

ARTYKUŁ POGLĄDOWY / REVIEW PAPER

Otrzymano/Submitted: 29.02.2023 • Zaakceptowano/Accepted: 10.03.2023

© Akademia Medycyny

Wysokoprzepływową terapią tlenem dziś, a co jutro?

High-flow oxygen therapy today and tomorrow

Alicja Kalemba^{1*}, Cezary Kapłań^{1*}, Łukasz J. Krzych^{2,3}

* autorzy wnieśli równy wkład w powstanie pracy

¹ Studenckie Koło Naukowe przy Klinice Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Katedra Anestezjologii i Intensywnej Terapii, WNMK, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

² Katedra Anestezjologii i Intensywnej Terapii, WNMK, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

³ Oddział Kardioanestezjologii i Intensywnej Terapii, Śląskie Centrum Chorób Serca w Zabrze



Streszczenie

Wysokoprzepływową tlenoterapią jest jedną z zyskujących popularność metod wsparcia oddechowego, która znajduje zastosowanie w coraz to szerszym spektrum sytuacji klinicznych. Artykuł przedstawia aktualny przegląd wiadomości obejmujący tę tematykę. *Anestezjologia i Ratownictwo 2023; 17: 275-283. doi:10.53139/AIR.20231736*

Słowa kluczowe: wysokoprzepływową terapią tlenem, kaniula donosowa, niewydolność oddechowa

Abstract

High-flow oxygen therapy is one of the gaining popularity methods of respiratory support finding application in a growing spectrum of clinical situations. The article presents an actual review of the current knowledge in this subject. *Anestezjologia i Ratownictwo 2023; 17: 275-283. doi:10.53139/AIR.20231736*

Keywords: high-flow oxygen therapy, nasal cannula, respiratory failure

Wstęp

Ostatnie trzy lata, przebiegające głównie w cieniu pandemii, można traktować jako czynnik aktywujący do rozważań nad skutecznymi metodami leczenia ostrej niewydolności oddechowej. W tym okresie nieinwazyjne wspomaganie oddychania odgrywało główną rolę w postępowaniu z pacjentami dotkniętymi ostrą hipoksemiczną niewydolnością oddechową. Ze względu na wysoką skuteczność, dostępność oraz łatwość w użytkowaniu szczególnie wzrost popularności zyskała wysokoprzepływową tlenoterapią [1].

HFNC (*high flow nasal cannula*) znana też jako HFNOT (*high flow nasal oxygen therapy*) to jedna z nieinwazyjnych metod wsparcia oddechowego, w której podstawą jest wykorzystanie wysokich przepływów gazów. Pozwala ona na ścisłą kontrolę między innymi FiO₂ (procentowego stężenia tlenu w dostarczonej mieszance) oraz przepływu gazów. Dodatkowo dostarczana do pacjenta mieszanka gazów zostaje nawilżona oraz ogrzana. Gwarantuje to nie tylko dobrą tolerancję terapii przez pacjenta, ale także uzyskanie wysokich stężeń tlenu w dostarczonej mieszance, które są nieosiągalne przy zastosowaniu konwencjonalnych metod tlenoterapii. Metoda ta może być konkurencyjna dla

metod wentylacji nieinwazyjnej (NIV), które mimo swoich licznych zalet są często słabo tolerowane przez pacjentów. HFNOT to jedna z atrakcyjnych alternatyw w sytuacjach, gdy tlenoterapia klasycznymi metodami nie jest wystarczająca, a stan kliniczny pacjenta bezwzględnie nie wymaga zastosowania wentylacji mechanicznej.

Mechanizm działania

Mechanizm HFNOT to stosunkowo prosty układ złożony z dwóch głównych podzespołów. Jednym z nich jest generator przepływów, który umożliwia uzyskanie docelowej wartości FiO_2 (w zakresie 21-100%) poprzez mieszanie się tlenu z powietrzem. Kolejno wygenerowana mieszanina przepływa przez drugi podzespół, w którym jest aktywnie nawilżana. Następnie jest ogrzewana (przeważnie do temperatury $37^\circ C$) przez pojedyncze ramię układu oddechowego i finalnie za pomocą interfejsu dociera do pacjenta. Tak skomponowany układ jest w stanie wygenerować do 60 L/min przepływu. Ważnym ogniwem tego układu jest interfejs. Zastosowana w HFNOT kaniula nosowa nie jest uciążliwa dla pacjenta, co poprawia skuteczność tej metody. W wentylacji nieinwazyjnej zastosowanie ma kilka typów interfejsów, które nierzadko powodują dyskomfort u pacjentów. Jest to między innymi spowodowane uciskiem maski, co w konsekwencji może

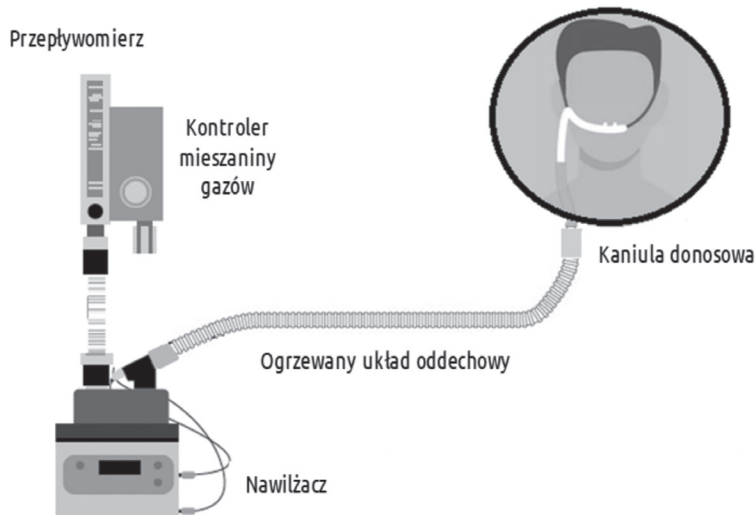
skutkować powstaniem odleżyn. Hełmy także są słabo tolerowane. Dobór odpowiedniego interfejsu powinien uwzględnić minimalizację ryzyka poczucia przez pacjenta zamkniętej przestrzeni. HFNC początkowo był dedykowany głównie neonatologii. Z uwagi na to interfejs został dostosowany tak, aby zredukować ryzyko wystąpienia obrażeń w obrębie twarzy [2].

