

KAS SUKELIA HIPOKSEMIJĄ?

Irina Liustrickytė

Vilniaus universiteto Krūtinės ligų, imunologijos ir alergologijos klinika,
Vilniaus universiteto ligoninės Santaros klinikų Pulmonologijos ir alergologijos centras

Ivadas. Deguonis – pagrindinis elementas, būtinas visų gyvų organizmų egzistavimui. Homeostazei palaikyti reikalinga pusiausvyrą tarp deguonies patekimo į organizmą ir jo sunaudojimo. Žmogaus organizme svarbiausios sistemos, atsakingos už deguonies patekimą ir vidinės terpės pastovumo palaikymą, yra kvėpavimo bei širdies ir kraujagyslių sistemos. Sutrikusi šių sistemų funkcija lemia sumažėjusį parcialinio deguonies slėgį kraujyje (hipoksemiją). Pagrindiniai mechanizmai, lemiantys hipoksemijos atsiradimą: ventilacijos ir perfuzijos neatitiktis, kraujo nuosrūvis (šuntas), dujų difuzijos sutrikimas plaučiuose, hipoventiliacija, sumažėjusi įkvepiamo deguonies koncentracija.

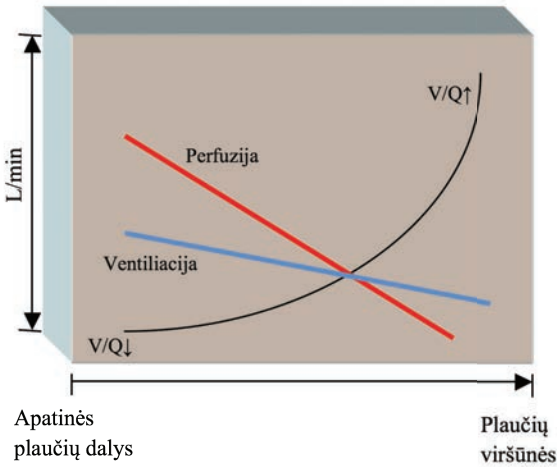
Hipoksemija ir hipoksija. Sąvokos hipoksemija ir hipoksija nėra sinonimai. Hipoksemija – tai parcialinio deguonies slėgio sumažėjimas kraujyje. Hipoksija – nepakankamas deguonies kiekis audiniuose. Šios dvi būklės ne visuomet būna kartu. Hipoksemija gali pasireikšti be hipoksijos, pvz., kompensacija į deguonies stygių padidėja hemoglobino koncentracija. Hipoksija taip pat galima nesant hipoksemijos (pvz., esant hipoperfuzijai).

Oksigenacijos vertinimas. Klinikinėje praktikoje oksigenacijai vertinti dažniausiai taikomi rodikliai yra arterinio kraujo įsotinimas deguonimi (SaO_2) ir parcialinis arterinio kraujo deguonies slėgis (PaO_2). Deja, šie rodikliai ne visada rodo tikrąją situaciją. Kartais esant netgi normalioms reikšmėms, deguonies kiekis iš tikrųjų neatitinka metabolinių organizmo poreikių (audinių hipoksija), todėl ne mažiau svarbu apskaičiuoti

deguonies kiekį arteriniame kraujyje (CaO_2) bei alveolinį – arterinį deguonies gradientą ($A-a O_2$). CaO_2 – tai deguonies kiekis 100 mililitrų kraujo (norma ≥ 16). Sumažėjus CaO_2 , audiniai nepakankamai aprūpinami deguonimi, todėl būtina išaiškinti galimas priežastis. Alveolinis – arterinis deguonies gradientas – tai skirtumas tarp PAO_2 alveolėse ir PaO_2 arteriniame kraujyje. Šis rodiklis rodo alveolokapiliarinės membranos vientisumą, todėl padeda nustatyti plautines hipoksijos priežastis, nesusijusias su pokyčiais plaučiuose. Pavyzdžiui, gradientas didėja dėl ventilacijos – perfuzijos neatitikties, dujų difuzijos sutrikimo ir kt., tuo tarpu dažniausiai yra normalus esant hipoventiliacijai arba aukštikalnėse. Abu rodikliai – tiek CaO_2 , tiek $A-a O_2$ suteikia svarbios informacijos apie oksigenaciją, nesunkiai apskaičiuojami taikant formules, todėl turėtų būti naudojami kasdienėje praktikoje.

