

NOSNA KANILA VISOKOG PROTOKA U AKUTNOJ HIPOKSEMIJI U HITNOM BOLNIČKOM PRIJAMU: UTJECAJ NA ANESTEZIOLOŠKU PRAKSU

HIGH-FLOW NASAL CANNULA IN ACUTE HYPOXEMIA IN THE EMERGENCY DEPARTMENT: IMPLICATIONS FOR ANESTHESIA PRACTICE

*Valentina Ješić¹

<https://doi.org/10.64266/amu.2.3.11>

Sažetak

Akutna hipoksemija čest je i potencijalno životno ugrožavajući razlog dolaska bolesnika u hitni bolnički prijam te često predstavlja rani znak akutnog respiracijskog zatajenja. U bolesnika s izraženim respiracijskim radom i povećanim inspiracijskim zahtjevima standardna oksigenoterapija može biti nedostatna. Posljednjih godina nosne kanile visokog protoka sve se češće primjenjuju u akutnoj skrbi jer omogućuju primjenu zagrijanog i ovlaženog zraka pri visokim protocima uz preciznu kontrolu udjela kisika u udahnutom zraku. Njihovi fiziološki učinci uključuju poboljšanje oksigenacije, smanjenje anatomskog mrtvog prostora i smanjenje respiracijskog napora.

Ovaj pregledni rad prikazuje saznanja o primjeni nosnih kanila visokog protoka u hitnom bolničkom prijemu, s posebnim naglaskom na utjecaj na anesteziološku praksu. Razmatra se njihova uloga u oksigenaciji u periintubacijskom razdoblju, zbrinjavanju dišnog puta u nepredvidivim uvjetima te tijekom sedacije pri zahvatima. Posebna pozornost posvećena je sigurnosti primjene, praćenju bolesnika i kriterijima neuspjeha terapije. Nosne kanile visokog protoka predstavljaju značajnu terapijsku opciju u zbrinjavanju akutne hipoksemije u hitnoj službi, uz uvjet pažljivog odabira bolesnika i stalne kliničke procjene.

Ključne riječi: anesteziologija; hipoksemija; hitna bolnička služba; terapija inhalacijom kisika; zbrinjavanje dišnog puta

Abstract

Acute hypoxemia is a frequent and potentially life-threatening condition encountered in the emergency department and often represents an early manifestation of acute respiratory failure. In patients with increased respiratory effort and high inspiratory demand, conventional oxygen therapy may be insufficient. In recent years, high-flow nasal cannula has become increasingly used in acute care, as it delivers heated and humidified gas at high flow rates with precise control of the inspired oxygen fraction. Its physiological effects include improved oxygenation, reduced anatomical dead space, and decreased work of breathing.

This narrative review summarizes the current evidence on the use of high-flow nasal cannula in the emergency department, with a particular focus on implications for anesthesiology practice. Its role in periintubation oxygenation, airway management in unpredictable conditions and during procedural sedation is discussed. Special attention is given to safety aspects, patient monitoring, and criteria for treatment failure.

High-flow nasal cannula represents a valuable option in the management of acute hypoxemia in the emergency setting, provided that appropriate patient selection and continuous clinical assessment are ensured.

Keywords: airway management; anesthesiology; emergency department; hypoxemia; oxygen therapy;

¹ University Hospital Center, Sestre Milosrdnice, Zagreb, Croatia

* Corresponding author:

Valentina Ješić, mag.med.tech.
Department of anesthesiology,
intensive care medicine and pain
management
University Hospital Center
„Sestre Milosrdnice“
Vinogradska cesta 29,
10 000 Zagreb, Croatia
Phone: +385 99 503 4197
E-mail: valentina.matic@yahoo.com,
valentina.matic@kbcsm.hr

