscle et donc une modification de la réflexion des ultrasons. L'évolution de l'échogénicité du muscle peut être suivie facilement dès le début de l'hospitalisation jusqu'à la sortie du service de réanimation. Elle est corrélée à la présence de tissus fibreux dans des biopsies musculaires [60]. L'échogénicité aug-

mente avec le phénomène d'atrophie musculaire, en raison de la présence de graisse et de tissus fibreux dans le corps musculaire [61].

Deux méthodes sont utilisées : la première est l'analyse des variations des niveaux de gris, sur une échelle de 0 à 255 — 0 correspondant au noir et 255 au blanc [48]. Le niveau de gris pour le tibial antérieur augmente de manière significative entre l'admission en réanimation et à 14 jours d'hospitalisation [48].

La seconde repose sur l'échelle développée par Heckmatt et al. [59] qui comporte quatre grades différents d'échogénicité. Le grade le plus élevé correspond à une perte totale du signal osseux et une augmentation significative de l'échogénicité du muscle. On observe une augmentation de l'échogénicité durant le séjour en réanimation chez les patients en choc septique [57] ou présentant un syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA) [48].

Pennation des fibres musculaires

En plaçant la sonde suivant l'axe du muscle, l'angulation des fibres musculaires par rapport au fascia sous-jacent devient visible : il s'agit de la pennation des fibres (Fig. 8). C'est un indicateur de la capacité de force du muscle [62] : plus l'angle de pennation est grand, plus il est possible de recruter des unités contractiles et donc de développer de la force. L'atrophie musculaire engendrée par le séjour en réanimation provoque une diminution de la pennation musculaire. L'angulation exacte devient difficile à estimer lorsque la structure musculaire est altérée [49].

Implications pour le kinésithérapeute

Pour le kinésithérapeute de réanimation, l'échographie musculaire périphérique doit être pratiquée dès le début de l'hospitalisation. La fonte musculaire peut facilement être mesurée chez les patients critiques grâce à l'épaisseur du droit fémoral et du vaste intermédiaire [63]. La mesure précoce des différents paramètres (e.g. : pennation, épaisseur et échogénicité), permettrait d'obtenir un état de base musculaire. Un patient avec des paramètres altérés (augmentation de l'échogénicité, faible épaisseur et diminution de l'angle de pennation) devra certainement faire l'objet de thérapeutiques de préservation musculaire très précoces.

Un suivi quotidien permettra de suivre l'évolution du muscle. Une étude de suivi échographique de la fonte musculaire des quatre chefs du quadriceps en réanimation [49] montre qu'elle survient rapidement dans les dix premiers jours suivant l'admission. Cette fonte musculaire est associée à un remaniement de l'échogénicité du muscle, et tous ces facteurs semblent corrélés à une diminution de la force musculaire périphérique (score MRC).

Dès lors, il devient intéressant pour le kinésithérapeute d'adapter les thérapeutiques à sa disposition (e.g. : mobilisation, électrostimulation, positionnement, cycloergomètre, etc.) en fonction de l'évolution musculaire. Chez un patient présentant une amyotrophie rapide, le kinésithérapeute pourra augmenter la fréquence et l'intensité des séances de mobilisation précoce.

Au réveil du patient, les paramètres échographiques devront être mis en lien avec les capacités volitionnelles musculaires, évaluées à l'aide du score MRC ou du Physical Function ICU Test (PFIT) [49] par exemple. En effet, l'épaisseur musculaire permettrait de prédire la force que pourrait déployer un muscle : plus un muscle est épais, plus sa force théorique est importante [64]. Cependant, la force reste un facteur volitionnel, fortement dépendant de la motivation et du niveau d'éveil du patient.