Efekty fizjologiczne

Zastosowanie HFNC determinuje szereg fizjologicznych efektów, do których zaliczamy m.in utrzymanie względnie stałego FiO_2 , wytworzenie dodatniego ciśnienia końcowo-wydechowego (PEEP), redukcja anatomicznej przestrzeni martwej, poprawa klirensu rzęskowego oraz redukcja wysiłku oddechowego.

Stale FiO_2

Konwencjonalne metody tlenoterapii cechują się stosunkowo niskim przepływem gazów w zakresie maksymalnie do 15L/min. Poważnym klinicznie ograniczeniem tych metod jest również brak dostarczania stałych wartości FiO_2 . Fizjologicznie przepływ wdechowy jak i FiO_2 jest zmienny wraz z każdym oddechem. Błędem jest zakładanie, że przy ustalonej wartości FiO_2 cały podawany tlen jest wdychany przez pacjenta. Pacjenci przejawiający cechy niewydolności oddechowej odczuwają duszność, na skutek której



Rycina 1. Schemat HFNC

Figure 1. High flow nasal cannula scheme

napęd oddechowy ulega znacznemu zwiększeniu. W konsekwencji przepływ wdechowy chorego waha się między 30 a 100 L/min, tym samym przekraczając przepływ tlenu dostarczany przez tradycyjne urządzenia. Wiąże się to z niekorzystnym zjawiskiem zaciągania przez pacjenta powietrza z otoczenia, co skutkuje rozcieńczaniem ustalonej mieszaniny tlenu, przez co FiO₂ jest niewystarczające. Wysokoprzepływowa tlenoterapia pozwala na podawanie tlenu na stałym i wysokim przepływie. Dodatkowo badania wykazały, że ustalony poziom FiO₂ jest stabilniejszy przy wysokich wartościach przepływu [3]. Ponadto ma tendencję do zwiększania się przy oddychaniu z otwartymi ustami [4].

Wytworzenie PEEP

W przeciwieństwie do NIV, HFNOT jest otwartym układem oddechowym. Mimo to wysokie przepływy umożliwiają wytworzenie oporu przeciwdziałającemu przepływowi wydechowemu. To z kolei skutkuje wytworzeniem zależnego od przepływu (około 0,8 cm H₂O na każde 10L przepływu przy zamkniętych ustach) niewielkiego, ale klinicznie istotnego końcowo wydechowego dodatniego ciśnienia (PEEP) [5,6]. Niektóre badania podają, że osiągnąć ciśnienia mogą wynosić nawet ok 7 cm H₂O [7]. W rezultacie zapobiega to zapadaniu się pęcherzyków płucnych, potencjalnie rekrutuje część już zapadniętych co rzutuje na poprawę oksygenacji. Istotną kwestią w utrzymywaniu PEEP pozostaje fakt, czy pacjent oddycha przy otwartych ustach. U ochotników wspieranych HFNOT wykazano, że przy otwartych ustach PEEP wynosił jedynie 0,8 cmH₂O. Natomiast, przy zamkniętych ustach i tym samym przepływie (60L/min) PEEP wyniósł 6,8 cm H₂O [8].

Redukcja CO₂ w przestrzeni martwej

Przestrzenią martwą układu oddechowego określa się przestrzeń, w której tlen i dwutlenek węgla (CO₂) nie są wymieniane przez błonę pęcherzyków płucnych. Podczas fizjologicznej wentylacji nawet około 30% objętości objętości oddechowej jest marnowane w nie biorącej udziału w wymianie gazowej przestrzeni anatomicznej [9]. Konwencjonalne metody tlenoterapii poprzez wykorzystanie maski twarzowej powodują istotne zwiększenie anatomicznej przestrzeni martwej [10]. Na skutek zapewnienia wysokich przepływów HFNOT redukuje zawartość CO₂ w drogach oddechowych. Chociaż HFNC zmniejsza wentylację

minutową, ciśnienie parcjalne CO₂ (PaCO₂) pozostaje na stałym poziomie lub nawet maleje [9]. Wskazuje to, że HFNC powoduje bardziej wydajną wentylację, ułatwiając usuwanie CO₂ z anatomicznej przestrzeni martwej [11]. W części analizowanych modeli nawet w przepływach tak małych jak 10L/min również dochodziło do istotnego zmniejszenia stężenia CO₂. Ciekawym zjawiskiem jest także wpływ otwarcia ust na efektywność wypłukiwania CO₂. W przeciwieństwie do wytwarzania PEEP, w tym przypadku otwarte usta wydają się ułatwiać eliminację dwutlenku węgla. W celu redukcji przestrzeni martwej w przypadku zamkniętych ust wymagane jest zastosowanie zwiększonych przepływów gazu [12].

Poprawa klirensu rzęskowego

Oddychanie zimnym i suchym powietrzem wiąże się ze zwiększeniem oporów w drogach oddechowych oraz upośledzeniem funkcji nabłonka rzęskowego wyścielającego drogi oddechowe, którego celem jest usuwanie zanieczyszczeń. Dodatkowo takie powietrze wzmagą wysiłek oddechowy u pacjentów z jego już wyjściowym podwyższonym poziomem. W rezultacie tradycyjne metody tlenoterapii cechują się dyskomfortem oraz słabą ich tolerancją przez pacjenta. Chorzy przejawiający niewydolność oddechową nierzadko mają zwiększoną ilość wydzieliny w drogach oddechowych. Ważną rolę w usuwaniu jej z dróg oddechowych ma zawartość wody w wydzielinie. Ogrzewanie gazów zastosowane w HFNOT umożliwia zachowanie klirensu rzęskowego na wysokim poziomie, co u pacjentów z zaburzeniami oddychania jest szczególnie ważne [13]. Obecnie brakuje danych na temat wpływu HFNC na wydzielenie śluzu [9].

