

## ARTYKUŁ POGLĄDOWY / REVIEW PAPER

Otrzymano/Submitted: 05.02.2018 • Zaakceptowano/Accepted: 10.03.2018

© Akademia Medycyny

# Pomiar ciśnienia przezpłucnego *Transpulmonary pressure measurement*

Konstanty Szuldrzyński<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Klinika Intensywnej Terapii Interdyscyplinarnej, Uniwersytet Jagielloński  
*Collegium Medicum*, Kraków

<sup>2</sup> Centrum Terapii Pozaustrojowych, Szpital Uniwersytecki, Kraków



## Streszczenie

Bezpieczeństwo wentylacji mechanicznej wymaga znajomości parametrów mechanicznych układu oddechowego i klatki piersiowej. Pomocny bywa w tym pomiar ciśnienia wewnątrzprzełykowego umożliwiający ocenę sił uszkadzających płuca w trakcie wentylacji mechanicznej. Ma to szczególne znaczenie u chorych z zespołem ARDS, ale bywa również przydatne w ocenie wysiłku oddechowego pacjenta czy wykrywaniu asynchronii. *Anestezjologia i Ratownictwo 2019; 13: 343-346.*

*Słowa kluczowe: ARDS, ciśnienie przezpłucne, ciśnienie przełykowe, wentylacja oszczędzająca płuca*

## Abstract

Safety of mechanical ventilation requires in-depth knowledge of mechanics of the respiratory system and thorax. Measurement of oesophageal pressure is often helpful allowing assessment of lung stress and strain during mechanical ventilation. It is of utmost importance in ARDS patients but also in the estimation of patient's respiratory effort or detection of asynchrony. *Anestezjologia i Ratownictwo 2019; 13: 343-346.*

*Keywords: ARDS, transpulmonary pressure, oesophageal pressure, lung-protective ventilation, VILI*

Znaczna inwazyjność technik intensywnej terapii stwarza istotny dylemat: w jaki sposób leczyć pacjenta ograniczając negatywne skutki terapii? Dobry przykład stanowi mechaniczna wentylacja płuc – nieumiejętnie stosowana może prowadzić do uszkodzenia płuc w stopniu większym, niż spowodowała to choroba. Znaczenie wentylacji mechanicznej oszczędzającej płuca na dobrze utrwaliło się w świadomości klinicystów. Od roku 2000 funkcjonują wytyczne ARDSNet zalecające stosowanie objętości oddechowych (TV) nieprzekraczających 6 ml/kg należnej masy ciała u pacjentów z ARDS [1]. Jednocześnie wiadomo, że wartość 6 ml/kg nie jest uniwersalna. Im cięższy zespół ARDS tym większa rozległość zmian naciekowo-niedodmowych i mniejsza objętość płuca nadającego

się do wentylowania („baby lung”) [2]. U chorych z mało zaawansowanymi zmianami można zapewne bezpiecznie stosować objętości większe, natomiast w najcięższych przypadkach zalecana objętość jest wciąż zbyt duża. W swoim artykule Terragni i wsp. wykazali, że TV 6 ml/kg powoduje na szczycie wdechu nadmierne rozdęcie (hyperinflację) płuc u pacjentów z zaawansowanym ARDS [3]. Z pomocą przychodzi odkrycie Amato i wsp. [4], którzy analizowali znaczenie ciśnienia napędowego. W skrócie jest to ciśnienie niezbędne do wtłoczenia do płuc TV. Najprościej można je obliczyć jako różnicę między ciśnieniem plateau wdechowego a dodatnim ciśnieniem końcowo-wydechowym (PEEP). Wg Amato śmiertelność pacjentów z ARDS ulega istotnemu zwiększeniu, gdy stosuje

się ciśnienie napędowe przekraczające 14 cmH<sub>2</sub>O. Odkrycie to łatwo zrozumieć: ciśnienie napędowe jest tym większe im mniejsza podatność płuc. Albo inaczej: zwiększenie ciśnienia napędowego jest dowodem na niedopasowanie TV do objętości płuca nadającej się do wentylacji - „baby lung”. Wyniki uzyskane przez Amato uzyskały potwierdzenie w kolejnym bardzo dużym badaniu obserwacyjnym przeprowadzonym u chorych z ARDS na całym świecie przez Bellanigo i wsp. [5].