Enfin, à la sortie de réanimation, la diminution de la pennation musculaire est corrélée au score PFIT, et une augmentation de l'échogénicité est corrélée à une diminution des scores de force et d'indépendance [49]. Ces paramètres permettront au kinésithérapeute de suivre l'évolution du muscle dès le processus de réhabilitation précoce débuté. Une évaluation échographique musculaire à distance de la sortie de réanimation par le kinésithérapeute permettrait d'évaluer l'impact de la réhabilitation sur la structure interne du muscle. Ils pourraient alors de nouveau réadapter les techniques de rééducation pour que le patient retrouve une capacité musculaire et fonctionnelle proche de celle antérieure à la réanimation.

Cependant, le manque d'études et le peu de données en lien avec cette technique ne permettent pas d'établir de conclusions franches quant aux différents liens avec le niveau d'autonomie ou la force musculaire du patient de réanimation.

Discussion

L'intégration de l'échographie dans le processus de décision clinique du kinésithérapeute offre de nouvelles perspectives en améliorant la précision de l'évaluation de la fonction respiratoire et musculaire du patient en réanimation, en permettant le monitoring en temps réel du traitement par kinésithérapie et en évaluant son efficacité [4].

Cependant, le potentiel de l'échographie en termes de reproductibilité et de précision diagnostique nécessite une formation et un entraînement standardisé. Il est indispensable que le kinésithérapeute suive une formation validée et s'entraîne sous l'encadrement d'un professionnel possédant un niveau attesté et une expérience suffisante [4,65]. Il n'existe pas encore de standard de formation destiné aux kinésithérapeutes, mais il est déjà possible de suivre ceux édités par la Société britannique de radiologie [66]. Il est

également indispensable que le kinésithérapeute suive les standards de pratique, tels que celui de Volpicelli et al. [12] afin de réaliser des mesures échographiques fiables et sécuritaires pour le patient. En effet, il ne faut pas oublier que la réalisation d'une échographie peut modifier la décision thérapeutique. Il faut donc s'assurer que le kinésithérapeute est un niveau minimum suffisant.

Le manque d'examen complémentaires à l'examen clinique fiables amène probablement le kinésithérapeute à traiter des déficiences absentes ou à ne pas traiter lorsqu'il le faudrait [65]. De plus, le choix des modalités du traitement pourrait ne pas être judicieux. Par exemple, chercher à améliorer la ventilation alvéolaire par des techniques inspiratoires actives ou assistées devant une abolition du murmure vésiculaire, associée à une matité et à une hypomobilité thoracique basale pourrait être non adapté, voire contre-indiqué si ces observations cliniques sont liées à un épanchement pleural radio-occulte [67]. L'échographie est aussi un outil prometteur dans l'évaluation de la fonction musculaire chez les patients de réanimation. Elle permettra au kinésithérapeute d'évaluer, tant dans un aspect quantitatif que qualitatif, la fonction musculaire avec une plus grande précision.

L'application de l'échographie en kinésithérapie peut très bien s'étendre à l'ensemble des services hospitaliers nécessitant une prise en charge respiratoire et musculaire du patient et également en kinésithérapie de ville où l'accès à l'imagerie est d'autant plus difficile.

L'appropriation par les kinésithérapeutes de cette technique d'examen est une aubaine qui doit être soutenue et développée. En plus d'affiner les décisions thérapeutiques, l'échographie est un atout pour la recherche en rééducation. En effet, jusqu'alors les preuves scientifiques restent très limitées, ou alors de mauvaise qualité à cause, entre autres, d'outils non adaptés pour évaluer les bénéfices de nos traitements. Les futurs essais cliniques intéressant la rééducation respiratoire et musculaire pourraient bénéficier de cet outil précis et reproductible qu'est l'échographie.

Conclusion

L'échographie thoracique et musculaire périphérique pourrait être un examen complémentaire intéressant à intégrer au bilan du kinésithérapeute. Elle peut permettre d'améliorer l'évaluation des déficiences du patient, choisir et suivre le traitement par kinésithérapie de façon plus adaptée.