Redukcja wysiłku oddechowego

Wysiłek oddechowy to energia, jaką pacjent musi zużyć w celu napędzenia mięśni oddechowych. Wśród pacjentów z HFNC zaobserwowano istotną redukcję wysiłku oddechowego. Może być to związane m.in. ze spadkiem oporów w drogach oddechowych oraz wzrostem podatności dynamicznej płuc [14]. Spadek wysiłku oddechowego wykazano także w porównaniu z tradycyjnymi metodami tlenoterapii [15,16]. Zastosowana terapia wysokoprzepływowa zmniejszała u pacjentów występowanie asynchronii oddechowej między klatką piersiową a brzuchem [17]. Wykazano, że redukcja wysiłku oddechowego jest wprost proporcjonalna do zwiększającego się przepływu [18].

Komfort pacjenta

HFNOT poprzez swój mechanizm oraz interfejs, w przeciwieństwie do NIV, zapewnia pacjentowi wysoki komfort oraz brak ograniczeń względem wykonywanych czynności. Pacjent wspierany wysokimi przepływami może swobodnie rozmawiać oraz jeść. Interfejs przypominający wąsy tlenowe zdecydowanie zmniejsza ryzyko dezorientacji pacjenta czy klaustrofobii. Zwiększone przepływy nie obniżają tolerancji pacjentów. Jednakże znaczący wpływ mają na to stopień nawilżenia oraz temperatura. Wzbożona w parę wodną mieszanina jest mniej uciążliwa dla błon śluzowych pacjenta. Pacjenci, u których w terapii zastosowano niższą temperaturę (31°C), wykazywali wyższy poziom komfortu w porównaniu z tymi, u których użyto wyższej temperatury (37°C) [19]. W badaniach nie wykazano, aby zwiększone przepływy obniżały zdolność tolerancji HFNC przez pacjentów.

Zastosowanie kliniczne

W ciągu ostatnich lat HFNOT sukcesywnie zdobywał popularność w leczeniu niewydolności oddechowej, najpierw wśród dzieci a później w populacji dorosłych. Pandemia rozpowszechniła zastosowanie tej metody poza oddziałami intensywnej terapii. Najnowsze modele urządzeń HFNC pozwalają na poszerzenie zasięgu zastosowań tego urządzenia o między innymi leczenie pacjentów z przewlekłymi chorobami układu oddechowego lub domowej opieki paliatywnej.

Ostra hipoksemiczna niewydolność oddechowa

Hipoksemiczną niewydolność oddechową najczęściej możemy zdefiniować jako zaburzenie stosunku wentylacji do perfuzji. Do przyczyn prowadzących do hipoksemii zaliczamy między innymi zapalenie płuc o etiologii bakteryjnej lub wirusowej czy kardiogeny obrzęk płuc. W ostatnim czasie zasugerowano uzupełnienie kryteriów ARDS, czyli zespołu ostrej niewydolności oddechowej, o zastosowanie HFNC. Do tej pory definicja Berlińska rozpoznawania ARDS wymagała zastosowania u pacjenta PEEP na poziomie przynajmniej 5 cmH₂O. Sugerowane zmiany uzasadniane są tym, że część pacjentów może spełniać pozostałe kryteria Berlińskie (czas wystąpienia, obustronne zacienienia, wykluczenie przyczyn kardiogeny oraz stosunek PaO₂/FiO₂) oraz mogą być tymczasowo leczeni przy użyciu HFNC. Terapia wysokoprzepływowa generuje PEEP, chociaż nie jest

on bezpośrednio możliwy do oszacowania podczas terapii pacjenta [20]. W 2022 *European Respiratory Society* (ERS) wydało wytyczne opisujące zastosowanie HFNC w ostrej niewydolności oddechowej. Jednym z zaleceń jest wybór terapii wysokoprzepływowej nad konwencjonalną tlenoterapią w hipoksemicznej niewydolności oddechowej [21]. Podobne zalecenia ukazały się w 2020 roku na łamach *Intensive Care Medicine* (ICM) [22]. Opublikowana w 2020 metaanaliza zawierająca 25 badań porównała nieinwazyjne metody wsparcia oddechowego. Otrzymane wyniki wykazały, że w porównaniu do tlenoterapii konwencjonalnej, zastosowanie HFNC istotnie zredukowało liczbę koniecznych eskalacji terapii do intubacji i wentylacji mechanicznej (RR 0,76; 95% CI 0,55–0,99) [23]. Kolejna metaanaliza z 2019 porównująca HFNC z tlenoterapią konwencjonalną wykazała zmniejszony odsetek intubacji w grupie HFNC (RR 0,85; 95% CI 0,74–0,99), jednakże nie wykazała istotnej statystycznie redukcji śmiertelności 30-dniowej (RR 0,94; 95% CI 0,67–1,31) [24]. Przytoczone badania opierały swoje dane głównie na okresie sprzed pandemii COVID-19. Nowsza metaanaliza bazująca na 9 badaniach dotyczących pacjentów z COVID-19 wykazała zmniejszoną częstość intubacji w grupie HFNC w porównaniu ze standardową tlenoterapią (OR 0,44; 95% CI 0,28–0,71), zmniejszoną 28-dniową śmiertelność na Oddziale Intensywnej Terapii (OIT) (OR 0,54; 95% CI 0,30–0,97), oraz zwiększoną liczbę dni wolnych od respiratoroterapii w okresie 28 dni (średnia różnica 2,58; 95% CI 1,70–3,45). Natomiast nie wykazano różnicy w długości pobytu na OIT (średnia różnica 0,52; 95% CI 1,01–2,06; p=0,5) [25]. Zastosowanie HFNC może redukować ryzyko wystąpienia uszkodzenia płuc indukowanego nadmiernym wysiłkiem oddechowym (P-SILI) [26]. Wynika to ze zmniejszenia wysiłku oddechowego, który prawdopodobnie wynika z generowania przez HFNC PEEP w drogach oddechowych, co skutkuje większą homogennością płuc podczas wentylacji oraz zapobiega nadmiernemu rozdęciu pęcherzyków w obszarach o zwiększonej podatności. Wytworzenie PEEP poprawia także oksygenację, co skutkuje zmniejszeniem wysiłku oddechowego. Efektem utrzymania PEEP oraz wyższych i bardziej stabilnych wartości FiO₂ jest potencjalne zmniejszenie występowania liczby P-SILI.