Valentina Ješić
ID: 0000-0001-7947-5233



Published under the Creative Commons
Attribution 4.0 International License

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Uvod

Akutna hipoksemija jedan je od najčešćih i najzahtjevnijih kliničkih problema s kojima se susreću zdravstveni timovi u hitnoj medicinskoj službi (1). Pojavljuje se u širokom spektru stanja, od pneumonije (2) i sepse do akutnog kardiogenog plućnog edema (3), te često predstavlja prvi znak ozbiljnog respiracijskog zatajenja. U takvim okolnostima ključno je pravodobno prepoznati težinu poremećaja oksigenacije i odabrati odgovarajuću strategiju respiracijske potpore, pritom uspostavljajući ravnotežu između potrebe za stabilizacijom bolesnika i rizika od preuranjene ili odgođene invazivne ventilacije.

Standardna terapija kisikom niskim protokom, iako široko dostupna, u bolesnika s izraženim respiracijskim radom i povećanim potrebama tijekom udaha često ne osigurava stabilnu i dostatnu oksigenaciju (4). Posljednjih godina terapija nosnim kanilama visokog protoka (engl. *high-flow nasal cannula*, HFNC) zauzima sve značajnije mjesto u akutnoj skrbi jer omogućuje isporuku visokih protoka zagrijanog i ovlaženog zraka uz preciznu kontrolu udjela kisika u udahnutom zraku (FiO₂). Takav način primjene kisika utječe na više fizioloških mehanizama istodobno, uključujući smanjenje anatomskog mrtvog prostora, poboljšanje alveolarne ventilacije i smanjenje respiracijskog napora, što je od posebne važnosti u ranim fazama akutne hipoksemije (1,5).

Posebna je pažnja posvećena studijama koje su analizirale kliničke ishode, sigurnost primjene i kriterije za prijelaz na višu razinu respiracijske potpore, osobito u situacijama u kojima je anesteziološka procjena dišnog puta i odabir ventilacijske strategije imao ključnu ulogu.

Hitna služba je kliničko okruženje u kojem se isprepliću principi hitne medicinske službe, intenzivne skrbi i anesteziologije, posebno kada je riječ o procjeni i zbrinjavanju dišnog puta. Anesteziološki pristup u takvim okolnostima ne svodi se samo na tehničko provođenje oksigenacije i ventilacije, nego uključuje cjelovitu procjenu tijeka bolesti, pravodobno prepoznavanje potrebe za prijelaz na višu razinu liječenja (eskalacija oksigenoterapije), te osiguravanje sigurnosti bolesnika tijekom dijagnostičkih i terapijskih postupaka. U tom smislu, HFNC može predstavljati prijelazni oblik respiracijske potpore između standardne oksigenoterapije i invazivne ventilacije, pod uvjetom da se primjenjuje uz jasno definirane kriterije praćenja i pravodobnog prepoznavanja neuspjeha terapije (6).

Cilj ovog rada je prikazati ulogu HFNC-a u zbrinjavanju akutne hipoksemije u hitnom bolničkom prijemu, s posebnim naglaskom na utjecaj na anesteziološku praksu,

uključujući zbrinjavanje dišnog puta, oksigenaciju u periintubacijskom razdoblju, te sigurnu primjenu tijekom sedacije pri zahvatima.

Metodologija

Rad predstavlja pregled znanstvene i stručne literature s ciljem sustavnog prikaza i sinteze dosadašnjih spoznaja o primjeni nosne kanile visokog protoka u liječenju akutne hipoksemije u hitnoj medicinskoj službi. Takav pristup odabran je kako bi se omogućilo povezivanje heterogenih kliničkih studija, preglednih radova i smjernica iz područja anesteziologije, intenzivne i hitne medicine, koje se u ovom kontekstu prirodno preklapaju.

Pretraživanje literature provedeno je u bazama *PubMed*, *Scopus* i *Web of Science*. U obzir su uzeti radovi objavljeni od 2015. godine nadalje, s posebnim naglaskom na novije publikacije koje odražavaju modernu kliničku praksu i sadašnje preporuke. Uključeni su radovi koji su se bavili odraslom populacijom bolesnika zbrinutih u hitnom bolničkom prijemu ili drugim oblicima akutne skrbi, a koji su analizirali primjenu HFNC-a u okolnostima akutne hipoksemije ili akutnog respiracijskog zatajenja.