Naturellement, la pratique de l'échographie doit être maîtrisée par son opérateur, c'est pourquoi les praticiens devront se former à l'échographie pour en tirer le meilleur parti dans leur pratique et pour leurs patients.

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

Références

- Lichtenstein DA, (2015) BLUE-Protocol and FALLS-Protocol: two applications of Lung Ultrasound in the Critically Ill. *Chest* 147: 1659–1670
- Vignon P, Repessé X, Vieillard-Baron A, Maury E, (2016) Critical care ultrasonography in acute respiratory failure. *Crit Care Lond Engl* 20: 228
- McKiernan S, Chiarelli P, Warren-Forward H, (2010) Diagnostic ultrasound use in physiotherapy, emergency medicine, and anaesthesiology. *Radiography* 16: 154–159
- Le Neindre A, Mongodi S, Philippart F, Bouhemad B, (2016) Thoracic ultrasound: Potential new tool for physiotherapists in respiratory management. A narrative review. *J Crit Care* 31: 101–109
- Gosselink R, Bott J, Johnson M, Dean E, Nava S, Norrenberg M, Schönhofer B, Stiller K, van de Leur H, Vincent JL, (2008) Physiotherapy for adult patients with critical illness: recommendations of the European Respiratory Society and European Society of Intensive Care Medicine Task Force on Physiotherapy for Critically Ill Patients. *Intensive Care Med* 34:1188–1199
- Strickland SL, Rubin BK, Drescher GS, Haas CF, O'Malley CA, Volsko TA, Branson RD, Hess DR, (2013) AARC clinical practice guideline: effectiveness of nonpharmacologic airway clearance therapies in hospitalized patients. *Respir Care* 58: 2187–2193
- Marques A, Bruton A, Barney A, (2006) Clinically useful outcome measures for physiotherapy airway clearance techniques: a review. *Phys Ther Rev* 11: 299–307
- Zambon M, Greco M, Bocchino S, Cabrini L, Beccaria PF, Zangrillo A, (2016) Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. *Intensive Care Med*. doi: 10.1007/s00134-016-4524-z
- Connolly B, MacBean V, Crowley C, Lunt A, Moxham J, Rafferty GF, Hart N, (2015) Ultrasound for the assessment of peripheral skeletal muscle architecture in critical illness: a systematic review. *Crit Care Med* 43: 897–905
- Lichtenstein DA, (2014) Lung ultrasound in the critically ill. *Ann Intensive Care* 4: 1
- Lichtenstein DA, Lascols N, Mezière G, Gepner A, (2004) Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med* 30: 276–281
- Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, Melniker L, Gargani L, Noble VE, Via G, Dean A, Tsung JW, Soldati G, Copetti R, Bouhemad B, Reissig A, Agricola E, Rouby JJ, Arbelot C, Liteplo A, Sargsyan A, Silva F, Hoppmann R, Breitkreutz R, Seibel A, Neri L, Storti E, Petrovic T; International Liaison Committee on Lung Ultrasound (ILC-LUS) for International Consensus Conference on Lung Ultrasound (ICC-LUS), (2012) International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 38:577–591
- Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby JJ, (2007) Clinical review: bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit Care* 11: 205
- Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, Gepner A, Barré O, (1997) The Comet-tail Artifact. *Am J Respir Crit Care Med* 156: 1640–1646
- Roch A, Bojan M, Michelet P, Romain F, Bregeon F, Papazian L, Auffray JP, (2005) Usefulness of ultrasonography in predicting pleural effusions > 500 ml in patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 127: 224–232
- Vignon P, Chastagner C, Berkane V, Chardac E, François B, Normand S, Bonnivard M, Clavel M, Pichon N, Preux PM, Maubon A, Gastinne H, (2005) Quantitative assessment of pleural effusion in critically ill patients by means of ultrasonography. *Crit Care Med* 33: 1757–1763