Kolejnym zaleceniem ERS jest preferowanie HFNC względem NIV w ostrej hipoksemicznej niewydolności oddechowej. Metaanaliza porównująca zastosowanie

HFNC względem NIV u pacjentów z COVID-19 nie wykazała różnicy w zakresie częstości intubacji (RR 1,01; 95% CI 0,85–1,20; $p=0,89$) oraz długości hospitalizacji (MD 0,38 dnia; 95% CI -20,61-1,37], $p=0,45$). Grupa NIV charakteryzowała się większą poprawą wskaźnika oddechowego (PaO₂ /FIO₂ MD 22,80; 95% CI 5,30–40,31; $p=0,01$) [27]. Z kolei metaanaliza oparta na populacji pacjentów z COVID-19 wykazała niższą śmiertelność w grupie HFNC (OR 0,66; 95% CI 0,51–0,84). Analiza podgrup nie wykazała różnicy śmiertelności HFNC w porównaniu z grupą NIV, w której do wentylacji wykorzystywano hełm (OR 1,21; 95% CI 0,63–2,32; $p=0,57$) oraz dla podgrupy NIV z trybem wentylacji CPAP (OR 0,77; 95% CI 0,51–1,17; $p=0,23$). Natomiast między grupą HFNC a NIV nie wykazano różnic w częstości intubacji (OR 0,93; 95% CI 0,73–1,20; $p=0,59$), stosunku PaO₂/FiO₂ po 24 godzinach terapii (MD -22,63; 95% CI -47,21-1,95; $p=0,07$), długości pobytu na OIT (MD 0,31; 95% CI -0,81-1,43; $p=0,59$), długości hospitalizacji (MD 0,76; 95% CI -0,33-1,85; $p=0,17$) a także dni wolnych od wentylacji mechanicznej (MD 0,17; 95% CI -2,63-2,96; $p=0,91$) [28].

Biorąc pod uwagę przytoczone metaanalizy oraz wytyczne wydaje się sensownym użycie HFNC jako nieinwazyjnego wsparcia oddechowego pierwszego rzutu u pacjentów z hipoksemiczną niewydolnością oddechową. HFNC jest łatwiejszy w obsłudze i mniej wymagający w zakresie angażowania personelu a także lepiej tolerowany przez pacjentów. Jednak należy pamiętać, że ostateczny wybór terapii powinien być spersonalizowany i dobrany do bieżących potrzeb pacjenta. Niektórzy chorzy mogą odnieść większą korzyść z włączenia NIV jako metody pierwszego rzutu np. pacjenci z niewydolnością serca, u których wyższe ciśnienia w drogach oddechowych będą miały pozytywny efekt hemodynamiczny.

Wytyczne ERS sugerują także zastosowanie HFNC zamiast konwencjonalnych metod tlenoterapii w przerwach od wentylacji nieinwazyjnej przy odzwyczajaniu od wentylacji. W przeprowadzonym randomizowanym badaniu kontrolnym wykazano zwiększenie komfortu w grupie pacjentów, u których w trakcie przerw od NIV stosowano terapię wysokoprzepływową. Ponadto w grupie poddawanej konwencjonalnej tlenoterapii zaobserwowano zwiększoną liczbę oddechów oraz duszność. W grupie HFNC te objawy nie występowały. Nie zaobserwowano różnic pomiędzy grupami w odniesieniu do czasu trwania wentylacji nieinwazyj-

nej czy długości przerw od NIV [29].

Należy pamiętać, że HFNC mimo swoich znacznych zalet nie jest metodą uniwersalną. Nie każdy pacjent leczony terapią wysokoprzepływową może osiągnąć korzystny klinicznie rezultat. W sytuacji braku powodzenia HFNC nie należy odwracać decyzji o eskalacji terapii, w tym intubacji i wentylacji mechanicznej. Przeprowadzona wielośrodkowa analiza wykazała, że pacjenci z niewydolnością oddechową z powodu COVID-19, u których intubację odroczone do 24 godzin od przyjęcia na OIT mieli zwiększoną śmiertelność wewnątrzszpitalną (27,3% vs 37,1%; $p=0,01$), śmiertelność na OIT (25,7% vs 36,1%; $p=0,007$) oraz śmiertelność 90-dniową (30,9% vs 40,2%; $p=0,02$) [30]. W związku z tym należy uważnie selekcjonować pacjentów mogących odnieść korzyści z terapii wysokoprzepływowej. Zwlekanie z eskalacją terapii u pacjenta, którego stan nie ulega poprawie po zastosowaniu wspomnianych metod, ostatecznie pogarsza jego rokowanie.