Posebna je pažnja posvećena studijama koje su analizirale kliničke ishode, sigurnost primjene i kriterije za prijelaz na višu razinu respiracijske potpore, osobito u situacijama u kojima je anesteziološka procjena dišnog puta i odabir ventilacijske strategije imao ključnu ulogu. U pregled su uključeni originalni znanstveni radovi, sustavni i pregledni članci te važeće kliničke smjernice.

Iz pregleda su isključeni radovi koji su se odnosili isključivo na pedijatrijsku populaciju, studije usmjerene na kroničnu kućnu primjenu HFNC-a, kao i radovi bez jasno definiranih kliničkih ishoda ili bez neposredne primjenjivosti u akutnom kliničkom okruženju. Na taj je način osigurano da pregled obuhvati literaturu koja je važna za kliničku praksu u hitnoj medicinskoj službi i anesteziološko donošenje odluka u akutnim stanjima. Ovaj rad predstavlja pregled znanstvene literature te ne uključuje izravna istraživanja na ljudima niti obradu osobnih podataka, zbog čega nije bilo potrebno ishoditi odobrenje etičkog povjerenstva.

Rasprava

Fiziološki mehanizmi djelovanja oksigenoterapije visokim protokom

HFNC djeluje kroz međusobno povezane fiziološke mehanizme koji zajedno doprinose poboljšanju oksigenacije i smanjenju respiracijskog opterećenja u bolesnika s akutnom hipoksemijom (7–9). Za razliku od standardnih sustava za primjenu kisika, omogućuje isporuku visokih protoka zagrijanog i ovlaženog zraka koji mogu zadovoljiti ili nadmašiti inspiracijske zahtjeve bolesnika (5,8). Time se smanjuje nekontrolirano miješanje s okolnim zrakom i postiže stabilniji udio kisika

u udahnutom zraku, što je osobito važno u bolesnika s tahipnejom i povećanim respiracijskim radom.

Kontinuirani visoki protok plina doprinosi i ispiranju anatomskog mrtvog prostora gornjih dišnih putova. Uklanjanjem izdahnutog ugljikova dioksida iz nazofarinksa smanjuje se ponovno udisanje izdahnutog zraka te se povećava učinkovitost ventilacije (8). Taj učinak može rezultirati smanjenjem ventilacijskih potreba za održavanje odgovarajuće izmjene plinova, što ima izravan utjecaj na smanjenje respiracijskog napora i subjektivnog osjećaja dispneje.

Primjena HFNC-a povezana je i s nastankom blagog pozitivnog ekspiracijskog tlaka, čiji se intenzitet povećava s porastom protoka. Iako se ne radi o razinama tlaka usporedivima s neinvazivnom ventilacijom, taj učinak može doprinijeti povećanju plućnog volumena na kraju izdisaja, poboljšanju alveolarne regrutacije i ujednačenijoj raspodjeli ventilacije. Posljedično se postiže poboljšanje oksigenacije, osobito u ranim fazama akutne respiracijske insuficijencije (10).

HFNC predstavlja vrijedan alat koji može proširiti mogućnosti periintubacijskog zbrinjavanja, osobito u fazi preoksigenacije.

Zajednički učinak navedenih mehanizama očituje se u smanjenju respiracijskog rada i poboljšanju ugone bolesnika. Optimalno ovlaživanje i zagrijavanje plina smanjuju nadražaj sluznice dišnih putova, olakšavaju mukocilijarni klirens i povećavaju toleranciju terapije (8,9). U području djelovanja hitne medicinske službe, gdje su bolesnici često izloženi stresu, anksioznosti i hemodinamskoj nestabilnosti, takvi učinci imaju dodatnu kliničku vrijednost jer omogućuju stabilizaciju bolesnika bez dodatnog pogoršanja subjektivnog doživljaja disanja.