- Balik M, Plasil P, Waldauf P, Pazout J, Fric M, Otahal M, Pacht J, (2006) Ultrasound estimation of volume of pleural fluid in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* 32: 318–321
- McMurray JJV, Adamopoulos S, Anker SD, Auricchio A, Böhm M, Dickstein K, Falk V, Filippatos G, Fonseca C, Gomez-Sanchez MA, Jaarsma T, Køber L, Lip GYH, Maggioni AP, Parkhomenko A, Pieske BM, Popescu BA, Rønnevik PK, Rutten FH, Schwitzer J, Seferovic P, Stepinska J, Trindade PT, Voors AA, Zannad F, Zeiher A; ESC Committee for Practice Guidelines, (2012) ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: the task force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J* 33: 1787–1847
- Bott J, Blumenthal S, Buxton M, Ellum S, Falconer C, Garrod R, Harvey A, Hughes T, Lincoln M, Mikelsons C, Potter C, Pryor J, Rimington L, Sinfield F, Thompson C, Vaughn P, White J, (2009) Guidelines for the physiotherapy management of the adult, medical, spontaneously breathing patient. *Thorax* 64: i1–i52
- Yang M, Yan Y, Yin X, Wang BY, Wu T, Liu GJ, Dong BR, (2013) Chest physiotherapy for pneumonia in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2: CD006338
- Myatt R, (2014) Diagnosis and management of patients with pleural effusions. *Nurs Stand R Coll Nurs G B* 1987 28: 51–58
- Hooper C, Lee YCG, Maskell N; BTS Pleural Guideline Group, (2010) Investigation of a unilateral pleural effusion in adults: British Thoracic Society Pleural Disease Guideline 2010. *Thorax* 65: ii4–ii17
- Bouhemad B, Liu ZH, Arbelot C, Zhang M, Ferarri F, Le-Guen M, Girard M, Lu Q, Rouby JJ, (2010) Ultrasound assessment of antibiotic-induced pulmonary re-aeration in ventilator-associated pneumonia. *Crit Care Med* 38: 84–92
- Reissig A, Gramegna A, Aliberti S, (2012) The role of lung ultrasound in the diagnosis and follow-up of community-acquired pneumonia. *Eur J Intern Med* 23: 391–397
- Gehmacher O, (1996) Ultrasound pictures of pneumonia. *Eur J Ultrasound* 3: 161–167
- Elia F, Verhovez A, Molino P, Ferrari G, Aprà F, (2011) Lung ultrasound in the reexpansion of pulmonary atelectasis. *Intern Emerg Med* 6: 461–463
- Cavaliere F, Biasucci D, Costa R, Soave M, Addabbo G, Proietti R, (2011) Chest ultrasounds to guide manual reexpansion of a postoperative pulmonary atelectasis: a case report. *Minerva Anestesiol* 77: 750–753
- Mitrouska I, Klimathianaki M, Sifakakos NM, (2004) Effects of pleural effusion on respiratory function. *Can Respir J* 11: 499–503
- Boussuges A, Gole Y, Blanc P, (2009) Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. *Chest* 135: 391–400
- Ayoub J, Cohendy R, Dautat M, Targhetta R, Coussaye JEDL, Bourgeois JM, Ramonatxo M, Prefaut C, Pourcelot L, (1997) Non-invasive quantification of diaphragm kinetics using m-mode sonography. *Can J Anaesth* 44: 739–744
- Testa A, Soldati G, Giannuzzi R, Berardi S, Portale G, Gentiloni-Silveri N, (2011) Ultrasound M-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects. *Ultrasound Med Biol* 37: 44–52
- Lerolle N, Guérot E, Dimassi S, Zegdi R, Faisy C, Fagon JY, Diehl JL, (2009) Ultrasonographic diagnostic criterion for severe diaphragmatic dysfunction after cardiac surgery. *Chest* 135: 401–407
- Ueki J, De Bruin PF, Pride NB, (1995) In vivo assessment of diaphragm contraction by ultrasound in normal subjects. *Thorax* 50: 1157–1161
- Cohn D, Benditt JO, Eveloff S, McCool FD, (1997) Diaphragm thickening during inspiration. *J Appl Physiol* 83: 291–296

