

Gil Gonçalves¹, Haitham Saeed², Mohamed E. Abdelrahim², Hadeer S. Harb², Yasmin M. Madney², Kevin Eng³, Habib M.R. Karim⁴, Mohamad El-Khatib⁵, Bushra Mina⁶, Szymon Skoczyński⁷, Irena Sarc⁸, Vânia Caldeira⁹, Sara M. Cabral¹, Bruno Cabrita¹⁰, Miguel Guia¹¹, Jun Duan¹², Igor Barjaktarevic³, Giuseppe Fiorentino¹³, Edoardo Piervincenzi¹⁴, Güniz Köksal¹⁵, Sibel O. Sarin¹⁶, Peter J. Papadacos¹⁷, Benan Bayrakci¹⁸, Vijay Hadda¹⁹, Gerhard Laier-Groeneveld²⁰, Karen E.A. Burns²¹, Raffaele Scala²², Andres C. Alcaraz²³, Antonio M. Esquinas²³

¹Pulmonology Department, Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, Coimbra, Portugal

²Clinical Pharmacy Department, Faculty of Pharmacy, Beni-Suef University, Beni-Suef, Egypt

³Division of Pulmonary and Critical Care, Department of Medicine, David Geffen School of Medicine at UCLA, Los Angeles, Stany Zjednoczone

⁴Department of Anesthesiology and Critical Care, All India Institute of Medical Sciences, Raipur, Chhattisgarh, Indie

⁵Department of Anesthesiology, American University of Beirut-Medical Center, Beirut, Liban

⁶Department of Medicine, Division of Pulmonary and Critical Care Medicine, Northwell Health, Lenox Hill Hospital, Nowy Jork, Stany Zjednoczone

⁷Department of Pulmonology, Faculty of Medical Sciences in Katowice, Medical University of Silesia, Katowice, Polska

⁸Noninvasive Ventilation Department, University Clinic for Pulmonary and Allergic Diseases, Golnik, Słowenia

⁹Pulmonology Department, Santa Marta Hospital, Lisbon, Portugal

¹⁰Pulmonology Department, Pedro Hispano Hospital, Matosinhos, Portugal

¹¹Pulmonology Department, Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca, Amadora, Portugal

¹²Department of Respiratory and Critical Care Medicine, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing, Chiny

¹³Respiratory Unit, AO Ospedali dei Colli Monaldi, Neapol, Włochy

¹⁴Department of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine, Fondazione Policlinico Universitario A. Gemelli IRCCS, Rzym, Włochy

¹⁵Department of Anaesthesiology and Reanimation, Istanbul University Cerrahpasa Medical Faculty, Istanbul, Turcja

¹⁶Internal Medicine, Istanbul Umraniye Research Hospital, Istanbul, Turcja

¹⁷Department of Anesthesiology, University of Rochester, Rochester, Stany Zjednoczone

¹⁸Pediatric Intensive Care Department, Hacettepe University, Ankara, Turcja

¹⁹Department of Pulmonary, Critical Care & Sleep Medicine, All India Institute of Medical Sciences, New Delhi, Indie

²⁰Pneumology, Clinical and Home Ventilatory Support and Sleep, Schellstrasse, Bochum, Niemcy

²¹Interdepartmental Division of Critical Care Medicine, University of Toronto, Toronto, Kanada

²²Pulmonology and Respiratory Intensive Care Unit, S Donato Hospital, Arezzo, Włochy

²³Intensive Care and Noninvasive Ventilatory Unit, Hospital Morales Meseguer, Murcia, Hiszpania

Wentylacja nieinwazyjna u pacjentów w zmienionym stanie świadomości. Przegląd kliniczny i uwagi praktyczne

Praca jest tłumaczeniem artykułu:

Gonçalves G, Saeed H, Abdelrahim E, et al. Non-invasive ventilation in patients with an altered level of consciousness. A clinical review and practical insights. *Adv Res Med.* 2020; 88(3): 233–244, doi: 10.5603/ARM.2020.0110, indexed in Pubmed: 32706107.

Należy cytować wersję oryginalną.

STRESZCZENIE

Wentylacja nieinwazyjna odgrywa coraz większą rolę w leczeniu ostrej hipoksemicznej lub hiperkapnicznej niewydolności oddychania i ma wiele zalet w porównaniu z inwazyjną wentylacją mechaniczną. Do zalet tych zalicza się zachowanie mechanizmów obronnych dróg oddechowych, zmniejszoną potrzebę sedacji i zmniejszenie ryzyka powikłań związanych z intubacją dotchawiczą. Mimo niewątpliwych walorów wentylacji nieinwazyjnej istnieją również pewne przeciwwskazania do stosowania tej metody, jak na przykład ciężka encefalopatia. W niniejszym artykule przeglądowym przeanalizowano podstawy teoretyczne, dowody naukowe i wady stosowania wentylacji nieinwazyjnej u pacjentów z hiperkapnią lub bez hiperkapni, znajdujących się w stanie zaburzonej świadomości.

Słowa kluczowe: wentylacja nieinwazyjna, stan świadomości, encefalopatia, śpiączka

Pneumologia Polska 2021; 1–2: 38–50

Adres do korespondencji: Gil Gonçalves, Pulmonology Department, Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, Coimbra, Portugal; e-mail: bgilgoncalves@gmail.com

Otrzymano: 27.03.2020

Tłumaczenie: Mikołaj Iwański

Copyright © 2021 PTChP

ISSN 2719–2881, e-ISSN 2719–9002

Wstęp

Użyteczność wentylacji nieinwazyjnej (NIV, *non-invasive ventilation*) została w pełni udowodniona i dobrze udokumentowana u zaliczanych do różnych kategorii pacjentów z ostrą niewydolnością oddechową (ARF, *acute respiratory failure*) [1–3]. Najnowsze wytyczne ERS (*European Respiratory Society*)/ATS (*American Thoracic Society*) i ISCCM (*Indian Society of Critical Care Medicine*) przytaczają wysokiej jakości dowody wskazujące na korzyści ze stosowania NIV w ostrej hiperkapnicznej niewydolności oddechowej spowodowanej zaostrzeniem przewlekłej obturacyjnej choroby płuc (POChP), w ostrym obrzęku płuc, u chorych z obniżoną odpornością i w charakterze narzędzia ułatwiającego przejście od wentylacji inwazyjnej do oddychania spontanicznego [4, 5].

Zapobiegając intubacji dotchawiczej (ETI, *endotracheal intubation*), NIV ma wiele zalet w porównaniu z inwazyjną wentylacją mechaniczną (IMV, *invasive mechanical ventilation*). Wentylacja nieinwazyjna jest wygodniejsza i w większości przypadków nie wymaga stosowania leków uspokajających [6]. Pozwala również na kontynuowanie żywienia doustnego. Stosowane urządzenia do NIV umożliwiają utrzymanie dodatniego ciśnienia przy zachowaniu drożności dróg oddechowych i zachowanie naturalnych mechanizmów obronnych. W rezultacie NIV zmniejsza zachorowalność i śmiertelność, a także pozwala na uniknięcie wielu powikłań związanych z IMV, w tym szpitalnego zapalenia płuc związanego z respiratorem, posocznicy i dodatkowych następstw infekcyjnych [7].

Chociaż NIV jest skuteczną metodą leczenia, istnieją istotne ograniczenia i przeciwwskazania do jej stosowania. W opublikowanym w 2001 roku międzynarodowym konsensusie (*International Consensus Conference on NIV*) [8] eksperci nie rekomendują jej wykorzystywania w przypadku zatrzymania krążenia lub oddechu, niestabilności hemodynamicznej, niestabilnych arytmii serca, ciężkiej encefalopatii (< 10 w skali śpiączki Glasgow), ciężkiego krwawienia z górnego odcinka przewodu pokarmowego, operacji lub urazów twarzy, niedrożności górnych dróg oddechowych oraz u pacjentów z wysokim ryzykiem aspiracji, którzy nie są w stanie ochronić dróg oddechowych, u pacjentów niewspółpracujących lub niebędących w stanie usunąć wydzieliny.

W większości badań wykorzystuje się do oceny poziomu świadomości skalę śpiączki Glasgow (GCS, *Glasgow Coma Scale*) lub skalę Kelly’ego–Matthaya (KMS, *Kelly–Matthay Sca-*

le). Chociaż GCS jest narzędziem najczęściej stosowanym w warunkach klinicznych, ten 15-punktowy system punktacji, w którym niższy wynik odpowiada niższemu poziomowi świadomości, został pierwotnie opracowany do oceny i monitorowania zmian poziomu świadomości po urazie głowy [9]. Sześciopoziomowa KMS jest narzędziem zaprojektowanym specjalnie do oceny zmian neurologicznych u pacjentów wentylowanych na oddziale intensywnej opieki medycznej [10]. W przypadku KMS wyższy wynik odpowiada niższemu poziomowi świadomości.

