

Wysokoprzepływowe leczenie tlenem w intensywnej terapii i anestezjologii

High flow oxygen therapy in intensive care and anaesthesiology

Dariusz Maciejewski

*Wydział Nauk o Zdrowiu Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej
Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii Szpitala Wojewódzkiego w Bielsku-Białej*

Abstract

Following the review of the current literature, the principles and practical effects of the application of high-flow oxygen therapy (HFO₂T) among intensive care patients and those subjected to surgical procedures were presented. The results of HFO₂T usage go beyond achieving stable and controlled oxygen concentration in the inspiratory air. Additional effects are associated with obtaining positive pressure during exhalation, CO₂ wash-out and functional reduction of dead space, end-expiratory lung volume increase as a result of micro-atelectasis reduction and improved distribution of tidal volume. As a result of optimal humidification and heating of the inspiratory mixture, resistance of breathing and work of breathing are reduced. The described HFO₂T effects encourage attempts to use it not only as a passive oxygen therapy tool, but also as an alternative device for noninvasive ventilation or early intubation. The range of applications evaluated in the literature includes acute hypoxemic respiratory failure, initial phase of ARDS, COPD, perioperative period and applications during diagnostic processes (gastroscopy, bronchoscopy). A special form of HFO₂T, currently undergoing evaluation, is the adaptation of the method for patients with tracheostomy, which mainly improves the processes of moisturizing the breathing mixture. HFO₂T requires further evaluation in large, randomised trials, however, the effects of use to date are encouraging.

Anestezjologia Intensywna Terapia 2019, tom 51, nr 1, 41–51

Key words: high flow oxygen therapy, oxygen therapy, respiratory failure; hypoxemic respiratory failure, high-flow nasal cannula

Słowa kluczowe: wysokoprzepływowe leczenie tlenem, tlenoterapia, niewydolność oddechowa, hypoksemiczna niewydolność oddechowa; donosowa kaniula wysokoprzepływowa

Tlenoterapia bierna (TB) jest jednym z podstawowych narzędzi poprawy oksygenacji w przypadku narastania objawów ostrej hipoksemicznej niewydolności oddechowej. Zwiększenie stężenia tlenu w powietrzu wdechowym, przy zachowanej aktywności oddechowej pacjenta, jest możliwe do osiągnięcia za pomocą różnych sposobów tlenoterapii biernej (maski nosowe, maski nosowo-twarzowe, cewniki donosowe, hełmy oddechowe i in.), służąc do poprawy prężności O₂ w krwi tętniczej [1, 2]. Jednak zastosowanie tych

urządzeń, w których przepływ tlenu, z powodów technologicznych (konieczność redukcji ciśnienia w sieci szpitalnej), nie przekracza 15 l min⁻¹, w przypadku narastania cech niewydolności oddechowej zwykle związanych ze znacznym zwiększeniem zapotrzebowania chorego na przepływ wdechowy w zakresie 30–120 l min⁻¹, nie pozwala na osiągnięcie większych i stabilnych stężeń tlenu wymienionymi sposobami [1, 3, 4]. Sim i wsp. [5] ocenili wydajność wybranych urządzeń TB u zdrowych ochotników przy przepływie

Należy cytować wersję: Maciejewski D. High flow oxygen therapy in intensive care and anaesthesiology. Anaesthesiol Intensive Ther 2019, vol. 51, no 1, 41–50, doi: 10.5603/AIT.2019.0012.

O_2 12 l min^{-1} . Standardowa maska ustno-nosowa pozwalała na osiągnięcie stężenia tlenu w mieszaninie oddechowej pomiędzy 50% a 60%. Maski bez oddechu zwrotnego, przy znacznym dyskomforcie chorego, pozwalały na zwiększenie tego stężenia do maksymalnie 70% tlenu przy przepływie O_2 15 l min^{-1} . Często stosowane, pojedyncze cewniki donosowe, również ograniczają to stężenie do 40–60% [1]. Drogę podażi donosowej zastosowano dopiero w pierwszych latach XX wieku, mimo że koncepcja leczniczego stosowania tlenu przez maski jest datowana na początki XIX wieku (Thomas Beddoes, 1760–1808). Donosowo podawano tlen, ratując ofiary zatruc gazami bojowymi w trakcie I wojny światowej oraz w latach 20. XX wieku, kiedy to wykorzystywano jego lecznicze działanie wśród pacjentów pediatrycznych, posługując się gumowymi cewnikami o niedużej średnicy (8–10 Fr). Drażniące działanie większych przepływów tlenu na śluzówkę jamy nosowej próbowano ograniczyć, rozdzielając strumień O_2 do każdego z nozdrzy za pomocą gumowej kaniuli typu „Y”. Pomysłodawcą takiego rozwiązania był Alvan Barach (1895–1977) z Columbia University (USA). Podobne urządzenia opracowano w 1925 roku w Wielkiej Brytanii, uzupełniając konstrukcję (w połowie lat trzydziestych XX wieku) metalowymi wzmocnieniami gumowych zakończeń cewników, a także opracowano sposoby pewnego ich mocowania, wykorzystując specjalne taśmy i zmodyfikowane oprawki okularów („okulary tlenowe”). Rozwój technologii tworzyw sztucznych spowodował, że współczesna wersja nowoczesnej, plastikowej, donosowej kaniuli do podaży tlenu pojawiła się w latach czterdziestych XX wieku [6]. Tak opracowane cewniki donosowe, pomimo stosowania innych urządzeń do TB, zdobyły stałe i ważne miejsce wśród urządzeń tlenoterapii, pozwalając chorym na łatwiejsze komunikowanie się z otoczeniem, jedzenie i picie bez stwarzania klaustrofobicznych odczuć związanych z użyciem masek. Zalety tego sposobu podawania O_2 , aktualne również współcześnie, przyniosły w ostatnim piętnastoleciu wykorzystanie donosowej podaży tlenu połączonej z urządzeniami generującymi duże przepływy nawilżonego i ogrzanego strumienia powietrza wdechowego [2, 4, 6–8]. Wykonanie kaniul donosowych, przeznaczonych do takiego systemu tlenoterapii było poprzedzone złożonymi pracami konstrukcyjnymi, opartymi na wykorzystaniu analizy odlewów jamy nosowo-gardłowej, uzyskanych w trakcie badań patomorfologicznych, wizualizacji za pomocą znaczników radioaktywnych, analizy ciśnień w nosogardle uzyskiwanych z rurek Pitota oraz za pomocą laserowej dopplerowskiej analizy przepływu powietrza oddechowego. Dodatkowo ostatnio opracowano modele matematyczne rozkładu dużego przepływu mieszaniny oddechowej na bazie trójwymiarowej tomografii komputerowej. Potwierdziły one wyniki wcześniejszych badań eksperymentalnych uzupełnionych rinometrią akustyczną jamy nosowo-gardłowej [6]. Wyso-

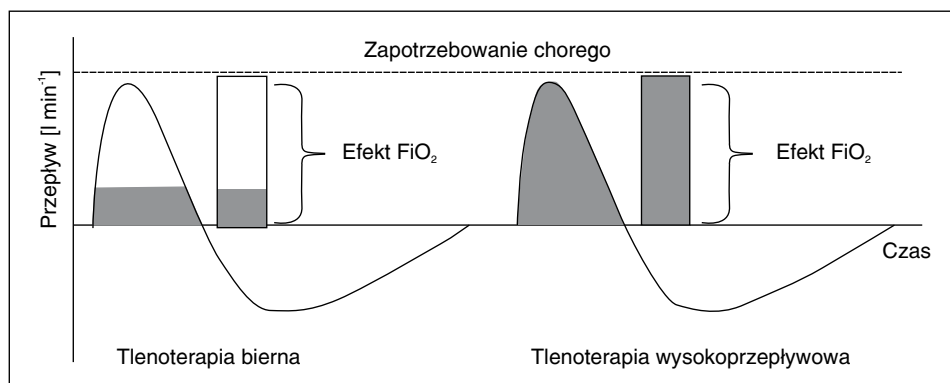
koprzepływowe kaniule donosowe (HFNC, *high flow nasal cannula*), które stworzono jako wynik tych badań, pozwalają na zastosowanie przepływu tlenu z szybkością 60–70 l min^{-1} , co stwarza szczególne warunki poprawy oksygenacji, jak również wpływa na inne czynniki wymiany gazowej i biomechaniki układu oddechowego [2–10]. Pierwszym szczególnym odbiorcą tego sposobu tlenoterapii, również z racji fizjologicznych uwarunkowań sposobu oddychania, zostały noworodki i niemowlęta [za: 6], w której to populacji HFNC stało się skuteczną alternatywą dla stosowania stałego dodatniego ciśnienia w drogach oddechowych (CPAP, *continuous positive airway pressure*) [6, 11, 12].

FIZJOLOGICZNE EFEKTY WYSOKOPRZEPŁYWOWEJ PODAŻY TLENU

Zwiększanie szybkości przepływu w drogach oddechowych jest oczywistą próbą nadążenia za zwiększającym się zapotrzebowaniem pacjenta na przepływ wdechowy a zastosowanie wysokoprzepływowej podaży tlenu pozwala na kontrolowane i precyzyjne rozcieńczanie tlenu w otaczającym powietrzu, bez wahań strumienia O_2 i zwiększania wysiłku oddechowego pacjenta [7, 9, 10, 13]. Na rycinie 1 zilustrowano to zjawisko, porównując efekt rozcieńczania tlenu w powietrzu atmosferycznym w przypadku chorego korzystającego z konwencjonalnych urządzeń tlenoterapii biernej, co powoduje niestabilne i zmienne zwiększenie stężenia O_2 w powietrzu wdechowym, prezentując zarazem możliwość skorygowania tego stanu przez zwiększenie szybkości przepływu tlenu w mieszaninie oddechowej.