35. Summerhill EM, El-Sameed YA, Glidden TJ, McCool FD, (2008) Monitoring recovery from diaphragm paralysis with ultrasound. *Chest J* 133: 737–743
36. Wait JL, Nahormek PA, Yost WT, Rochester DP, (1989) Diaphragmatic thickness-lung volume relationship in vivo. *J Appl Physiol* 67: 1560–1568
37. Goligher EC, Laghi F, Detsky ME, Farias P, Murray A, Brace D, Brochard LJ, Sebastien-Bolz S, Rubenfeld GD, Kavanagh BP, Ferguson ND, (2015) Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity. *Intensive Care Med*. doi: 10.1007/s00134-015-3687-3
38. Vivier E, Dessap AM, Dimassi S, Vargas F, Lyazidi A, Thille AW, Brochard L, (2012) Diaphragm ultrasonography to estimate the work of breathing during non-invasive ventilation. *Intensive Care Med* 38: 796–803
39. Boon AJ, Harper CJ, Ghahfarokhi LS, Strommen JA, Watson JC, Sorenson EJ, (2013) Two-dimensional ultrasound imaging of the diaphragm: quantitative values in normal subjects. *Muscle Nerve* 47: 884–889
40. Matamis D, Soilemezi E, Tzagourias M, Akoumianaki E, Dimassi S, Boroli F, Richard JCM, Brochard L, (2013) Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. *Intensive Care Med* 39: 801–810
41. DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, McCool FD, (2014) Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Thorax* 69: 431–435
42. Kim WY, Suh HJ, Hong SB, Koh Y, Lim CM, (2011) Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 39: 2627–2630
43. Zambon M, Greco M, Bocchino S, Cabrini L, Beccaria PF, Zangrillo A, (2016) Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. *Intensive Care Med*. doi: 10.1007/s00134-016-4524-z
44. Goligher EC, Fan E, Herridge MS, Murray A, Vorona S, Brace D, Rittayamai N, Lanys A, Tomlinson G, Singh JM, Bolz SS, Rubenfeld GD, Kavanagh BP, Brochard LJ, Ferguson ND, (2015) Evolution of diaphragm thickness during mechanical ventilation: impact of inspiratory effort. *Am J Respir Crit Care Med*. doi: 10.1164/rccm.201503-0620OC
45. Bonnevie T, (2013) Entraînement en force des muscles inspirateurs du patient ventilé — de la dysfonction diaphragmatique au sevrage de la ventilation mécanique. *Réanimation* 22: 439–446
46. Hough CL, (2013) Improving physical function during and after critical care. *Curr Opin Crit Care* 19: 488–495
47. Tillquist M, Kutsogiannis DJ, Wischmeyer PE, Kummerlen C, Leung R, Stollery D, Karvellas CJ, Preiser JC, Bird N, Kozar R, Heyland DK, (2014) Bedside ultrasound Is a practical and reliable measurement tool for assessing quadriceps muscle layer thickness. *J Parenter Enter Nutr* 38: 886–890
48. Cartwright MS, Kwayisi G, Griffin LP, Sarwal A, Walker FO, Harris JM, Berry MJ, Chahal PS, Morris PE, (2013) Quantitative neuromuscular ultrasound in the intensive care unit. *Muscle Nerve* 47: 255–259
49. Parry SM, El-Ansary D, Cartwright MS, Sarwal A, Berney S, Koopman R, Annoni R, Puthuchery Z, Gordon IR, Morris PE, Denehy L, (2015) Ultrasonography in the intensive care setting can be used to detect changes in the quality and quantity of muscle and is related to muscle strength and function. *J Crit Care*. doi: 10.1016/j.jcrc.2015.05.024
50. Latronico N, Bolton CF, (2011) Critical illness polyneuropathy and myopathy: a major cause of muscle weakness and paralysis. *Lancet Neurol* 10: 931–941