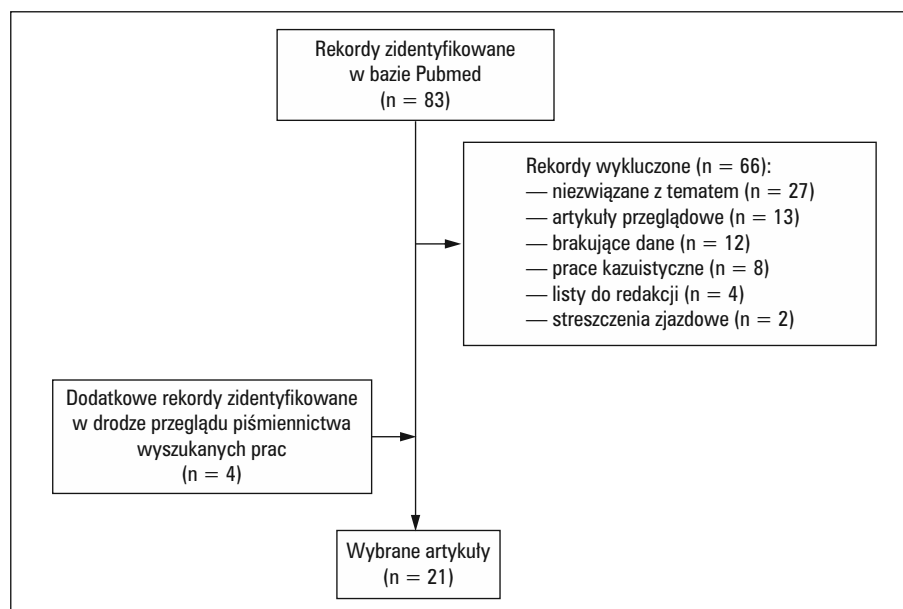
W niniejszym opracowaniu dokonano przeglądu podstaw teoretycznych, dowodów naukowych i pułapek związanych ze stosowaniem NIV w ostrej niewydolności oddychania z hiperkapnią i bez hiperkapni u pacjentów w zmienionym stanie świadomości.

Materiał i metody

Przeglądu piśmiennictwa dokonano w bazie PubMed według następujących słów kluczowych: „wentylacja nieinwazyjna”, „hiperkapniczny”, „hipoksemiczny”, „zmieniona świadomość”, „encefalopatia” i „śpiączka”. Artykuły zostały wybrane pod kątem ich znaczenia dla tematu niniejszego przeglądu. Przeprowadzono również wyszukiwanie odniesień do publikacji cytowanych w wybranych pracach. Ponadto — na podstawie oceny autorów dotyczącej ich znaczenia — przejrane i uwzględnione zostały inne opracowania. Uwzględniono wyłącznie artykuły napisane w języku angielskim.

Uzasadnienie stosowania NIV u pacjentów z ostrą niewydolnością oddychania z encefalopatią hiperkapniczną

Patofizjologię encefalopatii hiperkapnicznej można wyjaśnić kwasicą płynu mózgowo-rdzeniowego i tkanki śródmiąższowej mózgu. Ostra kwasica oddechowa ma większy wpływ na pH płynu mózgowo-rdzeniowego niż kwasica metaboliczna, ponieważ dwutlenek węgla (CO₂) łatwo i szybko przenika przez barierę krew–mózg ze względu na wysoką rozpuszczalność w tłuszczach. W związku z tym objawy encefalopatii hiperkapnicznej (takie jak zaburzenia poznawcze, majaczenie i śpiączka) są silniej związane ze zmianami pH płynu mózgowo-rdzeniowego niż z pH tętniczym lub ciśnieniem parcjalnym CO₂ (PaCO₂, *partial pressure of carbon dioxide*) [11]. Choć znaczenie mogą mieć tutaj różne czynniki płucne i pozapłucne, można bezpiecznie przyjąć, że normalizacja pH krwi tętniczej w wy-



Rycina 1. Schemat procesu wyboru badań, w których wykorzystywano wentylację nieinwazyjną (NIV, *non-invasive ventilation*) u pacjentów z ostrą niewydolnością oddechową (ARF, *acute respiratory failure*) z encefalopatią hiperkapniczną

niku zmniejszenia tętniczego PaCO₂ prowadzi również do normalizacji pH płynu mózgowo-rdzeniowego.

Uzasadnienie stosowania NIV w encefalopatii hiperkapnicznej opiera się na zmniejszeniu stężenia PaCO₂ i na jej przewodze nad IMV. Po pierwsze, korzystny wpływ na mięśnie oddechowe, poprawa wymiany gazowej i redukcja śmiertelności wewnątrzszpitalnej u chorych z kwasicą oddechową w przebiegu zaostrzenia POChP przy stosowaniu NIV są porównywalne jak w przypadku IMV [11, 12].

Po drugie, odstąpienie od intubacji i stosowania innych urządzeń do wentylacji inwazyjnej zmniejsza ryzyko zapalenia płuc związanego z wentylacją [13].

Po trzecie, ryzyko rozdęcia żołądka i aspiracji jest prawdopodobnie zawyżone ze względu na fizjologiczną barierę górnego (ciśnienie spoczynkowe 60–139 cmH₂O) [14] i dolnego zwieracza (ciśnienie spoczynkowe 14–41 cmH₂O) [15]; rzadko stosuje się ciśnienia NIV wyższe niż 30 cmH₂O, co minimalizuje to ryzyko.

Po czwarte, NIV odgrywa ważną rolę jako forma terapii ratunkowej u pacjentów w ciężkim stanie ze schyłkową przewlekłą niewydolnością oddychania i u pacjentów z zaleceniem odstąpienia od intubacji dotchawiczej, zwłaszcza w przypadku śpiączki hiperkapnicznej [16].

Ostatecznie wykazano, że NIV skraca czas hospitalizacji, pobytu na oddziale intensywnej opieki medycznej i może prowadzić do bardziej

efektywnego wykorzystania zasobów [17]. Te ważne wskaźniki jakości przekładają się na poprawę wyników leczenia chorych i zmniejszenie obciążenia finansowego [11].

Aktualne dowody na skuteczność zastosowania NIV u pacjentów z ostrą niewydolnością oddychania i z encefalopatią hiperkapniczną

Dokonano przeglądu opublikowanej literatury dotyczącej stosowania NIV u pacjentów z encefalopatią hiperkapniczną. W większości raportów wykazano poprawę wyniku GCS w ciągu kilku godzin po rozpoczęciu NIV (ryc. 1, tab. 1).

Corrado i wsp. [18] jako pierwsi oceniali chorych ze śpiączką hiperkapniczną o różnej etiologii, leczonych NIV (żelazne płuco). W ich badaniu średnie pH tętnicze wynosiło $7,13 \pm 0,3$, a PaCO₂ 112 ± 21 mm Hg. W analizowanej grupie 150 pacjentów leczenie było skuteczne u 70%, w zakresie od 0% wśród pacjentów z GCS 3 do 85% wśród osób z GCS 8. U 5 chorych wystąpiły powikłania związane z aspiracją, ale wszyscy byli skutecznie leczeni bez intubacji. W analizie wieloczynnikowej jedynymi zmiennymi związanymi z niepowodzeniem NIV były GCS ≤ 6 i wiek ≥ 70 lat.

Briones i wsp. [19] oceniali skuteczność NIV z dodatnimi ciśnieniami w porównaniu z IMV w dwóch kohortach liczących po 12 pacjentów, z których każda miała podobną charakterystykę wyjściową [GCS < 8, pH tętnicze < 7,25; punktacja w klasyfikacji APACHE II (*Acute Physiology*

Tabela 1. Aktualne dane dotyczące stosowania wentylacji nieinwazyjnej (NIV, non-invasive ventilation) u pacjentów z ostrą niewydolnością oddychania z encefalopatią hiperkapniczną

Autor, rok	Pacjenci i cel badania	Poziom przytomności	Rodzaj badania	Wyniki	Ograniczenia
Lemyze i wsp., 2019 [16]	86 pacjentów z zaleceniem „nie intubować”, NIV w śpiączce hiperkapnicznej vs NIV w hiperkapnicznej ARF bez śpiączki	Śpiączka z KMS ≥ 5	Prospektywne obserwacyjne badanie kliniczno-kontrolne	70% chorych przeżyło do wypisu ze szpitala, a połowa przeżyła 6 miesięcy, z wynikami podobnymi do wyników grupy kontrolnej	Brak możliwości wykluczenia błędu selekcyjnego
Corrado i wsp., 1996 [18]	150 pacjentów, ocena powodzenia NIV (żelazne płuco) w śpiączce hiperkapnicznej	GCS 3–8	Retrospektywne badanie niekontrolowane	Awaria NIV w 30% przypadków, wynik w GCS ≤ 6 miał negatywną wartość prognostyczną	Badanie retrospektywne, ograniczona dostępność żelaznego płuca
Briones i wsp., 2008 [19]	24 pacjentów, NIV vs IMV w śpiączce hiperkapnicznej	GCS < 8	Prospektywne badanie interwencyjne	Mniej dni na wentylacji mechanicznej, mniej dni pobytu w szpitalu i niższa 30-dniowa śmiertelność	Mała grupa pacjentów
Diaz i wsp., 2005 [20]	958 pacjentów, określenie powodzenia NIV w śpiączce hiperkapnicznej vs NIV w stanie przytomności	GCS ≤ 8	Badanie prospektywne, otwarte, niekontrolowane	Brak wzrostu niepowodzeń lub śmiertelności w porównaniu z pacjentami bez śpiączki	Projekt obserwacyjny, brak podmiotów kontrolnych
Scala i wsp., 2007 [21]	40 pacjentów, NIV vs IMV w encefalopatii hiperkapnicznej	KMS ≥ 3	Prospektywne, dopasowane badanie kliniczno-kontrolne	Krótszy czas wentylacji mechanicznej i mniejszy odsetek powikłań, śmiertelność podobna w obu grupach	Projekt kliniczno-kontrolny, brak randomizacji
Zhu i wsp., 2007 [22]	68 pacjentów, ocena skuteczności i bezpieczeństwa NIV w przypadku ciężkiej encefalopatii hiperkapnicznej	GCS < 10 vs GCS ≥ 10	Prospektywne badanie kliniczno-kontrolne	Podobne wyniki w zakresie śmiertelności szpitalnej i powodzenia NIV w porównaniu z grupą kontrolną	Różne poziomy wspomaganie ciśnieniowego i czas NIV w poszczególnych grupach
Stefan i wsp., 2015 [24]	2577 pacjentów, porównanie wyników zaostżenia POChP, NIV vs IMV	GCS w grupie 15 osób poddanych NIV (IOR 14–15)	Retrospektywne, wielośrodkowa analiza prospektywnie zebranych danych	Nizszy wynik w GCS był czynnikiem predykcynym niepowodzenia NIV	Pacjenci otrzymywali wspomaganie wentylacji z powodu zaostżenia POChP, a niekiedy zaostżenia kwasicy hiperkapnicznej
Confalonieri i wsp., 2005 [25]	1033 pacjentów, ocena ryzyka niepowodzenia NIV w ostrych zaostżeniach POChP	GCS 13,2 \pm 2,3	Badanie prospektywne	Wynik w GCS ≤ 14 był czynnikiem predykcynym niepowodzenia NIV, głównym czynnikiem wpływającym na wynik była wartość pH	Brak
Fan i wsp., 2014 [26]	261 pacjentów, pomiar siły kaszlu i wyników ostrych zaostżeń POChP podczas NIV	Wynik w GCS 14,8 \pm 0,5 w przypadku powodzenia NIV w porównaniu z GCS 13,8 \pm 2,5 w przypadku niepowodzenia NIV	Prospektywne badanie obserwacyjne	APACHE II, półilościowa ocena siły kaszlu i białko całkowite były jedynymi predyktorami niepowodzenia NIV	Dokładność pomiarów kaszlu była oceniana na podstawie doświadczenia klinicystów