Takie postępowanie, pozostając w określonej proporcji do zapotrzebowania na przepływ wdechowy chorego, skutecznie i proporcjonalnie kontrolujące frakcję podawanego tlenu FiO_2 w zakresie FiO_2 0,21–1,0 jest nazywane wysokoprzepływowym leczeniem tlenem (WLT) [3, 9, 10, 13]. Dla osiągnięcia opisanego stanu dużego przepływu wdechowego można zastosować kilka wymienionych poniżej sposobów zwiększania szybkości strumienia O_2 [9].

1. Wykorzystanie zjawiska Venturiego w zastawce napędzanej dużym ciśnieniem tlenu. Powstające podciśnienie za zastawką powoduje zjawisko mieszania się tlenu z powietrzem oddechowym, przy czym FiO_2 jest ustalane w mieszalniku (blenderze) i nie może być mniejsze niż 0,3, ponieważ działanie układu jest zależne wyłącznie od przepływu tlenu.
2. Zastosowanie dwóch źródeł dużego ciśnienia, powietrza i tlenu. Założony FiO_2 jest otrzymywany zgodnie z całkowitą ilością tlenu podzieloną przez całkowity dostarczony strumień przepływu.
3. Użycie wysokoprzepływowej turbiny, która umożliwia dostarczanie ogrzewanych i nawilżanych gazów do przepływu 60–70 l min^{-1} . FiO_2 jest w tym przypadku określane przez mieszalnik O_2 zintegrowany z turbiną. Części

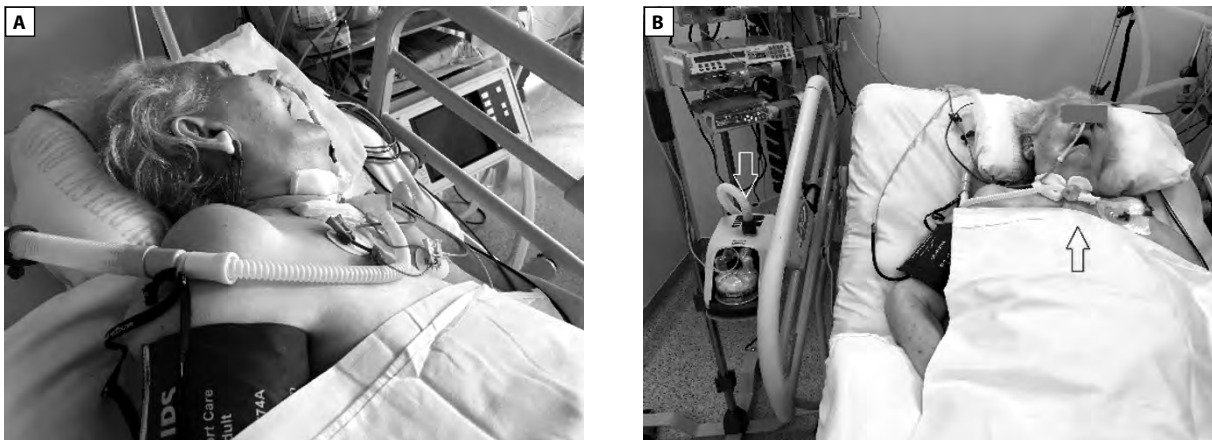


Rycina 1. Efekt rozcieńczania tlenu w powietrzu atmosferycznym podczas tlenoterapii biernej i wysokoprzepływowej w stosunku do zapotrzebowania chorego. Zmiana FiO₂ w powietrzu wdechowym w zależności od szybkości przepływu mieszaniny wdechowej podczas tlenoterapii biernej i tlenoterapii wysokoprzepływowej. Stężenie O₂ jest otrzymywane zgodnie z całkowitą ilością dostarczanego tlenu podzieloną przez całkowity strumień powietrza wdechowego. Jeżeli przykładowo, zapotrzebowanie pacjenta na przepływ wdechowy w przebiegu niewydolności oddechowej wynosi 60 l min⁻¹, a za pomocą tradycyjnej kaniuli donosowej dostarczamy 10 l min⁻¹ O₂ (FiO₂ = 1,0) to aspirowanie dodatkowych 50 l powietrza (FiO₂ = 0,21) spowoduje, że przy całkowitym zapotrzebowaniu pacjenta na przepływ 60 l min⁻¹ będzie się w nim znajdowało 20 l O₂, co w przybliżeniu pozwoli na „efekt” FiO₂ = 0,33 (20 × 100/60) w powietrzu wdechowym. Dokładne zwiększenie frakcji tlenu w powietrzu wdechowym (np. do FiO₂ = 1,0) można więc osiągnąć dostosowując szybkość przepływu mieszaniny oddechowej do zapotrzebowania chorego

jest ona jednak wyposażona w niskociśnieniowy wlot tlenu podawanego z zewnątrz za pomocą kalibrowanego przepływomierza, co pozwala na uzyskanie FiO₂ 0,21–1,0 i przepływ do 60 l min⁻¹.

- Większość współczesnych respiratorów posiada możliwość WLT przez wykorzystanie turbiny respiratora lub układu dużego przepływu gazów (powietrza i tlenu) jak w wymienionych sposobach 2 i 3. Osiągane FiO₂ jest określone przez mieszalnik respiratora [6, 9, 10, 13–15]. Zastosowanie dużej szybkości podaży tlenu było wszechstronnie oceniane w warunkach doświadczalnych i klinicznych od wczesnych lat 90. XX wieku, jednak dopiero na początku XXI wieku spośród wymienionych wyżej sposobów przyspieszania strumienia tlenu wybrano rodzaj urządzenia, które pozwala na osiągnięcie wysokich przepływów tlenu w praktyce klinicznej [3, 6, 7, 14]. Wykorzystano w tym celu działanie niewielkiej turbiny wywołującej znaczny przepływ (opisany wyżej jako sposób nr 3), połączonej z kalibrowanym mieszalnikiem tlenu i powietrza atmosferycznego, pozwalającym na precyzyjne regulowanie wartości FiO₂ w zakresie 0,21–1,0 oraz zastosowano wydolny układ ogrzewający i nawilżający z pojedynczym przewodem łączącym układ z opisaną wyżej kaniulą donosową, o rozmiarze dostosowanym do nozdrzy chorego. Układ ten może być również połączony ze specjalnym adaptorem pozwalającym na stosowanie WLT do rurki tracheostomijnej spontanicznie oddychającego pacjenta [3, 6, 8, 10, 15]. System nawilżający, pozwalający na skuteczne ogrzanie i nawilżenie szybko płynącego strumienia mieszaniny oddechowej, jest istotnym czynnikiem skutecznego i stabilnego działania opisywanego urządzenia w szerokim zakresie przepływów. Obecnie najczęściej stosuje się nawilżacz MR850 z

grzewczą komorą wodną MR290 (Fisher & Paykel Healthcare, Auckland, Nowa Zelandia). Komora wodna tej samej firmy w urządzeniu AIRVO™ 2 jest jeszcze efektywniejsza i większa (ryc. 2). Urządzenia te pozwalają na osiągnięcie, przy maksymalnych przepływach, wilgotności bezwzględnej na poziomie 44 mg H₂O l⁻¹ i 100% wilgotności względnej oraz kontrolowanej, stałej, bez względu na zmienną wartość przepływu, temperatury 37°C (tzw. kondycjonowane powietrze oddechowe) [3, 6]. Takie warunki podczas przepływu wdechowego sprzyjają zachowaniu funkcji nabłonka oddechowego, związanej z oczyszczaniem śluzowo-rzęskowym, uwodnieniem warstwy zolu nabłonkowego, zachowaniem szybkości transportu rzęskowego (do 20 mm min⁻¹) oraz istotnie zmniejszają opory przepływu w drogach oddechowych [5, 6, 9]. Istnieją sugestie, że kondycjonowanie powietrza wdechowego może być głównym czynnikiem powodzenia WLT, dodatkowo pozwalając na bezpieczne długotrwałe stosowanie tego sposobu terapii [9, 10]. W tym kontekście należy zwrócić uwagę, że zastosowanie innych nawilżaczy, w tym popularnych urządzeń „bąbelkujących”, pozwala na osiągnięcie, przy konwencjonalnych przepływach tlenu w zakresie 10–12 l min⁻¹, wilgotności bezwzględnej na poziomie 5–30 mg l⁻¹ (również podczas wentylacji nieinwazyjnej [NIV, *non invasive ventilation*]), ze wszystkimi niekorzystnymi następstwami dla oskrzeli [5, 8]. Mauri i wsp. [16], analizując subiektywnie oceniany przez pacjentów poddawanych WLT komfort oddychania, stwierdzili większą akceptację przez chorych temperatury 31°C w stosunku do 37°C ($p < 0,0001$) jednak przy zwiększeniu przepływu i zapotrzebowania na O₂ powietrze kondycjonowane było dobrze tolerowane przez pacjentów. Często nieuświadomianym faktem pozostaje ważne zjawisko udziału skutecznego



Rycina 2. Zastosowanie wysokoprzepływowej terapii tlenem przez tracheostomię; **A** — łącznik OPT870 Optiflow™ (Fisher & Paykel Healthcare) systemu AIRVO² tego samego producenta; **B** — w terapii wysokoprzepływowej tlenem przez rurkę tracheostomijną (mat. własny)

nawilżania w bilansie energetycznym organizmu. Zjawisko to ma znaczenie, ponieważ ogrzanie i nawilżenie każdego litra powietrza w jamie nosowo-gardłowej, od średniej temperatury pokojowej (21°C, 50% wilgotności względnej) wymaga energii około 26 kcal na każdy oddech, co daje (przy 12 oddechach min⁻¹) konieczność wydatku energetycznego 156 kcal min⁻¹. Charakterystyczne dla narastania niewydolności oddychania przyśpieszenie oddechu, jak i inne cechy zwiększonego metabolizmu w przebiegu chorób ogólnoustrojowych (wstrząs, uraz), powodują określone i dodatkowe, znaczne zwiększenie energetycznego kosztu utrzymania optymalnych warunków oddychania [17].