51. Treggiari MM, Romand JA, Yanez ND, Deem SA, Goldberg J, Hudson L, Heidegger CP, Weiss NS, (2009) Randomized trial of light versus deep sedation on mental health after critical illness. *Crit Care Med* 37: 2527–2534
52. Hodgson CL, Tipping CJ, (2017) Physiotherapy management of intensive care unit-acquired weakness. *J Physiother* 63: 4–10
53. Hermans G, Clerckx B, Vanhullebusch T, Segers J, Vanpee G, Robbeets C, Casaer MP, Wouters P, Gosselink R, Van Den Bergh G, (2012) Interobserver agreement of medical research council sum-score and handgrip strength in the intensive care unit. *Muscle Nerve* 45: 18–25
54. Bunnell A, Ney J, Gellhorn A, Hough CL, (2015) Quantitative neuromuscular ultrasound in intensive care unit-acquired weakness: a systematic review. *Muscle Nerve* 52: 701–708
55. Paris M, Mourtzakis M, (2016) Assessment of skeletal muscle mass in critically ill patients: considerations for the utility of computed tomography imaging and ultrasonography. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 19: 125–130
56. Seymour JM, Ward K, Sidhu PS, Puthuchery Z, Steier J, Jolley CJ, Rafferty G, Polkey MI, Moxham J, (2009) Ultrasound measurement of rectus femoris cross-sectional area and the relationship with quadriceps strength in COPD. *Thorax* 64: 418–423
57. Grimm A, Teschner U, Porzelsius C, Ludewig K, Zielske J, Witte OW, Brunkhorst FM, Axer H, (2013) Muscle ultrasound for early assessment of critical illness neuromyopathy in severe sepsis. *Crit Care* 17: R227
58. Pillen S, van Alfen N, (2011) Skeletal muscle ultrasound. *Neurol Res* 33: 1016–1024
59. Heckmatt JZ, Leeman S, Dubowitz V, (1982) Ultrasound imaging in the diagnosis of muscle disease. *J Pediatr* 101: 656–660
60. Pillen S, van Dijk JP, Weijers G, Raijmann W, de Korte CL, Zwarts MJ, (2009) Quantitative gray-scale analysis in skeletal muscle ultrasound: a comparison study of two ultrasound devices. *Muscle Nerve* 39: 781–786
61. Reimers K, Reimers CD, Wagner S, Paetzke I, Pongratz DE, (1993) Skeletal muscle sonography: a correlative study of echogenicity and morphology. *J Ultrasound Med Off J Am Inst Ultrasound Med* 12: 73–77
62. Kawakami Y, Abe T, Fukunaga T, (1993) Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *J Appl Physiol* (1985) 74: 2740–2744
63. Gruther W, Benesch T, Zorn C, Paternostro-Sluga T, Quittan M, Fialka-Moser V, Spiss C, Kainberger F, Crevenna R, (2008) Muscle wasting in intensive care patients: ultrasound observation of the M. quadriceps femoris muscle layer. *J Rehabil Med* 40: 185–189
64. Strasser EM, Draskovits T, Praschak M, Quittan M, Graf A, (2013) Association between ultrasound measurements of muscle thickness, pennation angle, echogenicity and skeletal muscle strength in the elderly. *Age Dordr Neth* 35: 2377–2388
65. Leech M, Bissett B, Kot M, Ntoumenopoulos G, (2015) Lung ultrasound for critical care physiotherapists. A narrative review. *Physiotherapy* 20: 69-76
66. Board of The Faculty of Clinical Radiology, (2012) Ultrasound training recommendations for medical and surgical specialties, second edition. The Royal College of Radiologists
67. Leech M, Bissett B, Kot M, Ntoumenopoulos G, (2015) Physiotherapist-initiated lung ultrasound to improve intensive care management of a deteriorating patient and prevent intubation: a case report. *Physiother Theory Pract* 31: 372-376