

**UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
“ I U L I U H A Ț I E G A N U ” C L U J - N A P O C A**

ȘCOALA DOCTORALĂ

Cluj-Napoca 2015



EDITURA MEDICALĂ
UNIVERSITARĂ
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ NAPOCA

REZUMAT

TEZĂ DE DOCTORAT

Adaptarea metodelor de îngrijire în insuficiența respiratorie acută la sugar și copilul mic

Doctorand: **Doina Ioana Badiu**

Conducător de doctorat: **Prof. Dr. Nicolae Miu**



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

CUPRINS

STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII.....	4
1. Insuficiența respiratorie acută.....	4
2. Diagnosticul insuficienței respiratorii acute.....	4
3. Tratamentul insuficienței respiratorii acute.....	7
4. Dispozitive de administrare a oxigenului.....	8
CONTRIBUȚIA PERSONALĂ.....	8
Studiul 1 - Oxigenoterapia prin masca facială simplă și canula nazală la sugarul și copilul mic cu insuficiență respiratorie acută de cauză pneumogenă.....	8
Obiective.....	9
Material și metodă.....	9
Rezultate.....	10
Studiul 2 - Oxigenoterapia prin izoletă la sugarul cu insuficiență respiratorie acută de cauză pneumogenă.....	12
Obiective.....	12
Material și metodă.....	12
Rezultate.....	13
Concluzii generale.....	14
Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei.....	15

Cuvinte cheie: insuficiența respiratorie acută, hipoxemia, scorul clinic, pulsoximetrul, saturația hemoglobinei în oxigen, presiunea parțială a oxigenului, pulsoximetrul, oxigenoterapia, canula nazală, masca facială simplă, izoleta, sugarul, copilul mic.

STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII

1. Insuficiența respiratorie acută

Insuficiența respiratorie acută este un sindrom care rezultă din incapacitatea aparatului respirator de a asigura schimburile gazoase adecvate între aerul alveolar și capilarele pulmonare, deci de a asigura suficient oxigen necesităților metabolice și / sau de a elimina bioxidul de carbon produs în organism.

Insuficiența respiratorie este de două tipuri: tipul I sau parțială - insuficiența de oxigenare arterială, manifestată prin hipoxemie și normo sau hipocapnie; tipul II sau globală - insuficiența ventilatorie, manifestată prin hipoxemie la care se asociază hipercapnie.

Studiile epidemiologice recente arată o creștere a incidenței insuficienței respiratorii la vârsta copilăriei. Insuficiența respiratorie acută are variate etiologii și manifestări clinice, cu o rată în scădere a mortalității.

Riscul crescut pentru insuficiența respiratorie acută la copil este determinat de particularitățile patologiei respiratorii: în primele 4 luni de viață ventilația se realizează exclusiv pe cale nazală, rezervele funcționale pulmonare sunt mai reduse, incompleta dezvoltare a țesutului cartilajinos și a structurilor elastice adiacente și diametrul mic al căilor respiratorii la această vârstă. Etiologia insuficienței respiratorii acute la sugăr și copilul mic este reprezentată de boli respiratorii obstructive și boli pulmonare restrictive.

Modificarea constantă în insuficiența respiratorie pneumogenă este determinată de scăderea concentrației de oxigen în sânge (hipoxemia), la care se asociază inconstant retenția de bioxid de carbon (hipercapnia). Mecanismele prin care se realizează sunt: modificarea raportului ventilație/perfuzie, reducerea difuziunii alveolo-capilare, hipoventilația alveolară globală și șuntul anatomic dreapta - stânga.

2. Diagnosticul insuficienței respiratorii acute

Diagnosticul insuficienței respiratorii acute se stabilește pe baza tabloului clinic și a examinărilor paraclinice, acesta reprezentând un diagnostic funcțional, la care se adaugă diagnosticul etiologic al bolii care a generat insuficiența respiratorie. Pentru diagnosticul de

insuficiență respiratorie de cauză pneumogenă se va preciza atât mecanismul de producere (obstructiv, restrictiv sau prin tulburare de difuziune), cât și asocierea cu hipercapnia și acidoza.

Manifestările clinice în insuficiența respiratorie acută sunt relativ puțin specifice, determinate de hipoxemie, hipercapnie și acidoză respiratorie.

În funcție de gradul de severitate și rapiditatea instalării hipoxemiei, pacientul prezintă simptome respiratorii, cutanate și neuropsihice.

Principalul simptom respirator este dispneea care se caracterizează subiectiv prin senzația lipsei de aer și obiectiv prin creșterea frecvenței și amplitudinii mișcărilor respiratorii. Dispneea este de mai multe tipuri: obstructivă, inspiratorie, mixtă și expiratorie. Dispneea pulmonară se manifestă prin tahipnee.

Indicatorul specific de hipoxemie acută este cianoza, în special a buzelor, mucoaselor și unghiilor, uneori cu tentă roz-cireșie când asociază hipercapnia. Cianoza este prezentă dacă în sânge există o cantitate mai mare de 5% hemoglobină redusă și scade fluxul sangvin la nivelul tegumentelor și mucoaselor. Totuși, cianoza nu reprezintă întotdeauna un semn fidel de insuficiență respiratorie, ea putând lipsi în cazul unei anemii severe.

În insuficiența respiratorie acută sistemul nervos central este cel mai afectat de hipoxemie, neuronii fiind cei mai sensibili la hipoxie. Simptomele neuropsihice sunt reprezentate de tulburări ale stării de conștiență (somniațență, obnubilare), iar la sugari de alterarea senzoriului cu perioade de agitație și hiporeactivitate.

Evaluarea severității insuficienței respiratorii conform criteriilor OMS este clasificată în ușoară, medie și severă. Această evaluare include: saturația hemoglobinei în oxigen în aerul atmosferic, tahipneea care reprezintă diferența dintre frecvența respiratorie măsurată și frecvența respiratorie normală pentru vârstă, tirajul, bătaia aripioarelor nazale, geamătul, apneea, comportamentul alimentar și nivelul de conștiență.