Przydatnym narzędziem pozwalającym ocenić prawdopodobieństwo sukcesu terapii HFNC jest ROX index, definiowany jako stosunek saturacji mierzonej pulsoksymetrem (SpO₂) do stężenia tlenu we wdychanym gazie (FiO₂) podzielonym przez liczbę oddechów (RR). Przeprowadzona metaanaliza wykazała, że ROX index obliczony w ciągu pierwszych 12 godzin od rozpoczęcia HFNC prognozuje skuteczność terapii. Wynik poniżej 4,2 związany jest ze złym rokowaniem i w takim przypadku należy rozważyć eskalację terapii, wartości powyżej 5,4 oznacza, że pacjent ma dużą szansę na sukces terapeutyczny. Wartości między 4,2 a 5,4 tworzą szarą strefę, w której potencjalne rokowanie musi być oceniane indywidualnie [31].

Hiperkapniczna niewydolność oddechowa

Zastosowanie optymalnego leczenia farmakologicznego w przypadku wystąpienia ostrej niewydolności hiperkapnicznej w chorobach obturacyjnych nie przynosi poprawy nawet u 64% pacjentów [21]. Z uwagi na korzyści wynikające z poprawy skutecznej wymiany gazowej przy zastosowaniu wysokoprzepływowego wsparcia oddechowego podjęto badania nad zastosowaniem HFNOT jako alternatywy dla NIV lub konwencjonalnych metod tlenoterapii (COT) w warunkach zaostrzenia przewlekłej choroby obturacyjnej płuc (POChP). Zgodnie z wytycznymi *European Respiratory Society* preferowane jest przeprowadzenia próby wentylacji nieinwazyjnej jako leczenia pierwszego rzutu

(przed zastosowaniem HFNC i wentylacją inwazyjną) u pacjentów z POChP i ostrą hiperkapniczną niewydolnością oddechową. Próba NIV ma na celu ocenę przez klinicystów ciężkości niewydolności oddechowej, przewidywanej odpowiedzi pacjenta na leczenie oraz szansę konwersji (deeskalacji wsparcia) do HFNC. Jest to zalecenie warunkowe z uwagi na małą pewność dowodów naukowych. Dotychczasowe badania zawarte w metaanalizie wykazały istotną potrzebę większej liczby badań klinicznych do sformułowania ostatecznego stwierdzenia, czy HFNC będzie można uznać za równoważne lub nawet lepsze od NIV [32,33]. Natomiast ważne, aby pamiętać, że HFNC jest preferowane w stosunku do COT podczas przerw w NIV oraz u pacjentów z zaostrożoną POChP [34].

Okres pooperacyjny

Hipoksemia w okresie pooperacyjnym jest zjawiskiem częstym i niebezpiecznym. Najczęściej spowodowana jest zaleganiem wydzieliny, derekrucją pęcherzyków płucnych lub obniżonym napędem oddechowym. Powstałe podczas znieczulenia ogniska niedodmy i zalegająca wydzielina mogą stać się ogniskiem namnażania mikroorganizmów, zwiększając ryzyko zapalenia płuc. Według zaleceń ERS u pacjentów w okresie pooperacyjnym o niskim ryzyku powikłań oddechowych HFNC jest zalecana na równi ze standardową tlenoterapią (COT). Natomiast u pacjentów z dużym ryzykiem powikłań oddechowych sugerowane jest zastosowanie HFNC lub NIV. Przeprowadzona metaanaliza porównująca zastosowanie COT względem HFNC w okresie pooperacyjnym u pacjentów poddawanych operacjom kardiochirurgicznym wykazała znacząco zmniejszoną częstość reintubacji w grupie HFNC (RR 0,32; 95% CI 0,12-0,88). Nie wykazano innych znaczących różnic między grupami, w tym w zakresie śmiertelności szpitalnej, długości pobytu na OIT, długości hospitalizacji oraz częstości występowania pooperacyjnej hipoksemii [35]. Kolejna metaanaliza dotycząca pacjentów w okresie pooperacyjnym zagrożonych powikłaniami oddechowymi lub z pooperacyjną niewydolnością oddechową wykazała, że w porównaniu do COT zastosowanie HFNC wiązało się ze zmniejszoną szansą intubacji (OR 0,28; 95% CI 0,08–0,76) oraz infekcji (OR 0,41; 95% CI 0,20–0,80), ale nie przekładało się to na różnice w śmiertelności (OR 0,58; 95% CI 0,26–1,22). Nie wykazano znaczących różnic pomiędzy zastosowaniem NIV a HFNC [36]. Zastosowanie HFNC w okresie pooperacyjnym

może być wartościową alternatywą. Szczególną grupą pacjentów narażonych na powikłania oddechowe są pacjenci otyli. Ta grupa pacjentów często w okresie pooperacyjnym prezentuje zaburzenia wymiany gazowej spowodowane wyjściową niską funkcjonalną pojemnością zalegającą, która w pozycji leżącej ulega ponownemu zmniejszeniu. Metaanaliza oceniająca efektywność zastosowania HFNC w porównaniu do COT u osób otyłych w okresie pooperacyjnym wykazała w grupie HFNC redukcję występowania hipoksemii (RR 0,60; 95% CI 0,43-0,83), zwiększenie najniższego zarejestrowanego SpO₂ (MD 2,88%; 95% CI 1,53-4,22), obniżone zapotrzebowanie na dodatkowe wsparcie oddechowe (RR 0,43; 95% CI 0,21-0,88) oraz redukcję czasu hospitalizacji (MD -0,31 dnia; 95% CI -0,57 - (-0,04)) [37].

Istotnym czynnikiem decydującym o potencjalnych pooperacyjnych powikłaniach oddechowych jest sam rodzaj zabiegu, czas jego trwania, metoda znieczulenia czy choroby współistniejące. Dobierając metodę wsparcia oddechowego należy oszacować potencjalne ryzyko powikłań i wziąć pod uwagę całościowy obraz pacjenta.