Indikacije primjene HFNC u hitnoj službi

Primjena HFNC-a u hitnoj medicinskoj službi najčešće dolazi u obzir u bolesnika s akutnim hipoksemičnim zatajenjem disanja kod kojih standardna oksigenoterapija ne osigurava zadovoljavajuću oksigenaciju, a neposredna potreba za invazivnom ventilacijom još nije jasno izražena (1,2). U toj skupini osobito se ističu bolesnici s upalom pluća i sepsom, kod kojih je hipoksemija često praćena povećanim respiracijskim radom i hemodinamskom nestabilnošću. U ranim fazama zbrinjavanja, HFNC može omogućiti stabilizaciju respiracijskih pokazatelja, olakšati daljnju dijagnostičku obradu i pružiti vremenski prostor za procjenu tijeka bolesti i odgovora na terapiju (11,12). Slično tome, u bolesnika koji se u hitnoj medicinskoj službi prezentiraju nejasnom dispnejom, primjena takvog oblika oksigenoterapije može imati ulogu privremene potpore tijekom početne kliničke procjene, uz pažljivo praćenje

bolesnika i jasno definiranu strategiju prijelaza na višu razinu respiracijske potpore (13,14).

U akutnom kardiogenom plućnom edemu, gdje dominira kombinacija hipoksemije i povećanog rada disanja, standardni pristup često uključuje ranu primjenu neinvazivne ventilacije. Iako terapija nosnim kanilama visokog protoka ne može zamijeniti učinke neinvazivne ventilacije koja primjenjuje stalni pozitivni tlak ili dvije različite razine pozitivnog tlaka tijekom udisaja i izdisaja, u blažim i umjerenim oblicima respiracijske insuficijencije može pridonijeti poboljšanju oksigenacije i smanjenju dispneje (15). U takvim okolnostima, HFNC može se razmotriti kao početna mjera respiracijske potpore, osobito u bolesnika koji slabije toleriraju neinvazivnu ventilaciju ili kod kojih je potrebna kratkotrajna stabilizacija prije donošenja odluke o daljnjem liječenju.

Posebnu skupinu čine imunokompromitirani bolesnici, kod kojih je invazivna strojna ventilacija povezana s visokim rizikom komplikacija i nepovoljnim ishodima. U takvih bolesnika strategije koje omogućuju odgodu ili izbjegavanje intubacije imaju osobitu kliničku važnost (16). HFNC se u takvim okolnostima nameće kao prijelazna strategija respiracijske potpore, omogućujući poboljšanje oksigenacije uz očuvanje spontanog disanja. Međutim, upravo u navedenoj populaciji nužno je jasno definirati granice primjene i kriterije neuspjeha, kako bi se izbjegao odgođen prijelaz na višu razinu liječenja u slučaju progresije respiracijskog zatajenja.

Nosna kanila visokog protoka i anesteziološka praksa u hitnoj službi

Uloga anesteziologa u hitnoj službi često je usmjerena na procjenu i osiguranje dišnog puta u okolnostima koje su obilježene vremenskim pritiskom, ograničenim informacijama i kliničkom nepredvidivošću. Stoga HFNC predstavlja vrijedan alat koji može proširiti mogućnosti periintubacijskog zbrinjavanja, osobito u fazi preoksigenacije. Omogućujući kontinuiranu isporuku visokog protoka kisika uz očuvano spontano disanje, spomenuti sustav može produljiti sigurno apneično vrijeme i smanjiti rizik brze desaturacije tijekom pripreme i izvođenja intubacije (17). Takav učinak ima posebnu važnost u bolesnika s ograničenom respiracijskom rezervom, preti lošću ili očekivano otežanim dišnim putem.