În studiile clinice scorul clinic este deseori utilizat ca metodă de evaluare a pacienților cu afecțiuni respiratorii cu grade diferite de severitate. Acesta a fost utilizat în studiile efectuate la pacienții cu astm bronșic, în vederea evaluării severității exacerbărilor, dar și la pacienții cu alte afecțiuni respiratorii (bronșiolită acută, pneumonie

acută etc), care asociază grade diferite de insuficiență respiratorie acută. Aceste scoruri clinice au evaluat diferiți parametri cum ar fi: frecvența respiratorie, frecvența cardiacă, wheezing-ul, tirajul, intensitatea murmurului vezicular, saturația hemoglobinei în oxigen, temperatura, cianoza și senzoriul. Prin cuantificarea intensității acestor parametri au fost stabilite scoruri clinice care apreciau gradele de severitate în patologia respiratorie, monitorizarea evoluției pacientului și a răspunsului la terapia administrată.

În insuficiența respiratorie acută modificarea obligatorie este hipoxemia, iar modificările facultative sunt hipercapnia și acidoza. Astfel, pentru aprecierea intensității hipoxemiei se vor doza parametri acido-bazici și gazele sangvine din sângele arterial, prin examinarea paraclinică numită Astrup. Acest parametru poate fi determinat și prin analizarea unei mostre sangvine obținută prin puncție capilară care este o metodă invazivă.

Examinările de laborator permit aprecierea intensității hipoxemiei, hipercapniei și acidozei. Hipoxemia este determinată de scăderea sub limita inferioară a normalului a valorii PaO_2 , sub 80 mm Hg la sugar și sub 85 mm Hg peste vârsta de un an. Presiunea parțială a bioxidului de carbon (PaCO_2) poate avea valori diferite. Valoarea PaCO_2 poate fi normală când organismul compensează hipoxemia prin hiperventilație. Acidoza inițial compensată, ulterior decompensată poate fi respiratorie, secundară hipercapniei; metabolică secundară metabolismului în condiții de hipoxie, cu scăderea bicarbonatului și acumularea de acid lactic și mixtă.

În studiile din literatura de specialitate se menționează că saturația hemoglobinei în oxigen poate furniza informații importante despre starea sistemului respirator. Aceasta poate fi evaluată invaziv din sânge capilar și noninvaziv prin pulsoximetrie. Metoda standard de măsurare a saturației hemoglobinei în oxigen este din sânge capilar, însă pentru copil este o metodă dureroasă, invazivă, mai costisitoare și care determină valoarea saturației la un anumit moment în evoluția stării pacientului.

Introducerea pulsoximetriei în practica clinică a dus la utilizarea frecventă a acestei metode și a permis estimarea simplă, neinvazivă și cu acuratețe rezonabilă a saturației hemoglobinei în oxigen. Pulsoximetrul afișează pe lângă saturația hemoglobinei în oxigen

(SpO₂) și frecvența pulsului periferic. Pulsoximetria poate însă predispute la erori de măsurare, de aceea este necesară cunoașterea factorilor de eroare care includ artefacte de mișcare, perfuzia slabă la locul de măsurare, puls periferic neregulat, pigmentarea tegumentului, poziționarea senzorului care poate întârzia detectarea hipoxemiei. Pulsoximetria prezintă avantajul monitorizării continue, dar și facilitarea înregistrării valorilor.

3. Tratamentul insuficienței respiratorii acute - include ameliorarea oxigenării sângelui, ameliorarea ventilației și terapia adjuvantă.

Ameliorarea oxigenării sângelui se realizează prin oxigenoterapie care asigurând o cantitate crescută de oxigen în aerul inspirat, crește atât gradientul de presiune între alveolele pulmonare și sânge, cât și presiunea parțială a oxigenului. În cazul în care este recomandată oxigenoterapia, este necesară cunoașterea indicațiilor oxigenoterapiei: concentrația optimă de oxigen care trebuie administrată, metodele care se utilizează la copii, ritmul administrării oxigenului, criteriile de monitorizare a eficienței terapiei și efectele secundare.

Criteriul clinic care indică administrarea de oxigen este cianoza, iar criteriul de laborator este valoarea presiunii parțiale a oxigenului. Dacă valoarea PaO₂ este sub 80 mm Hg oxigenoterapia este necesară, iar dacă scade sub 50 mm Hg este obligatorie. Se apreciază răspunsul terapeutic al administrării oxigenului prin observația clinică a culorii tegumentelor, măsurarea frecvenței respiratorii pe minut și valoarea saturației hemoglobinei în oxigen. Pacientul va fi supravegheat pentru observarea apariției unor complicații.

Oxigenul poate deveni toxic la presiuni parțiale crescute. Toxicitatea oxigenului se manifestă la nivelul sistemului respirator prin iritația căilor respiratorii, tuse, apnee tranzitorie, traheobronșită și chiar sindrom de detresă respiratorie. Hiperoxia depinde de valoarea presiunii parțiale a oxigenului, timpul de expunere la presiunea respectivă și se manifestă la nivelul sistemului nervos central prin convulsii și pierderea conștienței.

Ameliorarea ventilației se realizează prin permeabilizarea căilor respiratorii. Aceasta se poate efectua prin aspirația mecanică a secrețiilor, fluidificarea secrețiilor traheobronșice, fizioterapia toraco-

pulmonară (drenajul postural, percuția sau tapotajul, flutter terapia și tusea) și terapia cu aerosoli.

Terapia adjuvantă presupune: corectarea acidozei, hidratarea parenterală, combaterea diselectrolitemiei, agitației și febrei. În formele cu insuficiență respiratorie obstructivă produsă prin spasm bronșic se poate utiliza terapia bronhodilatatoare și cortizonul.

4. Dispozitive de administrare a oxigenului

Tehnica administrării oxigenului se efectuează alegându-se echipamentul adecvat situației prin care se reglează fluxul de oxigen la valoarea stabilită.

Există mai multe metode pentru a furniza oxigen pacientului pediatric, fără a fi vreo metodă considerată cea mai bună. Selecția unei metode particulare poate fi individualizată fiecărui pacient și situații clinice în parte. La selectarea unui dispozitiv de oxigenoterapie, clinicianul trebuie să ia în considerare fluxul inspirator necesar, confortul pacientului care este esențial în obținerea complianței la tratament și necesitatea umidificării oxigenului administrat. Sistemele de administrare a oxigenului în pediatrie sunt clasificate astfel: a. dispozitive cu flux scăzut care asigură un flux inspirator de oxigenvariabil în funcție de debitul de oxigen administrat și fluxul inspirator al pacientului. Dispozitivele cel mai frecvent utilizate și menționate în literatura de specialitate, sunt masca facială simplă și canula nazală. Ambele sunt sisteme care administrează oxigen cu flux scăzut și performanță variabilă; b. dispozitive cu flux crescut care asigură un flux inspirator fix la debite de oxigen mai mari decât fluxul inspirator al pacientului (izoleta).

