

*Intensive Care Med* (2022) 48:1211–1214  
<https://doi.org/10.1007/s00134-022-06762-6>

LASTING LEGACY IN INTENSIVE CARE MEDICINE

# Noninvasive respiratory support in intensive care medicine



Nuttapol Rittayamai<sup>1</sup>, Domenico L. Grieco<sup>2,3</sup> and Laurent Brochard<sup>4,5\*</sup> 

**Неинвазивная респираторная поддержка в реанимации**

**Перевод Ветровой А.В.**

# Неинвазивная респираторная поддержка в реанимации

*Nuttapol Rittayamai, Domenico L. Grieco and Laurent Brochard*

Перед широким внедрением ИВЛ под положительным давлением в реанимации после эпидемии полиомиелита в 1950-х многие формы вентиляционной поддержки были «неинвазивными» или «внешними» без прямого доступа к нижним дыхательным путям с помощью лицевой маски для положительного давления или технологии генерации отрицательного давления вокруг грудной клетки от грудных кирас до циклопических «танковых» респираторов (прим. переводчика – вариации «железного легкого»). В конце 19-го века первые приспособления для вентиляции легких с использованием отрицательного давления вокруг грудной клетки, включая первое функционирующее «железное легкое», было спроектировано Alfred Woillez для спасения утопающих. Первое «железное легкое» для обширного использования было разработано в Бостоне Drinker и Shaw в 1928 и широко применялось для лечения пациентов с полиомиелитом. Тем не менее, было трудно ухаживать за пациентами на «железном легком», а сами дыхательные пути не были защищены. Параллельно с этим кратковременное применение положительного давления конца выдоха (ПДКВ) с помощью лицевой маски было впервые описано в 1930-х, особенно для лечения кардиогенного отека легких [1].

В современной реаниматологии после внедрения вентиляции под положительным давлением потребовалось некоторое время, чтобы «открыть заново» НИВЛ под положительным давлением, в то время как некоторые учреждения продолжали использоваться лицевые маски для пациентов с гиперкапнией [2]. В конце 1980-х была внедрена домашняя вентиляция легких у пациентов с хроническими заболеваниями легких в целях улучшения качества жизни в сравнении с применением трахеостомии. Признание факта, что серьезные нарушения сна могут быть вызваны аномальным дыханием, так же способствовало внедрению домашней вентиляционной поддержки. Производители вложили значительные технологические усилия в разработку домашних аппаратов вентиляции легких с сохранением возможности ведения разговора и обеспечение удобства интерфейса.

Параллельно с разработкой домашних аппаратов, реаниматологи применяли методы неинвазивной вентиляции легких (НИВЛ) в начале 1990-х, чтобы избежать эндотрахеальной интубации в условиях неотложной помощи, особенно для пациентов с гиперкапнической вентиляционной недостаточностью [3, 4]. Развитие вентиляции с поддержкой давлением в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) и лучшее понимание патофизиологии дыхательной недостаточности и активности дыхательных мышц способствовали внедрению неинвазивной вентиляции (НИВ-ПДК, обеспечивающей поддержку вдоха под давлением) [3]. Показания были быстро расширены для различных клинических сценариев от послеоперационных состояний до гипоксемической дыхательной недостаточности [5]. Выявление осложнений механической вентиляции было сильным стимулом для разработки НИВ в целях предотвращения интубации. Недавно это стало актуально из-за пандемии, вызванной новой коронавирусной инфекцией (COVID-19), так как нехватка оборудования и персонала способствовали внедрению таких методов, как высокопоточная назальная канюля (ВПНК), НИВ и продолжительная вентиляция под положительным давлением (CPAP без поддержки вдоха) в целях избегания интубации [6, 7]. Неинвазивная поддержка так же может применяться в паллиативной помощи для облегчения одышки у пациентов с противопоказаниями для инвазивной вентиляции.