Unatoč tim prednostima, primjena HFNC-a u periintubacijskom razdoblju ima svoja ograničenja. U bolesnika s teškom hipoksemijom, izraženim intrapulmonalnim šantom ili progresivnim respiracijskim zatajenjem, fiziološki učinci navedenog oblika terapije kisikom mogu biti nedostadni za sprječavanje značajne desaturacije (17,18). U takvim situacijama anesteziološka procjena mora biti usmjerena na pravodobno prepoznavanje neuspjeha i donošenje odluke o prijelazu na višu razinu respiracijske potpore, uključujući primjenu neinvazivne ventilacije ili hitnu intubaciju.

Hitna medicinska služba često predstavlja okruženje u kojem se zbrinjavanje dišnim putem odvija u nepovoljnim uvjetima, uz ograničen prostor i resurse, te uz istodobno zbrinjavanje drugih životno ugrožavajućih stanja. U tom okviru, HFNC može poslužiti kao potporna strategija koja omogućuje privremenu stabilizaciju bolesnika i dobivanje vremena za planiranje daljnjih koraka (6,12). Njezina primjena može olakšati suradnju između anesteziologa i liječnika hitne medicine, osobito u situacijama kada je potrebno zajednički procijeniti rizike, definirati strategiju zbrinjavanja dišnim putem i uskladiti trenutak prijelaza na višu razinu respiracijske potpore.

Osim u kontekstu intubacije, HFNC sve se češće razmatra i tijekom sedacije pri zahvatima u hitnoj medicinskoj službi. Sedativi, iako nužni za izvođenje dijagnostičkih i terapijskih postupaka, nose rizik depresije disanja i gubitka zaštitnih refleksa dišnog puta (19). U tom smislu, primjena HFNC-a može doprinijeti sprečavanju epizoda desaturacije, osobito tijekom duljih ili tehnički zahtjevnih zahvata (19). Opisana strategija može biti od posebne koristi u rizičnim skupinama bolesnika, poput starijih osoba, pretilih bolesnika ili onih s postojećom respiracijskim zatajenjem, kod kojih i kratkotrajni poremećaji ventilacije mogu dovesti do brzog pogoršanja kliničkog stanja.

Sigurnost, praćenje i kriteriji neuspjeha

Unatoč brojnim prednostima koje HFNC pruža u zbrinjavanju akutne hipoksemije, njezina primjena zahtijeva visoku razinu kliničke opreznosti. Jedan od ključnih izazova povezanih s navedenom terapijom je rizik od odgođene intubacije, osobito u bolesnika kod kojih se u početku postiže subjektivno poboljšanje disanja bez stvarne stabilizacije respiracijske funkcije (20,21). U okolnostima prividnog poboljšanja može se prikriti progresija respiracijskog zatajenja, što naposljetku može dovesti do intubacije u nepovoljnijem trenutku i uz veći rizik komplikacija.

Rana identifikacija neuspjeha terapije stoga ima presudnu važnost. Procjena odgovora na HFNC mora biti dinamična i temeljena na kombinaciji kliničkih i objektivnih pokazatelja. Respiracijska frekvencija jedan je od najosjetljivijih pokazatelja jer trajna tahipneja, unatoč primjeni visokog protoka kisika, upućuje na trajno povišen respiracijski napor i iscrpljivanje ventilacijskih rezervi (22). Jednako je važno sustavno procjenjivati rad disanja, uključujući korištenje pomoćnih respiracijskih mišića, neusklađenost torakalnog i abdominalnog disanja i subjektivni osjećaj dispneje (8).

U kliničkoj praksi sve veću ulogu ima i indeks omjera saturacije kisika i udjela kisika u udahnutom zraku u odnosu na frekvenciju disanja, ROX indeks (engl. *ratio of arterial oxygen saturation (SpO₂) to the fraction of inspired oxygen (FiO₂), divided by respiratory rate*). Taj pokazatelj omogućuje sustavnu procjenu odgovora na terapiju i može pomoći u ranoj identifikaciji bolesnika kod kojih je

vjerojatnost neuspjeha povećana (23). Ipak, ROX indeks ne smije se promatrati izolirano, već kao dio kliničke slike koja uključuje i hemodinamski status, mentalno stanje bolesnika i dinamiku osnovne bolesti.