CONTRIBUȚIA PERSONALĂ

Studiul 1 - Oxigenoterapia prin masca facială simplă și canula nazală la sugarul și copilul mic cu insuficiență respiratorie acută de cauză pneumogenă

Obiective

1. Evaluarea eficacității administrării oxigenului prin masca facială simplă (cu un debit de 5 - 6 l/min) și canula nazală (cu un debit de 3 - 4 l/min) asupra parametrilor clinici și oxigenării sângelui în insuficiența respiratorie acută la sugar și copilul mic
2. Compararea eficienței celor două metode (masca facială simplă vs canula nazală) pentru ameliorarea oxigenării sângelui la sugarul și copilul mic cu insuficiență respiratorie acută.
3. Valoarea unor parametri de laborator pentru aprecierea oxigenării sângelui în insuficiența respiratorie acută la sugar și copilul mic.

Material și metodă

Am inclus în studiu un număr de 74 pacienți cu insuficiență respiratorie acută, de cauză pneumogenă, care au fost împărțiți în două loturi, în funcție de metoda de administrare a oxigenului: la 38 de pacienți s-a administrat oxigen prin masca facială simplă și la 36 prin canula nazală.

Studiul a fost prospectiv, de tip cohortă. Participanții la studiu au avut vârste cuprinse între o lună și trei ani, prezentând afecțiuni respiratorii acute care au evoluat cu insuficiență respiratorie acută, apreciată pe baza parametrilor paraclinici (saturația hemoglobinei în oxigen măsurată din sânge capilar arterializat și transcutanat cu pulsoximetrul). Au fost excluși din studiu pacienții cu insuficiență respiratorie cronică, patologie cardiacă și prematuritate.

Debitul de oxigen utilizat pentru administrarea prin canula nazală a fost de 3 - 4 l/min, iar pentru masca facială simplă de 5 - 6 l/min. În situațiile în care debitele standard folosite nu s-au dovedit suficiente s-a recurs la creșterea debitului de oxigen.

Evaluarea fiecărui caz s-a efectuat prin determinarea unui scor clinic care apreciază cinci parametrii (frecvența respiratorie, bătăile aripioarelor nazale, tirajul, cianoza, senzoriul) a căror intensitate a fost cuantificată în: absentă (0), intensitate medie (1) și intensitate severă (2). Scorul clinic cuantificat prin cei cinci parametrii și înregistrat inițial a fost comparat cu cel înregistrat la 30 min și respectiv 60 min după inițierea administrării oxigenului.

S-a monitorizat saturația în oxigen a hemoglobinei cu pulsoximetrul (SpO_2), după două minute de la momentul aplicării senzorului pe degetul pacientului. Același parametru s-a măsurat cu gazanalizorul, din sânge capilar arterializat (SaO_2) recoltat după masarea prealabilă a extremității câteva secunde și efectuarea puncției capilare. Recoltarea sângelui capilar s-a efectuat pe tuburi capilare speciale heparinate, pe măsura formării picăturii pentru evitarea contactului sângelui cu aerul. Probele au fost efectuate cu gazanalizorul, iar citirea valorilor gazelor sangvine s-a efectuat imediat după recoltare, automat, rezultatele fiind imprimate pe hârtie.

Aceste determinări au fost efectuate înainte de inițierea oxigenoterapiei pentru stabilirea nivelului de bază, respectiv la 30 min și 60 min de la administrarea oxigenului. Timing-ul este identic atât pentru pulsoximetrie cât și pentru măsurătorile din sânge.

S-au comparat valorile saturației în oxigen a hemoglobinei înregistrate cu pulsoximetrul cu cele înregistrate cu gazanalizorul. Pragul pentru insuficiența respiratorie a fost stabilit la valori ale saturației în oxigen a hemoglobinei măsurată cu pulsoximetrul $< 92\%$ și valori ale presiunii parțiale a oxigenului din sânge capilar < 80 mm Hg.

Rezultate

Etiologia insuficienței respiratorii acute la cele două loturi de studiu a fost dominată de bronșiolita acută, în proporții asemănătoare. Această etiologie s-a înregistrat la 85% dintre cei la care oxigenul s-a administrat prin masca facială simplă, respectiv 80% dintre cei la care oxigenoterapia s-a administrat prin canula nazală. Într-un procent mult mai mic insuficiența respiratorie acută a fost determinată de altă patologie respiratorie, pentru ambele metode.

În condițiile oxigenoterapiei prin masca facială simplă, scorul clinic a scăzut de la valori bazale de 5.73 ± 1.67 , la 5.28 ± 1.85 după 30 min, respectiv la 4.21 ± 1.74 după 60 min. În condițiile oxigenoterapiei prin canula nazală, scorul clinic a scăzut de la valori bazale de 5.75 ± 1.62 , la 5.47 ± 1.66 după 30 min, respectiv la 4.25 ± 1.55 după 60 min.

Comparativ cu valorile bazale, înregistrate înaintea inițierii oxigenoterapiei, s-a înregistrat ameliorarea scorului clinic atât la 30 min cât și la 60 min după instituirea terapiei cu oxigen, prin ambele

metode de administrare a oxigenului. Ameliorarea a fost mai evidentă la 60 min.

Între cele două loturi investigate care au primit oxigen prin masca facială simplă și prin canula nazală nu s-au identificat diferențe semnificative între valorile scorului clinic apreciat la nivelul de bază, la 30 min și respectiv la 60 min (bazal: Z (Mann-Whitney test) = -0.2758, $p = 0.78$; 30 min: $Z = 0.5678$, $p = 0.57$; 60 min $Z = 0.3082$, $p = 0.75$).

Valorile parametrilor analizați - saturația hemoglobinei în oxigen (SaO_2) și a presiunii parțiale a oxigenului (PaO_2) măsurate din sânge capilar arterializat, precum și saturația hemoglobinei în oxigen măsurată cu pulsoximetrul (SpO_2) - au fost înregistrate la 30 min, respectiv la 60 min după instituirea oxigenoterapiei și au fost comparate cu valorile inițiale.

