



ЧЕРНЯЄВ С.В.<sup>1,2</sup>, ДУБРОВ С.О.<sup>1,2</sup>

## ОЦІНКА ГОТОВНОСТІ ВІДЛУЧЕННЯ ВІД РЕСПІРАТОРА ПАЦІЄНТІВ ПІСЛЯ ШТУЧНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ ЛЕГЕНЬ

<sup>1</sup>КНП «Київська міська клінічна лікарня №17»

<sup>2</sup>Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ

**Вступ.** Приблизно в 20% пацієнтів на штучній вентиляції легень (ШВЛ) спостерігаються труднощі з відлученням. Рекомендують оцінювати об'єктивні клінічні критерії, що використовуються для прогнозування готовності пацієнта до відлучення від респіратора. Рандомізовані дослідження показали ефективність і безпечність тесту спонтанного дихання (ТСД) з підтримкою тиском на вдиху, як метода відлучення від респіратора. В даний час існує багато предикторів відлучення від респіратора, що включають як клінічні критерії, так і сонографічні, такі як: індекс швидкого поверхневого дихання (ІШПД), фракція потовщення діафрагми (ФПД) та екскурсія діафрагми (ЕД).

**Опис випадку.** Хвора К., 87 років, в анамнезі 3 перенесених гострих порушень мозкового кровообігу за ішемічним типом з ознаками судинної деменції зі слів родичів. З тижні тому вдома вдарилась головою, втратила свідомість. Госпіталізована до медичного закладу, після дренивання субдуральних гематом знаходилась на аналгоседації. Через 26 годин після інтубації трахеї, за наявності клінічних критеріїв був виконаний ТСД з розрахунком ІШПД, ФПД та ЕД. Після оцінки предикторів відлучення пацієнта від респіратора, було прийнято рішення про екстубацію трахеї. Після відлучення від респіратора загальний стан задовільний, пацієнтка була переведена в соматичне відділення.

**Висновки.** Оцінка предикторів успішного відлучення від респіратора є актуальною в пацієнтів старших вікових груп з деменцією, коли оцінка ментального статусу є складною і використання об'єктивних показників допомагає в прийнятті рішення щодо відлучення пацієнта від респіратора.

**Ключові слова:** відлучення від респіратора, сонографія діафрагми, фракція потовщення діафрагми

### ВСТУП

Відлучення пацієнтів від респіратора у відділенні інтенсивної терапії (ВІТ) є складним завданням. Приблизно в 20% пацієнтів на штучній вентиляції легень (ШВЛ) спостерігаються труднощі з відлученням [1].

Рекомендується оцінювати об'єктивні клінічні критерії, що використовуються для прогнозування готовності пацієнта до відлучення від респіратора [3] (табл. 1). Виявлення пацієнтів, готових до відлучення, дозволяє скоротити тривалість ШВЛ і, таким чином, знизити ризик смертності та розвитку ускладнень, пов'язаних із ШВЛ (наприклад: баротравма легень, вентилятор-асоційована пневмонія). Подібним чином виявлення пацієнтів, які не готові до відлучення від респіратора, захищає

**Таблиця 1.** Клінічні критерії, що використовуються для визначення готовності до виконання тесту відлучення від респіратора [3].

#### Необхідні критерії

1. Корекція причини дихальної недостатності
2.  $PaO_2/FiO_2 \geq 150$  або  $SpO_2 \geq 90\%$  на  $FiO_2 \leq 40\%$  і позитивний тиск наприкінці видиху (PEEP)  $\leq 5$  см  $H_2O$
3.  $pH > 7,25$
4. Гемодинамічна стабільність (відсутність або низька доза вазопресорних препаратів)
5. Здатність ініціювати інспіраторне зусилля

#### Додаткові критерії

1. Рівень гемоглобіну  $\geq 70$  г/л
2. Температура ядра тіла  $\leq 38,5^\circ C$
3. Ментальний статус: бадьорість або легке пробудження

Для кореспонденції:

ЧЕРНЯЄВ СТЕПАН ВОЛОДИМИРОВИЧ, НМУ імені О.О. Богомольця, старший лаборант кафедри анестезіології та інтенсивної терапії, tstepch@gmail.com., контактний телефон +380678959380

їх від станів, що пов'язані з передчасним відлученням (наприклад: серцево-судинна дисфункція, втома дихальних м'язів, психологічний дистрес). Отже, пацієнти, які знаходяться на ШВЛ більше 24 годин, повинні проходити щоденну оцінку щодо відлучення від респіратора [2].