Tabela 1 (kont.). Aktualne dane dotyczące stosowania wentylacji nieinwazyjnej (NIV, non-invasive ventilation) u pacjentów z ostrą niewydolnością oddychania z encefalopatią hiperkapniczną

Autor, rok	Pacjenci i cel badania	Poziom przytomności	Rodzaj badania	Wyniki	Ograniczenia
Wang i wsp. 2017 [27]	164 pacjentów, porównanie NIV i IMV w połączeniu z nieinwazyjną strategią usuwania wydzieliny w encefalopatii hiperkapnicznej	KMS ≥ 3	Prospektywne badanie kohortowe	2-godzinna NIV z usunięciem wydzieliny znacznie poprawiła wynik KMS i gęstość krwi tętnicznej, śmiertelność szpitalna niższa w grupie NIV	Nie było to randomizowane badanie z grupą kontrolną, badanie jednoośrodkowe, warunki hospitalizacji różniły się między grupami, nie zaliczono dodatkowej grupy tylko z NIV
Scala i wsp. 2010 [28]	30 pacjentów, wczesna bronchofibroskopia podczas NIV vs strategia oparta na IMV w encefalopatii hiperkapnicznej	KMS 2–4	Prospektywne dopasowane badanie kliniczno-kontrolne	Wyższe wskaźniki powikłań w grupie IMV, śmiertelność szpitalna, długość hospitalizacji i czas trwania wentylacji podobne w obu grupach	Zastosowanie NIV z jednoczesnym użyciem bronchofibroskopii w celu usunięcia wydzieliny — procedura możliwa do zastosowania w ośrodkach dysponujących doświadczonym personelem wystarczające doświadczenie
Contou i wsp. 2013 [51]	242 pacjentów przyjętych z powodu hiperkapnicznej ARF, ocena częstości niepowodzeń NIV	RASS < 0	Obserwacyjne badanie kohortowe	Zmieniony poziom przytomności przy przyjęciu nie miał wpływu na wynik	Analiza retrospektywna, pojedyncza jednostka, duże doświadczenie w użyciu NIV
Briones i wsp., 2013 [52]	22 pacjentów, tryb BiPAP S/T vs AVAPS	GCS < 10	Prospektywne badanie interwencyjne z dopasowaną kontrolą	Szybka poprawa gazów w gazometrii krwi tętnicznej i wyników GCS w obu grupach	Miała liczba pacjentów
Scala i wsp., 2005 [53]	153 pacjentów wymagających NIV podzielonych na 4 grupy wg poziomu świadomości	Grupy: KMS 1, KMS 2, KMS 3 i KMS > 3	5-letnie badanie kliniczno-kontrolne z prospektywnym gromadzeniem danych	Znaczna poprawa gazometrii krwi tętnicznej i wyniku w KMS we wszystkich grupach po 1–2 godzinach, niepowodzenie NIV i 90-dniowa śmiertelność istotnie wzrosły przy gorszym wyniku KMS	Brak randomizacji
Jatoi i wsp., 2019 [54]	78 pacjentów, przewidywanie powodzenia NIV w powikłaniach po gryźnicy	GCS $8,4 \pm 2,1$ u osób nieprzytomnych vs GCS $9,4 \pm 1,8$ u osób przytomnych	Badanie jednoośrodkowe, prospektywne, kohortowe	Niższy wynik GCS był istotnym niezależnym predyktorem niepowodzenia NIV	Pojedyncza jednostka, brak grupy kontrolnej IMV, brak oceny długoterminowej śmiertelności lub zachorowalności
Scarpazza i wsp., 2013 [55]	78 pacjentów, ocena powodzenia NIV w hiperkapnicznej ARF	GCS $7,2 \pm 1,5$ u pacjentów nieprzytomnych vs GCS $9,7 \pm 2,9$ u pacjentów przytomnych	Badanie jednoośrodkowe, prospektywne, kohortowe	Niższy wynik GCS był istotnym niezależnym predyktorem niepowodzenia NIV	Pojedyncza jednostka, brak kontroli grupowej IMV
van Gemert 2015 i wsp. [56]	50 pacjentów z POChP, ocena czynników ryzyka przejścia z NIV do IMV	GCS 9–15	Retrospektywne badanie kohortowe	Niższy wyjściowy wynik GCS był związany z przejściem z NIV do IMV u pacjentów z rozpoznaną POChP i hiperkapniczną ARF	Badanie retrospektywne, mała liczba pacjentów
Ucgun i wsp., 2006 [57]	151 pacjentów, identyfikacja czynników wpływających na śmiertelność i intubację u pacjentów z POChP	GCS $14,1 \pm 1,4$ u osób nieintubowanych vs GCS $10,8 \pm 3,4$ u osób intubowanych	Badanie jednoośrodkowe, prospektywne	Niższy wynik GCS był związany z intubacją	Miała liczba prób, niski odsetek zastosowań NIV, dotęczenie przy-padków, w których zapalenie płuc i niewydolność serca prowadziły do zaostrzenia POChP
Kida i wsp., 2012 [58]	42 pacjentów, identyfikacja czynników prognostycznych, które miały wpływ na powodzenie NIV u osób w starszym wieku	GCS $8,9 \pm 2,4$ u tych, którzy przeżyli, w porównaniu z $4,0 \pm 1,7$ u pozostałych	Badanie retrospektywne, jednoośrodkowe	Wynik GCS < 9 był związany z wyższą śmiertelnością	Badanie retrospektywne, mała liczba badanych

APACHE II — Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II; ARF (acute respiratory failure) — ostra niewydolność oddychania; AVAPS (average volume-assured pressure support) — wspomaganie ciśnieniem z gwarancją średniej objętości; BiPAP (bilevel positive airway pressure) — dwupoziomowe dodatnie ciśnienie w drogach oddechowych; POChP (przewlekła obturacyjna choroba płuc) — przewlekła obturacyjna choroba płuc; GCS (Glasgow Coma Scale) — skala śpiączki Glasgow; IMV (invasive mechanical ventilation) — inwazyjna wentylacja mechaniczna; IQR (interquartile range) — przedział międzykwartylny; KMS (Kelly-Matthay Scale) — skala Kelly'ego-Matthaya; RASS (Richmond Agitation-Sedation Scale) — skala pobudzenia i sedacji Richmond

and Chronic Health Evaluation II]). Chorzy z obu grup zgłosili się na oddział ratunkowy z ciężką hiperkapnią, będącą następstwem zaostrzenia POChP. Metodę NIV uznano za skuteczną, gdy spełnione zostały następujące parametry: częstość oddechów < 24/min, częstość akcji serca < 90 uderzeń/min, poprawa poziomu świadomości (GCS 15/15) i wyrównane pH krwi tętniczej przy odpowiednim wysyceniu hemoglobiny tlenem przy oddychaniu powietrzem atmosferycznym lub przy użyciu tlenu o niskiej procentowej zawartości tlenu w mieszaninie oddechowej [FiO₂ (*fraction of inspired oxygen*) < 31%]. Autorzy zaobserwowali niższą śmiertelność 30-dniową (16,7% vs 33,3%; $p = 0,01$), krótszy okres wentylacji mechanicznej ($3,6 \pm 1,1$ vs $5,6 \pm 1,2$; $p = 0,006$) i krótszy czas hospitalizacji ($6,5 \pm 1,9$ vs $11,1 \pm 4,7$ dnia; $p = 0,001$) w grupie NIV (w odniesieniu do IMV), ale nie odnotowano różnic w przeżywalności po 6 miesiącach (80% vs 71,4%; $p = 0,80$). W badaniu tym odnotowano, że poprawa PaCO₂, pH i GCS mierzona 3 godziny po rozpoczęciu NIV była czynnikiem prognostycznym dalszego powodzenia terapii NIV. Badane kohorty mogły się istotnie różnić pod względem parametrów mierzalnych i niemierzalnych, co mogło częściowo wpływać na stwierdzone różnice.

Diaz i wsp. [20] badali prospektywnie pacjentów ze śpiączką hiperkapniczną (GCS ≤ 8) wtórną do niewydolności oddychania o różnych przyczynach, leczonych NIV. Na początku wentylacji pH krwi tętniczej wynosiło $7,13 \pm 0,06$, a PaCO₂ 99 ± 19 mm Hg. Poprawa pH, GCS, PaCO₂ i wskaźnika oksygenacji (PaO₂/FiO₂) w ciągu 1. godziny NIV związana była z powodzeniem NIV. Osiągnięto wysoki odsetek odpowiedzi na NIV u chorych w stanie śpiączki z kardiogenym obrzękiem płuc, POChP i otyłością. U pacjentów z zespołem ostrej niewydolności oddychania (ARDS, *acute respiratory distress syndrome*) i zapaleniem płuc prawdopodobieństwo braku odpowiedzi na NIV było większe. Wyniki te potwierdzają, że powodzenie NIV może mieć związek z rodzajem i charakterem choroby podstawowej.