Comparativ cu valorile bazale, înregistrate înaintea inițierii oxigenoterapiei atât prin masca facială simplă, cât și prin canula nazală PaO_2 a crescut semnificativ la 30 min ($p < 0.0001$), respectiv la 60 min ($p < 0.0001$). Creșteri semnificative s-au înregistrat și la 30 min comparativ cu valorile înregistrate la 60 min ($p < 0.0001$).

Comparativ cu valorile bazale, înregistrate înaintea inițierii oxigenoterapiei prin masca facială simplă, respectiv prin canula nazală SaO_2 a crescut semnificativ la 30 min ($p < 0.0001$), respectiv la 60 min ($p < 0.0001$). Creșteri semnificative s-au înregistrat și la 30 min comparativ cu valorile înregistrate la 60 min ($p < 0.0001$).

Comparativ cu valorile bazale, înregistrate înaintea inițierii oxigenoterapiei prin masca facială simplă, respectiv prin canula nazală SpO_2 a crescut semnificativ la 30 min ($p < 0.0001$), respectiv la 60 min ($p < 0.0001$). Creșteri semnificative s-au înregistrat și la 30 min comparativ cu valorile înregistrate la 60 min ($p < 0.0001$).

Concordanțe semnificative statistic între SaO_2 și SpO_2 pentru pacienții cu oxigenoterapie prin mască facială simplă au fost observate pentru determinările la nivelul de bază și respectiv 60 min. Concordanța dintre valorile bazale a fost mai mare (coeficientul de concordanță ~ 0.7) și înalt semnificativă statistic. Concordanța dintre SaO_2 și SpO_2 la 60 min de oxigenoterapie a fost slabă (coeficient de concordanță ~ 0.4) dar semnificativă statistic ($p < 0.01$).

Concordanțe semnificative statistic între SaO_2 și SpO_2 pentru pacienții cu oxigenoterapie prin canula nazală au fost observate doar

pentru determinările la nivelul de bază. Concordanța dintre valorile bazale a fost slabă (coeficientul de concordanță ~ 0.3) dar semnificativă statistic ($p < 0.05$).

Coeficientul de concordanță Kendall calculat pentru ambele loturi de pacienți care au primit oxigen prin masca facială simplă, respectiv canula nazală, relevă o corelație bună ($r = 0.69$) între determinările valorilor SaO_2 și SpO_2 la nivel de bază, respectiv la 60 min ($r=0.37$).

Studiul 2 - Oxigenoterapia prin izoletă la sugarul cu insuficiență respiratorie acută de cauză pneumogenă

Obiective

1. Evaluarea eficacității administrării oxigenului prin izoletă (cu un debit de 10 - 15 l/min) asupra parametrilor clinici și oxigenării sângelui în insuficiența respiratorie acută la sugar.

2. Valoarea unor parametri de laborator pentru aprecierea oxigenării sângelui în insuficiența respiratorie acută la sugar.

Material și metodă

Am inclus în studiu un număr de 30 sugari cu insuficiență respiratorie acută de cauză pneumogenă, la care s-a administrat oxigen prin izoletă. Studiul a fost prospectiv, de tip cohortă. Participanții la studiu au avut vârste cuprinse între o lună și 12 luni, prezentând afecțiuni respiratorii acute care au evoluat cu insuficiență respiratorie acută, apreciată pe baza parametrilor paraclinici (saturația hemoglobinei în oxigen măsurată cu gazanalizorul din sânge capilar arterializat și transcutanat cu pulsoximetrul).

Au fost excluși din studiu pacienții cu insuficiență respiratorie cronică, patologie cardiacă și prematuritate. Debitul de administrare a oxigenului prin izoletă a fost de 10 - 15 l/min. În situațiile în care debitele standard folosite nu s-au dovedit suficiente s-a recurs la creșterea debitului de oxigen.

Evaluarea fiecărui caz s-a efectuat prin determinarea unui scor clinic la fel ca și în studiul 1. Scorul clinic cuantificat prin cei cinci parametri și înregistrat inițial pentru stabilirea nivelului de bază a fost

comparat cu cel înregistrat la 30 min și respectiv 60 min după inițierea administrării oxigenului prin izoletă.

Saturația hemoglobinei în oxigen s-a monitorizat cu pulsoximetrul (SpO_2) după două minute de la momentul aplicării senzorului pe indexul pacientului, respectiv din sânge capilar arterializat (SaO_2). Recoltarea s-a efectuat prin puncție capilară după masarea prealabilă a extremității câteva secunde, pe tuburi capilare speciale heparinate, pe măsura formării picăturii pentru evitarea contactului sângelui cu aerul. Probele au fost efectuate cu gazanalizorul, iar citirea valorilor gazelor sangvine s-a efectuat imediat după recoltare, automat, rezultatele fiind imprimate pe hârtie.

Aceste determinări au fost efectuate înainte de inițierea oxigenoterapiei pentru stabilirea nivelului de bază, respectiv la 30 min și 60 min de la administrarea oxigenului prin izoletă.

Valorile parametrilor analizați: saturația hemoglobinei în oxigen măsurată din sânge capilar arterializat (SaO_2), saturația hemoglobinei în oxigen măsurată transcutanat cu pulsoximetrul (SpO_2) și presiunea parțială a oxigenului măsurată din sânge capilar (PaO_2) înregistrate la 30 min, respectiv la 60 min după instituirea oxigenoterapiei prin izoletă au fost comparate cu valorile inițiale.

Rezultate

Principala cauză care a determinat insuficiența respiratorie acută în lotul investigat a fost bronșiolita acută într-un procent de 86,66%, diferența de 13,33% fiind determinată de altă patologie respiratorie.

În condițiile oxigenoterapiei prin izoletă scorul clinic înaintea inițierii oxigenoterapiei a înregistrat valoarea medie de 7.87 ± 1.59 , după 30 min de la inițierea oxigenoterapiei au fost înregistrate valori asemănătoare, de 7.77 ± 1.72 iar după 60 min să se înregistreze ameliorarea semnificativă a scorului clinic, la valori de 6.50 ± 1.83 .