#### Тест відлучення від респіратора

Рандомізовані дослідження показали ефективність і безпеку тесту спонтанного дихання (ТСД) з підтримкою тиском на вдиху, як метода відлучення від респіратора [15].

Під час ТСД пацієнт дихає спонтанно через ендотрахеальну трубку протягом встановленого періоду часу (зазвичай від 30 хвилин до 2 годин). Пропонується виконувати ТСД з певною формою респіраторної підтримки (наприклад, PSV («pressure support ventilation») низького рівня, автоматична компенсація трубки або постійний позитивний тиск у дихальних шляхах (наприклад, 5 см вод. ст.) [16].

Під час ТСД необхідно контролювати вітальні показники та параметри ШВЛ. Висновок щодо успішного чи невдалого ТСД необхідно приймати індивідуалізовано в кожному клінічному випадку, тим не менше є певні об'єктивні критерії, що вказують на невдачу відлучення (Табл.2). Наявність одного або кількох параметрів, як правило, свідчить про невдачу відлучення [17].

В пацієнтів, для яких існує невизначеність щодо того, чи можуть клінічні критерії готовності передбачити успішний тест відлучення від респіратора, можливим є використання предикторів відлучення. Використання предикторів відлучення є найбільш доцільним серед пацієнтів, у яких ризик, пов'язаний із невдалим тестом відлучення значно підвищений (наприклад, пацієнти з тривалою штучною вентиляцією легенів, пацієнти з нейропатією внаслідок тривалого лікування) [14].

На даний час існує багато предикторів відлучення від респіратора, такі як: хвилинна вентиляція, максимальний тиск на вдиху («maximum inspiratory pressure»), індекс швидкого поверхневого дихання (ШПД) («rapid shallow breathing index»), тиск оклюзії трахеї 0,1 с (P 0,1) та «CROP індекс» (динамічний комплаєнс, частота дихання, оксигенація, максимальний тиск на вдиху) [4, 5, 6].

Але найбільш широко використовуваним і ретельно вивченим предиктором є ШПД, що розраховується наступним чином:

$$\text{ШПД} = \frac{\text{Частота дихання (ЧД)}}{\text{Дихальний об'єм (ДО)}}$$

ШПД менше 105 вдихів/хв/л може передбачити успіх відлучення від ШВЛ із чутливістю, специфічністю, позитивною прогностичною цінністю (ППЦ) і негативною прогностичною цінністю (НПЦ) 0,97, 0,64, 0,78 і 0,95 відповідно [4]. Тим не менш, його низька специфічність і ППЦ все ще можуть призвести до помилок в оцінці відлучення.

Механічна вентиляція може спричинити дифузну атрофію діафрагмального м'яза, явище, яке називається вентиляційною дисфункцією діафрагми (ВДД) [18]. ВДД може розвинутиися вже в перший день ШВЛ. Чим довша тривалість ШВЛ, тим вища ймовірність тяжкої ВДД [19].

#### Сонографія діафрагми, як предиктор відлучення від респіратора

##### Фракція потовщення діафрагми

Перевага вимірювання фракції потовщення діафрагми (ФПД) над ШПД під час ТСД може бути пояснена важливістю внеску діафрагми у ДО. ШПД є інтегративною функцією дихального навантаження та потужності інспіраторних м'язів. Цей показник відображає функцію всіх інспіраторних м'язів, включаючи діафрагму, драбинчасті м'язи, парастернальні міжреберні та до-

Табл. 2. Параметри, що характеризують невдачу під час тесту відлучення від респіратора.

| Параметр             | Характеристика                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Респіраторна система | Тахіпноє > 35 вдихів/хв                                                                                                                                                                                                                          |
|                      | Респіраторний дистрес, наприклад залучення допоміжної мускулатури.                                                                                                                                                                               |
| Гемодинаміка         | Частота серцевих скорочень (ЧСС) > 140 ударів/хв або збільшення > 20 % від початкової ЧСС                                                                                                                                                        |
|                      | ЧСС < 50 ударів/хв                                                                                                                                                                                                                               |
|                      | Систолічний артеріальний тиск > 180 мм рт. ст. або < 90 мм рт. ст.                                                                                                                                                                               |
| Газообмін            | Неадекватна оксигенація (наприклад, периферична сатурація < 90%, хоча нижчі показники сатурації (до 88%) можуть бути допустимими для пацієнтів із хронічною гіпоксемією; парціальний артеріальний тиск кисню (PaO <sub>2</sub> ) < 50 мм рт.ст.) |
|                      | Неадекватна вентиляція (наприклад, підвищення PaCO <sub>2</sub> на > 10 мм рт. ст. порівняно зі значенням перед відлученням або зниження pH > 0,1 порівняно зі значенням перед відлученням)                                                      |
| Неврологічний огляд  | Знижений ментальний статус (наприклад, сонливість, збудження, делірій)                                                                                                                                                                           |
| Інше                 | Пітливість                                                                                                                                                                                                                                       |