Jednocześnie wiadomo, że ciśnienie niezbędne do umieszczenia w płucach określonej objętości mieszaniny oddechowej zależy nie tylko od podatności samych płuc, ale również od oporu otaczających tkanek. U pacjentów bardzo otyłych, masywnie zbudowanych, z nadciśnieniem wewnątrzbrzusznym, etc., znaczna część energii jest potrzebna do pokonania oporu klatki piersiowej, nie zaś samych płuc. Energia ta odpowiada za część ciśnienia wykorzystaną do ekspansji klatki piersiowej, bez szkody dla płuc. Aby bezpiecznie wentylować pacjentów należy rozróżnić te dwie składowe – ciśnienie inflacji płuc oraz ciśnienie ekspansji klatki piersiowej. Obniżona podatność klatki piersiowej powoduje, że w trakcie wentylacji mechanicznej ciśnienie wewnątrz klatki piersiowej - w otoczeniu płuc - jest wysokie. Optymalnym miejscem pomiaru ciśnienia w bezpośrednim sąsiedztwie płuca jest jama opłucnej. Pomiar ciśnienia w opłucnej jest w warunkach klinicznych niewykonalny. Najłatwiej osiągalnym surogatem ciśnienia opłucnowego jest ciśnienie w dolnej 1/3 przełyku. Różnicę między ciśnieniem w drogach oddechowych a ciśnieniem w przełyku nazywamy ciśnieniem przezpłucnym (transpulmonarnym). Uszkodzenie płuca związane z wentylacją mechaniczną (VILI) jest w większym stopniu pochodną ciśnienia przezpłucnego niż ciśnień mierzonych w drogach oddechowych [6]. Ciśnienie przezpłucne jest bowiem miarą stresu – czyli naprężenia w płucach w wyniku podania objętości mieszaniny oddechowej.

### Technika pomiaru ciśnienia przełykowego

Na rynku dostępnych jest kilka modeli różnych balonów do pomiaru ciśnienia przełykowego. Niektóre z nich stanowią jednocześnie zgłębnik żołądkowy. Sposób zakładania balonu jest różnie opisywany przez poszczególnych producentów. W skrócie, cewnik

z balonem wprowadza się przez nos lub usta do żołądka, wypełnia balon do zadanej objętości, łączy z układem pomiarowym (w respiratorze lub w kardiomonitorze). Wycofując cewnik należy obserwować zapis ciśnienia i podciągać cewnik do momentu pojawienia się fluktuacji związanych z pracą serca. Prawdliwość położenia cewnika należy potwierdzić wykonując próbę Baydour'a [7]. U mechanicznie wentylowanego pacjenta bez własnego napędu oddechowego próba ta polega na uciśnięciu klatki piersiowej w czasie paazy wydechowej – różnica między dodatnim ciśnieniem wygenerowanym w drogach oddechowych i w przełyku nie powinna przekraczać 20%. U chorych oddychających spontanicznie wykonuje się manewr paazy wydechowej – wysiłek oddechowy pacjenta powinien spowodować jednoczesowe ujemne wychylenie krzywej ciśnienia w przełyku i w drogach oddechowych. Po potwierdzeniu położenia z cewnika należy usunąć drut usztywniający i umocować plastrem do nosa lub zgłębnika żołądkowego. Obecność zgłębnika obok balonu w przełyku nie zakłóca pomiaru [8].

### Rola ciśnienia przełykowego w ustawianiu wentylacji u pacjentów z ARDS

Żadne z przeprowadzonych dotychczas badań nad zastosowaniem pomiaru ciśnienia przełykowego w ustawianiu PEEP nie wykazało wpływu na przeżycie chorych z ARDS. Najbardziej znane do tej pory badanie wykazało, że dostosowanie PEEP pod kontrolą pomiaru ciśnienia przełykowego prowadzi do zwiększenia wskaźnika PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> [9]. Wynik ten nie dziwi, zważywszy na fakt, że w badaniu tym pacjenci, u których mierzono ciśnienie przełykowe mieli istotnie większe wartości PEEP.

Interesujące obserwacje poczynili Grasso i wsp. [10]. U 14 chorych ze skrajną postacią zespołu ARDS spełniających kryteria oksygenacji pozaustrojowej – ECMO – zakładano cewnik przełykowy i mierzono ciśnienie przezpłucne. Jeśli ciśnienie plateau przezpłucne (Pplat w drogach oddechowych – Pplat w przełyku) było mniejsze niż 25 cm H<sub>2</sub>O (u połowy pacjentów) zwiększano PEEP do momentu uzyskania Pplat przezpłucnego 25 cm H<sub>2</sub>O. U wszystkich tych pacjentów udało się uniknąć ECMO. U pozostałych siedmiu chorych, u których Pplat przezpłucne wyjściowo przekraczało 25 cm H<sub>2</sub>O ECMO było niezbędne.

## Inne zastosowania ciśnienia wewnątrzprzełykowego

Pomiar ciśnienia przełykowego pozwala na ocenę wysiłku oddechowego pacjenta. Ujemne wychylenia ciśnienia w przełyku odzwierciedlają pracę oddechową wykonaną przez pacjenta. Obserwacja tej pracy nie jest możliwa bezpośrednio na monitorze respiratora, gdyż ciśnienie w drogach oddechowych nie spada poniżej ustawionej wartości PEEP. Wysilek oddechowy pacjenta prowadzący do ujemnych ciśnień w klatce piersiowej w połączeniu z dodatnimi ciśnieniami w drogach oddechowych może prowadzić do wytworzenia bardzo wysokich wartości ciśnienia przezpłucnego – szczególnie szkodliwych u pacjentów z ARDS.

Obserwacja ciśnienia przełykowego umożliwia wykrycie fenomenu reverse triggering – wyzwalania odruchowego wysiłku oddechowego u chorego w trakcie wentylacji kontrolowanej.