Sigurna primjena HFNC-a u hitnoj medicinskoj službi neodvojiva je od kontinuiranog monitoringa i učinkovite timske komunikacije. Pravodobno prepoznavanje pogoršanja zahtijeva jasno definirane odgovornosti unutar tima, redovitu ponovnu procjenu bolesnika i otvorenu razmjenu informacija između liječnika hitne medicine, anesteziologa i medicinskih sestara (18,24). Zbog svega navedenog, HFNC ne smije se promatrati kao sredstvo koje odgađa donošenje odluka, već kao terapijska opcija koja, uz pravilno praćenje, može olakšati pravodoban i siguran prijelaz na višu razinu liječenja kada je potreban..

Uloga medicinskih sestara anestezije i intenzivne medicine

Primjena HFNC-a u hitnoj medicinskoj službi ne predstavlja isključivo tehničku intervenciju, već proces koji zahtijeva kontinuirano kliničko promišljanje i timski pristup, u kojem medicinske sestre anestezije i intenzivne skrbi imaju središnju ulogu (24). Njihovo znanje o respiracijskoj fiziologiji, iskustvo u radu s akutno ugroženim bolesnicima i stalna prisutnost uz bolesnika čine ih ključnim nositeljima sigurnosti i učinkovitosti ove terapije.

Titracija protoka i udjela kisika u udahnutom zraku zahtijeva individualizirani pristup, prilagođen kliničkom stanju bolesnika i njegovom odgovoru na terapiju. Medicinske sestre anestezije i intenzivne skrbi aktivno sudjeluju u prilagodbi postavki uređaja, uzimajući u obzir oksigenaciju, respiracijsku frekvenciju i opći napor disanja (18,24). Takav pristup omogućuje postizanje terapijskog učinka uz istodobno smanjenje rizika nelagode ili intolerancije, što je osobito važno u stresnom okruženju hitne medicinske službe.

Procjena ugone i tolerancije terapije predstavlja važan, ali često podcijenjen aspekt skrbi. Neodgovarajuća tolerancija može dovesti do nemira, pogoršanja respiracijskog rada i prijevremenog prekida terapije. Medicinske sestre, kroz neposredan kontakt s bolesnikom, imaju jedinstvenu mogućnost prepoznati blage promjene u ponašanju, izrazu nelagode ili anksioznosti, te pravodobno intervenirati prilagodbom postavki ili komunikacijom s liječničkim timom (9,18).

Jednako je važna i uloga medicinskih sestara u ranom prepoznavanju pogoršanja kliničkog stanja. Promjene u respiracijskoj frekvenciji, pojava izraženijeg rada disanja, pad zasićenosti kisikom ili promjene u mentalnom statusu često se prvo uočavaju upravo tijekom kontinuirane sestrinske skrbi (24). Pravodobno prepoznavanje tih znakova i njihovo jasno komuniciranje liječnicima omogućuju brzu procjenu učinkovitosti terapije i donošenje odluke o prijelazu na višu razinu liječenja.

U okviru hitne medicinske službe, gdje su dinamika i opterećenje rada izraženi, medicinske sestre anestezije i intenzivne skrbi predstavljaju ključnu poveznicu između tehnologije i kliničke sigurnosti. Njihova uloga nadilazi tehničko upravljanje uređajem te uključuje aktivno sudjelovanje u kliničkom odlučivanju, praćenju bolesnika i osiguravanju kontinuiteta skrbi. Upravo kroz takav integrirani pristup moguće je maksimalno iskoristiti prednosti HFNC-a, uz istodobno smanjenje rizika i poboljšanje ishoda liječenja.

Zaključak

HFNC predstavlja učinkovitu opciju respiracijske potpore u zbrinjavanju akutne hipoksemije u hitnoj službi, osobito u bolesnika kod kojih standardna oksigenoterapija ne osigurava zadovoljavajuću oksigenaciju. Njezina primjena omogućuje stabilizaciju respiracijskih pokazatelja uz očuvanje spontanog disanja i dobru podnošljivost terapije.