Pacjenci po ekstubacji

Ekstubacja pacjenta wentylowanego mechanicznie wiąże się z ryzykiem niepowodzenia. Około 10-20% pacjentów wymaga ponownej intubacji i powrotu do wentylacji mechanicznej [38]. Wsparcie oddechowe pacjenta w tym krytycznym dla niego okresie jest więc ważnym aspektem wpływającym na efekt kliniczny. Wytyczne ERS sugerują użycie HFNC względem COT u świeżo ekstubowanych pacjentów, lecz zalecenie to dotyczy pacjentów o małym ryzyku niepowodzenia. W przypadku przewidywanego dużego ryzyka porażki „weaningu” sugerowane jest zastosowanie NIV. Przeprowadzona metaanaliza biorąca pod uwagę pacjentów wentylowanych mechanicznie powyżej 12 godzin z powodu niewydolności oddechowej i następnie ekstubowanych wykazała brak znaczącej redukcji śmiertelności u pacjentów poddawanych terapii HFNC względem standardowej tlenoterapii. Jednakże znacząco zredukowało to odsetek intubacji (OR 0,54; 95% CI 0,32–0,89) [39]. Przeprowadzone randomizowane badanie analizujące pacjentów o dużym ryzyku niepowodzenia ekstubacji porównujące zastosowanie HFNC względem NIV wykazało zwiększony odsetek intubacji w grupie HFNC (38,8% vs 23,3%) oraz wydłużony okres hospitalizacji w grupie HFNC (26,5% vs 20%) [40].

Należy bardzo ostrożnie podchodzić do terapii HFNC u pacjentów ekstubowanych. Należy rozważyć zastosowanie terapii wysokoprzepływowych u wszystkich pacjentów, ci z grupy dużego ryzyka mogą jednak wymagać bardziej zaawansowanego wsparcia. W momencie, kiedy dostępna jest wentylacja NIV, może być ona lepszym wyborem w takiej sytuacji.

Opieka końca życia

HFNOT wydaje się być rozsądnym wyborem, który mógłby odnaleźć stałe zastosowanie u chorych poddanych opiece paliatywnej, zmagających się z dusznością u kresu ich życia. Jedno z badań wykorzystujące HFNC w populacji pacjentów z zaawansowaną chorobą nowotworową wykazało, że u 41% wysokoprzepływowa tlenoterapia poprawiła wyniki kliniczne, u 44% nastąpiła stabilizacja, a jedynie w pozostałym odsetku zanotowano pogorszenie [41]. W kolejnym badaniu leczenie HFNC znacząco poprawiło oksygenację wraz ze zmniejszeniem duszności u 82% pacjentów, którzy odmówili intubacji [42]. W populacji pacjentów w końcowym stadium śródmiąższowej choroby płuc porównano HFNOT oraz NIV. Mimo, że nie odnotowano różnicy w przeżyciu, to HFNC było lepiej tolerowane [43]. Natomiast w grupie chorych z idiopatycznym włóknieniem płuc, przyjętych na OIT z powodu ostrej niewydolności oddechowej, śmiertelność krótkoterminowa spadła do poziomu poniżej 50% po wdrożeniu leczenia obejmującego HFNC [44]. Jedną z przypuszczalnych zalet wynikających z zastosowania HFNC jest możliwość leczenia w domu, co skraca pobyt w szpitalu [45]. Najnowsze badania sugerują połączenie tej terapii wraz z niewielkimi dawkami opioidów [46].

Istnieje wciąż duże zapotrzebowanie na badania potwierdzające użyteczność HFNC w opiece paliatywnej. Jest to potencjalne rozwiązanie, które pozwoliłoby na redukcję duszności bez zbędnego intensyfikowania terapii, z której pacjent paliatywny nie odniósłby większych korzyści a wręcz wkraczałaby ona na ścieżkę terapii daremnej.

Podsumowanie

Wysokoprzepływowa terapia tlenem to obiecująca metoda wsparcia oddechowego mająca wiele zastosowań klinicznych. Przy prostocie działania i małym obciążeniu pracą personelu wywiera wiele korzystnych efektów fizjologicznych. Jest skuteczna w leczeniu hipoksemicznej niewydolności oddechowej i w niektórych sytuacjach w niewydolności hiperkapniczej. Zastosowanie w medycynie okołooperacyjnej i opiece paliatywnej również wydaje się bardzo perspektywiczne. Konieczne jest prowadzenie dalszych badań zwiększających liczbę dowodów zastosowania tej metody w poszczególnych sytuacjach klinicznych dla rozszerzenia aktualnych zaleceń towarzystw naukowych.

Źródło finansowania / Source of funding

Opracowanie stanowi materiał do wykładu *Wysokoprzepływowa terapia tlenem dziś, a co jutro?*, wygłoszonego w ramach XXX Jubileuszowej Konferencji "Anestezjologia i Intensywna Terapija III Dekady", Jachranka 2023.

Konflikt interesów / Conflict of interest

Brak/None

ORCID

Alicja Kalemba 0000-0001-9900-7867

Cezary Kapłan 0000-0001-8352-849X

Łukasz J. Krzych 0000-0002-5252-8398

Adres do korespondencji:

✉ Łukasz J. Krzych

Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii

Śląskie Centrum Chorób Serca

M. Curie-Skłodowskiej 9

41-800 Zabrze

☎ (+48 32) 789 42 01

✉ lkrzych@sum.edu.pl

Piśmiennictwo/References

1. Crimi C, Pierucci P, Renda T, et al. High-Flow Nasal Cannula and COVID-19: A Clinical Review. *Respiratory care*, 2022;67(2):227-40. <https://doi.org/10.4187/respcare.09056>.
2. Tan D, Walline JH, Ling B, et al. High-flow nasal cannula oxygen therapy versus non-invasive ventilation for chronic obstructive pulmonary disease patients after extubation: a multicenter, randomized controlled trial. *Critical care (London, England)*, 2020;24(1):489. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-2800-4>.