Scala i wsp. [21] przeprowadzili kliniczno-kontrolne badanie prospektywne, porównujące 40 chorych z zaburzeniami neurologicznymi (KMS ≥ 3) wtórnymi do zaostrzenia POChP leczonych NIV lub IMV. W badaniu tym średnie pH tętnicze i PaCO₂ u pacjentów poddanych NIV wynosiły odpowiednio $7,22 \pm 0,02$ i 88 ± 15 mm Hg. W grupie kontrolnej te same parametry wynosiły odpowiednio $7,22 \pm 0,05$ i 90 ± 10 mm Hg. Autorzy odnotowali, że stan świadomości u chorych poddanych NIV uległ poprawie ze średniej 3,4 ±

0,6 do $2,1 \pm 0,8$ pkt po 2 godzinach leczenia i do $1,6 \pm 1,0$ po 24 godzinach. W porównaniu z grupą IMV w grupie NIV wykazano krótszy czas trwania wentylacji mechanicznej i mniejszą częstość powikłań ze względu na mniejszą liczbę przypadków szpitalnego zapalenia płuc i posocznicy, pomimo podobnej (25%) śmiertelności wewnątrzszpitalnej w obu grupach.

W badaniu Zhu i wsp. [22] porównano grupę 22 chorych na POChP z zaostrzeniem z GCS < 10 z grupą kontrolną składającą się z 21 osób z GCS ≥ 10. Odnotowano podobne wskaźniki śmiertelności szpitalnej (14% vs 14%; $p > 0,05$) i powodzenia NIV (73% vs 68%; $p > 0,05$). Jednak wartości stosowanych ciśnień, czas NIV i długość hospitalizacji były istotnie dłuższe u pacjentów z GCS < 10.

Badania te jednoznacznie wykazały, że wiele opartych na konsensusie „bezwzględnych” przeciwwskazań do NIV należy postrzegać jako „względne”, chociaż w najcięższych postaciach encefalopatii hiperkapnicznej można się spodziewać wzrostu wskaźników niepowodzeń. Ponadto ciężkie powikłania związane z NIV są rzadkie. Większość opublikowanych danych pochodzi jednak z badań prowadzonych przez zespoły z dużym doświadczeniem we wspomaganiu wentylacji i trudno stwierdzić, czy wyniki te można ekstrapolować na inne grupy, o mniejszym doświadczeniu.

Aktualne dowody przeciw stosowaniu NIV u pacjentów z ostrą niewydolnością oddychania z encefalopatią hiperkapniczną

Z drugiej strony istnieją również dowody na to, że w pewnych sytuacjach NIV może być szkodliwa. Niektóre badania wskazują na wysoki odsetek niepowodzeń NIV u chorych z niskim poziomem świadomości. U tych pacjentów — po poddaniu ich początkowo NIV — zachodzi potrzeba zaintubowania w celu wdrożenia IMV. W konsekwencji częściej umierają oni w szpitalu [23, 24]. Zwiększona śmiertelność może wynikać z niewłaściwej wstępnej kwalifikacji kandydatów do NIV i/lub opóźnienia intubacji.

Confalonieri i wsp. [25] oceniali ryzyko niepowodzenia NIV w dużej, niewyselekcjonowanej populacji chorych przyjmowanych na różne oddziały szpitalne mające doświadczenie w prowadzeniu NIV. Autorzy wykorzystali te dane i stworzyli dwie karty oceny ryzyka niepowodzenia NIV: przy przyjęciu i po 2 godzinach od przyjęcia. Niepowodzenie NIV odnotowano u 236 pacjentów (22,9%); spośród nich zmarły 142 osoby (13,7%). Czynniki ryzyka niepowo-

dzenia NIV obejmowały wynik w klasyfikacji APACHE II ≥ 29 , GCS ≤ 14 , pH $< 7,25$ i częstość oddechów ≥ 30 /minutę. U pacjenta z pH $< 7,25$, APACHE II ≥ 29 i GCS ≤ 11 przewidywane ryzyko niepowodzenia wynosiło przy przyjęciu $> 70\%$. Ryzyko to wzrastało do 90%, jeśli te same parametry utrzymywały się po 2 godzinach [25].

Istnieją też dane, które sugerują możliwość wystąpienia dodatkowych powikłań u chorych z nadmiarem wydzieliny. Większość zaostrzeń POChP jest wywołwana przez infekcje układu oddechowego, a zaostrzenia są zwykle związane z obfitą produkcją wydzieliny. W jednym z badań wykazano, że chorzy na POChP z upośledzonym odruchem kaszlowym byli bardziej narażeni na niepowodzenie NIV (do 80%) [26]. W wybranych scenariuszach ryzyko niepowodzenia NIV można zmniejszyć poprzez zainicjowanie wczesnego odsysania wydzieliny za pomocą bronchoskopii wykonywanej podczas NIV przez zespół ekspertów [27, 28]. W badaniu przeprowadzonym przez Scalę i wsp. 28 bronchoskopii wykonano $18,5 \pm 6,9$ minuty po rozpoczęciu NIV i trwały one $7,8 \pm 3,1$ minuty, pozwalając na usunięcie 23 ± 18 ml wydzieliny z dróg oddechowych [28]. Mimo że w badanej grupie zarówno KMS, jak i wydolność kaszlowa po 2 godzinach uległy znacznej poprawie, brak powodzenia NIV odnotowano u 3 spośród 15 pacjentów (20%). W porównaniu z grupą IMV śmiertelność szpitalna, długość hospitalizacji i czas trwania wentylacji były u pacjentów z grupy NIV podobne.

Podsumowując, można stwierdzić, że brak współpracy w przypadku pobudzonych pacjentów może ograniczać powodzenie NIV [29]. Zastosowanie środka uspokajającego i przeciwbólowego w celu uzyskania „świadomej sedacji” może zmniejszyć dyskomfort chorego i poprawić wymianę gazową, bez istotnego wpływu na czynność oddechową lub stan hemodynamiczny [30]. Potrzebna jest jednak większa liczba kontrolowanych badań, aby wyjaśnić wskazania do sedacji podczas NIV.

Uzasadnienie stosowania NIV u pacjentów z ostrą hipoksemiczną niewydolnością oddychania i zmienionym poziomem świadomości

W tej części zostaną przeprowadzone rozważania dotyczące pacjentów bez hiperkapni, ze zmienionym poziomem przytomności, u których występują objawy związane z zaburzeniami funkcji umysłowych, które pojawiły się w wyniku niedotlenienia lub posocznicy. Hipoksemia bez hiperkapni u pacjentów ze zmienionym poziomem świadomości to zespół charakteryzujący

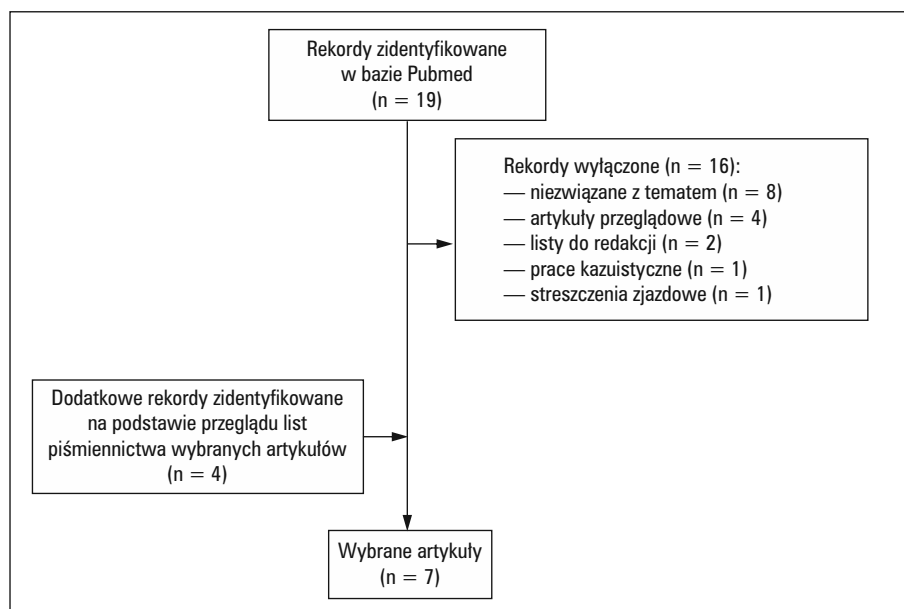
się dysfunkcją mózgu spowodowaną niedotlenieniem i niedokrwieniem wynikającym z ostrej hipoksemicznej niewydolności oddychania. Encefalopatia septyczna jest z kolei zespołem upośledzonego stanu psychicznego z różnymi objawami klinicznymi, od łagodnego „przymglenia” świadomości do głębokiej śpiączki, którą można zaobserwować u pacjentów z uogólnionym stanem zapalnym. Uważa się, że patofizjologiczne cechy charakterystyczne obejmują rozlane zapalenie układu nerwowego, dysfunkcję naczyń i zaburzenia równowagi neuroprzebieżników prowadzące do bezpośredniego uszkodzenia neuronów komórkowych, upośledzonej autoregulacji i ekscytotoksyczności [31].

Cele stosowania NIV obejmują poprawę natlenienia, zmniejszenie duszności i pracy oddechowej oraz uniknięcie intubacji [32]. Uważa się, że NIV jest korzystna, ponieważ rekrutuje zapadnięte pęcherzyki płucne, zwiększa czynnościową pojemność zalegającą i zmniejsza przeciek płucny. W rezultacie poprawia mechanikę oddychania i wymianę gazową [33].