Analiza statistică a arătat diferențe nesemnificative ale scorului clinic după 30 min de la inițierea oxigenoterapiei comparativ cu valorile inițiale, în schimb am înregistrat ameliorarea semnificativă a scorului clinic după 60 min atât comparativ cu valorile inițiale, cât și față de cele înregistrate la 30 min. Aceste diferențe au fost înregistrate atât pentru mediană cât și pentru percentila 25% respectiv 75%.

Prelucrarea statistică a evidențiat creșteri semnificative pentru cei trei parametri (SaO_2 , SpO_2 și PaO_2) după 30 min, respectiv 60 min

de la inițierea oxigenoterapiei. De asemenea, creșteri semnificative au fost înregistrate pentru cei trei parametri la 60 min comparativ cu valorile la 30 min. ($p < 0.001$), precum și atunci când au fost comparate toate valorile ($p < 0.001$). Diferențele dintre toate perechile posibile au fost semnificative statistic (statistica Z asociată testului semnelor ($\text{Sign}) \geq 4.930$, $p = 0.000001$).

Valorile saturației hemoglobinei în oxigen măsurate din sânge capilar arterializat (SaO_2) au fost corelate semnificativ cu valorile saturației hemoglobinei în oxigen măsurate cu pulsoximetrul (SpO_2) pentru toate cele trei determinări: nivel de bază, la 30 min și la 60 min ($p < 0.0001$). Cea mai mare concordanță s-a observat pentru determinările bazale (coeficientul de concordanță ~ 0.9). Concordanța la 30 min ajunge la ~ 0.8 , iar la 60 min la ~ 0.6 .

Concluzii generale

I. Oxigenoterapia administrată sugarului și copilului mic cu insuficiență respiratorie acută de cauză pneumogenă, utilizând masca facială simplă (debit 5 - 6 l/min), canula nazală (debit 3 - 4 l/min) sau izoleta (debit 10 - 15 l/min):

1. ameliorează / corectează insuficiența respiratorie acută, evaluată clinic și prin măsurarea gazelor sanguine, în decurs de 60 min.
2. saturația hemoglobinei în oxigen măsurată atât din sânge capilar arterializat cât și cu pulsoximetrul crește semnificativ atât la 30 min cât și la 60 min, iar creșterile acestor parametrii au fost mai evidente la 60 min.
3. presiunea parțială a oxigenului măsurată din sânge capilar arterializat crește semnificativ atât la 30 min cât și la 60 min. Creșterile acestui parametru a fost mai evidentă la 60 min.
4. ameliorarea oxigenării sângelui, măsurată cu pulsoximetrul și din sânge capilar, se produce mai rapid în comparație cu ameliorarea clinică a detresei respiratorii.

II. Există o concordanță între valorile saturației hemoglobinei în oxigen măsurate cu pulsoximetrul comparativ cu aceleași valori măsurate din sânge capilar arterializat, concordanță care recomandă pulsoximetria ca o alternativă a determinării saturației hemoglobinei în oxigen din sânge.

Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei

Decalajul dintre ameliorarea gazelor sangvine care au tendința să se normalizeze primele și parametrii clinici care se ameliorează ulterior, rezultă implicația practică: utilitatea monitorizării oxigenoterapiei prin măsurarea gazelor sanguine este importantă pentru oxigenarea normală a creierului și într-o măsură mai mică a tabloului clinic.

Concordanța dintre SaO_2 și SpO_2 , permite utilizarea pulsoximetriei ca o alternativă a determinării din sânge.

ABSTRACT OF THE DOCTORAL THESIS

Adaptation of health care methods in acute respiratory failure in infants and young children

PhD Student: **Doina Ioana Badiu**

PhD Scientific Coordinator: **Prof. Dr. Nicolae Miu**



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

Contents

CURRENT STAGE OF KNOWLEDGE.....	18
5. Acute respiratory failure.....	18
6. Diagnosis of acute respiratory failure.....	18
7. Treatment of acute respiratory failure.....	20
8. Oxygen delivery devices.....	21
PERSONAL CONTRIBUTION.....	22
Study 1 - Oxygen therapy by simple face mask and nasal cannula in infants and young children with acute respiratory failure of pneumogenic cause.....	22
Objectives.....	22
Materials and methods.....	22
Results.....	23
Study 2 - Oxygen therapy by hood in infants with acute respiratory failure of pneumogenic cause.....	25
Objectives.....	25
Materials and methods.....	25
Results.....	26
General conclusions.....	27
Originality and innovative contributions of the thesis.....	27

Key words: acute respiratory failure, hypoxemia, clinical score, pulse oximeter, hemoglobin oxygen saturation, oxygen partial pressure, oxygen therapy, nasal cannula, simple face mask, hood, infant, young child

CURRENT STAGE OF KNOWLEDGE

5. Acute respiratory failure

Acute respiratory failure is a syndrome resulting from the inability of the respiratory system to maintain adequate gas exchange between alveolar air and the pulmonary capillaries, consequently to provide sufficient oxygen for metabolic requirements and/or to eliminate carbon dioxide produced in the body.

Respiratory failure includes two types: type I or partial respiratory failure – insufficient arterial oxygenation, manifesting by hypoxemia and normo- or hypocapnia; type II or global respiratory failure – ventilatory insufficiency, manifesting by hypoxemia associated with hypercapnia.

Recent epidemiological studies show an increase in the incidence of respiratory failure in children. Acute respiratory failure has various etiologies and clinical manifestations, with a decreasing mortality rate.

High risk for acute respiratory failure in children is determined by the particularities of respiratory disease: during the first 4 months of life ventilation occurs exclusively by nasal route, functional pulmonary reserve is lower, there is an incomplete development of cartilage tissue and adjacent elastic structures, and a small diameter of the airways at this age. The etiology of acute respiratory failure in infants and young children is represented by obstructive respiratory diseases and restrictive lung diseases.

Constant change in pneumogenic respiratory failure is caused by a decrease of blood oxygen concentration (hypoxemia), with the inconsistent association of carbon dioxide retention (hypercapnia). The mechanisms involved are: an alteration of the ventilation/perfusion ratio, a reduction of alveolo-capillary diffusion, global alveolar hypoventilation, and anatomical right-to-left shunt.