### **Неинвазивная вентиляция с положительным давлением**

Лицевые маски для НИВ улучшают газообмен, облегчают дыхание и улучшают клинический исход у пациентов с гиперкапнической дыхательной недостаточностью вследствие хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), у пациентов с синдромом ожирения-гиповентиляции и при кардиогенном отеке легких (либо НИВ, либо CPAP) [8]. НИВ успешно применится при послеоперационной гипоксемии [9] и для облегчения перевода с механической вентиляции пациентов в ОРИТ с высоким риском реинтубации [10, 11]. Использование НИВ во время лечения впервые возникшей гипоксемической дыхательной недостаточности было успешно в нескольких испытаниях, но также противоречиво, особенно в наблюдательных исследованиях. Пациенты с неинвазивной поддержкой, которые избежали эндотрахеальной интубации, показали хорошие клинические исходы; у пациентов, интубированных после неудачной попытки неинвазивной поддержки, отмечалась более высокая смертность, возможно, как следствие отсроченной интубации и самоповреждения легких [12]. Режим CPAP изучался в различных испытаниях. Предыдущие

исследования не показали эффективности при гипоксемической дыхательной недостаточности [13], поэтому требуется больше исследований в этой области. При этом режим СРАР неоднократно доказывал свою эффективность при послеоперационной ДН [14].

Поэтому НИВ настоятельно рекомендуется для терапии гиперкапнической дыхательной недостаточности вследствие обострения ХОБЛ и кардиогенного отека легких и условно рекомендуется в качестве профилактики неудачной экстубации у пациентов с высоким риском и облегчает отучение у пациентов с гиперкапнией [8]. Факторы, определяющие успех применения НИВ: предпочтительный выбор пациентов, интерфейс вентиляции, опыт персонала и мониторинг пациентов. Установка давления вдоха имеет большое значение для увеличения объема вентиляции, в то время как небольшие значения ПДКВ помогают противодействовать авто-ПДКВ, умеренный уровень ПДКВ - бороться с гипоксемией и ателектазами, а высокий уровень ПДКВ - поддерживать проходимость дыхательных путей у пациентов с ожирением.

В недавних руководствах не содержится рекомендаций по использованию лицевой маски НИВ для впервые возникшей гипоксемической дыхательной недостаточности по причинам, описанным выше [8]. Таким образом, поиск новых стратегий для неинвазивной поддержки объективно необходим для определенной группы пациентов. В этом отношении шлем является привлекательным интерфейсом для СРАР или НИВ для пациентов с гипоксемией (шлем – колпак в форме цилиндра из прозрачного пластика). Шлем в целом хорошо переносится при длительном лечении. Одно одноцентровое рандомизированное исследование докладывает о клинической пользе шлема в сравнении с лицевой маской НИВ для пациентов с гипоксемией [15]. Небольшое последующее многоцентровое исследование, проведенное у пациентов с COVID-19, сообщает о возможном снижении показателя эндотрахеальной интубации с помощью шлема для НИВ по сравнению с ВПНК [16]. Использование этого интерфейса по-прежнему ограничено ввиду отсутствия убедительных данных для включения его в клинические рекомендации, но это является возможной альтернативой, что было предложено после сетевого метаанализа [17].

### **Высокопоточная назальная канюля**

Низкопоточная терапия кислородом через назальную канюлю или кислородная маска обычно используются в качестве начального лечения; однако максимальная скорость потока достигает 15 л/мин, что недостаточно для контроля  $F_iO_2$  или для уменьшения частоты дыхания у больных с острой

дыхательной недостаточностью, у которых пиковая скорость вдоха часто значительно превышает 30 л/мин. Недостаточный нагрев и увлажнение для низкопоточного кислородного устройства могут привести к дискомфорту и плохой толерантности и исключают последующее увеличение потока, поэтому была разработана технология ВПНК, с помощью которой существующие системы могут обеспечивать высокие скорости потока нагретой и увлажненной воздушно-кислородной смеси до 60 л/мин через назальную канюлю большого диаметра, которые обладают высокой переносимостью у пациентов.