HIPOKSEMIJOS MECHANIZMAI

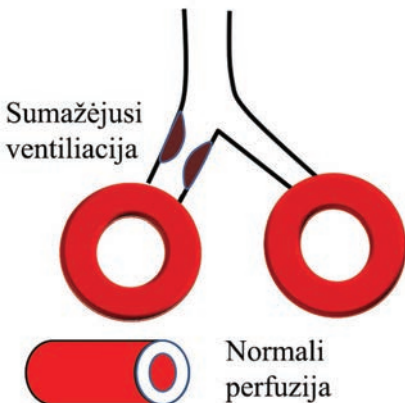
Ventiliacijos ir perfuzijos neatitiktis. Ventilacija ir perfuzija (kraujotaka) priklauso nuo sunkio jėgų, todėl žmogaus plaučiuose pasiskirsto netolygiai. Ventilacija ir perfuzija mažesnė viršutinėse plaučių dalyse, didesnė apatinėse dalyse. Ventilacijos ir perfuzijos santykis (V/Q) didesnis viršutinėse, o mažesnis apatinėse plaučių dalyse. Taip yra todėl, kad ventilacija viršutinėse dalyse yra didesnė nei perfuzija ($V > Q$), tuo tarpu apatinėse dalyse yra atvirkščiai ($V < Q$). Sveikam žmogui V/Q santykis yra $\sim 0,8$ (1 pav.).



1 pav. Ventiliacija ir perfuzija plaučiuose

Ventiliacijos ir perfuzijos neatitiktis – dažniausia hipoksemijos priežastis. Ją sąlygoja įvairūs patologiniai procesai plaučiuose ir plaučių kraujagyslėse.

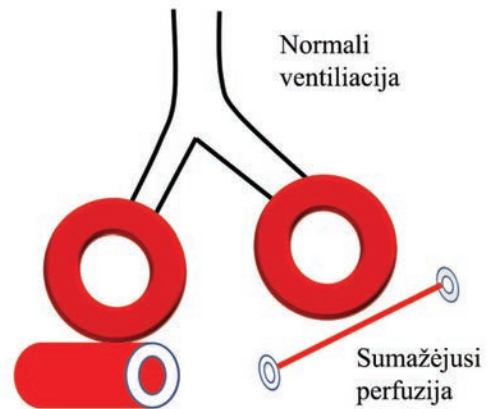
V/Q santykis sumažėja, kai alveolių ventiliacija tam tikrose plaučių dalyse būna mažesnė nei kraujotaka. Tuomet kraujas nepakankamai įsisotinamas deguonimi, pasireiškia hipoksemija. Kaip kompensacinis mechanizmas (ypač lėtinių ligų metu) įvyksta blogai ventiliuojamų zonų kraujagyslių spazmas, pagerėja kraujotaka geriau ventiliuojamose zonose. Dėl šios priežasties hipoksemijai koreguoti tikslinga skirti papildomai deguonies. Dažniausiai V/Q santykis sumažėja esant lėtinei obstrukcinei plaučių ligai, bronchektazėms ir t. t (2 pav.).



2 pav. Sumažėjęs V/Q santykis

V/Q santykis padidėja, kai alveolių ventiliacija būna didesnė nei kraujotaka. Pavyzdžiui, dėl plačių arterijų trombinės embolijos kraujotaka tam tikrose dalyse (tiksliau trombo) yra blogesnė, tačiau ventiliacija nebūna sutrikusi (3 pav.). Tam tikra prasme padidėja žalingo tarpo ventiliacija (deguonis patenka į plaučius, tačiau į kraujotaką nepatenka). Šios būklės metu pagerėja perfuzija nepažeistose kraujagyslėse, todėl hipoksemijos korekcija galima didėjant minutei ventiliacijai arba skiriant papildomai deguonies.

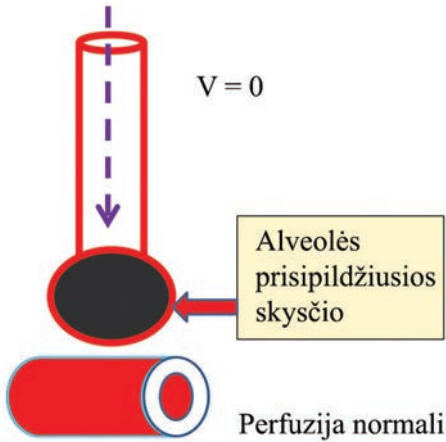
Pagrindinė ventiliacijos / perfuzijos neatitiktis savybė – esant šiam hipoksemijos mechanizmui, jį nesunkiai galima koreguoti skiriant papildomai deguonies.



3 pav. Padidėjęs V/Q santykis

Kraujo nuosrūvis. Kraujo nuosrūvis (šuntas) gali įvykti širdyje arba plaučiuose. Jo metu kraujas iš dešinėsios širdies patenka į kairiąją neoksigenuotas ($V=0$), t. y. neįvyksta dujų apykaita (4 pav.). Kraujo nuosrūvis galimas dėl anatominių priežasčių (intrakardiniai nuosrūviai arterioveninės malformacijos) arba dėl fiziologinių priežasčių (ūminis respiracinio distreso sindromas, kai alveolės būna prisipildžiusios skysčio). Šių būklių metu hipoksemija išlieka nepaisant papildomai įsivainamo deguonies, nes ventiliacija (PAO_2) nepagerėja nepaisant didesnio FiO_2 .