6. Diagnosis of acute respiratory failure

The diagnosis of acute respiratory failure is made based on clinical picture and paraclinical examinations, which represent functional diagnosis, to which the etiological diagnosis of the disease inducing respiratory failure is added. For the diagnosis of respiratory failure of pneumogenic cause, both the mechanism (obstructive, restrictive or by diffusion disturbance) and the association with hypercapnia and acidosis will be determined.

Clinical manifestations in acute respiratory failure are relatively non-specific, and are caused by respiratory hypoxemia, hypercapnia and acidosis.

Depending on the degree of severity and the rapidity of onset of hypoxemia, the patient has respiratory, cutaneous and neuropsychic symptoms.

The main respiratory symptom is dyspnea, which is characterized subjectively by the sensation of lack of air, and objectively by an increase in the frequency and amplitude of respiratory movements. There are several types of dyspnea: obstructive, inspiratory, mixed and expiratory. Pulmonary dyspnea manifests by tachypnea.

The specific indicator of acute hypoxemia is cyanosis, particularly of the lips, mucosae and nails, sometimes with a pink-cherry shade when hypercapnia is associated. Cyanosis is present if in blood there is an amount of reduced hemoglobin higher than 5%, and the blood flow in skin and mucosae decreases. However, cyanosis is not always a reliable sign of respiratory failure; it can be absent in the case of severe anemia.

In acute respiratory failure, the central nervous system is the most affected by hypoxemia, neurons being the most sensitive to hypoxia. Neuropsychic symptoms are represented by consciousness disorders (somnia, obtundation), and in infants, by alteration of sensorium with periods of agitation and hyporeactivity.

According to WHO, the severity of respiratory failure is classified as mild, moderate and severe. This evaluation includes: hemoglobin oxygen saturation in atmospheric air, tachypnea, which is the difference between the measured respiratory rate and the respiratory rate normal for age, chest indrawing, nasal flaring, groaning, apnea, eating behavior and consciousness level.

In clinical studies, the clinical score is frequently used as a method for the evaluation of patients with respiratory disease with various degrees of severity. This has been used in studies on patients with bronchial asthma, in order to evaluate the severity of exacerbations, as well as in patients with other respiratory diseases (acute bronchiolitis, acute pneumonia, etc.), associated with different degrees of acute respiratory failure. These clinical scores have assessed various parameters such as: respiratory rate, cardiac rate, wheezing, chest indrawing, vesicular murmur intensity, hemoglobin oxygen saturation, temperature, cyanosis and sensorium. By quantifying the intensity of these parameters, clinical scores allowing to assess the degrees of severity in respiratory disease, patient evolution, and response to the administered therapy have been established.

In acute respiratory failure, hypoxemia is an obligatory change, while hypercapnia and acidosis are facultative. Thus, in order to evaluate the intensity of hypoxemia, acid-base parameters and arterial blood gases will be

measured, using the paraclinical examination termed Astrup. This parameter can also be determined through the analysis of a blood sample obtained by capillary puncture, which is an invasive method.

Laboratory examinations allow to assess the intensity of hypoxemia, hypercapnia and acidosis. Hypoxemia is determined by the decrease of the PaO₂ value below the lower normal limit, below 80 mmHg in infants and below 85 mmHg in children aged over 1 year. Carbon dioxide partial pressure (PaCO₂) can have different values. The PaCO₂ value can be normal when the organism compensates for hypoxemia by hyperventilation. Initially compensated, subsequently decompensated acidosis can be respiratory, secondary to hypercapnia; metabolic, secondary to metabolism under hypoxia conditions, with the decrease of bicarbonate and the accumulation of lactic acid; and mixed.

Literature studies mention that hemoglobin oxygen saturation can provide important information about the status of the respiratory system. This can be assessed invasively from capillary blood, and non-invasively by pulse oximetry. The standard method for the measurement of hemoglobin oxygen saturation is from capillary blood, but for the child this is a painful, invasive, more expensive method, which determines the saturation value at a certain time during the patient's evolution.

The introduction of pulse oximetry in clinical practice has led to the frequent use of this method, allowing an easy, non-invasive and reasonably accurate estimation of hemoglobin oxygen saturation. The pulse oximeter displays in addition to hemoglobin oxygen saturation (SpO₂) the peripheral pulse rate. However, pulse oximetry can predispose to measurement errors, which is why it is necessary to know the error factors that include movement artefacts, poor perfusion at the measurement site, irregular peripheral pulse, skin pigmentation, positioning of the sensor that can delay the detection of hypoxemia. Pulse oximetry has the advantage of continuous monitoring, as well as of facilitating value recording.

7. The treatment of acute respiratory failure includes the improvement of blood oxygenation and ventilation, and adjuvant therapy.

The improvement of blood oxygenation is achieved by oxygen therapy which, providing an increased amount of oxygen in the inspired air, increases both the pressure gradient between pulmonary alveoli and blood, and oxygen partial pressure. When oxygen therapy is recommended, the indications of oxygen therapy should be known: optimal oxygen concentration to be administered, methods used in children, oxygen flow rate, criteria for the monitoring of therapeutic effectiveness and side effects.

The clinical criterion that indicates oxygen administration is cyanosis, and the laboratory criterion is the oxygen partial pressure value. If the value of PaO₂ is less than 80 mmHg, oxygen therapy is required, and if this value decreases to less than 50 mmHg, oxygen therapy is mandatory. Therapeutic response to oxygen administration is evaluated by the clinical observation of the skin color, the measurement of respiratory rate per minute, and the hemoglobin oxygen saturation value. The patient will be monitored for potential complications.

Oxygen can become toxic at high partial pressures. Oxygen toxicity manifests at respiratory system level by irritation of the airways, cough, transient apnea, tracheobronchitis, and even respiratory distress syndrome. Hyperoxia depends on the oxygen partial pressure value, the duration of exposure to that pressure, and manifests at central nervous level by seizures and loss of consciousness.

The improvement of ventilation is achieved by airway permeabilization. This can be performed by mechanical aspiration of secretions, fluidification of tracheobronchial secretions, thoracopulmonary physiotherapy (postural drainage, percussion or tapping, flutter therapy and cough), and aerosol therapy.

Adjuvant therapy involves: correction of acidosis, parenteral hydration, fighting dyselectrolytemia, agitation and fever. In the forms of obstructive respiratory failure induced by bronchial spasm, bronchodilator therapy and cortisone can be used.