ВПНК имеют несколько физиологических преимуществ для пациентов с острой дыхательной недостаточностью за счет улучшения газообмена и усиления вдоха с помощью следующих механизмов: 1) зависящий от потока небольшой эффект положительного давления (до 7 см вод. ст. с закрытым ртом [18]); 2) очищение верхних дыхательных путей и уменьшение мертвого пространства; 3) активный обогрев и увлажнение, способствующие комфорту и целостности слизистой оболочки дыхательных путей. Многоцентровое рандомизированное исследование [19] показало, что ВПНК снижает долю эндотрахеальной интубации у больных со среднетяжелой и тяжелой гипоксемией в сравнении с обычной кислородной терапией и лицевой маской НИВ и увеличивает выживаемость. Исследование не повторялось, но суммарные данные для пациентов с гипоксемией подтверждают преимущества по сравнению с низким потоком кислорода [7].

При использовании ВПНК следует как можно скорее титровать высокий поток, достигая увеличение скорости потока до 50-60 л/мин при хорошей переносимости;  $FiO_2$  следует скорректировать в соответствии со значениями  $SpO_2$ . Увлажнение оптимально при температуре 37°C, но для некоторых пациентов можно применять более низкую температуру. Текущие рекомендации предлагают ВПНК в качестве первой линии лечения впервые возникшей гипоксической дыхательной недостаточности [20]. Для критически тяжелых пациентов, отученных от инвазивной механической вентиляции, доказано, что ВПНК предотвращает постэкстубационную дыхательную недостаточность в сравнении с обычной кислородной терапией у пациентов с низким риском, а также выполняет профилактику в качестве НИВЛ у пациентов с высоким риском постэкстубационной дыхательной недостаточности [20]. НИВ может быть предпочтительным методом для пациентов с ожирением отдельно или в сочетании с ВПНК [21].

## **Заключение**

Как показано на рис.1, в условиях неотложной помощи НИВ следует рассматривать как средство первой линии для лечения пациентов с гиперкапнической дыхательной недостаточностью на CPAP или для пациентов с дыхательной недостаточностью вследствие острого кардиогенного отека легких. Отлучение от ИВЛ или экстубация могут быть облегчены с помощью ВПНК и НИВ, особенно для пациентов с высоким риском или ожирением. Оптимальная неинвазивная стратегия поддержки впервые возникшей гипоксемической дыхательной недостаточности остается дискуссионной: ВПНК и поддержка с помощью шлема являются многообещающими методами, но тщательный отбор пациентов и клинический мониторинг всегда остаются лучшим балансом между преимуществами и рисками этих подходов [17].