Hiperkapnija nuosrūviui nebūdinga, nebent kraujo nuosrūvis viršija 50 proc. (galima apskaičiuoti pagal formulę).



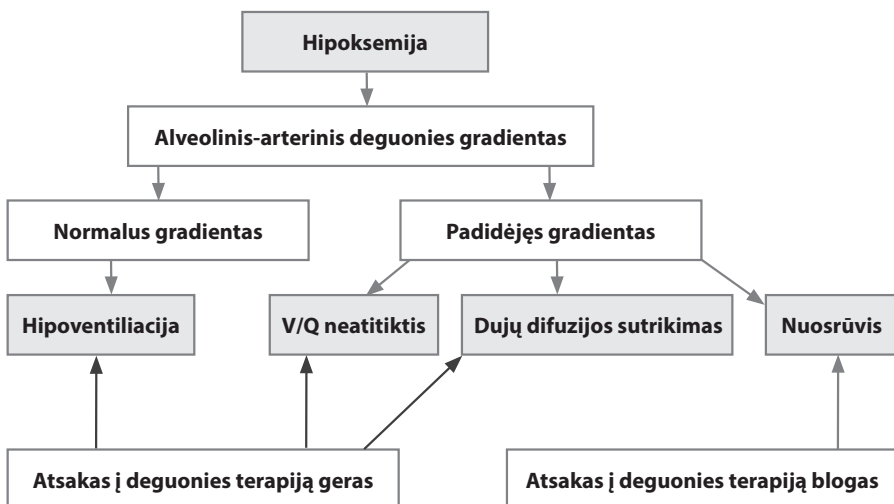
4 pav. Kraujo nuosrūvis

Dujų difuzijos sutrikimas. Hipoksemija dėl dujų difuzijos sutrikimo atsiranda sutrikus dujų apykaitai per alveolokapiliarinę membraną. Dujų difuzijos sutrikimą gali lemti daugelis ligų, tačiau reikšmingiausios yra intersticinės plaučių ligos, ypač sukeliančios fibrozę, ir plaučių emfizema. Hipoksemija didesnė fizinio krūvio metu, nes dėl padidėjusio minutinio širdies tūrio sumažėja laikas, kuriuo kraujas teka plaučių kapiliarais. Papildomas deguonis pagerina oksigenaciją, su-

mažina hipoksemiją. Hiperkapnija nebūdinga, nes anglies dvideginis yra apie 20 kartų tirpesnis vandenyje nei deguonis, todėl greitai pašalinamas netgi esant pažeistam alveolokapiliarinės membranos vientisumui.

Hipoventiliacija. Dėl nepakankamo oro tūrio hypoventiliacijos metu plaučiuose anglies dvideginis pasišalina blogiau, jo koncentracija kraujyje būna padidėjusi. Didėjant CO_2 , proporcingai mažėja deguonies kiekis alveolėse, jo mažiau patenka į kraujotaką, todėl atsiranda hipoksemija. Hypoventiliacijos metu A-a gradientas su tam tikromis išimtimis (pvz., hypoventiliacija dėl plaučio atelektazės) būna normalus. Hipoksemiją, esant hypoventiliacijai, galima koreguoti skiriant papildomai deguonies. Hypoventiliacijos priežastys įvairios: kvėpavimo centro, kvėpavimo raumenų pažeidimas ir kt. Jei hipoksemija yra daug didesnė nei hiperkapnija, t. y. didėja neproporcingai, reikėtų ieškoti kitų hipoksemijos priežasčių.

Išvados. Patofiziologijos žinios būtinos siekiant kuo geriau parinkti gydymą (5 pav.). Taip pat svarbu žinoti, kad įvairių ligų atveju hipoksemija gali atsirasti ne dėl vienos, bet dėl keleto priežasčių.



5 pav. Hipoksemijos mechanizmai

Literatūra

1. Malay Sarkar, N. Niranjana, PK Banyal, „Mechanisms of hypoxemia“. Lung India. 2017; 34(1): 47–60.
2. F.J. Belda, M. Soro, C. Ferrando „Pathophysiology of respiratory failure“. Trends Anaesth Crit Care 2013; 3: 265–269.
3. Des, Jardins T. R. Cardiopulmonary Anatomy & Physiology: Essentials for Respiratory Care. Albany, NY: Delmar Publishers, 2008.
4. https://www.uptodate.com./contents/oxygenation-and-mechanisms-of-hypoxemia?source=search_result&search=oxygen%20content&selectedTitle=4~55