

**VILNIAUS UNIVERSITETAS
MEDICINOS FAKULTETAS**

Baigiamasis darbas

**Ūminio kvėpavimo nepakankamumo ir dirbtinės plaučių ventilacijos ypatumai įvykus
trauminiams galvos smegenų pažeidimams**

**The Characteristics of Acute Respiratory Failure and Mechanical Ventilation After
Traumatic Brain Injury**

Studentas/ė (vardas, pavardė), grupė: Agnė Ramaškaitė VI kursas, 13 gr.

Klinika kurioje ruošiamas ir ginamas darbas
Anesteziologijos ir reanimatologijos klinika

Klinikinės medicinos institutas,

Darbo vadovas

Prof. dr. (HP) Saulius Vosylius

(pedagoginis vardas, mokslo laipsnis, vardas, pavardė)

Klinikos vadovė

Prof. dr. (HP) Jūratė Šipylaitė

(pedagoginis vardas, mokslo laipsnis, vardas, pavardė)

2024-05-09

Studento elektroninio pašto adresas

agne.ramaskaite@mf.stud.vu.lt

TURINYS

1. SANTRAUKA	1
2. SUMMARY	2
3. ĮVADAS	3
4. LITERATŪROS APŽVALGA.....	6
4.1 Smegenų ir plaučių sąveika	6
4.2 Ūminio kvėpavimo nepakankamumo ypatumai įvykus trauminiam galvos smegenų pažeidimams.....	7
4.3 Indikacijos pradėti dirbtinę plaučių ventilaciją	7
4.4 Dirbtinės plaučių ventilacijos ypatumai įvykus trauminiam galvos smegenų pažeidimams	8
4.4.1 Anglies dioksido ir deguonies tikslai arteriniame kraujyje	8
4.4.2 Įkvėpimo tūris	10
4.4.3 Teigiamas slėgis iškvėpimo pabaigoje	10
4.4.4 Slėgio plato ir varomasis slėgis	11
4.5 Asinchronijos	12
4.6 Plaučius apsaugančios ventilacijos taikymas pacientams patyrusiems trauminius galvos smegenų pažeidimus.....	12
4.7 Atpratimas nuo ventiliatoriaus ir ekstubacija	13
5. TIRIAMIEJI IR METODAI	13
6. TYRIMO REZULTATAI	15
7. APTARIMAS	18
8. IŠVADOS.....	19
9. LITERATŪROS SĄRAŠAS	20
10. PRIEDAI.....	23

1. SANTRAUKA

Įvadas: Trauminiai galvos smegenų pažeidimai susilaukia vis daugiau dėmesio dėl didėjančio atvejų skaičiaus ir dažnai nepalankių gydymo išeičių. Kadangi dažniausiai tai sunki patologija, kuri neretai komplikuojasi ūminiu kvėpavimo nepakankamumu, tokiems ligoniams turi būti taikoma dirbtinė plaučių ventiliacija ir gydymas reanimacijos ir intensyvios terapijos skyriuje.

Darbo tikslas: Įvertinti trauminį galvos smegenų pažeidimą patyrusių pacientų populiacijoje taikomo adaptuotos palaikomosios ventiliacijos metodo saugumą ir atlikus literatūros apžvalgą, pateikti naujausių duomenų apibendrinimą apie dirbtinės plaučių ventiliacijos taikymo strategijas galvos smegenų traumą ir ūminį kvėpavimo nepakankamumą turinčių pacientų grupėje.

Darbo metodika ir tiriamieji: Atlikta nesisteminė literatūros apžvalga ir prospektyvinis stebėjimo tyrimas. Įtraukimo į tyrimą kriterijai: ≥ 18 metų amžiaus pacientai, patyrę trauminį galvos smegenų pažeidimą, neturintys gretutinės plaučių patologijos, ventiliuojami Hamilton S1 ventilatoriais, naudojant IntelliVent®-ASV metodiką ir IntelliSync+ įrankį, ne trumpiau kaip 48 valandas. Ventiliacijos duomenys buvo stebimi, realiu laiku registruojami ir išsaugomi kompiuterinėje duomenų bazėje naudojant Acrux DeepBreath programinę įrangą. Duomenų peržiūra, artefaktų pašalinimas, analizė ir rezultatų apskaičiavimas atlikti naudojant Microsoft Excel programą.

Rezultatai: Į tyrimą įtraukta 17 atrankos kriterijus atitikusių pacientų. Bendra visų pacientų ventiliacijos trukmė – 2091 val. 1 min. (individualių pacientų: nuo 48 val. 5 min. iki 289 val. 04 min.). Į analizę iš viso įtraukti ir išanalizuoti 2235006 kvėpavimo ciklai, pirmiau pašalinus 2,5 % ciklų, identifikuotų kaip artefaktai. 94,58 % visų pacientų (individualių pacientų: min. 83,15 % – max. 99,84 %) kvėpavimo ciklų atitiko saugios plaučių ventiliacijos kriterijus. Per pirmąsias 48 ventiliacijos valandas stebėti ventiliacijos parametrai buvo optimalūs.