Obserwowana w warunkach klinicznych i doświadczalnych jednoznaczna poprawa efektywności dostarczania tlenu za pomocą WLT była przyczynkiem do podjęcia dodatkowych badań dotyczących tego sposobu tlenoterapii i zwróciła uwagę na szczególne właściwości strumienia gazów tworzącego się podczas wysokiego przepływu, wykraczające poza efektywne zwiększenie FiO₂. W ciągu ostatnich lat dokonano w tym zakresie niezwykle istotnych obserwacji, zwracając uwagę na cały szereg zmian biomechanicznych, towarzyszących głównie donosowej podaży tlenu i podnoszących kliniczną skuteczność metody WLT. Należą do nich:

1. Efekt wypłukiwania CO₂, który jest według większości doniesień jednym z głównych czynników dodatkowej, pośredniej skuteczności zastosowania HFNC. Wynika z faktu, że szybki strumień mieszaniny gazu wdechowego usuwa część CO₂ z powietrza wydechowego, zalegającego w jamie nosowo-gardłowej, zastępując tę przestrzeń tlenem. Powoduje to zwiększenie zawartości O₂ w kolejnej porcji powietrza wdechowego przy zmniejszeniu udziału CO₂ i prowadzi zarazem do czynnościowego zmniejszenia objętości anatomicznej przestrzeni martwej. Efekt ten w szczególności pozostaje widoczny

w przypadku chorych z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc (POChP) [13, 14, 18, 19]. Nie jest jasne, czy na stwierdzone zmiany mają wpływ otwarte lub zamknięte usta pacjenta, jednak w badaniu na zwierzętach zmniejszenie przecieku w jamie nosowo-gardłowej przez zamknięcie pyska poprawiało efektywność wypłukiwania CO₂. Chanques i wsp. [20] w swoim doniesieniu nie stwierdzili takich różnic. Möller i wsp. [21] w randomizowanym badaniu 10 ochotników, używając kapnometrii objętościowej i scyntygrafii z zastosowaniem kryptonu (81 mKr) znaleźli związek między WLT i zjawiskiem oczyszczania górnych dróg oddechowych z CO₂. Bezpośredni pomiar CO₂ i O₂ w tchawicy potwierdził ograniczenie oddechu zwrotnego.

2. Zmniejszenie wdechowego oporu nosowo-gardłowego, który podczas nasilonego wdechu ogranicza przepływ w wyniku zapadania się struktur anatomicznych nosogardła. Zjawisko to w szczególności zachodzi przy nasilonym wdechu i jest szczególnie wyrażone w grupie chorych z obturacyjnym bezdechem sennym. Zapadanie się struktur górnych dróg oddechowych jest jednym z podstawowych czynników tej patologii. Wykazano, że HFNC istotnie zmniejsza opór nadgłośniowy, pośrednio w wyniku generowania strumienia przepływu wdechowego i bezpośrednio, przez mechaniczne usztywnianie dróg oddechowych, a w szczególności mięśni nosa, co jest w piśmiennictwie obrazowo określane jako „szynowanie” (*splinting*). Uzyskiwane w wyniku opisanych zjawisk sumaryczne zmniejszenie rezystancji dróg oddechowych ułatwia przepływ wdechowy i zmniejsza całkowitą pracę oddychania [3, 6, 13, 14]. W badaniu Vargas i wsp. [14], oceniającym wdechowy przepływ gazów i elastyczne oraz nieelastyczne opory oddychania, dobrze ilustrujący ten stan parametr — produkt ciśnienie–czas (PTP, *pressure-time product*), podczas

- HFNC znamienne zmniejszył się do średnio 156,0 cm H₂O s⁻¹ z wartości 204,2 cm H₂O s⁻¹ ($p < 0,01$) obserwowanej przy tlenoterapii biernej, z towarzyszącą redukcją częstości oddechów ($p < 0,01$). Jednoznacznie wskazuje to na zmniejszenie wysiłku oddechowego. Zmiana PTP oznacza też ułatwienie wdechowego przepływu gazów i zmniejszenie wewnętrznego PEEP (i-PEEP, *intrinsic PEEP*). Podobne wnioski wynikają z aktualnego doniesienia Di Musi i wsp. [22]. W grupie chorych na POChP w małej próbie bez zastosowania metody ślepej próby, porównanie TB z HFNC za pomocą pomiaru między innymi aktywności elektrycznej przepony, jak i z rejestracją PTP, ukazało znamienne zmniejszenie wartości obu badanych parametrów. Pozwala to na stwierdzenie, że HFNC znacznie i istotnie zmniejsza centralny napęd oddechowy i pracę oddychania, potwierdzając całościowy efekt WLT [22].
3. Efekt dodatnich ciśnień w drogach oddechowych jest związany bezpośrednio proporcjonalnie z wektorem prędkości dużego przepływu i pozostaje też proporcjonalny do jego wielkości [10, 13]. W grupie zdrowych ochotników przy szybkości przepływu 60 l min⁻¹ i zamkniętych ustach mediana dodatniego ciśnienia wyniosła 7,4 cm H₂O. Zmniejszenie przepływu do 35 l min⁻¹ w podobnych warunkach pozwala na osiągnięcie ciśnienia 2,7 cm H₂O [23]. Efekt dodatniego ciśnienia zmniejsza się w zakresie 0,6–2 cm H₂O, ale nie znika przy otwartych ustach pacjenta [20]. Należy podkreślić, że pewien wpływ na opisywane zjawisko ma również rozmiar kaniuli donosowych. Zwiększenie ich rozmiaru powyżej 2/3 średnicy nozdrzy i nadmierne uszczelnienie powoduje oczywiste zwiększenie wartości dodatniego ciśnienia w fazie wydechu. Może to być niebezpieczne w przypadku stosowania HFNC u noworodków, jeżeli wytworzy się ciśnienie o wartościach uszkadzających płuca [3, 7, 23, 24]. Okuda i wsp. [25] potwierdzili pośrednio, za pomocą pomiaru ciśnień przetykowych, elektrycznej tomografii impedancyjnej oraz efektu wymuszonych oscylacji (FOT, *forced oscillation technique*), zwiększenie się ciśnienia przetykowego proporcjonalnie do zmiany wartości przepływu. Odpowiadało to wytwarzaniu przez HFNC dodatnich ciśnień podczas wydechu, zwiększających końcowo-wydechową objętość płuc (EELV, *end-expiratory lung volume*). Powstawanie dodatnich ciśnień podczas WLT zachodzi w układzie otwartym i pod wpływem reakcji na zwiększenie przepływu mieszaniny oddechowej, z możliwością indywidualnego stopniowania wartości ciśnienia (otwarte/zamknięte usta). Nie stanowi więc formy CPAP, ponieważ kaniula donosowa nie jest ściśle dopasowana do nozdrzy [9, 13, 14]. Nie jest też jednym ze sposobów wentylacji w przebiegu NIV, stosujących ciągle dodatnie ciśnienia w drogach

oddechowych. Jest to również istotna różnica w stosunku do dodatnich ciśnień końcowo wydechowych (PEEP, *positive end-expiratory pressure*) podczas wentylacji inwazyjnej (choć w piśmiennictwie pojawiają się błędne określenia dodatnich ciśnień podczas WLT jako PEEP) [6, 10, 19, 20].

4. Ograniczanie fizjologicznej mikroniedodmy płuc pozostaje związane z opisanymi wyżej zjawiskami zmniejszenia wdechowych oporów oddychania i tworzenia zmiennych, ale dodatnich ciśnień wydechowych. Zwiększając się powierzchnia oddechowa płuc jest dodatkowym czynnikiem poprawy oksygenacji w przebiegu WLT. Ocena klinicznych efektów HFNC, uzyskana za pomocą elektrycznej tomografii impedancyjnej, pozwala na stwierdzenie znamiennej korelacji pomiędzy wielkością przepływu a końcowo wydechową impedancją płuc i zwiększeniem ciśnienia w drogach oddechowych. W efekcie dochodziło do zwiększenia prężności tlenu oraz zwolnienia częstości oddychania [25, 26]. Mauri i wsp. [19] stwierdzili prawdopodobne następstwa zmniejszania mikro-niedodmy również w postaci lepszej dystrybucji objętości oddechowej w płucach. Pośrednim miernikiem poprawy powietrzności płuc pozostaje też, wspomniana wyżej, zwiększająca się EELV jako suma kilku efektów WLT i w następstwie zwiększanie się wydechowej szybkości przepływu i objętości oddechowej [3, 6, 8, 10, 13, 14, 20, 25] (tab. 1).