Hipoksemiczna ostra niewydolność oddychania jest zwykle definiowana jako znaczna hipoksemia ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 200$ mm Hg) i tachypnoe u pacjenta, u którego nie rozpoznano POChP [4]. Zatem hipoksemiczna ostra niewydolność oddychania stanowi wypadkową dużej liczby różnych stanów patologicznych [34]. Jeśli wziąć pod uwagę różnorodność mechanizmów patofizjologicznych prowadzących do ciężkiej hipoksemii, wyciąganie racjonalnych wniosków dotyczących stosowania NIV w hipoksemii wiąże się z poważnymi wyzwaniem.

Według definicji berlińskiej ARDS jest: łagodny, gdy $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ wynosi > 200 i < 300 mm Hg; umiarkowany, gdy $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ wynosi > 100 i ≤ 200 mm Hg; ciężki, gdy $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 100$ mm Hg. Dodatkowo ciśnienie końcowowdechowe (PEEP, *positive and expiratory pressure*), które może być dostarczane przez wentylację nieinwazyjną, może istotnie wpływać na $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$. Dlatego do definicji dodano minimalny poziom PEEP (5 cm H₂O) [35].

W badaniu LUNG SAFE, niezależnie od kategorii ciężkości ARDS, 2813 chorych z ARDS leczono metodą NIV lub IMV. W badaniu tym niepowodzenie NIV stwierdzono u 37,5% pacjentów z ARDS i u prawie połowy pacjentów z umiarkowanym i ciężkim ARDS. NIV była związana z większą skorygowaną śmiertelnością na oddziale intensywnej opieki medycznej niż IMV u pacjentów z $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$ mm Hg. Nie było jednak różnicy w śmiertelności szpitalnej [36].



Rycina 2. Schemat procesu wyboru badań, w których wykorzystywano NIV w hipoksemicznej ARF u pacjentów z zaburzeniami przytomności

Według nowej koncepcji istotną rolę może odgrywać „autouszkodzenie płuc”, kiedy spontaniczny energiczny wysiłek oddechowy podejmowany przez pacjentów niezaintubowanych zwiększa uszkodzenie płuc w umiarkowanym lub ciężkim ARDS. Wyższe dodatnie ciśnienie wydechowe w drogach oddechowych (EPAP, *expiratory positive airway pressure*) w NIV może zredukować obszar niedodmy w płucach, zmniejszyć siłę generowaną przez spontaniczny wysiłek i często poprawia wymianę gazową. Jednak nawet w trybie NIV z kontrolowaną objętością spontaniczny wysiłek może nasilić uszkodzenie płuc poprzez zwiększenie ich miejscowego obciążenia i nadmierne ich rozciągnięcie [37].

W związku z tym stosowanie NIV u pacjentów z ciężką hipoksemiczną ostrą niewydolnością oddychania jest kontrowersyjne [6, 38]. W większości opublikowanych prac skupiano się na typowych stanach klinicznych związanych z hipokseją, takich jak ostry obrzęk płuc i zapalenie płuc [39]. W innych badaniach koncentrowano się na stosowaniu NIV u pacjentów z ciężką hipokseją spowodowaną ARDS [36, 40].

Aktualne dowody na skuteczność NIV w ostrej hipoksemicznej niewydolności oddychania u pacjentów w zmienionym stanie świadomości

Dokonano przeglądu opublikowanych badań, których celem była ocena zastosowania NIV jako interwencji pierwszego rzutu w ostrej hipokse-

micznej niewydolności oddychania w celu uniknięcia intubacji dotchawiczej. Z większości badań wykluczono jednak chorych ze zmienionym stanem świadomości. Nie uwzględniono badań nad pacjentami ze zmienionym stanem psychicznym spowodowanym pierwotnymi chorobami neurologicznymi (np. udarem) lub przyczynami metabolicznymi/toksycznymi (ryc. 2, tab. 2).

Tylko w jednym badaniu porównywano skuteczność NIV w ostrej hipoksemicznej niewydolności oddychania u pacjentów ze zmienionym poziomem świadomości (GCS 9–14) i u pacjentów z niezaburzonym stanem świadomości [41]. Chorych podzielono na dwie grupy — według obecności encefalopatii (66 osób) lub jej braku (82 osoby). Pacjenci z encefalopatią byli starsi (mediana 72 vs 78 lat; $p = 0,02$), uzyskali wyższy wynik w klasyfikacji APACHE II (18 vs 19; $p = 0,02$) i cechowali się wyższym poziomem wdechowego dodatniego ciśnienia w drogach oddechowych (IPAP, *inspiratory positive airway pressure*). Nie stwierdzono istotnych różnic między grupami pod względem wskaźników niepowodzenia NIV (24% vs 30%; $p = 0,4$) i śmiertelności wewnątrzszpitalnej (13% vs 16%; $p = 0,3$), jednak należy pamiętać, że badanie miało charakter retrospektywny i nie było prawidłowo zbalansowane.

Dane z innych badań muszą być brane pod uwagę z ostrożnością, ponieważ kryteria wykluczenia nie obejmowały oceny poziomu świadomości. Zmiany w poziomie świadomości nie były

Tabela 2. Aktualne dane naukowe przemawiające za stosowaniem wentylacji nieinwazyjnej (NIV, *non-invasive ventilation*) w hipoksemicznej ostrej niewydolności oddychania u pacjentów ze zmienionym poziomem świadomości

Autor, rok	Pacjenci i cel badania	Poziom przytomności	Rodzaj badania	Wyniki	Ograniczenia
Kogo i wsp., 2018 [41]	148 pacjentów, ocena skuteczności NIV w stanie lekko zmienionej świadomości	GCS 9–14 vs GCS 15	Badanie retrospektywne	Brak istotnych różnic w zakresie niepowodzenia NIV i śmiertelności wewnątrzszpitalnej	Badanie retrospektywne
Ferrer i wsp., 2003 [42]	105 pacjentów z ciężką ARF, NIV vs tlenoterapia	GCS 12–15	Prospektywne, randomizowane, kontrolowane, porównanie tlenoterapii z NIV	NIV poprawiała utlenowanie, śmiertelność i zmniejszała wskaźniki intubacji	Trudność w prawidłowym zaślepieniu, względna niejednorodność pacjentów
L'Her i wsp., 2004 [43]	89 pacjentów z kardiogenym obrzękiem płuc, CPAP vs leczenie standardowe	GCS 8–15	Prospektywne, losowe, odślepione	Zmniejszenie wczesnej śmiertelności po 48 godzinach i ETI	Zaślepienie niemożliwe
Patel i wsp., 2016 [44]	83 pacjentów z ARDS, hełm vs maska twarzowa	GCS 8–15	Jednoośrodkowe, randomizowane badanie kliniczne	Zmniejszenie wskaźników intubacji i 90-dniowej śmiertelności dzięki NIV z zastosowaniem hełmu	Zaślepienie niemożliwe
Hilbert i wsp., 2001 [45]	52 pacjentów z immunosupresją, NIV vs leczenie standardowe	GCS 9–15	Prospektywne, randomizowane	Redukcja ETI, poważnych powikłań i śmiertelności	Zaślepienie niemożliwe, badanie jednoośrodkowe
Duan i wsp., 2017 [48]	358 pacjentów w kohorcie walidacyjnej, opracowanie skali do przewidywania niepowodzenia NIV w hipoksemicznej ARF	GCS przy powodzeniu NIV $14,8 \pm 0,6$ vs $14,3 \pm 1,6$ przy niepowodzeniu NIV	Prospektywne badanie obserwacyjne	Niepowodzenie NIV było związane z niższym wynikiem GCS	Badania obserwacyjne
Thille i wsp., 2013 [49]	113 pacjentów, ocena częstości i czynników predykcyjnych niepowodzenia NIV	GCS przy powodzeniu NIV $14,9 \pm 0,5$ vs $14,6 \pm 1,2$ przy niepowodzeniu NIV	Obserwacyjne badanie kohortowe	Niepowodzenie NIV było związane z niższym wynikiem GCS	Badanie jednoośrodkowe, jednostka z wieloletnim doświadczeniem w stosowaniu NIV

ARDS (*acute respiratory distress syndrome*) — zespół ostrej niewydolności oddechowej; ARF (*acute respiratory failure*) — ostra niewydolność oddechowa; CPAP (*continuous positive airway pressure*) — ciągłe dodatnie ciśnienie w drogach oddechowych ETI (*endotracheal intubation*) — intubacja dotchawicza GCS (*Glasgow Coma Scale*) — skala śpiączki Glasgow

także pierwszorzędownymi ani drugorzędownymi punktami końcowymi tych badań.

W randomizowanym badaniu klinicznym Ferrer i wsp. [42] porównali skuteczność NIV i maski Venturiego (FiO₂ 50%) w zakresie przeżycia i uniknięcia intubacji u 105 pacjentów z GCS 12–15 i hipoksemiczną ostrą niewydolnością oddychania. W analizie wieloczynnikowej NIV była niezależnie związana z mniejszym ryzykiem intubacji [iloraz szans (OR, *odds ratio*) 0,20; *p* = 0,003] i 90-dniowej śmiertelności (OR 0,39; *p* = 0,017).

W badaniu, w którym uczestniczyli pacjenci z kardiogenym obrzękiem płuc z ostrą hipoksemiczną niewydolnością oddychania i łagodnym zaburzeniem świadomości (GCS 8–15), stałe dodatnie ciśnienie w drogach oddechowych (CPAP, *continuous positive airway pressure*) znacząco poprawiło śmiertelność po 48 godzinach (7% vs 24%; *p* = 0,017) i zmniejszyło potrzebę intubacji (9% vs

30%; *p* = 0,001). Nie było jednak poprawy w zakresie śmiertelności wewnątrzszpitalnej w porównaniu ze standardową opieką medyczną [43].