 <p><b>ВПНК</b></p>	 <p><b>Лицевая маска для НИВЛ</b></p>	 <p><b>Шлем для НИВЛ</b></p>
<p><b>характеристика</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• скорость потока 40-60 л/мин</li> <li>• увлажнитель с подогревом, направленные на комфорт</li> <li>• <math>FiO_2</math> корректируется в соответствии с целевым значением <math>SpO_2</math></li> </ul>	<p><b>характеристика</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• РЕЕР 5-8 см.вод.ст.</li> <li>• режим НИВ в аппарате ИВЛ или аппарат турбинного типа</li> <li>• увлажнение с подогревом</li> <li>• <math>FiO_2</math> корректируется в соответствии с целевым значением <math>SpO_2</math></li> </ul>	<p><b>характеристика</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• РЕЕР 10-14 см.вод.ст.; поддержка 12-20 см.вод.ст.</li> <li>• вне цикла 10-50%; время нарастания: как можно быстрее</li> <li>• увлажнение: с подогревом (CPAP); без увлажнения (НИВ)</li> <li>• <math>FiO_2</math> корректируется в соответствии с целевым значением <math>SpO_2</math></li> </ul>
<p><b>физиологический эффект</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• точная доставка <math>FiO_2</math></li> <li>• РЕЕР-эффект пропорционален потоку</li> <li>• очищение дыхательных путей в мертвом пространстве</li> <li>• уменьшение усилия вдоха</li> <li>• повышенный комфорт и переносимость</li> </ul>	<p><b>физиологический эффект</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• точная доставка <math>FiO_2</math></li> <li>• раскрытие альвеол (CPAP и НИВ)</li> <li>• разгрузка дыхательной мускулатуры (НИВ)</li> <li>• снижение постнагрузки левого желудочка (CPAP и НИВ)</li> </ul>	<p><b>физиологический эффект</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• точная доставка <math>FiO_2</math></li> <li>• раскрытие альвеол (CPAP и НИВ)</li> <li>• допустимое ПДКВ для гипоксемических пациентов</li> <li>• снижение нагрузки на респираторную мускулатуру (НИВ)</li> <li>• снижение постнагрузки левого желудочка (CPAP и НИВ)</li> </ul>
<p><b>показания</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• впервые возникшая гипоксемическая дыхательная недостаточность</li> <li>• пост-экстубация</li> <li>• незначительная гиперкапническая дыхательная недостаточность (?)</li> </ul>	<p><b>показания</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• гиперкапническая дыхательная недостаточность (НИВ) и острый кардиогенный отек легких (CPAP и НИВ)</li> <li>• пост-экстубация у пациентов с гиперкапнией и ожирением</li> <li>• впервые возникшая острая гипоксемическая дыхательная недостаточность (?)</li> </ul>	<p><b>показания</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• острый кардиогенный отек легких (CPAP и НИВ)</li> <li>• впервые возникшая гипоксемическая дыхательная недостаточность</li> <li>• неопределено для пациентов с гиперкапнией (повторное вдыхание <math>CO_2</math>)</li> </ul>

Рис. 1 Характеристика, физиологические эффекты неинвазивной респираторной поддержки и клиническое применение для лечения острой дыхательной недостаточности

#### Источники:

1. Poulton EP (1936) Left-sided heart failure with pulmonary edema: its treatment with the "Pulmonary plus machine." Lancet 228:981–983.  
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)47948-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)47948-1)

2. Sadoul P, Aug MC, Gay R (1965) Traitement par ventilation instrumentale de 100 cas d'insuffisance respiratoire aiguë sévère (PaCO<sub>2</sub> égale ou supérieure à 70 mm Hg) chez des pulmonaires chroniques. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1:489–505
3. Brochard L, Isabey D, Piquet J et al (1990) Reversal of acute exacerbations of chronic obstructive lung disease by inspiratory assistance with a face mask. *N Engl J Med* 323:1523–1530. <https://doi.org/10.1056/NEJM199011293232204>
4. Brochard L, Mancebo J, Wysocki M et al (1995) Noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med* 333:817–822. <https://doi.org/10.1056/NEJM199509283331301>
5. Antonelli M, Conti G, Rocco M et al (1998) A comparison of noninvasive positive-pressure ventilation and conventional mechanical ventilation in patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med* 339:429–435. <https://doi.org/10.1056/133390703>
6. Perkins GD, Ji C, Connolly BA et al (2022) Effect of noninvasive respiratory strategies on intubation or mortality among patients with acute hypoxemic respiratory failure and COVID-19: the RECOVERY-RS Randomized Clinical Trial. *JAMA* 327:546–558. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.0028>
7. Ospina-Tascón GA, Calderón-Tapia LE, García AF et al (2021) Effect of high-flow oxygen therapy vs conventional oxygen therapy on invasive mechanical ventilation and clinical recovery in patients with severe COVID-19: a randomized clinical trial. *JAMA* 326:2161–2171. <https://doi.org/10.1001/jama.2021.20714>
8. Rochwerg B, Brochard L, Elliott MW et al (2017) Official ERS/ATS clinical practice guidelines: noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Eur Respir J*. <https://doi.org/10.1183/13993003.02426-2016>
9. Jaber S, Lescot T, Futier E, Paugam-Burtz C, Seguin P, Ferrandiere M, Lasocki S, Mimoz O, Hengy B, Sannini A, Pottecher J, Abback PS, Riu B, Belafia F, Constantin JM, Masseret E, Beaussier M, Verzilli D, De Jong A, Chanques G, Brochard L, Molinari N (2016) Effect of noninvasive ventilation on tracheal reintubation among patients with hypoxemic respiratory failure following abdominal surgery: a randomized clinical trial. *JAMA* 315(13):1345–1353
10. Ferrer M, Esquinas A, Arancibia F et al (2003) Noninvasive ventilation during persistent weaning failure: a randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med* 168:70–76. <https://doi.org/10.1164/rccm.200209-1074OC>