8. Oxygen delivery devices

The technique of oxygen delivery is performed by choosing the adequate equipment for the situation, by which the oxygen flow is delivered at the established value.

There are several methods to deliver oxygen to the pediatric patient, without any of them prevailing over the others. The selection of a particular method can be individualized for each patient in each clinical situation. When selecting an oxygen therapy device, the clinician should take into consideration the required inspiratory flow, the patient's comfort, which is essential for treatment compliance, and the need to humidify the administered oxygen. Oxygen delivery systems in pediatrics are classified as follows: a. low-flow devices, which supply a variable inspiratory oxygen flow depending on the administered oxygen flow rate and the patient's inspiratory flow. The most frequently used devices, which are also the most frequently mentioned in the literature, are simple face mask and nasal cannula. They are both systems that deliver low-flow oxygen with variable

performance;b. high-flow devices, which supply a fixed inspiratory flow at higher oxygen flow rates than the patient's inspiratory flow (hood).

PERSONAL CONTRIBUTION

Study 1 - Oxygen therapy by simple face mask and nasal cannula in infants and young children with acute respiratory failure of pneumogenic cause

Objectives

4. To evaluate the effectiveness of oxygen administration by simple face mask (at a flow rate of 5-6 l/min) and nasal cannula (at a flow rate of 3-4 l/min) on clinical and blood oxygenation parameters in acute respiratory failure in infants and young children.

5. To compare the effectiveness of the two methods (simple face mask vs. nasal cannula) in improving blood oxygenation in infants and young children with acute respiratory failure.

6. To determine the values of some laboratory parameters for the assessment of blood oxygenation in acute respiratory failure in infants and young children.

Materials and methods

The study included 74 patients with acute respiratory failure of pneumogenic cause, who were divided into two groups depending on the oxygen delivery method: 38 patients received oxygen by simple face mask and 36 patients by nasal cannula.

This was a prospective cohort study. The participants in the study were aged between one month and three years, and had acute respiratory diseases that evolved into acute respiratory failure, assessed based on paraclinical parameters (hemoglobin oxygen saturation measured from arterialized capillary blood and by transcutaneous pulse oximetry). Patients with chronic respiratory failure, cardiac disease and prematurity were excluded from the study.

The oxygen flow rate used for administration by nasal cannula was 3-4 l/min, and for simple face mask, 5-6 l/min. In situations where the standard flow rates used proved to be insufficient, the oxygen flow rate was increased.

Each case was evaluated by a clinical score assessing five parameters (respiratory rate, nasal flaring, chest indrawing, cyanosis, sensorium), whose intensity was quantified as: absent (0), moderate intensity (1), and severe intensity (2). The initial clinical score quantified based on the five parameters was compared to the score determined 30 min and 60 min after the initiation of oxygen therapy.

Hemoglobin oxygen saturation was monitored by pulse oximetry (SpO_2), two minutes after the placement of the sensor on the patient's finger. The same parameter was measured with the gas analyzer from arterialized capillary blood (SaO_2) collected after massaging the extremity for several seconds and performing capillary puncture. Capillary blood was collected in special heparinized capillary tubes as the blood drop was formed, in order to avoid the contact of blood with air. Sampling was performed with the gas analyzer, blood gas values were automatically read immediately after collection, and the results were printed on paper.

These determinations were performed before oxygen therapy, in order to establish the baseline level, and 30 min and 60 min after the initiation of oxygen administration. Timing was identical for pulse oximetry and blood measurements.

Hemoglobin oxygen saturation values measured by pulse oximetry were compared to those determined with the gas analyzer. The threshold for respiratory failure was set at pulse oximetry hemoglobin oxygen saturation values $< 92\%$ and capillary oxygen partial pressure values < 80 mmHg.

Results

The etiology of acute respiratory failure in the two study groups was dominated by acute bronchiolitis, in similar proportions. This etiology was found in 85% of patients with oxygen therapy by simple face mask, and 80% of those with oxygen therapy by nasal cannula. In a much lower proportion of patients, acute respiratory failure was caused by other respiratory disease, for both methods.

In the case of oxygen therapy by simple face mask, the clinical score decreased from baseline values of 5.73 ± 1.67 to 5.28 ± 1.85 after 30 min, and to 4.21 ± 1.74 after 60 min. In the case of oxygen therapy by nasal cannula, the clinical score decreased from baseline values of 5.75 ± 1.62 to 5.47 ± 1.66 after 30 min, and to 4.25 ± 1.55 after 60 min.

Compared to baseline values recorded before the initiation of oxygen therapy, an improvement of the clinical score was found 30 min and 60 min, respectively, after the initiation of oxygen therapy, for both oxygen delivery methods. The improvement was more obvious at 60 min.

Between the two investigated groups who received oxygen by simple face mask and nasal cannula, there were no significant differences between the values of the clinical score assessed initially, at 30 min and at 60 min (baseline: Z (Mann-Whitney test) = -0.2758, $p = 0.78$; 30 min: Z = 0.5678, $p = 0.57$; 60 min Z = 0.3082, $p = 0.75$).

The values of the analyzed parameters – hemoglobin oxygen saturation (SaO_2) and oxygen partial pressure (PaO_2) measured from arterialized capillary blood, as well as hemoglobin oxygen saturation measured by pulse oximetry (SpO_2) – were determined 30 min and 60 min after the initiation of oxygen therapy and were compared to baseline values.

Compared to baseline values, recorded before the initiation of oxygen therapy both by simple face mask and by nasal cannula, PaO_2 significantly increased at 30 min ($p < 0.0001$), and at 60 min ($p < 0.0001$). Significant increases were also found at 30 min compared to values recorded at 60 min ($p < 0.0001$).

Compared to baseline values, recorded before the initiation of oxygen therapy by simple face mask and by nasal cannula, SaO_2 significantly increased at 30 min ($p < 0.0001$), and at 60 min ($p < 0.0001$). Significant increases were also determined at 30 min compared to values recorded at 60 min ($p < 0.0001$).

Compared to baseline values, recorded before the initiation of oxygen therapy by simple face mask and by nasal cannula, SpO_2 significantly increased at 30 min ($p < 0.0001$), and at 60 min ($p < 0.0001$). Significant increases were also recorded at 30 min compared to values determined at 60 min ($p < 0.0001$).