PRAKTYCZNE MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA TERAPII WYSOKOPRZEPŁYWOWYM TLENEM WSKAZANIA I PRZECIWWSKAZANIA

Podstawowym i realnym wskazaniem do WLT pozostaje brak możliwości uzyskania stabilnych i kontrolowanych stężeń O₂ podczas klasycznej tlenoterapii biernej w przebiegu ostrej hipoksemicznej niewydolności oddechowej. Natomiast w wielu innych sytuacjach klinicznych WLT staje się alternatywą dla wentylacji nieinwazyjnej lub intubacji chorego i wdrożenia tlenoterapii czynnej. Liczba zastosowań WLT zwiększa się praktycznie w każdym przeglądzie piśmiennictwa, stąd trudno jest wymienić wszystkie dziedziny medycyny klinicznej, w których HFNC wykorzystano [2, 3, 7, 9, 15, 18]. Tabela 2 zawiera główne i potwierdzone w praktyce klinicznej przykłady użycia HFNC. Natomiast przeciwwskazania do tego typu terapii są ograniczone i w wielu, nawet dużych, ocenach, ze względów oczywistych, są pomijane. Analizując próby stosowania HFNC, można jednak znaleźć zastrzeżenia dla tej metody leczenia. Należą do nich:

- brak tolerancji kaniuli donosowych lub możliwości anatomicznej kompatybilności z zastosowanym rozmiarem kaniuli,
- istotne zaburzenia wydechu i nadmierne zwiększenie pracy wydechowej pacjenta,

Tabela 1. Fizjologiczne efekty stosowania wysokoprzepływowego leczenia tlenem (WLT) i ich możliwe następstwa kliniczne

Efekty fizjologiczne WLT	Następstwa kliniczne
Poprawa dostępności i stabilność stężeń tlenu	Stosowania rzeczywistych i założonych stężeń tlenu w powietrzu wdechowym
Zmniejszenie oporów oddychania	Mniejsza praca i koszt tlenowy oddychania
Lepsze oskrzelowe oczyszczanie śluzowo-rzęskowe	Mniejsze zagrożenie powikłaniami infekcyjnymi i zaleganiem wydzieliny w drzewie oskrzelowym
Utrzymanie wilgotności względnej i bezwzględnej mieszaniny oddechowej	Wydatny transport śluzowo-rzęskowy – nawodnienie warstwy zolu rzęskowego
Utrzymanie temperatury mieszaniny oddechowej bez względu na wielkość przepływu	Poprawa bilansu energetycznego pacjenta
Zmniejszenie przestrzeni martwej i wyplukiwanie CO ₂	Poprawa eliminacji CO ₂
Tworzenie dodatniego ciśnienia w drogach oddechowych	Ograniczenie mikroniedodmy — lepsza dystrybucja objętości oddechowej, zmniejszenie i-PEEP
Możliwa rekrutacja pęcherzyków	Zwiększenie powierzchni oddechowej i czynnościowej pojemności zalegającej

i-PEEP (*intrinsic positive end-expiratory pressure*) — dodatnie ciśnienia końcowo wydechowe

Tabela 2. Wybrane wskazania do zastosowania wysokoprzepływowego leczenia tlenem (WLT) z zastosowaniem kaniul donosowych o wysokim przepływie (HFNC) lub stosowania WLT z wykorzystaniem rurki tracheostomijnej

Wskazanie do WLT	Uwagi
Ostra i narastająca niewydolność oddechowa	Stabilność podaży tlenu w granicach FiO ₂ 0,21–1,0 w warunkach optymalnego nawilżenia i ogrzania mieszaniny oddechowej
Łagodna postać ARDS (wg definicji berlińskiej) PaO ₂ /FiO ₂ > 200 < 300	Może dotyczyć chorych, u których występuje brak tolerancji NIV lub nie zastosowano NIV
Bardzo niska skuteczność lub tolerancji konwencjonalnej tlenoterapii biernej	Mała skuteczność kliniczna i gazometryczna zastosowanych sposobów tlenoterapii
Brak tolerancji lub efektu stosowanego sposobu wentylacji nieinwazyjnej	Niedostosowanie interfejsu NIV do potrzeb chorego, zły tryb wentylacji
Przewlekła obturacyjna choroba płuc	Skuteczna eliminacja CO ₂ w warunkach kontrolowanej podaży O ₂ i zachowanie napędu oddechowego pacjenta
Zespół bezdechu śródseńskiego	Leczenie wstępne lub, przy braku tolerancji innych instrumentalnych sposobów leczenia, wykorzystanie efektu „szynowania” nosogardła
Niewydolność oddechowa w grupie chorych z immunosupresją	Niewielkie ryzyko dodatkowego nadkażenia chorego przy możliwej poprawie oksygenacji
Przygotowanie do trudnej intubacji	Poprawa potencjału oksygenacyjnego pacjenta w przypadku przewidywanych dodatkowych manewrów intubacyjnych
Pooperacyjna hipoksemiczna niewydolność oddechowa	Zwalczanie efektu niedodmy pooperacyjnej i resztkowego wpływu anestetyków na oddychanie
Kardiogenne obrzęki płuc	Wpływ na kurczliwość lewej komory i obciążenie wstępne, kontrolowane zwiększanie FiO ₂
Badanie diagnostyczne dróg oddechowych z zachowanym oddechem własnym pacjenta	Bronchoskopia, inne formy wizualizacji krtani i tchawicy w grupie chorych o ograniczonej wydolności oddychania
Opieka paliatywna, chorzy u schyłku życia (<i>end-of-life care, do-not-intubate status</i>)	Chorzy, u których intubacja jest przeciwwskazana
Długoterminowa terapia tlenem, również w warunkach domowych	Chorzy z chorobami neurologicznymi lub pacjenci z POChP, wymagający skutecznej tlenoterapii domowej z zastosowaniem HFNC lub adapterów tracheostomijnych

ARDS (*acute respiratory distress syndrome*) — zespół ostrej niewydolności oddechowej; NIV (*non-invasive ventilation*) — wentylacja nieinwazyjna; POChP — przewlekła obturacyjna choroba płuc; HFNC (*high nasal flow cannula*) — kaniula donosowa o wysokim przepływie

- brak efektu klinicznego zastosowania HFNC lub WLT przez tracheostomię,
- zaburzenia hemodynamiczne związane z dużym przepływem tlenu.

ZASTOSOWANIE TERAPII WYSOKOPRZEPŁYWOWEJ TLENEM NA ODDZIALE INTENSYWNEJ TERAPII

Najliczniejszą grupą chorych podlegających WLT na oddziałach intensywnej terapii (OIT) jest grupa wykazująca

cechy narastania hipoksemicznej niewydolności oddychania w przebiegu różnych schorzeń ogólnoustrojowych. Wysokoprzepływowe leczenie tlenem w tych przypadkach stanowi, zgodnie z opisanymi wyżej zasadami, alternatywę do rozważenia w stosunku do TB lub NIV. Xu i wsp. [27] po analizie prac z randomizacją w 4 elektronicznych bazach danych (Pubmed, EMBASE, Scopus i Web of Science), porównali zastosowanie HFNC, TB i NIV w grupie 4231 dorosłych chorych na OIT. Zastosowanie HFNC zmniejszało znamienne ryzyko niepowodzenia tlenoterapii ($p = 0,04$), ale nie miało wpływu na zapobieganie intubacji w porównaniu z tlenoterapią bierną. Natomiast zastosowane po usunięciu rurki intubacyjnej, znamienne zmniejszało częstość ponownych intubacji dotchawiczych ($p < 0,00001$). W porównaniu z NIV, HFNC zmniejszało też częstość intubacji ($p = 0,02$), gdy było stosowane przed NIV.

W takich przypadkach ocena uzyskanej poprawy oksygenacji oraz poprawy wyników gazometrycznych pozostają nadrzędnymi czynnikami kontynuacji leczenia z wykorzystaniem HFNC. Zastosowanie HFNC w niektórych sytuacjach służy jako alternatywa dla wczesnej intubacji dotchawiczej lub NIV. Lee i wsp. [28] po analizie 12 prac z randomizacją, stwierdzili większy komfort i tolerancję pacjentów OIT dla HFNC, przy odnotowaniu małej pracy oddychania oraz większe wartości oksygenacji w porównaniu z NIV lub konwencjonalnymi sposobami TB. Metody TB wykazywały ponadto większą, 90-dniową, umieralność tych chorych niż w przypadku stosowania WLT. Huang i wsp. [29] po analizie leczenia 2781 chorych na intensywnej terapii, zwrócili uwagę, że zastosowanie HFNC po dłuższym okresie intubacji wiąże się z podobnym ryzykiem ponownej intubacji, jak po zastosowaniu NIV lub konwencjonalnych metod TB. Jednak w przypadku usunięcia rurki intubacyjnej wśród krytycznie chorych HFNC dawało istotnie lepsze rezultaty niż pozostałe metody ($p = 0,0007$) i wiązało się z mniejszymi komplikacjami, poprawą tolerancji i komfortu pacjenta. Stosując HFNC, można także podjąć próbę wstępnego leczenia oddechowego w łagodnym i umiarkowanym zespole ostrej niewydolności oddechowej (ARDS, *acute respiratory distress syndrome*) ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 300$). Schemat postępowania zakładający możliwość stosowania u niektórych pacjentów, wentylacji nieinwazyjnej na tym etapie może być zastąpiony przez HFNC. Istnieją opracowania wręcz domagające się wprowadzenia zastosowania WLT do reguł definicji berlińskiej ARDS [30]. Wynik dużego badania Frata i wsp. [31], przeprowadzonego na 23 OIT na terenie Francji i Belgii, obejmującego porównawczą, randomizowaną obserwację NIV, TB oraz HFNC, dowiódł, że żaden ze sposobów podaży tlenu nie wpływał na późniejszą częstość intubacji dotchawiczej ($p = 0,18$), jednak HFNC dawało najmniejszą częstość intubacji chorych w obserwacji 28-dniowej ($p = 0,009$) w podgrupie pacjentów z $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 200$ mm Hg. Sumarycznie badacze stwierdzili też mniejszą śmiertelność ($p =$