Monitorowanie ciśnienia przełykowego może być również przydatne w trakcie wentylacji wspomaganą pozwalając na wykrycie asynchronii między respiratorem i pacjentem oraz ocenę siły mięśniowej przed próbą odłączenia od wentylacji.

## Ograniczenia techniki

Ciśnienie w przełyku jest wyższe niż w opłucnej. Tradycyjnie przyjmuje się, że odjęcie od ciśnienia w przełyku 5 cm H<sub>2</sub>O daje wartość zbliżoną do ciśnienia w sąsiadującej opłucnej. Teoria ta była jednak wielokrotnie krytykowana jako mało wiarygodna [11]. Uzyskanie bezwzględnych wyników pomiaru wymaga znajomości ciśnienia związanego z napięciem samego balonu oraz rozciągnięciem przez balon ścian przełyku. Metodę kalibracji balonu w celu poprawy dokładności

oznaczenia przedstawili Mojoli i wsp. [12].

Założenie balonu do przełyku bywa często trudne, a w niektórych przypadkach nawet niemożliwe bez zastosowania dodatkowej sedacji u pacjenta [9].

## Podsumowanie

Pomiar ciśnienia w przełyku dostarcza cennej wiedzy na temat mechaniki układu oddechowego, w tym elastancji płuc i klatki piersiowej. Jego znajomość ułatwia stosowanie skutecznej i bezpiecznej wentylacji u chorych z zespołem ARDS oraz ocenę wysiłku oddechowego u pacjentów poddawanych wentylacji wspomaganą. Choć do tej pory pomiar ciśnienia przełykowego był postrzegany bardziej jako narzędzie w badaniach naukowych to dołączenie go do praktyki klinicznej ułatwia głębsze zrozumienie problemów wentylacji mechanicznej [13,14].

## Źródło finansowania

Opracowanie stanowi materiały do wykładu „Pomiar ciśnienia przezpłucnego” wygłoszonego w ramach XXVIII Konferencji „Anestezjologia i Intensywna Terapija II dekady”, Jachranka 2018.

## Konflikt interesów / Conflict of interest

Brak/None

## Adres do korespondencji:

✉ Konstanty Szuldrzyński  
Klinika Intensywnej Terapii Interdyscyplinarnej  
Uniwersytet Jagielloński *Collegium Medicum*  
ul. Kopernika 50; 30-501 Kraków  
☎ (+48 12) 351 66 98  
✉ konstanty.szuldrzynski@uj.edu.pl

## Piśmiennictwo/References

1. Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2000;342(18):1301-8.
2. Gattinoni L, Pesenti A. The concept of “baby lung”. *Intensive Care Med.* 2005;31(6):776-84.
3. Terragni PP, Rosboch G, Tealdi A, Corno E, Menaldo E, Davini O, et al. Tidal hyperinflation during low tidal volume ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Am J Resp Crit Care Med.* 2007;175(2):160-6.
4. Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, Brochard L, Costa EL, Schoenfeld DA, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2015;372(8):747-55.
5. Bellani G, Laffey JG, Pham T, Fan E, Brochard L, Esteban A, et al. Epidemiology, patterns of care, and mortality for patients with acute respiratory distress syndrome in intensive care units in 50 countries. *Jama.* 2016;315(8):788-800.
6. Slutsky AS, Ranieri VM. Ventilator-induced lung injury. *N Engl J Med.* 2013;369(22):2126-36.

7. Baydur A, Behrakis PK, Zin WA, Jaeger M, Milic-Emili J. A simple method for assessing the validity of the esophageal balloon technique. *Am Rev Resp Dis.* 19982;126(5):788-91.
8. Niknam J, Chandra A, Adams AB, Nahum A, Ravenscraft SA, Marini JJ. Effect of a nasogastric tube on esophageal pressure measurement in normal adults. *Chest* 1944;106:137-41.
9. Talmor D, Sarge T, Malhotra A, O'Donnell CR, Ritz R, Lisbon A, et al. Mechanical ventilation guided by esophageal pressure in acute lung injury. *N Engl J Med.* 2008;359(20):2095.
10. Grasso S, Terragni P, Birocco A, Urbino R, Del Sorbo L, Filippini C, et al. ECMO criteria for influenza A (H1N1)-associated ARDS: role of transpulmonary pressure. *Intens Care Med.* 2012;38(3):395-403.
11. Gattinoni L, Carlesso E, Cressoni M. Selecting the 'right' positive end-expiratory pressure level. *Curr Opin Crit Care.* 2015;21(1):50-7.
12. Mojoli F, Iotti GA, Torriglia F, Pozzi M, Volta CA, Bianzina S, et al. In vivo calibration of esophageal pressure in the mechanically ventilated patient makes measurements reliable. *Crit Care.* 2016;20:98.
13. Mauri T, Yoshida T, Bellani G, Goligher EC, Carteaux G, Rittayamai N. Esophageal and transpulmonary pressure in the clinical setting: meaning, usefulness and perspectives. *Intensive care medicine,* 2016;42(9):1360-73.
14. Yoshida T, Brochard L. Ten tips to facilitate understanding and clinical use of esophageal pressure manometry. *Intensive Care Med.* 2018;44(2), 220-2.