Iz perspektive anestezioološke prakse, HFNC ima posebnu vrijednost u periintubacijskoj skrbi i zbrinjavanju dišnog puta, kao i tijekom sedacije pri zahvatima. Međutim, uspješnost ove terapije ovisi o pravilnom odabiru bolesnika, stalnom praćenju kliničkog odgovora i pravodobnom prijelazu na višu razinu liječenja u slučaju neuspjeha.

Daljnja istraživanja usmjerena specifično na hitnu medicinsku službu potrebna su kako bi se dodatno razjasnila optimalna uloga HFNC-a u akutnoj skrbi i unaprijedila sigurnost njezine primjene.

Literatura

- Helms J, Catoire P, Abensur Vuillaume L, Bannelier H, Douillet D, Dupuis C et al. Oxygen therapy in acute hypoxemic respiratory failure: guidelines from the SRLF-SFMU consensus conference. *Ann Intensive Care*. 2024 Sep 5;14(1):140. doi: 10.1186/s13613-024-01367-2.
- Bay P, De Prost N. Diagnostic approach in acute hypoxemic respiratory failure. *J Intensive Med*. 2025 Apr;5(2):119–26. doi: 10.1016/j.jointm.2024.09.003.
- Zanza C, Saglietti F, Tesaro M, Longhitano Y, Savioli G, Balzanelli MG et al. Cardiogenic Pulmonary Edema in Emergency Medicine. *Adv Respir Med*. 2023 Oct 13;91(5):445–63. doi: 10.3390/arm91050034.
- Sjauw DJT, Hessels LM, Duiverman ML, Elshof J, Janssen ML, Türk Y et al. High-flow nasal oxygen vs. conventional oxygen therapy in patients with COVID-19 related acute hypoxemic respiratory failure and a do not intubate order: a multicentre cohort study. *Respir Res*. 2025 Apr 25;26(1):161. doi: 10.1186/s12931-025-03231-8.
- Möller W, Feng S, Domanski U, Franke KJ, Celik G, Bartenstein P et al. Nasal high flow reduces dead space. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 2017 Jan 1;122(1):191–7. doi: 10.1152/jappphysiol.00584.2016.
- Emami Ardestani M, Nasr-Esfahani M, MirMohammad Sadeghi FS, Azizkhani R, Heydari F. High-Flow Nasal Cannula versus Conventional Oxygen Therapy for Patients with Acute Respiratory Failure in the Emergency Department: A Randomized Controlled Trial. *Tanaffos*. 2024 Feb;23(2):156–62.
- Sharma S, Danckers M, Sanghavi DK, Chakraborty RK. High-Flow Nasal Cannula. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [Accessed 23th October 2025.]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526071/>.
- Mauri T, Turrini C, Eronia N, Grasselli G, Volta CA, Bellani G et al. Physiologic effects of high-flow nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017;195(9):1207–15. doi: 10.1164/rccm.201605-0916OC.
- Spoletini G, Alotaibi M, Blasi F, Hill NS. Heated Humidified High-Flow Nasal Oxygen in Adults. *Chest*. 2015 Jul;148(1):253–61. doi: 10.1378/chest.14-2871.
- Spicuzza L, Schisano M. High-flow nasal cannula oxygen therapy as an emerging option for respiratory failure: the present and the future. *Ther Adv Chronic Dis*. 2020;11:2040622320920106. doi: 10.1177/2040622320920106.
- Frat JP, Coudroy R, Marjanovic N, Thille AW. High-flow nasal oxygen therapy and noninvasive ventilation in the management of acute hypoxemic respiratory failure. *Ann Transl Med*. 2017 Jul;5(14):297. doi: 10.21037/atm.2017.06.52.