Patel i wsp. przeprowadzili badanie obejmujące chorych z ARDS z GCS 8–15 poddanych randomizacji do leczenia NIV w hełmie lub masce twarzowej. U pacjentów w grupie z hełmem (w porównaniu z maską twarzową) wykazano mniejszą potrzebę intubacji (18,2% vs 61,5%; *p* < 0,001) i wyższy wskaźnik przeżycia po 90 dniach od randomizacji (34,1% vs 56,4%; *p* = 0,02) [44]. Jednak, pacjenci, u których stosowano hełm, cechowali się znacznie wyższym EPAP i niższym wspomaganie ciśnieniowym w porównaniu z grupą, w której stosowano maski, co mogło mieć wpływ na wyniki końcowe.

Hilbert i wsp. opublikowali badanie porównujące stosowanie NIV ze standardowym leczeniem tlenem u pacjentów z obniżoną odpornością, z ostrą hipoksemiczną niewydolnością oddy-

chania, w tym z lekkiego stopnia zaburzeniem świadomości (GCS 9–15). Badanie to wykazało, że NIV może wyeliminować potrzebę intubacji w tej populacji (46% vs. 77%; $p = 0,03$) i zmniejszyć śmiertelność wewnątrzszpitalną (50% vs 81%; $p = 0,02$) [45].

Podsumowując, można stwierdzić, że aktualna literatura jest niewystarczająca, aby jednoznacznie ocenić skuteczność NIV w porównaniu z innymi metodami leczenia chorych z ostrą niewydolnością oddychania z hipokseміą bez hiperkapni, którzy jednocześnie cechują się zmienionym poziomem świadomości.

Aktualne dowody przeciwko stosowaniu NIV w ostrej hipoksemicznej niewydolności oddychania u pacjentów w zmienionym stanie świadomości

Opóźniona intubacja u pacjentów poddawanych próbom NIV może prowadzić do zwiększonej śmiertelności [46, 47]. We wcześniejszym badaniu uzyskano przydatną skalę (HACOR, *heart rate, acidosis, consciousness, oxygenation, and respiratory rate* — tętno, kwasica, świadomość, utlenowanie i częstość oddechów) do przewidywania niepowodzenia NIV u pacjentów z występującą *de novo* ostrą hipoksemiczną niewydolnością oddychania [48]. W tej skali stanowi świadomości przypisuje się największą wagę spośród wszystkich czynników ryzyka niepowodzenia NIV. Pacjenci z wyższymi wynikami w skali HACOR byli bardziej narażeni na niepowodzenie NIV. Jeśli chodzi o świadomość, wynik HACOR 0 przypisuje się GCS 15, 2 — GCS 13–14, 5 — GCS 11–12 i 10 — GCS ≤ 10 . W tym badaniu u pacjentów z wynikiem w skali HACOR > 5 ryzyko niepowodzenia NIV sięgało nawet 80%. Dlatego u pacjentów z niskim poziomem świadomości NIV musi być stosowana ostrożnie, zwłaszcza u chorych z GCS ≤ 10 .

W obserwacyjnym badaniu kohortowym Thille i wsp. [49] ocenili częstość i czynniki predykcyjne niepowodzenia NIV u chorych przyjętych na oddział intensywnej opieki medycznej z powodu ostrej hipoksemicznej niewydolności oddychania. Spośród 113 pacjentów otrzymujących NIV u 82 rozpoznano ARDS, a u 31 nie stwierdzono ARDS. Wskaźniki intubacji różniły się istotnie między pacjentami bez ARDS i z ARDS (35% vs 61%; $p = 0,015$) w zależności od jego nasilenia klinicznego. Niepowodzenie NIV wiązało się z aktywną chorobą nowotworową, wstrząsem, umiarkowanym/ciężkim ARDS, niższym EPAP na początku NIV i niższym wynikiem w skali GCS ($p = 0,018$).

W rzeczywistości najnowsze wytyczne praktyki klinicznej ERS/ATS dotyczące NIV nie zawierają zaleceń odnośnie stosowania NIV w przypadku występującej *de novo* ostrej niewydolności oddychania z hipokseміą [4]. Jest to uzasadnione, po pierwsze, faktem, że po ustaniu NIV zanikają uzyskiwane wcześniej pozytywne efekty w zakresie rekrutacji pęcherzyków płucnych i utlenowania. Po drugie, podczas NIV objętość oddechowa pacjenta wynika z ciśnień podawanych przez respirator połączonych z ciśnieniem wytwarzanym przez mięśnie oddechowe, generowanym przez napęd oddechowy chorego. Ze względu na ten mechanizm objętość oddechowa jest często duża i może powodować uszkodzenie płuc wywołane przez respirator, co jest sprzeczne z zamierzonymi celami wentylacji chroniącej płuca (mała objętość oddechowa 6 ml/kg przewidywanej masy ciała) [32]. Na koniec warto wspomnieć, że w randomizowanym badaniu kontrolowanym stosowanie kaniuli donosowej o dużym przepływie wykazało korzyści w zakresie przeżycia pacjentów w porównaniu z NIV i standardową tlenoterapią w leczeniu ostrej hipoksemicznej niewydolności oddychania [50].

Podsumowanie

Ogólne podsumowanie przeanalizowanych badań przemawia za stosowaniem NIV jako terapii wspomagającej u pacjentów z encefalopatią hiperkapniczną, ponieważ zmniejsza ona częstość powikłań, potrzebę intubacji, długość hospitalizacji i śmiertelność w porównaniu z IMV. Chorzy z ostrą hiperkapniczną niewydolnością oddychania i zaburzeniami świadomości mogą być leczeni NIV, jednak wyniki te wydają się bardziej odpowiednie dla określonych populacji pacjentów, w tym chorych z ostrym obrzękiem płuc, POChP i otyłością, niż dla pacjentów ze stanami takimi jak ARDS lub zapalenie płuc. Obowiązkowe jest również ścisłe monitorowanie chorego, ponieważ poprawa gazometrii w ciągu pierwszych godzin koreluje z powodzeniem NIV (tab. 3).

Dane dotyczące skuteczności NIV u pacjentów z ostrą hipoksemiczną niewydolnością oddychania i zmienionym poziomem świadomości są bardziej kontrowersyjne, jeśli weźmie się pod uwagę różnorodność przeanalizowanych badań oraz fakt, że z wielu badań wykluczono chorych ze zmianami stanu psychicznego. Przeanalizowane badania nie dostarczają dowodów na poparcie lub odrzucenie rutynowego stosowania NIV u pacjentów z hipoksemiczną ostrą niewydolnością oddychania i zmienionym poziomem świadomości.

Tabela 3. Zalety i wady stosowania wentylacji nieinwazyjnej (NIV, *non-invasive ventilation*) zamiast inwazyjnej wentylacji mechanicznej (IMV, *invasive mechanical ventilation*) u chorych z encefalopatią hiperkapniczną

Zalety	Wady
Mniej powikłań	Korzyści maleją przy niższym poziomie świadomości
Mniejszy koszt	Korzyści są bardziej znaczące w ostrym obrzęku płuc, POChP i otyłości niż w ARDS lub zapaleniu płuc
Mniejsza śmiertelność	
Krótsza hospitalizacja i na oddziale intensywnej opieki medycznej	

ARDS (*acute respiratory distress syndrome*) — zespół ostrej niewydolności oddechowej; POChP — przewlekła obturacyjna choroba płuc

mości. Wydaje się jednak, że ryzyko niepowodzenia NIV wzrasta wraz ze spadkiem poziomu świadomości. Potrzebne jest wieloośrodkowe, randomizowane i kontrolowane badanie kliniczne w celu wyjaśnienia, czy NIV przynosi korzyści w porównaniu z innymi metodami leczenia wspomagającego w odniesieniu do klinicznie ważnych czynników, takich jak wskaźnik intubacji, śmiertelność, długość hospitalizacji/pobytu na oddziale intensywnej opieki medycznej i innych przydatnych klinicznie parametrów (tab. 4).

We wszystkich przypadkach istotną rolę odgrywają: duże doświadczenie kliniczne w stosowaniu NIV, tolerancja pacjenta i wybór najbardziej odpowiednich interfejsów. Podczas stosowania NIV stan kliniczny chorego musi być uważnie monitorowany. Lekarze muszą się upewnić, że NIV nie opóźnia intubacji u pacjentów, których stan się pogarsza podczas leczenia NIV. Właściwe monitorowanie chorego ma kluczowe znaczenie dla bezpiecznego rozpoczęcia i dostosowania parametrów NIV. Umiejętność stosowania NIV i jego ograniczenie do wysoce monitorowanych warunków klinicznych są krytycznymi czynnikami, które należy wziąć pod uwagę, aby zapewnić optymalne wykorzystanie NIV i bezpieczeństwo pacjenta.

Konflikt interesów

Nie zgłoszono.