$0,047$) w grupie chorych, u których zastosowano HFNC, również w obserwacji 90-dniowej ($p = 0,02$) oraz zwiększenie wskaźnika liczby dni bez konieczności wentylacji mechanicznej ($p = 0,02$). Te wyniki zaowocowały dużą liczbą doniesień, spośród których na szczególną uwagę zasługuje praca Ni i wsp. [32], w której poddano ocenie 3881 chorych z $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 300$ mm Hg, stwierdzając poprawę tego wskaźnika po zastosowaniu HFNC. Terapia pozostawała natomiast bez wpływu na PaCO_2 , pH i czas leczenia na OIT. Badanie prospektywne znacznie mniejszej grupy chorych z ARDS ($n = 45$) podjął Messika i wsp. [33]. Zapalenie płuc stanowiło 82% przyczyn ARDS. Wskaźnik intubacji tych chorych wynosił 40%, jednak byli to chorzy, którzy wstępnie prezentowali gorszy stan kliniczny w ocenie według skali *Simplified Acute Physiology Score II* (SAPS II). Ponad jedna czwarta chorych wymagających nieinwazyjnego wspomaganie wentylacji była leczona za pomocą HFNC, z dużym powodzeniem. Autorzy na podstawie uzyskanych wyników stwierdzili, że HFNC może być leczeniem pierwszego rzutu pacjentów z rozwijającym się ARDS. Inną grupą chorych często hospitalizowanych na wieloprofilowych OIT są pacjenci z zaostreniem POChP. Podstawowe działanie WLT wpływające na zmniejszenie przestrzeni martwej i redukujące stężenie CO_2 zostało omówione powyżej. Obserwacje kliniczne w wielu przypadkach potwierdzają to działanie. Co prawda Osadnik i wsp. [34] oraz Yeung i wsp. [35], po analizie wysokiej jakości badań z randomizacją wykazują, że to raczej NIV, jako interwencja pierwszego rzutu w standardowym postępowaniu na OIT, zmniejsza prawdopodobieństwo zgonu i intubacji dotchawiczej u chorych z zaostreną hiperkapniczną niewydolnością oddechową. Jednak poszukiwanie alternatywy dla takiego postępowania na podstawie WLT przynosi zadowalające rezultaty między innymi z powodu niezwiększenia przez HFNC, w odróżnieniu od NIV, przestrzeni martwej wentylacji. Di Musi i wsp. [22] w jednośrodkowym, niewielkim badaniu stwierdzili, że HFNC jest skuteczne po zaostreniu POChP. U chorych, których poddano terapii HFNC po usunięciu rurki intubacyjnej zdecydowanie zmniejszał się napęd oddechowy i wykonywali oni mniejszą pracę oddychania niż pacjenci leczeni konwencjonalną tlenoterapią. Braunlich i Wirtz [36] w retrospektywnej ocenie zwrócili uwagę, że w opisanych stanach zaostreń zastosowanie HFNC nie tylko wykazywało oczekiwane cechy zwiększania PaO_2 , ale istotnie statystycznie zmniejszało prężność CO_2 . Ma to ogromne znaczenie wobec faktu, że pomimo wyżej przedstawionych argumentów przydatności NIV w leczeniu POChP, ponad 30% chorych z POChP wykazuje złą tolerancję tego sposobu terapii, szczególnie w fazie zaostreń, a wówczas HFNC może stać się narzędziem z wyboru, pozwalającym na uniknięcie intubacji dotchawiczej. Podobne obserwacje poczynił Kim i wsp. [37], stwierdzając w grupie 33 chorych z gwałtownym

zaostrzeniem POChP znamienne zmniejszenie prężności CO_2 już w pierwszej godzinie terapii o $4,2 \pm 5,5$ mm Hg ($p = 0,006$) w stosunku do leczenia konwencjonalną TB. W większości wymienionych badań autorzy zwracają uwagę na kliniczną skuteczność mechanizmów zmniejszenia przesterzenia martwej i wypłukiwania CO_2 już przy najczęściej stosowanych przepływach około $40\text{--}45$ l min^{-1} , co przy optymalnych warunkach nawilżania i ogrzewania mieszanki oddechowej daje zadowalający efekt eliminacji CO_2 i pełną kontrolę nad zwiększaniem się PaO_2 proporcjonalnie do wielkości stosowanego przepływu. Należy zwrócić uwagę, że przedstawione wyniki, aczkolwiek zachęcające, w większości przypadków zostały uzyskane z jednoosobowych, często retrospektywnych badań. Rozpowszechnienie HFNC powinno w najbliższym czasie zwiększyć i zobiektywizować liczbę doniesień dotyczących skuteczności zastosowania HFNC w oparciu o prospektywne, duże obserwacje. Przykładem takiej oceny jest wykazanie przydatności HFNC w przewlekłym, rocznym stosowaniu wśród pacjentów z POChP, poddawanych tlenoterapii domowej. Storgaard i wsp. [38] wykorzystali HFNC u 200 chorych, jako przerywany sposób poprawy wydolności oddychania, analizując między innymi liczbę zaostrzeń POChP, dystans 6-minutowego testu marszu, $\text{FEV}_{1,0}$ (*forced expiratory volume*) i PaCO_2 . Stosowanie HFNC przez 6 godzin dziennie, przez średnio 248 dni, zdecydowanie poprawiło ogólny stan chorych i zmniejszyło liczbę zaostrzeń POChP (3,12 v. 4,95 epizodów pacjent⁻¹ rok⁻¹; $p = 0,001$), zwiększając zarazem $\text{FEV}_{1,0}$. Zmniejszyła się też częstość koniecznych hospitalizacji i wydłużeniu uległ dystans pokonywany w teście marszu. Wszystkie obserwowane pozytywne zmiany pozostały bez wpływu na śmiertelność. W kontekście chorych z przewlekłą niewydolnością oddechową należy też zwrócić uwagę, że w pewnej grupie chorych na OIT (ok. 12%) istnieje konieczność zastąpienia intubacji dotchawiczej tracheostomią. Tą drogą, przy zachowaniu własnego rytmu oddychania, chorzy korzystają z tlenoterapii za pomocą cewników lub specjalnych łączników, zapewniających dopływ nawilżonego tlenu do ich dróg oddechowych. Niestety, nawet stosowanie tak zwanych sztucznych nosów nawilżających mieszaninę oddechową nie zabezpiecza tych chorych przed poważnymi powikłaniami wynikającymi z zaburzenia funkcji nabłonka rzęskowego. Zastosowanie w tych przypadkach WLT za pomocą specjalnych łączników zestawu Optiflow™ (Fisher & Paykel Healthcare, Auckland, Nowa Zelandia [ryc. 2]), pozwala w warunkach podaży kondycjonowanego powietrza wdechowego, na znacznie lepsze rezultaty natleniania chorych z tracheostomią. Stripoli i wsp. [39] w grupie 40 chorych ocenili ten sposób tlenoterapii i nie stwierdzili poprawy właściwości biomechanicznych układu oddechowego, zmniejszenia pracy oddychania, częstości oddechów i poprawy wymiany gazowej. Wydaje się jednak, że poszukiwa-

nie efektów WLT w cytowanej pracy skierowano w niewłaściwym kierunku, gdyż główne korzyści biomechaniczne WLT są osiągnięte w jamie nosowo-gardłowej. Natomiast w przypadku tracheotomii podstawowym efektem pozostaje optymalne kondycjonowanie mieszanki oddechowej w warunkach stabilnego i kontrolowanego FiO_2 oraz umiarkowane oddziaływanie strumienia dużego przepływu na mechanikę wentylacji. Kazuistyczna prezentacja Mitaki i wsp. [40], opisująca jedynie 2 chorych, potwierdziła, proporcjonalne do przepływu generowanie dodatknych ciśnień (maksymalnie $1,76\text{--}2,01$ cm H_2O przy przepływie 60 l min^{-1}) w drogach oddechowych, zmniejszenie wysiłku oddechowego i zwiększenie objętości oddechowej. Opisywane zastosowanie WLT u chorych z tracheostomią, również w obserwacjach autora (ryc. 2) może pozostać ważną alternatywą w grupie chorych z długotrwałą koniecznością utrzymywania sztucznej drogi oddechowej. Jednak obecnie mała liczba doniesień uniemożliwia opracowanie wiążących wniosków dotyczących tego problemu.