- Rochweg B, Granton D, Wang DX, Helviz Y, Einav S, Frat JP et al. High flow nasal cannula compared with conventional oxygen therapy for acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med* [Internet]. 2019 Mar 19 [Accessed 25. listopada 2025.]; Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00134-019-05590-5>.
- Rittayamai N, Tscheikuna J, Praphruetkit N, Kijpinyochai S. Use of High-Flow Nasal Cannula for Acute Dyspnea and Hypoxemia in the Emergency Department. *Respir Care*. 2015 Oct;60(10):1377–82. doi: 10.4187/respcare.03837.
- Jones PG, Kamona S, Doran O, Sawtell F, Wilsher M. Randomized Controlled Trial of Humidified High-Flow Nasal Oxygen for Acute Respiratory Distress in the Emergency Department: The HOT-ER Study. *Respir Care*. 2016 Mar 1;61(3):291–9. doi: 10.4187/respcare.04252.
- Makdee O, Monsomboon A, Surabenjawong U, Praphruetkit N, Chaisirin W, Chakorn T et al. High-Flow Nasal Cannula Versus Conventional Oxygen Therapy in Emergency Department Patients With Cardiogenic Pulmonary Edema: A Randomized Controlled Trial. *Ann Emerg Med*. 2017 Oct;70(4):465–472.e2. doi: 10.1016/j.annemergmed.2017.03.028.
- Azoulay E, Mokart D, Kouatchet A, Demoule A, Lemiale V. Acute respiratory failure in immunocompromised adults. *Lancet Respir Med*. 2019 Feb;7(2):173–86. PMID: 30529232.
- Vourc'h M, Asfar P, Volteau C, Bachoumas K, Clavieres N, Egretou PY et al. High-flow nasal cannula oxygen during endotracheal intubation in hypoxemic patients: a randomized controlled clinical trial. *Intensive Care Med*. 2015 Sep;41(9):1538–48. doi: 10.1007/s00134-015-3796-z.
- Ricard JD, Roca O, Lemiale V, Corley A, Braunlich J, Jones P et al. Use of nasal high flow oxygen during acute respiratory failure. *Intensive Care Med*. 2020 Dec;46(12):2238–47. doi: 10.1007/s00134-020-06228-7.
- Lin Y, Zhang X, Li L, Wei M, Zhao B, Wang X et al. High-flow nasal cannula oxygen therapy and hypoxia during gastroscopy with propofol sedation: a randomized multicenter clinical trial. *Gastrointest Endosc*. 2019 Oct;90(4):591–601. doi: 10.1016/j.gie.2019.06.033.
- Kang BJ, Koh Y, Lim CM, Huh JW, Baek S, Han M et al. Failure of high-flow nasal cannula therapy may delay intubation and increase mortality. *Intensive Care Med*. 2015 Apr;41(4):623–32. doi: 10.1007/s00134-015-3693-5.
- Roca O, Hernández G, Díaz-Lobato S, Carratalá JM, Gutiérrez RM, Masclans JR et al. Current evidence for the effectiveness of heated and humidified high flow nasal cannula supportive therapy in adult patients with respiratory failure. *Crit Care*. 2016 Apr 28;20(1):109. doi: 10.1186/s13054-016-1263-z.
- Roca O, Messika J, Caralt B, García-de-Acilu M, Sztrymf B, Ricard JD et al. Predicting success of high-flow nasal cannula in pneumonia patients with hypoxemic respiratory failure: The utility of the ROX index. *J Crit Care*. 2016 Oct;35:200–5. doi: 10.1016/j.jcrc.2016.05.022.
- Roca O, Caralt B, Messika J, Samper M, Sztrymf B, Hernández G et al. An Index Combining Respiratory Rate and Oxygenation to Predict Outcome of Nasal High-Flow Therapy. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019 Jun 1;199(11):1368–76. doi: 10.1164/rccm.201803-0589OC.
- O'Donnell J, Doyle G, Fletcher M, Dick CM. Nasal high flow therapy in the emergency department – A prospective study. *Int Emerg Nurs*. 2025 Sep;82:101660. doi: 10.1016/j.ienj.2025.101660.