Piśmiennictwo:

- Keenan SP, Sinuff T, Cook DJ, et al. Which patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease benefit from noninvasive positive-pressure ventilation? A systematic review of the literature. *Ann Intern Med.* 2003; 138(11):

Tabela 4. Zalety i wady stosowania NIV zamiast IMV u pacjentów z hopoksemiczną ostrą niewydolnością oddychania z zaburzeniami przytomności

Zalety	Wady
Mniej powikłań	Niepowodzenie NIV związane z aktywnym nowotworem, wstrząsem, umiarkowanym/ciężkim ARDS Niższe EPAP przy rozpoczęciu NIV i niższy wynik w GCS
Mniejszy koszt	Wyższe ryzyko niepowodzenia NIV, gdy GCS ≤ 10

ARDS (*acute respiratory distress syndrome*) — zespół ostrej niewydolności oddechowej; EPAP (*expiratory positive airway pressure*) — dodatnie ciśnienie wydechowe w drogach oddechowych; GCS (*Glasgow Coma Scale*) — skala śpiączki Glasgow; IMV (*invasive mechanical ventilation*) — inwazyjna wentylacja mechaniczna; NIV (*non-invasive ventilation*) — wentylacja nieinwazyjna

- 861–870, doi: [10.7326/0003-4819-138-11-200306030-00007](https://doi.org/10.7326/0003-4819-138-11-200306030-00007), indexed in Pubmed: [12779296](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12779296/).
- Lightowler JV, Wedzicha JA, Elliott MW, et al. Non-invasive positive pressure ventilation to treat respiratory failure resulting from exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: Cochrane systematic review and meta-analysis. *BMJ.* 2003; 326(7382): 185, doi: [10.1136/bmj.326.7382.185](https://doi.org/10.1136/bmj.326.7382.185), indexed in Pubmed: [12543832](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12543832/).
- Lopez-Campos JL, Garcia Polo C, Leon Jimenez A, et al. Staff training influence on non-invasive ventilation outcome for acute hypercapnic respiratory failure. *Monaldi Arch Chest Dis.* 2006; 65(3): 145–151, doi: [10.4081/monaldi.2006.560](https://doi.org/10.4081/monaldi.2006.560), indexed in Pubmed: [17220104](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17220104/).
- Rochweg B, Brochard L, Elliott MW, et al. Official ERS/ATS clinical practice guidelines: noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Eur Respir J.* 2017; 50(2), doi: [10.1183/13993003.02426-2016](https://doi.org/10.1183/13993003.02426-2016), indexed in Pubmed: [28860265](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28860265/).
- Chawla R, Dixit SB, Zirpe KG, et al. ISCCM guidelines for the use of non-invasive ventilation in acute respiratory failure in adult icus. *Indian J Crit Care Med.* 2020; 24(Suppl 1): S61–S81, doi: [10.5005/jp-journals-10071-G23186](https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-G23186), indexed in Pubmed: [32205957](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32205957/).
- Antonelli M, Conti G, Rocco M, et al. A comparison of noninvasive positive-pressure ventilation and conventional mechanical ventilation in patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med.* 1998; 339(7): 429–435, doi: [10.1056/NEJM199808133390703](https://doi.org/10.1056/NEJM199808133390703), indexed in Pubmed: [9700176](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9700176/).
- Mehta S, Hill NS. Noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001; 163(2): 540–577, doi: [10.1164/ajrccm.163.2.9906116](https://doi.org/10.1164/ajrccm.163.2.9906116), indexed in Pubmed: [11179136](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11179136/).
- Evans TW. International Consensus Conferences in icine: non-invasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. Organised jointly by the American Thoracic Society, the European Respiratory Society, the European Society of icine, and the Societe de Reanimation de Langue Francaise, and approved by the ATS Board of Directors, December 2000. *Intensive Care Med.* 2001; 27(1): 166–178.
- Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet.* 1974; 2(7872): 81–84, doi: [10.1016/s0140-6736\(74\)91639-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(74)91639-0), indexed in Pubmed: [4136544](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4136544/).
- Kelly BJ, Matthay MA. Prevalence and severity of neurologic dysfunction in critically ill patients. Influence on need for continued mechanical ventilation. *Chest.* 1993; 104(6): 1818–1824, doi: [10.1378/chest.104.6.1818](https://doi.org/10.1378/chest.104.6.1818), indexed in Pubmed: [8252971](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8252971/).
- Scala R. Hypercapnic encephalopathy syndrome: a new frontier for non-invasive ventilation? *Respir Med.* 2011; 105(8): 1109–1117, doi: [10.1016/j.rmed.2011.02.004](https://doi.org/10.1016/j.rmed.2011.02.004), indexed in Pubmed: [21354774](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21354774/).
- Honrubia T, García López FJ, Franco N, et al. Noninvasive vs conventional mechanical ventilation in acute respiratory fa-

- ilure: a multicenter, randomized controlled trial. *Chest*. 2005; 128(6): 3916–3924, doi: [10.1378/chest.128.6.3916](https://doi.org/10.1378/chest.128.6.3916), indexed in Pubmed: [16354864](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16354864/).
13. Gay PC. Complications of noninvasive ventilation in acute care. *Respir Care*. 2009; 54(2): 246–258.
 14. Bitnar P, Stovicek J, Andel R, et al. Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease. *J Bodyw Mov Ther*. 2016; 20(3): 518–524, doi: [10.1016/j.jbmt.2015.12.002](https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.002), indexed in Pubmed: [27634073](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27634073/).
 15. Pandolfino JE, Gawron AJ. Achalasia: a systematic review. *JAMA*. 2015; 313(18): 1841–1852, doi: [10.1001/jama.2015.2996](https://doi.org/10.1001/jama.2015.2996), indexed in Pubmed: [25965233](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25965233/).
 16. Lemyze M, De Palleja G, Guiot A, et al. Outcome of frail do-not-intubate subjects with end-stage chronic respiratory failure and their opinion of noninvasive ventilation to reverse hypercapnic coma. *Respir Care*. 2019; 64(9): 1023–1030, doi: [10.4187/respcare.06346](https://doi.org/10.4187/respcare.06346), indexed in Pubmed: [30890633](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30890633/).
 17. Mas A, Masip J. Noninvasive ventilation in acute respiratory failure. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2014; 9: 837–852, doi: [10.2147/COPD.S42664](https://doi.org/10.2147/COPD.S42664), indexed in Pubmed: [25143721](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25143721/).
 18. Corrado A, De Paola E, Gorini M, et al. Intermittent negative pressure ventilation in the treatment of hypoxic hypercapnic coma in chronic respiratory insufficiency. *Thorax*. 1996; 51(11): 1077–1082, doi: [10.1136/thx.51.11.1077](https://doi.org/10.1136/thx.51.11.1077), indexed in Pubmed: [8958888](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8958888/).
 19. Briones Claudett KH, Briones Claudett MH, Chung Sang Wong MA, et al. Noninvasive mechanical ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease and severe hypercapnic neurological deterioration in the emergency room. *Eur J Emerg Med*. 2008; 15(3): 127–133, doi: [10.1097/MEJ.0b013e3282f08d08](https://doi.org/10.1097/MEJ.0b013e3282f08d08), indexed in Pubmed: [18460951](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18460951/).
 20. Diaz GG, Alcaraz AC, Talavera JC, et al. Noninvasive positive-pressure ventilation to treat hypercapnic coma secondary to respiratory failure. *Chest*. 2005; 127(3): 952–960, doi: [10.1378/chest.127.3.952](https://doi.org/10.1378/chest.127.3.952), indexed in Pubmed: [15764781](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15764781/).
 21. Scala R, Nava S, Conti G, et al. Noninvasive versus conventional ventilation to treat hypercapnic encephalopathy in chronic obstructive pulmonary disease. *Intensive Care Med*. 2007; 33(12): 2101–2108, doi: [10.1007/s00134-007-0837-2](https://doi.org/10.1007/s00134-007-0837-2), indexed in Pubmed: [17874232](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17874232/).
 22. Zhu Gf, Zhang W, Zong H, et al. Effectiveness and safety of noninvasive positive-pressure ventilation for severe hypercapnic encephalopathy due to acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: a prospective case-control study. *Chin Med J (Engl)*. 2007; 120(24): 2204–2209, indexed in Pubmed: [18167203](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18167203/).
 23. Chandra D, Stamm JA, Taylor B, et al. Outcomes of noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease in the United States, 1998–2008. *Am J Respir Crit Care Med*. 2012; 185(2): 152–159, doi: [10.1164/rccm.201106-1094OC](https://doi.org/10.1164/rccm.201106-1094OC), indexed in Pubmed: [22016446](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22016446/).
 24. Stefan MS, Nathanson BH, Higgins TL, et al. Comparative effectiveness of noninvasive and invasive ventilation in critically ill patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Crit Care Med*. 2015; 43(7): 1386–1394, doi: [10.1097/CCM.0000000000000945](https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000000945), indexed in Pubmed: [25768682](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25768682/).
 25. Confalonieri M, Garuti G, Cattaruzza MS, et al. Italian noninvasive positive pressure ventilation (NPPV) study group. A chart of failure risk for noninvasive ventilation in patients with COPD exacerbation. *Eur Respir J*. 2005; 25(2): 348–355, doi: [10.1183/09031936.05.00085304](https://doi.org/10.1183/09031936.05.00085304), indexed in Pubmed: [15684302](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15684302/).
 26. Fan L, Zhao Q, Liu Y, et al. Semiquantitative cough strength score and associated outcomes in noninvasive positive pressure ventilation patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Med*. 2014; 108(12): 1801–1807, doi: [10.1016/j.rmed.2014.10.001](https://doi.org/10.1016/j.rmed.2014.10.001), indexed in Pubmed: [25459451](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25459451/).
 27. Wang J, Cui Z, Liu S, et al. Early use of noninvasive techniques for clearing respiratory secretions during noninvasive positive-pressure ventilation in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease and hypercapnic encephalopathy: A prospective cohort study. *Medicine (Baltimore)*. 2017; 96(12): e6371, doi: [10.1097/MD.00000000000006371](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000006371), indexed in Pubmed: [28328824](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28328824/).
 28. Scala R, Naldi M, Maccari U. Early fiberoptic bronchoscopy during non-invasive ventilation in patients with decompensated chronic obstructive pulmonary disease due to community-acquired-pneumonia. *Crit Care*. 2010; 14(2): R80, doi: [10.1186/cc8993](https://doi.org/10.1186/cc8993), indexed in Pubmed: [20429929](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20429929/).
 29. Scala R. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure with altered consciousness syndrome: a bargain or a hazard? *Minerva Anestesiol*. 2013; 79(11): 1291–1299, indexed in Pubmed: [23719655](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23719655/).
 30. Huang Z, Chen Ys, Yang Zl, et al. Dexmedetomidine versus midazolam for the sedation of patients with non-invasive ventilation failure. *Intern Med*. 2012; 51(17): 2299–2305, doi: [10.2169/internalmedicine.51.7810](https://doi.org/10.2169/internalmedicine.51.7810), indexed in Pubmed: [22975538](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22975538/).
 31. Tauber SC, Eiffert H, Brück W, et al. Fungal encephalitis in human autopsy cases is associated with extensive neuronal damage but only minimal repair. *Neuropathol Appl Neurobiol*. 2014; 40(5): 610–627, doi: [10.1111/nan.12044](https://doi.org/10.1111/nan.12044), indexed in Pubmed: [23517274](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23517274/).
 32. Scala R, Pisani L. Noninvasive ventilation in acute respiratory failure: which recipe for success? *Eur Respir Rev*. 2018; 27(149), doi: [10.1183/16000617.0029-2018](https://doi.org/10.1183/16000617.0029-2018), indexed in Pubmed: [29997247](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29997247/).
 33. Bello G, De Pascale G, Antonelli M, et al. Noninvasive ventilation for the immunocompromised patient: always appropriate? *Curr Opin Crit Care*. 2012; 18(1): 54–60, doi: [10.1097/MCC.0b013e32834e7c21](https://doi.org/10.1097/MCC.0b013e32834e7c21), indexed in Pubmed: [22143051](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22143051/).
 34. Narendra DK, Hess DR, Sessler CN, et al. Update in management of severe hypoxemic respiratory failure. *Chest*. 2017; 152(4): 867–879, doi: [10.1016/j.chest.2017.06.039](https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.06.039), indexed in Pubmed: [28716645](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28716645/).
 35. Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, et al. ARDS Definition Task Force. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition. *JAMA*. 2012; 307(23): 2526–2533, doi: [10.1001/jama.2012.5669](https://doi.org/10.1001/jama.2012.5669), indexed in Pubmed: [22797452](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22797452/).
 36. Bellani G, Laffey JG, Pham T, et al. LUNG SAFE Investigators, ESICM Trials Group. Noninvasive ventilation of patients with acute respiratory distress syndrome. Insights from the LUNG SAFE study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017; 195(1): 67–77, doi: [10.1164/rccm.201606-1306OC](https://doi.org/10.1164/rccm.201606-1306OC), indexed in Pubmed: [27753501](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27753501/).
 37. Yoshida T, Grieco DL, Brochard L, et al. Patient self-inflicted lung injury and positive end-expiratory pressure for safe spontaneous breathing. *Curr Opin Crit Care*. 2020; 26(1): 59–65, doi: [10.1097/MCC.0000000000000691](https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000691), indexed in Pubmed: [31815775](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31815775/).
 38. Xu XP, Zhang XC, Hu SL, et al. Noninvasive ventilation in acute hypoxemic nonhypercapnic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med*. 2017; 45(7): e727–e733, doi: [10.1097/CCM.0000000000002361](https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000002361), indexed in Pubmed: [28441237](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28441237/).
 39. Antonelli M, Conti G, Moro ML, et al. Predictors of failure of noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute hypoxemic respiratory failure: a multi-center study. *Intensive Care Med*. 2001; 27(11): 1718–1728, doi: [10.1007/s00134-001-1114-4](https://doi.org/10.1007/s00134-001-1114-4), indexed in Pubmed: [11810114](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11810114/).
 40. Bernard GR, Artigas A, Brigham KL, et al. Report of the American-European consensus conference on ARDS: definitions, mechanisms, relevant outcomes and clinical trial coordination. The Consensus Committee. *Intensive Care Med*. 1994; 20(3): 225–232, doi: [10.1007/BF01704707](https://doi.org/10.1007/BF01704707), indexed in Pubmed: [8014293](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8014293/).
 41. Kogo M, Nagata K, Morimoto T, et al. What is the impact of mildly altered consciousness on acute hypoxemic respiratory failure with non-invasive ventilation? *Intern Med*. 2018; 57(12): 1689–1695, doi: [10.2169/internalmedicine.9355-17](https://doi.org/10.2169/internalmedicine.9355-17), indexed in Pubmed: [29434147](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29434147/).
 42. Ferrer M, Esquinas A, Leon M, et al. Noninvasive ventilation in severe hypoxemic respiratory failure: a randomized clinical trial. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003; 168(12): 1438–1444, doi: [10.1164/rccm.200301-072OC](https://doi.org/10.1164/rccm.200301-072OC), indexed in Pubmed: [14500259](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14500259/).