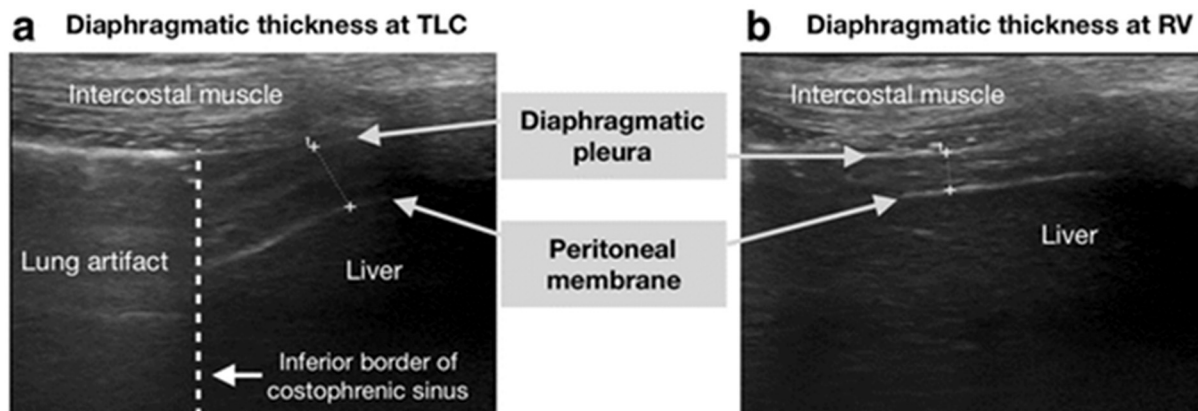


Рис. 1. Вимірювання фракції потовщення діафрагми [8].

Diaphragmatic thickness – товщина діафрагми

TLC (total lung capacity) – загальна ємність легень

RV (residual volume) – залишковий об'єм легень

Intercostal muscle – міжреберний м'яз

Diaphragmatic pleura – діафрагмальна плевра

Peritoneal membrane – очеревинна мембрана

Liver – печінка

Lung artifact – легеневий артефакт

Inferior border of costophrenic sinus – нижня межа реберно-діафрагмального синуса

поміжні інспіраторні м'язи (грудинно-ключично-соскоподібні та зовнішні міжреберні). Якщо спостерігається слабкість діафрагми, недіафрагмальні інспіраторні м'язи компенсують її функцію для збереження ДО, таким чином наявність слабкості діафрагми може бути «замаскована» збільшенням внеску недіафрагмальних інспіраторних м'язів (м'язів «грудної клітки») у ДО. Однак м'язи грудної клітки більш слабкі та швидше втомлюються, ніж діафрагма, тому ці м'язи не зможуть підтримувати адекватну вентиляцію [11].

Відповідно, невдала екстубація може виникнути, не зважаючи на початково прийнятні показники ДО та ПШПД. В цьому випадку прямі вимірювання функції діафрагми з використанням ультразвуку краще прогнозують невдачу екстубації [8].

#### Методика вимірювання та інтерпретація результатів

Пацієнт перебуває в напівлежачому положенні. Ультразвуковий датчик розташовується вертикально по відношенню до грудної стінки, у восьмому або дев'ятому міжребер'ї, між передньою та середньою паховими лініями, щоб спостерігати за зоною прилягання м'яза на 0,5–2 см нижче реберно-діафрагмального синуса. Нижню межу реберно-діафрагмального синуса можна ідентифікувати за рівнем легеневого артефакту, що утворюється при відбитті ультразвуку від легені (рис. 1) [9].