Išvados: Iki šiol nėra tikslų, visuotinai priimtų, plaučius apsaugančios ventiliacijos taikymo rekomendacijų, galvos smegenų traumą ir ūminį kvėpavimo nepakankamumą turinčių, pacientų gydymui. Dėl sudėtingos smegenų ir plaučių sąveikos, paprastai tokie pacientai nėra įtraukiami į tyrimus, nagrinėjančius mechaninės ventiliacijos klausimus ir strategijas. Vis dėlto saugios plaučių ventiliacijos taikymas yra rekomenduojamas šiai pacientų grupei. Atlikus tyrimą pavyko nustatyti, kad IntelliVent®-ASV metodika šiems pacientams suteikia saugios plaučių ventiliacijos kriterijus atitinkančią ventiliaciją, individualizuotą priežiūrą ir sumažina dirbančiųjų reanimacijos ir intensyviosios terapijos skyriuje darbo krūvį.

Raktažodžiai: Trauminis galvos smegenų pažeidimas, ūminis kvėpavimo nepakankamumas, dirbtinė plaučių ventiliacija, plaučius apsauganti ventiliacija, Intellivent-ASV.

2. SUMMARY

Background: Traumatic brain injuries are receiving increasing attention due to the rising number of cases and often unfavorable treatment outcomes. Given the typically severe nature of this condition, which frequently complicates with acute respiratory failure, these patients require admission to an intensive care unit and treatment with mechanical ventilation.

Objectives: To evaluate the safety of adaptive support ventilation in the traumatic brain injury patient population and to summarize the most recent data on mechanical ventilation strategies for patients with traumatic brain injury and acute respiratory failure, following a literature review.

Methods: A non-systematic literature review and a prospective observational study were conducted. Inclusion criteria for the study: patients aged ≥ 18 years old, who had experienced traumatic brain injury, had no concurrent pulmonary pathology, were ventilated with Hamilton S1 ventilators, and utilized IntelliVent®-ASV mode and IntelliSync+ tool for a minimum duration of 48 hours. Ventilation parameters were continuously monitored, recorded in real-time, and stored in a computer database using Acrux DeepBreath software. Data review, artifact removal, data analysis, and result calculation were carried out using Microsoft Excel.

Results: The study included 17 patients who met the specified inclusion criteria. The total ventilation time for all patients was 2091 h 1 min (from 48 h 5 min to 289 h 04 min for individual patients). After removing 2.5% of the respiratory cycles identified as artifacts, a total of 2235006 respiratory cycles were included in analysis. 94.58% of all patients' respiratory cycles (ranging from a min of 83.15% to a max of 99.84% per patient) met the criteria for lung-protective ventilation. During the initial 48 hours of ventilation, the observed ventilation parameters were optimal.

Conclusions: Currently, there are no precise, universally accepted guidelines for the use of lung-protective ventilation in managing patients with traumatic brain injury and acute respiratory failure. Due to the complex interaction between the brain and the lungs, such patients are usually not included in studies examining mechanical ventilation concerns and strategies. Nevertheless, the use of lung-protective ventilation is recommended for this group of patients. This study concluded that the IntelliVent®-ASV mode offers patients with traumatic brain injury lung-protective ventilation and personalized care, while also reducing the workload for intensive care unit staff.

Keywords: Traumatic brain injury, acute respiratory failure, mechanical ventilation, lung-protective ventilation, Intellivent-ASV.

3. ĮVADAS

Dirbtinė plaučių ventilacija (DPV) – tai dažniausiai pasaulyje naudojamas gyvybės palaikymo metodas, kuris yra taikomas siekiant užtikrinti kraujo dujų apykaitą ir padėti kvėpavimo raumenims ventiliuoti plaučius įvairiose situacijose - nuo planinių chirurginių procedūrų iki ūmaus organų nepakankamumo (1,2). Šiuolaikiniai DPV aparatai leidžia rinktis iš didelės įvairovės ventilacijos metodų, tačiau svarbiau yra ne jų individualūs pranašumai, o tam tikro metodo išmanymas, gydytojo patirtis ir įgūdžiai pritaikyti pasirinkto metodo galimybes konkrečiam pacientui, reikiamu laiku, tam tikroje klinikinėje situacijoje. Ventilacijos metodai yra klasifikuojami į keturias grupes: 1 – tradiciniai, įprastiniai (tūrio arba slėgio kontroliuojama ventilacija), 2 – dvigubos kontrolės ventilacija, 3 – dviejų slėgio lygių ventilacija, 4 – savarankišką kvėpavimą optimizuojantys metodai (3). Mechaninės ventilacijos metodas turi būti parinktas atsižvelgiant į kvėpavimo nepakankamumo priežastį ir konkretaus paciento fiziologiją (4).