43. L'Her E, Duquesne F, Girou E, et al. Noninvasive continuous positive airway pressure in elderly cardiogenic pulmonary edema patients. *Intensive Care Med.* 2004; 30(5): 882–888, doi: [10.1007/s00134-004-2183-y](https://doi.org/10.1007/s00134-004-2183-y), indexed in Pubmed: [14991092](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14991092/).
44. Patel BK, Wolfe KS, Pohlman AS, et al. 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.* 2016; 315(22): 2435–2441, doi: [10.1001/jama.2016.6338](https://doi.org/10.1001/jama.2016.6338), indexed in Pubmed: [27179847](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27179847/).
45. Hilbert G, Gruson D, Vargas F, et al. Noninvasive ventilation in immunosuppressed patients with pulmonary infiltrates, fever, and acute respiratory failure. *N Engl J Med.* 2001; 344(7): 481–487, doi: [10.1056/NEJM200102153440703](https://doi.org/10.1056/NEJM200102153440703), indexed in Pubmed: [11172189](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11172189/).
46. Esteban A, Frutos-Vivar F, Ferguson ND, et al. Noninvasive positive-pressure ventilation for respiratory failure after extubation. *N Engl J Med.* 2004; 350(24): 2452–2460, doi: [10.1056/NEJMoa032736](https://doi.org/10.1056/NEJMoa032736), indexed in Pubmed: [15190137](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15190137/).
47. Kikuchi T, Toba S, Sekiguchi Y, et al. Protocol-based noninvasive positive pressure ventilation for acute respiratory failure. *J Anesth.* 2011; 25(1): 42–49, doi: [10.1007/s00540-010-1051-x](https://doi.org/10.1007/s00540-010-1051-x), indexed in Pubmed: [21153036](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21153036/).
48. Duan J, Han X, Bai L, et al. Assessment of heart rate, acidosis, consciousness, oxygenation, and respiratory rate to predict noninvasive ventilation failure in hypoxemic patients. *Intensive Care Med.* 2017; 43(2): 192–199, doi: [10.1007/s00134-016-4601-3](https://doi.org/10.1007/s00134-016-4601-3), indexed in Pubmed: [27812731](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27812731/).
49. Thille AW, Contou D, Fragnoli C, et al. Non-invasive ventilation for acute hypoxemic respiratory failure: intubation rate and risk factors. *Crit Care.* 2013; 17(6): R269, doi: [10.1186/cc13103](https://doi.org/10.1186/cc13103), indexed in Pubmed: [24215648](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24215648/).
50. Coudroy R, Frat JP, Ehrmann S, et al. REVA Network, REVA network, FLORALI Study Group, REVA Network. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. *N Engl J Med.* 2015; 372(23): 2185–2196, doi: [10.1056/NEJMoa1503326](https://doi.org/10.1056/NEJMoa1503326), indexed in Pubmed: [25981908](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25981908/).
51. Contou D, Fragnoli C, Córdoba-Izquierdo A, et al. Noninvasive ventilation for acute hypercapnic respiratory failure: intubation rate in an experienced unit. *Respir Care.* 2013; 58(12): 2045–2052, doi: [10.4187/respcare.02456](https://doi.org/10.4187/respcare.02456), indexed in Pubmed: [23737546](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23737546/).
52. Briones Claudett KH, Briones Claudett M, Chung Sang Wong M, et al. Noninvasive mechanical ventilation with average volume assured pressure support (AVAPS) in patients with chronic obstructive pulmonary disease and hypercapnic encephalopathy. *BMC Pulm Med.* 2013; 13: 12, doi: [10.1186/1471-2466-13-12](https://doi.org/10.1186/1471-2466-13-12), indexed in Pubmed: [23497021](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23497021/).
53. Scala R, Naldi M, Archinucci I, et al. Noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute exacerbations of COPD and varying levels of consciousness. *Chest.* 2005; 128(3): 1657–1666, doi: [10.1378/chest.128.3.1657](https://doi.org/10.1378/chest.128.3.1657), indexed in Pubmed: [16162772](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16162772/).
54. Jatoi S, Akhter S, Rizvi N, et al. Standard factors predicting success of Non-invasive ventilation are useful in treating Patients with POST Tuberculosis sequel. *J Pak Med Assoc.* 2019; 69(8): 1146–1149, indexed in Pubmed: [31431769](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31431769/).
55. Scarpazza P, Incorvaia C, Melacini C, et al. Shrinking the room for invasive ventilation in hypercapnic respiratory failure. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2013; 8: 135–137, doi: [10.2147/COPD.S41374](https://doi.org/10.2147/COPD.S41374), indexed in Pubmed: [23516004](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23516004/).
56. van Gemert JP, Brijker F, van Gemert JP, et al. Intubation after noninvasive ventilation failure in chronic obstructive pulmonary disease: associated factors at emergency department presentation. *Eur J Emerg Med.* 2015; 22(1): 49–54, doi: [10.1097/MEJ.000000000000141](https://doi.org/10.1097/MEJ.000000000000141), indexed in Pubmed: [24637440](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24637440/).
57. Ucgun I, Metintas M, Moral H, et al. Predictors of hospital outcome and intubation in COPD patients admitted to the respiratory ICU for acute hypercapnic respiratory failure. *Respir Med.* 2006; 100(1): 66–74, doi: [10.1016/j.rmed.2005.04.005](https://doi.org/10.1016/j.rmed.2005.04.005), indexed in Pubmed: [15890508](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15890508/).
58. Kida Y, Minakata Y, Yamada Y, et al. Efficacy of noninvasive positive pressure ventilation in elderly patients with acute hypercapnic respiratory failure. *Respiration.* 2012; 83(5): 377–382, doi: [10.1159/000328399](https://doi.org/10.1159/000328399), indexed in Pubmed: [21734354](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21734354/).