- doi.org/10.1186/s13054-020-03214-9.
3. Sun YH, Dai B, Peng Y, et al. Factors affecting FiO₂ and PEEP during high-flow nasal cannula oxygen therapy: a bench study. *Clin Respir J* 2019;13:758-64.
 4. Wettstein RB, Shelledy DC and Peters JI. Delivered oxygen concentrations using low-flow and high-flow nasal cannulas. *Respir Care* 2005;50:604-9.
 5. Groves N & Tobin A. High flow nasal oxygen generates positive airway pressure in adult volunteers. *Australian critical care : official journal of the Confederation of Australian Critical Care Nurses*, 2007;20(4):126-31. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2007.08.001>.
 6. Parke R, McGuinness S & Eccleston M. Nasal high-flow therapy delivers low level positive airway pressure. *British journal of anaesthesia*, 2009;103(6):886-90. <https://doi.org/10.1093/bja/aep280>.
 7. Narang I, Carberry JC, Butler JE, et al. Physiological responses and perceived comfort to high-flow nasal cannula therapy in awake adults: effects of flow magnitude and temperature. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 2021;131(6):1772-82. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00085.2021>.
 8. Vieira F, Bezerra FS, Coudroy R, et al. High Flow Nasal Cannula compared to Continuous Positive Airway Pressure: a bench and physiological study. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 2022. 10.1152/jappphysiol.00416.2021. Advance online publication. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00416.2021>.
 9. Spicuzza L & Schisano M. High-flow nasal cannula oxygen therapy as an emerging option for respiratory failure: the present and the future. *Therapeutic advances in chronic disease*, 2020;11:2040622320920106. <https://doi.org/10.1177/2040622320920106>.
 10. Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults. *Journal of intensive care*, 2015;3(1):15. <https://doi.org/10.1186/s40560-015-0084-5>.
 11. Biselli P, Fricke K, Grote L, Braun AT, et al. Reductions in dead space ventilation with nasal high flow depend on physiological dead space volume: metabolic hood measurements during sleep in patients with COPD and controls. *The European respiratory journal*, 2018;51(5):1702251. <https://doi.org/10.1183/13993003.02251-2017>.
 12. Onodera Y, Akimoto R, Suzuki H, et al. A high-flow nasal cannula system with relatively low flow effectively washes out CO₂ from the anatomical dead space in a sophisticated respiratory model made by a 3D printer. *ICMx* 6, 7, 2018. <https://doi.org/10.1186/s40635-018-0172-7>.
 13. Spoletini G, Alotaibi M, Blasi F, & Hill NS. Heated Humidified High-Flow Nasal Oxygen in Adults: Mechanisms of Action and Clinical Implications. *Chest*, 2015;148(1):253-61. <https://doi.org/10.1378/chest.14-2871>.
 14. Delorme M, Bouchard PA, Simon M, et al. Effects of High-Flow Nasal Cannula on the Work of Breathing in Patients Recovering From Acute Respiratory Failure. *Critical care medicine*, 2017;45(12):1981-8. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000002693>.
 15. Mauri T, Turrini C, Eronia N, et al. Physiologic Effects of High-Flow Nasal Cannula in Acute Hypoxemic Respiratory Failure. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 2017;195(9):1207-15. <https://doi.org/10.1164/rccm.201605-0916OC>.
 16. 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. *Critical care (London, England)*, 2018;22(1):180. <https://doi.org/10.1186/s13054-018-2107-9>.
 17. Sztrymf B, Messika J, Bertrand F, et al. Beneficial effects of humidified high flow nasal oxygen in critical care patients: a prospective pilot study. *Intensive care medicine*, 2011;37(11):1780-6. <https://doi.org/10.1007/s00134-011-2354-6>.
 18. 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 medicine*, 2017;43(10):1453-63. <https://doi.org/10.1007/s00134-017-4890-1>.
 19. Mauri T, Galazzi A, Binda F, et al. Impact of flow and temperature on patient comfort during respiratory support by high-flow nasal cannula. *Critical care (London, England)*, 2018;22(1):120. <https://doi.org/10.1186/s13054-018-2039-4>.
 20. Ware L. B. (2022). Go with the Flow: Expanding the Definition of Acute Respiratory Distress Syndrome to Include High-Flow Nasal Oxygen. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 205(4), 380–382. <https://doi.org/10.1164/rccm.202112-2727ED>
 21. Oczkowski S, Ergon B, Bos L, et al. ERS clinical practice guidelines: high-flow nasal cannula in acute respiratory failure. *The European respiratory journal*, 2022;59(4):2101574. <https://doi.org/10.1183/13993003.01574-2021>.
 22. Rochweg B, Einav S, Chaudhuri D, et al. The role for high flow nasal cannula as a respiratory support strategy in adults: a clinical practice guideline. *Intensive care medicine*, 2020;46(12):2226-37. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06312-y>.
 23. Ferreyro BL, Angriman F, Munshi L, et al. Association of Noninvasive Oxygenation Strategies With All-Cause Mortality in Adults With Acute Hypoxemic Respiratory Failure: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA*, 2020;324(1):57-67. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.9524>.
 24. Rochweg B, Granton D, Wang DX, et al. High flow nasal cannula compared with conventional oxygen therapy for acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. *Intensive care medicine*, 2019;45(5):563-72. <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05590-5>.
 25. Li Y, Li C, Chang W & Liu L. High-flow nasal cannula reduces intubation rate in patients with COVID-19 with acute respiratory failure: a meta-analysis and systematic review. *BMJ open*, 2023;13(3):e067879. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-067879>.
 26. Yoshida T, Grieco DL, Brochard L, & Fujino Y. Patient self-inflicted lung injury and positive end-expiratory pressure for safe spontaneous breathing. *Current opinion in critical care*, 202;26(1):59-65. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000691>.