Структура діафрагми має три шари (рис. 1): дві паралельні ехогенні лінії (діафрагмальна плевра і очеревинна мембрана) і гіпоехогенну структуру

між ними (м'яз). Пацієнта просять глибоко вдихнути (загальна ємність легень (ЗЄЛ), а потім повністю видихнути (залишковий об'єм легень (ЗОЛ)). Спочатку вимірюється потовщення діафрагми наприкінці глибокого вдиху (ЗЄЛ) і потовщення наприкінці видиху (ЗОЛ) під час одного дихального циклу. У В-режимі товщина діафрагми вимірюється від середини плевральної лінії до середини очеревинної лінії. Потім розраховується відсоток ФПД за такою формулою:

$$\text{ФПД} = \frac{\text{товщина дафірагми наприкінці вдиху} - \text{товщина дафрґами наприкінці видиху}}{\text{товщину дафрґами наприкінці вдиху}} \times 100$$

ФПД вимірюється під час 3 дихальних циклів з кожного боку та використовується середнє значення для аналізу [10].

ФПД > 30 % пов'язана з прогнозуванням успіху екстубації з чутливістю 0,88, специфічністю 0,71, ППЦ 0,91 і НПЦ 0,63 [8].

#### Екскурсія діафрагми

Вимірювання екскурсії діафрагми (ЕД) в В- та М- режимі (Рис. 2). Зображення отримується при дослідженні правої діафрагми конвексним ультразвуковим датчиком. Діафрагма виглядає як гіперехогенна лінія (біла стрілка) навколо печінки. ЕД може бути розрахована на основі D1 (під час вдиху) – D2 (під час видиху)

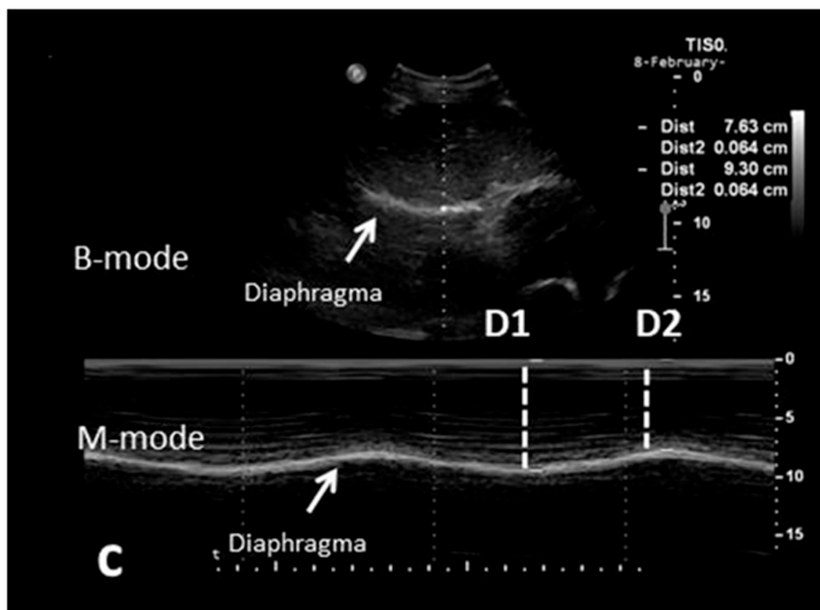


Рис. 2. Вимірювання екскурсії діафрагми [12].

Вимірювання ЕД виконується під час тесту спонтанного дихання. У пацієнтів з ЕД < 100 мм під час вдиху є високий ризик невдалого відлучення від респіратору [7].

#### ОПИС ВИПАДКУ

Хвора К., 87 років, в анамнезі 3 перенесених гострих порушень мозкового кровообігу (ГПМК) за ішемічним типом з ознаками судинної деменції зі слів родичів. 3 тижні тому вдома вдарилась головою, втратила свідомість. Госпіталізована до медичного закладу, при огляді дихання самостійне,  $SpO_2 = 90-91\%$ , частота дихання = 17-19/хв, аускультативно дихання везикулярне, шкіра блідо-рожевого кольору, частота серцевих скорочень 85/хв, артеріальний тиск = 160/100 мм.рт.ст., рівень свідомості – 12-13 балів за шкалою ком Глазго. На комп'ютерній томографії виявлено ознаки двобічних субдуральних гематом. Було прийнято рішення про накладання фрезових отворів та дренування субдуральних гематом. В операційній виконана інтубація трахеї. Після оперативного втручання пацієнтка знаходилась на аналгоседації розчином пропофолу та фентанілу. Через 26 годин після інтубації трахеї, за наявності клінічних критеріїв (співвідношення  $PaO_2/FiO_2 = 250$ ,  $pH = 7.36$ , гемодинамічна стабільність, ініціація спонтанного вдиху), був виконаний тест спонтанного дихання. Вентилятор переведений в режим «PSV» («pressure support ventilation») з ПТКВ (позитивний тиск кінця видиху) 0 см вод.ст. та підтримкою тиском на вдиху 5 см вод. ст. (що нівелює посилення роботи дихання спричинене опором ендотрахеальної трубки [13]), ШПД, ФПД та ЕД розраховувались

через 1 хв після початку тесту спонтанного дихання, що тривав 30 хв та був оцінений як успішний.