WYSOKOPRZEPŁYWOWA TERAPIA TLENEM W ANESTEZJOLOGII I POSTĘPOWANIU OKOŁOOPERACYJNYM

Chorzy o ograniczonej rezerwie tlenowej, obarczeni dużym ryzykiem operacyjnym, często wymagają tlenoterapii w okresie okołoperacyjnym, zwykle po zabiegu z powodu stanu ogólnego, ale potrzebna może być ona również w okresie bezpośredniego przygotowania do znieczulenia ogólnego i intubacji dotchawiczej. Ryzyko krytycznego zmniejszenia się wysycenia krwi tętniczej tlenem stanowi racjonalne wskazanie do zastosowania optymalnej tlenoterapii i rozważenia użycia HFNC jako narzędzia w preoksygenacji. Taka strategia postępowania może ograniczyć niekorzystne odczucia chorego związane z użyciem masek tlenowych z oddechem bezzwrotnym czy nawet najlepiej dobranych interfejsów NIV. Do tego skuteczna podaż O_2 podczas HFNC tworzy rezerwę również w okresie bezdechu związanego z okresem intubacji dotchawiczej, tym bardziej, że podaż O_2 może być kontynuowana w czasie rękoczynów intubacyjnych (natlenianie bezdechowe). Oczywiście jest obserwowane zmniejszenie narastania CO_2 wynikające z istoty działania HFNC, nawet w grupach chorych krytycznie otyłych lub z trudnymi warunkami intubacyjnymi [7, 9]. Zazwyczaj wystarczający czas stosowania HFNC przed intubacją pozostaje względnie krótki i wynosi co najwyżej 5–7 min [9]. Krótszy okres przygotowania stosowany przez Raineri i wsp. [41] był wystarczający, nawet w przypadkach trudnych intubacji u chorych poddawanych zabiegom brzuszny — 4-minutowe zastosowanie HFNC z przepływem tlenu 60 l min^{-1} nie dopuszczało do znaczącej desaturacji. HFNC zastosowane w okresie pooperacyjnym zmniejsza zapotrzebowanie na stosowanie wentylacji mechanicznej, nawet po dłu-

gotrwałych zabiegach. Do takiego wniosku doszli autorzy oceniający zastosowanie HFNC u chorych po znieczuleniu do zabiegów kardiochirurgicznych — w grupie 495 chorych ci chorzy, u których zastosowano HFNC, istotnie rzadziej wymagali wsparcia wentylacyjnego ($p < 0,001$) w stosunku do otrzymujących tlenoterapię bierną, przy czym nie stwierdzono różnic w częstości ponownych intubacji i czasu leczenia na OIT [42]. Takie spostrzeżenia wynikają z przeciwdziałania w przebiegu WLT nieuchronnym zmianom w układzie oddechowym, powstającym w przebiegu znieczulenia ogólnego i pogłębiającym się w miarę jego trwania. Wysokoprzepływowe kaniule donosowe, powodując zwiększenie powierzchni oddechowej i ograniczenie niedodmy, wpływają zdecydowanie pozytywnie na stan ogólny chorego ze szczególnym uwzględnieniem normalizacji pracy oddychania. Zmniejsza też pooperacyjną konieczność reintubacji, szacowaną na około 20% [7]. Co prawda wynik dobrze zaplanowanego badania OPERA nie potwierdził przewagi HFNC nad TB, jednak grupa ocenianych chorych, poddanych operacjom brzuszny był niewielka [43]. Hernandez i wsp. [44], analizując w grupie 527 chorych zagrożenie ponowną intubacją w okresie pooperacyjnym, stwierdził natomiast, że jest ono zdecydowanie mniejsze wśród chorych, u których stosowano HFNC w odniesieniu do konwencjonalnej tlenoterapii (4,9% v.12,2%). Interpretując liczne doniesienia dotyczące zastosowania HFNC w okresie okołoperacyjnym, bez względu na jakość publikacji, należy zwrócić uwagę na to, że fizjologiczne elementy działania WLT opisane powyżej, wychodzą naprzeciw potencjalnym niekorzystnym zmianom zachodzącym w układzie oddechowym w okresie pooperacyjnym. Można więc sobie wyobrazić, że grupa chorych obciążonych zwiększonym ryzykiem operacyjnym lub z przewidywanymi trudnościami intubacyjnymi będzie korzystała z zestawu HFNC przez cały okres okołoperacyjny. Należy też zwrócić uwagę na możliwość stosowania HFNC w grupie chorych zwiększonego ryzyka poddanych operacjom z zastosowaniem blokad centralnych. Również w tym przypadku, szczególnie w ułożeniu przymusowym (np. pozycja litotomijna), może dochodzić do powstawania ognisk niedodmowych i zaburzeń wentylacji, którym teoretycznie może zapobiegać stosowanie HFNC.

WYSOKOPRZEPŁYWOWA PODAŻ TLENU W INNYCH SYTUACJACH KLINICZNYCH

Zastosowanie WLT może dotyczyć znacznej grupy chorych o małej rezerwie tlenowej (POChP, skrajna otyłość, zaburzenia budowy kostnej klatki piersiowej, włókniejące zapalenie płuc, późny okres ciąży itp.) zakwalifikowanych do zabiegów diagnostycznych. Szczególnym przykładem może być konieczność wykonania bronchoskopii lub gastrokopii w tej grupie chorych. W takich sytuacjach opisane wyżej zalety biomechaniczne terapii, obok skutecznej oksygenacji,

zmniejszają zagrożenie powikłaniami oddechowymi [3, 7, 45]. Lucangelo i wsp. [46] stosowali HFNC podczas bronchoskopii i uzyskali przy przepływach 60 l min^{-1} zdecydowanie lepsze okołozabiegowe wartości PaO_2 oraz $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ niż w grupie chorych, u których stosowano TB przez maskę Venturiego. Autor stosował z powodzeniem WLT przez rurkę tracheostomijną podczas pilnej gastrokopii chorego na OIT, stwierdzając stabilne wartości saturacji krwi tętniczej przy przepływie 50 l min^{-1} i $\text{FiO}_2 0,5$. Specyficzną grupę chorych, w której należy rozważyć stosowanie WLT, stanowią pacjenci z zaburzeniami odporności w przebiegu chorób układowych, prezentujący cechy zaburzeń oksygenacji. Uniknięcie intubacji dotchawiczej jest w tym przypadku ważnym czynnikiem ograniczania ryzyka dodatkowych powikłań infekcyjnych. Przesłanki przemawiające za zastosowaniem HFNC w takich wskazaniach są niejednoznaczne [3, 7, 9, 47, 48]. Uważa się, że HFNC stanowi dobre rozwiązanie dla chorych w bezpośrednim okresie po przeszczepieniach narządów. Jednak wśród chorych z przewlekłą immunosupresją wielonarządową, wynik kontrolowanego badania z randomizacją Lemiale i wsp. [47] nie wykazał różnic w częstości intubacji i śmiertelności pomiędzy leczonymi HFNC, NIV i TB. W analizie *post-hoc* leczenia za pomocą HFNC charakteryzowali się mniejszą częstością intubacji (31% HFNC, 43% TB, 65% NIV; $p = 0,04$). Podobne wyniki odnotowano w kohorcie retrospektywnej liczącej 115 chorych, jednak w tym badaniu śmiertelność w przebiegu WLT w porównaniu z NIV była zdecydowanie mniejsza (20% v. 40%, $p = 0,02$). Obserwacji tych nie potwierdza wynik badania HIGH z randomizacją, które objęło 776 dorosłych pacjentów ze zmniejszoną odpornością, leczonych na 32 francuskich OIT [48]. Badani wykazywali cechy niewydolności oddechowej ($\text{PaO}_2 < 60 \text{ mm Hg}$ lub $\text{SpO}_2 < 90\%$, częstość oddechów $> 30 \text{ min}^{-1}$), skłaniające do stosowania HFNC lub TB. Jednak w opisanej grupie pacjentów WLT nie zmniejszyło umieralności rejestrowanej w 28. dobie, w stosunku do grupy poddawanej tlenoterapii biernej. Helvitz i Einav [7], podsumowując kwestie WLT wśród chorych z zaburzeniami odporności, dostrzegają sprzeczne wyniki badań i podnoszą jednak ważną kwestię heterogeniczności danych, uzyskiwanych w obliczu często krytycznego stanu chorych. Kontynuacją tych rozważań mogą być próby stosowania HFNC w grupie chorych paliatywnych, o jednoznacznym rokowaniu, u których zarówno intubacja, jak i aktywne wsparcie oddechu oraz resuscytacja są przeciwwskazane. Stworzenie tym chorym komfortu zakończenia życia pozostaje etycznym obowiązkiem lekarza i w tym przypadku HFNC spełnia swoją rolę [7, 10, 13].

PODSUMOWANIE

Przedstawione dane kliniczne zastosowania wysokoprzepływowego sposobu leczenia tlenem sugerują przydatność tej metody podaży O_2 w codziennej praktyce od-

działów intensywnej terapii, w anestezjologii i medycynie okołoperacyjnej. Należy zwrócić uwagę, że w większości badań, pomimo stosowania HFNC jako formy WLT, w różnych jednostkach chorobowych, nie odnotowano jednoznacznego wpływu tej metody terapii na zmniejszenie śmiertelności. Poszukuje się także jednoznacznej odpowiedzi na pytanie — czy terapia wysokoprzepływowa zmniejsza rzeczywiście częstość intubacji dotchawiczych [2, 3, 8, 9, 28, 29, 32]. Niewątpliwie jednak ten sposób postępowania staje się w niektórych przypadkach alternatywą dla stosowania wentylacji nieinwazyjnej, choć i w tym przypadku należy oczekiwać bardziej oczywistych dowodów takiego stwierdzenia. Obok niezwykle optymistycznych doniesień, w których aktualna ocena dużych grup chorych wykazywała wyraźnie pozytywne cechy zastosowania HFNC, pojawiają się bardziej ostrożne opracowania zwracające uwagę na względnie małą jakość dotychczas analizowanych badań i brak możliwości pełnego porównania wielokierunkowych efektów HFNC, sugerując zarazem konieczność prowadzenia dalszych dobrze zaplanowanych, randomizowanych ocen [49–51]. Należy zauważyć, że analizy zastosowania HFNC nie ograniczają się wyłącznie do spostrzeżeń doświadczalnych czy klinicznych, ale dotyczą również uwarunkowań ekonomicznych. Eaton Turner i wsp. [52] w 2018 roku ocenili na terenie Wielkiej Brytanii aspekty finansowe zastosowania HFNC na OIT. Stwierdzono, że wczesne użycie HFNC za pomocą urządzenia Optiflow™ zapewnia szacunkowe zmniejszenie kosztów terapii o 469 funtów (równowartość 2330,93 PLN wg kursu 4,97 PLN za 1 funt) na jednego chorego na OIT w porównaniu ze standardową tlenoterapią bierną oraz 611 funtów (3036,97 PLN) w stosunku do zastosowania NIV. Dodatkowym czynnikiem pozytywnej oceny ekonomicznej stosowania HFNC może być trudne do oszacowania ograniczenie liczby intubacji dotchawiczych i ich następstw.