11. Ferrer M, Valencia M, Nicolas JM et al (2006) Early noninvasive ventilation averts extubation failure in patients at risk: a randomized trial. *Am J Respir Crit Care Med* 173:164–170. <https://doi.org/10.1164/rccm.200505-718OC>
12. Bellani G, Laffey JG, Pham T et al (2017) Noninvasive ventilation of patients with acute respiratory distress syndrome. Insights from the LUNG SAFE study. *Am J Respir Crit Care Med* 195:67–77. <https://doi.org/10.1164/rccm.201606-1306OC>
13. Delclaux C, L’Her E, Alberti C et al (2000) Treatment of acute hypoxemic nonhypercapnic respiratory insufficiency with continuous positive airway pressure delivered by a face mask: a randomized controlled trial. *JAMA* 284:2352–2360. <https://doi.org/10.1001/jama.284.18.2352>
14. Squadrone V, Cocha M, Cerutti E et al (2005) Continuous positive airway pressure for treatment of postoperative hypoxemia: a randomized controlled trial. *JAMA* 293:589–595. <https://doi.org/10.1001/jama.293.5.589>
15. Patel BK, Wolfe KS, Pohlman AS et al (2016) Effect of noninvasive ventilation delivered by helmet vs face mask on the rate of endotracheal intubation in patients with acute respiratory distress syndrome: a randomized clinical trial. *JAMA* 315:2435–2441. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.6338>
16. Grieco DL, Menga LS, Cesarano M et al (2021) Effect of helmet noninvasive ventilation vs high-flow nasal oxygen on days free of respiratory support in patients with COVID-19 and moderate to severe hypoxemic respiratory failure: the HENIVOT randomized clinical trial. *JAMA* 325:1731–1743. <https://doi.org/10.1001/jama.2021.4682>
17. Ferreyro BL, Angriman F, Munshi L et al (2020) Association of noninvasive oxygenation strategies with all-cause mortality in adults with acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. *JAMA* 324:57–67. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.9524>
18. Vieira F, Bezerra FS, Coudroy R et al (2022) High flow nasal cannula compared to continuous positive airway pressure: a bench and physiological study. *J Appl Physiol Bethesda Md.* <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00416.2021>
19. Frat J-P, Thille AW, Mercat A et al (2015) High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. *N Engl J Med* 372:2185–2196. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1503326>



20. Rochweg B, Einav S, Chaudhuri D et al (2020) The role for high flow nasal cannula as a respiratory support strategy in adults: a clinical practice guideline. *Intensive Care Med* 46:2226–2237. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06312-y>

21. Thille AW, Coudroy R, Nay M-A et al (2022) Beneficial effects of noninvasive ventilation after extubation in obese or overweight patients: a post hoc analysis of a randomized clinical trial. *Am J Respir Crit Care Med* 205:440–449. <https://doi.org/10.1164/rccm.202106-1452OC>