27. Beran A, Srour O, Malhas SE, et al. High-Flow Nasal Cannula Versus Noninvasive Ventilation in Patients With COVID-19. *Respiratory care*, 2022;67(9):1177-89. <https://doi.org/10.4187/respcare.09987>.
28. Peng Y, Dai B, Zhao HW, et al. Comparison between high-flow nasal cannula and noninvasive ventilation in COVID-19 patients: a systematic review and meta-analysis. *Therapeutic advances in respiratory disease*, 2022;16:17534666221113663. <https://doi.org/10.1177/17534666221113663>.
29. Spoletini G, Mega C, Pisani L, et al. High-flow nasal therapy vs standard oxygen during breaks off noninvasive ventilation for acute respiratory failure: A pilot randomized controlled trial. *Journal of critical care*, 2018;48:418-25. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2018.10.004>.
30. Riera J, Barbeta E, Tormos A, et al., CIBERESUCICOVID Consortium Effects of intubation timing in patients with COVID-19 throughout the four waves of the pandemic: a matched analysis. *The European respiratory journal*, 2023;61(3):2201426. <https://doi.org/10.1183/13993003.01426-2022>.
31. Zhou X, Liu J, Pan J, et al. The ROX index as a predictor of high-flow nasal cannula outcome in pneumonia patients with acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. *BMC pulmonary medicine*, 2022;22(1):121. <https://doi.org/10.1186/s12890-022-01914-2>.
32. Cortegiani A, Longhini F, Madotto F, et al. & H. F.-AECOPD study investigators. High flow nasal therapy versus noninvasive ventilation as initial ventilatory strategy in COPD exacerbation: a multicenter non-inferiority randomized trial. *Critical care (London, England)*, 2020;24(1):692. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03409-0>.
33. Hao J, Liu J, Pu L, et al. High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy versus Non-Invasive Ventilation in AIDS Patients with Acute Respiratory Failure: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(4):1679. <https://doi.org/10.3390/jcm12041679>.
34. Longhini F, Pisani L, Lungu R, et al. High-flow oxygen therapy after noninvasive ventilation interruption in patients recovering from hypercapnic acute respiratory failure: a physiological crossover trial. *Crit Care Med* 2019;47:e506–e511.
35. Chaudhuri D, Granton D, Wang DX, et al. High-Flow Nasal Cannula in the Immediate Postoperative Period: A Systematic Review and Meta-analysis. *Chest*, 2020;158(5):1934-46. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.06.038>.
36. Zayed Y, Kheiri B, Barbarawi M, et al. Effect of oxygenation modalities among patients with postoperative respiratory failure: a pairwise and network meta-analysis of randomized controlled trials. *J intensive care* 2020;8:51. <https://doi.org/10.1186/s40560-020-00468-x>.
37. Zhou R, Wang HT & Gu W. Efficacy of High-Flow Nasal Cannula versus Conventional Oxygen Therapy in Obese Patients during the Perioperative Period: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Canadian respiratory journal*, 2022;44:15313. <https://doi.org/10.1155/2022/4415313>.
38. Thille AW, Richard JC & Brochard, L. The decision to extubate in the intensive care unit. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 2013;187(12):1294-302. <https://doi.org/10.1164/rccm.201208-1523CI>.
39. Yasuda H, Okano H, Mayumi T, et al. Post-extubation oxygenation strategies in acute respiratory failure: a systematic review and network meta-analysis. *Critical care (London, England)*, 2021;25(1):135. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03550-4>.
40. Hernández G, Paredes I, Moran F, et al. Effect of postextubation noninvasive ventilation with active humidification vs high-flow nasal cannula on reintubation in patients at very high risk for extubation failure: a randomized trial. *Intensive care medicine*, 2022;48(12):1751-9. <https://doi.org/10.1007/s00134-022-06919-3>.
41. Epstein AS, Hartridge-Lambert SK, Ramaker JS, et al. Humidified high-flow nasal oxygen utilization in patients with cancer at Memorial Sloan-Kettering Cancer Center. *Journal of palliative medicine*, 2011;14(7):835–839. <https://doi.org/10.1089/jpm.2011.0005>.
42. Peters SG, Holets SR & Gay PC. High-flow nasal cannula therapy in do-not-intubate patients with hypoxemic respiratory distress. *Respiratory care*, 2013;58(4):597–600. <https://doi.org/10.4187/respcare.01887>.
43. Koyauchi T, Hasegawa H, Kanata K, et al. Efficacy and Tolerability of High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy for Hypoxemic Respiratory Failure in Patients with Interstitial Lung Disease with Do-Not-Intubate Orders: A Retrospective Single-Center Study. *Respiration; international review of thoracic diseases*, 2018;96(4):323-9. <https://doi.org/10.1159/000489890>.
44. Vianello A, Arcaro G, Molena B, et al. High-flow nasal cannula oxygen therapy to treat acute respiratory failure in patients with acute exacerbation of idiopathic pulmonary fibrosis. *Therapeutic advances in respiratory disease*, 2019;13:1753466619847130. <https://doi.org/10.1177/1753466619847130>.
45. Dolidon S, Dupuis J, Molano Valencia LC, et al. Characteristics and outcome of patients set up on high-flow oxygen therapy at home. *Therapeutic advances in respiratory disease*, 2019;13:1753466619879794. <https://doi.org/10.1177/1753466619879794>.
46. Mercadante S & Giuliana F. High flow nasal therapy in the management of hypoxemic dyspnea at the end of life. *Supportive care in cancer: official journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer*, 2021;29(11):6179-81. <https://doi.org/10.1007/s00520-021-06279-6>.