Przedstawiona na tle teoretycznych założeń metody analiza możliwości stosowania wysokoprzepływowego leczenia tlenem, pomimo konieczności dalszych ocen, już dzisiaj budzi nadzieję na posiadanie dobrze funkcjonującego i skutecznego narzędzia leczenia niektórych postaci niewydolności oddechowej, które może stanowić alternatywę i uzupełnienie obecnie stosowanych metod postępowania w wielu dziedzinach medycyny.

PODZIĘKOWANIA

1. Źródło finansowania — brak.
2. Konflikt interesów — brak.

Piśmiennictwo:

1. Wong SY, Hess DR. Oxygen therapy and airway management. In: Mosenifar Z, Soo Hoo GW. ed. Practical pulmonary and critical care medicine. Taylor & Francis Group, New York 2006: 1–31.

2. Papazian L, Corley A, Hess D, et al. Use of high-flow nasal cannula oxygenation in ICU adults: a narrative review. *Intensive Care Med.* 2016; 42(9): 1336–1349, doi: [10.1007/s00134-016-4277-8](https://doi.org/10.1007/s00134-016-4277-8), indexed in Pubmed: [26969671](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26969671/).
3. Frat JP, Coudroy R, Marjanovic N, et al. High-flow nasal oxygen therapy and noninvasive ventilation in the management of acute hypoxic respiratory failure. *Ann Transl Med.* 2017; 5(14): 297, doi: [10.21037/atm.2017.06.52](https://doi.org/10.21037/atm.2017.06.52), indexed in Pubmed: [28828372](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28828372/).
4. Drake MG. High-flow nasal cannula oxygen in adults: an evidence-based assessment. *Ann Am Thorac Soc.* 2018; 15(2): 145–155, doi: [10.1513/AnnalsATS.201707-548FR](https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201707-548FR), indexed in Pubmed: [29144160](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29144160/).
5. Sim MAB, Dean P, Kinsella J, et al. Performance of oxygen delivery devices when the breathing pattern of respiratory failure is simulated. *Anaesthesia.* 2008; 63(9): 938–940, doi: [10.1111/j.1365-2044.2008.05536.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2008.05536.x), indexed in Pubmed: [18540928](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18540928/).
6. Ward JJ. High-flow oxygen administration by nasal cannula for adult and perinatal patients. *Respir Care.* 2013; 58(1): 98–122, doi: [10.4187/respcare.01941](https://doi.org/10.4187/respcare.01941), indexed in Pubmed: [23271822](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23271822/).
7. Helviz Y, Einav SA. A systemic review of the high-flow nasal cannula for the adult patients. In: Vincent JL, Einav SA. ed. Annual update in intensive care and emergency medicine. Springer Int. Publishing AG 2018: 177–192.
8. Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults: physiological benefits, indication, clinical benefits, and adverse effects. *Respir Care.* 2016; 61(4): 529–541, doi: [10.4187/respcare.04577](https://doi.org/10.4187/respcare.04577), indexed in Pubmed: [27016353](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27016353/).
9. Cortegiani A, Accurso G, Mercadante S, et al. High flow nasal therapy in perioperative medicine: from operating room to general ward. *BMC Anesthesiol.* 2018; 18(1): 166, doi: [10.1186/s12871-018-0623-4](https://doi.org/10.1186/s12871-018-0623-4), indexed in Pubmed: [30414608](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30414608/).
10. Ricard JD. High flow nasal oxygen in acute respiratory failure. *Minerva Anesthesiol.* 2012; 78: 836–41.
11. Mikalsen IB, Davis P, Øymar K. High flow nasal cannula in children: a literature review. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2016; 24: 93, doi: [10.1186/s13049-016-0278-4](https://doi.org/10.1186/s13049-016-0278-4), indexed in Pubmed: [27405336](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27405336/).
12. Dani C, Pratesi S, Migliori C, et al. High flow nasal cannula therapy as respiratory support in the preterm infant. *Pediatr Pulmonol.* 2009; 44(7): 629–634, doi: [10.1002/ppul.21051](https://doi.org/10.1002/ppul.21051), indexed in Pubmed: [19499590](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19499590/).
13. Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults. *J Intensive Care.* 2015; 3(1): 15, doi: [10.1186/s40560-015-0084-5](https://doi.org/10.1186/s40560-015-0084-5), indexed in Pubmed: [25866645](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25866645/).
14. Vargas F, Saint-Leger M, Boyer A, et al. Physiologic effects of high-flow nasal cannula oxygen in critical care subjects. *Respir Care.* 2015; 60(10): 1369–1376, doi: [10.4187/respcare.03814](https://doi.org/10.4187/respcare.03814), indexed in Pubmed: [25944940](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25944940/).
15. Leeies M, Flynn E, Turgeon AF, et al. High-flow oxygen via nasal cannulae in patients with acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev.* 2017; 6(1): 202, doi: [10.1186/s13643-017-0593-5](https://doi.org/10.1186/s13643-017-0593-5), indexed in Pubmed: [29037221](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29037221/).
16. Mauri T, Galazzi A, Binda F, et al. Impact of flow and temperature on patient comfort during respiratory support by high-flow nasal cannula. *Crit Care.* 2018; 22(1): 120, doi: [10.1186/s13054-018-2039-4](https://doi.org/10.1186/s13054-018-2039-4), indexed in Pubmed: [29743098](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29743098/).
17. Dysart K, Miller TL, Wolfson MR, et al. Research in high flow therapy: mechanisms of action. *Respir Med.* 2009; 103(10): 1400–1405, doi: [10.1016/j.rmed.2009.04.007](https://doi.org/10.1016/j.rmed.2009.04.007), indexed in Pubmed: [19467849](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19467849/).
18. Mauri T, Alban L, Turrini C, et al. Physiologic effects of high-flow nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017; 195(9): 1207–1215, doi: [10.1164/rccm.201605-0916OC](https://doi.org/10.1164/rccm.201605-0916OC), indexed in Pubmed: [27997805](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27997805/).
19. Mauri T, Alban L, Turrini C, et al. Optimum support by high-flow nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure: effects of increasing flow rates. *Intensive Care Med.* 2017; 43(10): 1453–1463, doi: [10.1007/s00134-017-4890-1](https://doi.org/10.1007/s00134-017-4890-1), indexed in Pubmed: [28762180](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28762180/).
20. Chanques G, Riboulet F, Molinari N, et al. Comparison of three high flow oxygen therapy delivery devices: a clinical physiological cross-over study. *Minerva Anesthesiol.* 2013; 79(12): 1344–1355, indexed in Pubmed: [23857440](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23857440/).
21. Möller W, Feng S, Domanski U, et al. Nasal high flow reduces dead space. *J Appl Physiol* (1985). 2017; 122(1): 191–197, doi: [10.1152/jappphysiol.00584.2016](https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00584.2016), indexed in Pubmed: [27856714](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27856714/).
22. Di Mussi R, Spadaro S, Stripoli T, et al. High-flow nasal cannula oxygen therapy decreases postextubation neuroventilatory drive and work of breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease.