Statistically significant concordances between SaO_2 and SpO_2 in patients with oxygen therapy by simple face mask were observed for values determined initially and at 60 min. There was a higher concordance between baseline values (concordance coefficient ~ 0.7), which was highly statistically significant. The concordance between SaO_2 and SpO_2 after 60 min of oxygen therapy was low (concordance coefficient ~ 0.4), but statistically significant ($p < 0.01$).

Statistically significant concordances between SaO_2 and SpO_2 in patients with oxygen therapy by nasal cannula were seen only for baseline determinations. The concordance between baseline values was low (concordance coefficient ~ 0.3), but statistically significant ($p < 0.05$).

Kendall's concordance coefficient calculated for both groups of patients, with oxygen therapy by simple face mask and by nasal cannula, evidences a good correlation ($r = 0.69$) between SaO_2 and SpO_2 values determined initially and at 60 min ($r = 0.37$).

Study 2 - Oxygen therapy by hood in infants with acute respiratory failure of pneumogenic cause

Objectives

3. To evaluate the effectiveness of oxygen administration by hood (at a flow rate of 10-15 l/min) on clinical and blood oxygenation parameters in acute respiratory failure in infants.

4. To determine the values of some laboratory parameters for the assessment of blood oxygenation in acute respiratory failure in infants.

Materials and methods

The study included 30 infants with acute respiratory failure of pneumogenic cause, who received oxygen therapy by hood. This was a prospective cohort study. The participants in the study were aged between one month and 12 months, and had acute respiratory diseases that evolved into acute respiratory failure, assessed based on paraclinical parameters (hemoglobin oxygen saturation measured with the gas analyzer from arterialized capillary blood and by transcutaneous pulse oximetry).

Patients with chronic respiratory failure, cardiac disease and prematurity were excluded from the study. The oxygen flow rate used for administration by hood was 10-15 l/min. In situations where the standard flow rates used proved to be insufficient, the oxygen flow rate was increased.

Each case was evaluated by a clinical score as described in Study 1. The initial clinical score quantified based on the five parameters was compared to the scores determined 30 min and 60 min after the initiation of oxygen therapy by hood.

Hemoglobin oxygen saturation was measured by pulse oximetry (SpO_2), two minutes after the placement of the sensor on the patient's finger, and from arterialized capillary blood (SaO_2). Blood was collected by capillary puncture, after massaging the extremity for several seconds, in special heparinized capillary tubes as the blood drop was formed, in order to avoid the contact of blood with air. Sampling was performed with the gas analyzer, blood gas values were automatically read immediately after collection, and the results were printed on paper.

These determinations were performed before oxygen therapy, in order to establish the baseline level, and 30 min and 60 min after the initiation of oxygen administration by hood.

The values of the analyzed parameters: hemoglobin oxygen saturation measured from arterialized capillary blood (SaO_2), hemoglobin oxygen saturation measured by transcutaneous pulse oximetry (SpO_2), and oxygen partial pressure measured from capillary blood (PaO_2), recorded 30 min and 60 min after the initiation of oxygen therapy by hood, were compared to initial values.

Results

The main cause of acute respiratory failure in the investigated group was acute bronchiolitis in a proportion of 86.66%, the 13.33% difference being accounted for by other respiratory disease.

In the case of oxygen therapy by hood, the mean value of the clinical score before the initiation of oxygen therapy was 7.87 ± 1.59 ; 30 min after the initiation of oxygen therapy, similar values were recorded, 7.77 ± 1.72 ; and at 60 min, there was a significant improvement of the clinical score, with values of 6.50 ± 1.83 .

Statistical analysis showed insignificant differences of the clinical score 30 min after the initiation of oxygen therapy compared to initial values; in contrast, there was a significant improvement in the clinical score at 60 min compared to initial values, as well as compared to values recorded at 30 min. These differences were found both for the median and the 25th and 75th percentiles.

Statistical processing evidenced significant increases in the three parameters (SaO_2 , SpO_2 and PaO_2) 30 min and 60 min after the initiation of oxygen therapy. Significant increases in the three parameters were also recorded at 60 min compared to values at 30 min ($p < 0.001$), as well as when all values were compared ($p < 0.001$). Differences between all possible pairs were statistically significant (Z statistics associated with the sign test ≥ 4.930 , $p = 0.000001$).

The values of hemoglobin oxygen saturation measured from arterialized capillary blood (SaO_2) were significantly correlated with the values of hemoglobin oxygen saturation measured by pulse oximetry (SpO_2) for all three determinations: baseline, at 30 min, and at 60 min ($p < 0.0001$). The highest concordance was found for baseline determinations (concordance coefficient ~ 0.9). Concordance at 30 min reached ~ 0.8 and at 60 min, ~ 0.6 .

General conclusions

I. Oxygen therapy administered to infants and young children with acute respiratory failure of pneumogenic cause, by simple face mask (flow rate 5-6 l/min), nasal cannula (flow rate 3-4 l/min) or hood (flow rate 10-15 l/min):

5. improves/corrects acute respiratory failure, assessed clinically and by blood gas measurement, over the course of 60 min.
6. hemoglobin oxygen saturation measured from arterialized capillary blood and by pulse oximetry increases significantly both at 30 min and at 60 min, with a more obvious increase at 60 min.
7. oxygen partial pressure measured from arterialized capillary blood increases significantly both at 30 min and at 60 min. The increase of this parameter is more obvious at 60 min.
8. the improvement of blood oxygenation, measured by pulse oximetry and from capillary blood, occurs more rapidly compared to the clinical improvement of respiratory distress.

II. There is a concordance between the hemoglobin oxygen saturation values measured by pulse oximetry and the same values measured from arterialized capillary blood, which recommends pulse oximetry as an alternative to the determination of hemoglobin oxygen saturation in the blood.

Originality and innovative contributions of the thesis

From the time lag between the improvement of blood gases, which are the first that tend to normalize, and the subsequent improvement of clinical parameters, the following practical implication can be derived: monitoring of oxygen therapy by blood gas measurement is important for the normal oxygenation of the brain and, to a lesser extent, for a normal clinical picture.

The concordance between SaO_2 and SpO_2 supports the use of pulse oximetry as an alternative to blood determination.