ШПД = 38 вдихів/хв/л

ФПД = 41,25%

ЕД = 162 мм

Після оцінки предикторів відлучення пацієнта від респіратору, було прийнято рішення про екстубацію трахеї. Після відлучення пацієнтки від респіратору загальний стан задовільний, пацієнтка була переведена в соматичне відділення.

#### ВИСНОВКИ

Відлучення від респіратору пацієнта, який знаходився на ШВЛ більше 24 годин – це процес, що має складається з певних етапів. В першу чергу необхідна оцінка клінічних критеріїв для визначення готовності до виконання тесту відлучення від респіратору. Під час ТСД рівень респіраторної підтримки знижується максимально з метою оцінки функції дихальних м'язів. Висновок щодо успішного чи невдалого ТСД необхідно приймати враховуючи клінічну картину під час його виконання.

Якщо існує невизначеність щодо того, чи можуть клінічні критерії готовності передбачити успішний тест відлучення від респіратору, можливим є використання предикторів відлучення від респіратору.

ШПД – предиктор успішного відлучення від респіратору, що широко використовується, але цей показник відображає функцію всіх інспіраторних м'язів. М'язи грудної клітки більш слабкі та швидше втомлюються, ніж діафрагма. Тому важливим є також оцінка функції діафрагми, як основного м'яза дихання, що може виконуватись



за допомогою сонографії та оцінки таких показників, як ФПД та ЕД.

Особливо актуальним оцінка предикторів успішного відлучення від респіратора є в пацієнтів старших вікових груп з деменцією, коли оцінка ментального статусу є важкою і використання об'єктивних показників допомагає в прийнятті рішення щодо відлучення пацієнта від респіратора, як наведено в нашому клінічному випадку.

Фінансування / Funding

Немає джерела фінансування / There is no funding source.

Конфлікт інтересів / Conflicts of interest

Усі автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів /

All authors report no conflict of interest

Етичне схвалення / Ethical approval

Це дослідження було проведено відповідно до Гельсінської декларації та за-

тверджено місцевим комітетом з етики досліджень /

This study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and was

approved by the local research ethics committee.