- Crit Care. 2018; 22(1): 180, doi: [10.1186/s13054-018-2107-9](https://doi.org/10.1186/s13054-018-2107-9), indexed in Pubmed: [30071876](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30071876/).
23. Parke RL, Eccleston ML, McGuinness SP. The effects of flow on airway pressure during nasal high-flow oxygen therapy. *Respir Care*. 2011; 56(8): 1151–1155, doi: [10.4187/respcare.01106](https://doi.org/10.4187/respcare.01106), indexed in Pubmed: [21496369](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21496369/).
 24. Groves N, Tobin A. High flow nasal oxygen generates positive airway pressure in adult volunteers. *Aust Crit Care*. 2007; 20(4): 126–131, doi: [10.1016/j.aucc.2007.08.001](https://doi.org/10.1016/j.aucc.2007.08.001), indexed in Pubmed: [17931878](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17931878/).
 25. Okuda M, Tanaka N, Naito K, et al. Evaluation by various methods of the physiological mechanism of a high-flow nasal cannula (HFNC) in healthy volunteers. *BMJ Open Respir Res*. 2017; 4(1): e000200, doi: [10.1136/bmjresp-2017-000200](https://doi.org/10.1136/bmjresp-2017-000200), indexed in Pubmed: [29071075](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29071075/).
 26. Riera J, Pérez P, Cortés J, et al. Effect of high-flow nasal cannula and body position on end-expiratory lung volume: a cohort study using electrical impedance tomography. *Respir Care*. 2013; 58(4): 589–596, doi: [10.4187/respcare.02086](https://doi.org/10.4187/respcare.02086), indexed in Pubmed: [23050520](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23050520/).
 27. Xu Z, Li Y, Zhou J, et al. High-flow nasal cannula in adults with acute respiratory failure and after extubation: a systematic review and meta-analysis. *Respir Res*. 2018; 19(1): 202, doi: [10.1186/s12931-018-0908-7](https://doi.org/10.1186/s12931-018-0908-7), indexed in Pubmed: [30326893](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30326893/).
 28. Lee CC, Mankodi D, Shaharyar S, et al. High flow nasal cannula versus conventional oxygen therapy and non-invasive ventilation in adults with acute hypoxic respiratory failure: A systematic review. *Respir Med*. 2016; 121: 100–108, doi: [10.1016/j.rmed.2016.11.004](https://doi.org/10.1016/j.rmed.2016.11.004), indexed in Pubmed: [27888983](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27888983/).
 29. Huang HW, Sun XM, Shi ZH, et al. Effect of high-flow nasal cannula oxygen therapy versus conventional oxygen therapy and noninvasive ventilation on reintubation rate in adult patients after extubation: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Intensive Care Med*. 2018; 33(11): 609–623, doi: [10.1177/0885066617705118](https://doi.org/10.1177/0885066617705118), indexed in Pubmed: [28429603](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28429603/).
 30. Coudroy R, Frat JP, Boissier F, et al. Early identification of acute respiratory distress syndrome in the absence of positive pressure ventilation: implications for revision of the berlin criteria for acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med*. 2018; 46(4): 540–546, doi: [10.1097/CCM.0000000000002929](https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000002929), indexed in Pubmed: [29271843](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29271843/).
 31. Frat JP, Thille AW, Mercat A, et al. FLORALI Study Group, REVA Network. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxic 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/).
 32. Ni YN, Luo J, Yu He, et al. Can high-flow nasal cannula reduce the rate of endotracheal intubation in adult patients with acute respiratory failure compared with conventional oxygen therapy and noninvasive positive pressure ventilation?: A Systematic Review and Meta-analysis. *Chest*. 2017; 151(4): 764–775, doi: [10.1016/j.chest.2017.01.004](https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.01.004), indexed in Pubmed: [28089816](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28089816/).
 33. Messika J, Ben Ahmed K, Gaudry S, et al. Use of high-flow nasal cannula oxygen therapy in subjects with ARDS: A 1-Year Observational Study. *Respir Care*. 2015; 60(2): 162–169, doi: [10.4187/respcare.03423](https://doi.org/10.4187/respcare.03423), indexed in Pubmed: [25371400](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25371400/).
 34. Osadnik CR, Tee VS, Carson-Chahhoud KV, et al. Non-invasive ventilation for the management of acute hypercapnic respiratory failure due to exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017; 7: CD004104, doi: [10.1002/14651858.CD004104.pub4](https://doi.org/10.1002/14651858.CD004104.pub4), indexed in Pubmed: [28702957](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28702957/).
 35. Yeung J, Couper K, Ryan EG, et al. Non-invasive ventilation as a strategy for weaning from invasive mechanical ventilation: a systematic review and Bayesian meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2018; 44(12): 2192–2204, doi: [10.1007/s00134-018-5434-z](https://doi.org/10.1007/s00134-018-5434-z), indexed in Pubmed: [30382306](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30382306/).
 36. Bräunlich J, Wirtz H. Nasal high-flow in acute hypercapnic exacerbation of COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2018; 13: 3895–3897, doi: [10.2147/COPD.S185001](https://doi.org/10.2147/COPD.S185001), indexed in Pubmed: [30555226](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30555226/).
 37. Kim ES, Lee H, Kim SeJ, et al. Effectiveness of high-flow nasal cannula oxygen therapy for acute respiratory failure with hypercapnia. *J Thorac Dis*. 2018; 10(2): 882–888, doi: [10.21037/jtd.2018.01.125](https://doi.org/10.21037/jtd.2018.01.125), indexed in Pubmed: [29607161](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29607161/).
 38. Storgaard LH, Hockey HU, Laursen BS, et al. Long-term effects of oxygen-enriched high-flow nasal cannula treatment in COPD patients with chronic hypoxic respiratory failure. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2018; 13: 1195–1205, doi: [10.2147/COPD.S159666](https://doi.org/10.2147/COPD.S159666), indexed in Pubmed: [29713153](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29713153/).
 39. Stripoli T, Spadaro S, Di Mussi R, et al. High-flow oxygen therapy in tracheostomized patients at high risk of weaning failure. *Ann Intensive Care*. 2019; 9(1): 4, doi: [10.1186/s13613-019-0482-2](https://doi.org/10.1186/s13613-019-0482-2), indexed in Pubmed: [30617626](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30617626/).
 40. Mitaka C, Odoh M, Satoh D, et al. High-flow oxygen via tracheostomy facilitates weaning from prolonged mechanical ventilation in patients with restrictive pulmonary dysfunction: two case reports. *J Med Case Rep*. 2018; 12(1): 292, doi: [10.1186/s13256-018-1832-7](https://doi.org/10.1186/s13256-018-1832-7), indexed in Pubmed: [30309381](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30309381/).
 41. Raineri SM, Cortegiani A, Accurso G, et al. Efficacy and safety of using high-flow nasal oxygenation in patients undergoing rapid sequence intubation. *Turk J Anaesthesiol Reanim*. 2017; 45(6): 335–339, doi: [10.5152/TJAR.2017.47048](https://doi.org/10.5152/TJAR.2017.47048), indexed in Pubmed: [29359072](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29359072/).
 42. Zhu Y, Yin H, Zhang R, et al. High-flow nasal cannula oxygen therapy vs conventional oxygen therapy in cardiac surgical patients: A meta-analysis. *J Crit Care*. 2017; 38: 123–128, doi: [10.1016/j.jccr.2016.10.027](https://doi.org/10.1016/j.jccr.2016.10.027), indexed in Pubmed: [27886577](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27886577/).
 43. Futier E, Paugam-Burtz C, Godet T, et al. OPERA study investigators. Effect of early postextubation high-flow nasal cannula vs conventional oxygen therapy on hypoxaemia in patients after major abdominal surgery: a French multicentre randomised controlled trial (OPERA). *Intensive Care Med*. 2016; 42(12): 1888–1898, doi: [10.1007/s00134-016-4594-y](https://doi.org/10.1007/s00134-016-4594-y), indexed in Pubmed: [27771739](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27771739/).
 44. Hernández G, Vaquero C, González P, et al. Effect of postextubation high-flow nasal cannula vs conventional oxygen therapy on reintubation in low-risk patients: a randomized clinical trial. *JAMA*. 2016; 315(13): 1354–1361, doi: [10.1001/jama.2016.2711](https://doi.org/10.1001/jama.2016.2711), indexed in Pubmed: [26975498](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26975498/).
 45. Badiger S, John M, Fearnley RA, et al. Optimizing oxygenation and intubation conditions during awake fibre-optic intubation using a high-flow nasal oxygen-delivery system. *Br J Anaesth*. 2015; 115(4): 629–632, doi: [10.1093/bja/aeu262](https://doi.org/10.1093/bja/aeu262), indexed in Pubmed: [26253608](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26253608/).
 46. Lucangelo U, Vassallo F, Marras E, et al. High-flow nasal interface improves oxygenation in patients undergoing bronchoscopy. *Critical Care Research and Practice*. 2012; 2012: 1–6, doi: [10.1155/2012/506382](https://doi.org/10.1155/2012/506382).
 47. Azoulay E, Lemiale V, Mokart D, et al. Groupe de Recherche en Réanimation Respiratoire du patient d'Onco-Hématologie (GRRR-OH). Effect of noninvasive ventilation vs oxygen therapy on mortality among immunocompromised patients with acute respiratory failure: a randomized clinical trial. *JAMA*. 2015; 314(16): 1711–1719, doi: [10.1001/jama.2015.12402](https://doi.org/10.1001/jama.2015.12402), indexed in Pubmed: [26444879](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26444879/).
 48. Azoulay E, Lemiale V, Mokart D, et al. Effect of high-flow nasal oxygen vs standard oxygen on 28-day mortality in immunocompromised patients with acute respiratory failure: the HIGH Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2018; 320(20): 2099–2107, doi: [10.1001/jama.2018.14282](https://doi.org/10.1001/jama.2018.14282), indexed in Pubmed: [30357270](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30357270/).
 49. Ni YN, Luo J, Yu He, et al. Can high-flow nasal cannula reduce the rate of endotracheal intubation in adult patients with acute respiratory failure compared with conventional oxygen therapy and noninvasive positive pressure ventilation?: a systematic review and meta-analysis. *Chest*. 2017; 151(4): 764–775, doi: [10.1016/j.chest.2017.01.004](https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.01.004), indexed in Pubmed: [28089816](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28089816/).
 50. Ni YN, Luo J, Yu He, et al. The effect of high-flow nasal cannula in reducing the mortality and the rate of endotracheal intubation when used before mechanical ventilation compared with conventional oxygen therapy and noninvasive positive pressure ventilation. A systematic review and meta-analysis. *Am J Emerg Med*. 2018; 36(2): 226–233, doi: [10.1016/j.ajem.2017.07.083](https://doi.org/10.1016/j.ajem.2017.07.083), indexed in Pubmed: [28780231](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28780231/).
 51. Corley A, Rickard CM, Aitken LM, et al. High-flow nasal cannulae for respiratory support in adult intensive care patients. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017; 5: CD010172, doi: [10.1002/14651858.CD010172.pub2](https://doi.org/10.1002/14651858.CD010172.pub2), indexed in Pubmed: [28555461](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28555461/).
 52. Eaton Turner E, Jenks M. Cost-effectiveness analysis of the use of high-flow oxygen through nasal cannula in intensive care units in NHS England. *Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res*. 2018; 18(3): 331–337, doi: [10.1080/14737167.2018.1411804](https://doi.org/10.1080/14737167.2018.1411804), indexed in Pubmed: [29187008](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29187008/).

Adres do korespondencji:

Dariusz Maciejewski

Al. Armii Krajowej 101

43–300 Bielsko-Biała

e-mail: dmaciejewski@hospital.com.pl

Otrzymano: 8.08.2017 r.

Zaakceptowano: 2.06.2018 r.