Надійшла до редакції / Received: 02.01.2023

Після доопрацювання / Revised: 24.03.2023

Прийнято до друку / Accepted: 11.04.2023

Опубліковано онлайн / Published online: 30.04.2023

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, Alia I, Solsona JF, Valverde I, et al. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *Spanish Lung Failure Collaborative Group. N Engl J Med* 1995; 332:345-50.
2. Schmidt GA, Girard TD, Kress JP et al.; ATS/CHEST Ad Hoc Committee on Liberation from Mechanical Ventilation in Adults. Official Executive Summary of an American Thoracic Society/American College of Chest Physicians Clinical Practice Guideline: Liberation from Mechanical Ventilation in Critically Ill Adults. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017 Jan 1;195(1):115-119. doi: 10.1164/rccm.201610-2076ST.
3. MacIntyre, NR, Cook, DJ, Ely, EW, Jr., et al. Evidence-based guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support: a collective task force facilitated by the American College of Chest Physicians, the American Association for Respiratory Care, and the American College of Critical Care Medicine. *Chest* 2001; 120:375S.
4. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1991 May 23;324(21):1445-50. doi: 10.1056/NEJM199105233242101.
5. Meade M, Guyatt G, Cook D, et al. Predicting success in weaning from mechanical ventilation. *Chest* 2001; 120:400S.
6. Sassoos CS, Mahutte CK. Airway occlusion pressure and breathing pattern as predictors of weaning outcome. *Am Rev Respir Dis* 1993; 148:860.
7. Kim WY, Suh HJ, Hong SB, et al. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 2011; 39:2627.
8. DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, et al. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Thorax* 2014;69:431-435.
9. Ueki J, De Bruin PF, Pride NB. In vivo assessment of diaphragm contraction by ultrasound in normal subjects. *Thorax*. 1995;50:1157-61.
10. Wait JL, Nahormek PA, Yost WT, Rochester DP. Diaphragmatic thickness-lung volume relationship in vivo. *J Appl Physiol*. 1989;67:1560-8.)
11. Hershenson MB, Kikuchi Y, Loring SH. Relative strengths of the chest wall muscles. *J Appl Physiol* 1988;65:852-62.)
12. Gok F, Mercan A, Kilicaslan A, et al. (May 16, 2021) Diaphragm and Lung Ultrasonography During Weaning From Mechanical Ventilation in Critically Ill Patients. *Cureus* 13(5): e15057. doi:10.7759/cureus.15057
13. Ezingard E, Diconne E, Guyomarc'h S. Weaning from mechanical ventilation with pressure support in patients failing a T-tube trial of spontaneous breathing. *Intensive Care Med*. 2006 Jan;32(1):165-9. doi: 10.1007/s00134-005-2852-5. Epub 2005 Nov 10.)
14. Pirompanich, P., Romsaiyut, S. Use of diaphragm thickening fraction combined with rapid shallow breathing index for predicting success of weaning from mechanical ventilator in medical patients. *J intensive care* 6, 6 (2018).
15. Esteban A, Ferguson ND, Meade MO et al. VENTILA Group. Evolution of mechanical ventilation in response to clinical research. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008 Jan 15;177(2):170-7. doi: 10.1164/rccm.200706-893OC.
16. Ouellette DR, Patel S, Girard TD et al. Liberation From Mechanical Ventilation in Critically Ill Adults: An Official American College of Chest Physicians/American Thoracic Society Clinical Practice Guideline: Inspiratory Pressure Augmentation During Spontaneous Breathing Trials, Protocols Minimizing Sedation, and Noninvasive Ventilation Immediately After Extubation. *Chest*. 2017 Jan;151(1):166-180. doi: 10.1016/j.chest.2016.10.036.
17. Brochard L, Rauss A, Benito S et al. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994 Oct;150(4):896-903. doi: 10.1164/ajrccm.150.4.7921460.
18. Shi ZH, de Vries H, de Grooth HJ et al. Changes in Respiratory Muscle Thickness during Mechanical Ventilation: Focus on Expiratory Muscles. *Anesthesiology*. 2021 May 1;134(5):748-759. doi: 10.1097/ALN.0000000000003736.
19. Jaber S, Petrof BJ, Jung B et al. Rapidly progressive diaphragmatic weakness and injury during mechanical ventilation in humans. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011 Feb 1;183(3):364-71. doi: 10.1164/rccm.201004-0670OC.

CHERNIAIEV S., DUBROV S.

## ASSESSMENT OF PATIENTS READINESS FOR WEANING FROM THE RESPIRATOR AFTER MECHANICAL LUNG VENTILATION

**Introduction.** Approximately 20% of patients on mechanical lung ventilation (MLA) experience weaning difficulties. It is recommended to evaluate objective clinical criteria used to predict a patient's readiness of weaning from a respirator. Randomized trials have shown the effectiveness and safety of the spontaneous breathing test (SBT) with inspiratory pressure support as a weaning method. Currently, there are many predictors of ventilator weaning, including both clinical and sonographic criteria, such as rapid shallow breathing index (RSBI), diaphragm thickening fraction (DTf), and Diaphragmatic excursion (DE).

**Case description.** Patient K., 87 years old, has a history of 3 acute ischemic strokes with signs of vascular dementia according to relatives. 3 weeks ago, she hit her head at home and lost consciousness. She was hospitalized in a medical institution, after drainage of subdural hematomas, she was under analgosedation. 26 hours after tracheal intubation, in the presence of clinical criteria, a SBT was performed with calculation of RSBI, DTf and DE.

After evaluating the predictors of weaning from the respirator, a decision was made to extubate the patient. After weaning from the respirator, the general condition is satisfactory.

**Conclusions.** Assessment of predictors of successful ventilator weaning is relevant in elderly patients with dementia, when assessment of mental status is difficult and the use of objective indicators helps in decision-making regarding ventilator weaning.

**Keywords.** Weaning from the respirator, sonography of the diaphragm, fractional thickening of the diaphragm

УЧАСТЬ АВТОРІВ В ПІДГОТОВЦІ СТАТТІ:

ЧЕРНЯЄВ С.В. – дизайн статті, науковий інтерес, аналіз даних, збір даних, участь в лікуванні пацієнта  
 ДУБРОВ С.О. – дизайн статті, науковий інтерес, аналіз даних, збір даних, участь в лікуванні пацієнта, рецензування