Pagrindinė mechaninės ventilacijos funkcija yra užtikrinti kvėpavimo palaikymą gydant pirminį susirgimą, kuris sukėlė kvėpavimo nepakankamumą (5). DPV suteikia papildomo laiko, kol vyksta gijimo procesai, atsistato sutrikusios kvėpavimo funkcijos (3). Situacijos, kuomet indikuotinas DPV taikymas yra: 1 – paciento, su sutrikusiu sąmonės lygiu, kvėpavimo takų apsauga (dėl tokių būklių, kaip galvos trauma, insultas, vaistų perdozavimas, anestezija), 2 – hiperkapninis kvėpavimo nepakankamumas (dėl kvėpavimo takų, krūtinės ląstos sienos ar kvėpavimo raumenų ligų), 3 – hipokseminis kvėpavimo nepakankamumas, 4 – kraujotakos nepakankamumas, kai sedacija ir dirbtinė ventilacija gali sumažinti deguonies sąnaudą kvėpuojant (1). Idealiu atveju DPV taikymas turėtų būti pradėtas laiku, ūminėje ligos fazėje ir taikomas kuo trumpesnę laiką, stengiantis išvengti su ja susijusių komplikacijų (6).

Nors mechaninė ventilacija dažnai gelbsti gyvybes, ji pasitelkiama didelės rizikos pacientų gydymo procese ir gali būti papildomos plaučių pažeidimo priežastis (1). DPV taikymo sukelta žala plaučiams vadinama – ventilatoriaus sukeltu plaučių pažeidimu (angl. *ventilator-induced lung injury / VILI*). Tai ūmus plaučių pažeidimas, kurį sukelia arba padidina dirbtinė ventilacija gydymo metu ir kuris gali reikšmingai nulemti pacientų sergamumą ir mirtingumą (7). Pagrindiniai ventilatoriaus sukulto plaučių pažeidimo mechanizmai yra šie: alveolių pertempimas dėl per didelio įpučiamo tūrio (volutrauma) arba slėgio (barotrauma), pasikartojantis alveolių sulipimas ir išsiplėtimas (atelektotrauma), uždegimo mediatorių išsiskyrimas (biotrauma) (6,7). Siekiant išvengti ventilatoriaus sukulto pernelyg didelio alveolių pertempimo ir plaučių pažeidimo – svarbiausia yra parinkti tinkamus ventilacijos nustatymus (7).

Mokslinėje literatūroje aprašomi ir naujesni VILI tipai. Nepalanki širdies ir plaučių sąveika gali sukelti su ventilatoriumi susijusį plaučių pažeidimą, ypač esant dideliame kvėpavimo

tūriui ir mažam teigiamam slėgiui iškvėpimo pabaigoje (angl. *positive end-expiratory pressure* / PEEP). Įkvėpimo metu dešiniojo skilvelio ertmę suspaudžia besiplečiantis plautis, dėl to plaučių kraujotaka labai pablogėja, o iškvėpimo metu kraujotaka smarkiai pagerėja. Dėl tokios cikliškos kaitos pažeidžiamas plaučių kapiliarų endotelis, padidėja kapiliarų pralaidumas, gali atsirasti plaučių edema (7,8). Taip pat aprašomas plaučių defliacijos sukeltas sužalojimas, susijęs su staigiu kvėpavimo takų slėgio sumažėjimu. Plaučių audinio pažeidimas gali įvykti dėl staiga sumažėjusio PEEP ir alveolių kolapso, po ilgalaikės ventiliacijos teigiamu slėgiu. Tai ypač svarbu, nes staigus atjungimas nuo dirbtinio kvėpavimo aparato gali įvykti gan dažnai kasdienėje praktikoje, atsiurbimo iš kvėpavimo takų ar ligonio transportavimo metu (7–9). Galiausiai, vis didesnę susirūpinimą kelia paciento ir ventiliatoriaus sąveika ir tarp jų atsirandančios asinchronijos, galinčios sukelti VILI ir padidinti pacientų mirtingumą (10–12). Prasta paciento ir ventiliatoriaus sąveika yra dažnas reiškinys mechaninės ventiliacijos metu ir tai yra susiję su ilgesniu gydymu intensyviosios terapijos skyriuje, diskomfortu, dusuliu, miego sutrikimais, kvėpavimo raumenų disfunkcija (12). Ši žalos pacientui rūšis dar yra vadinama – kvėpavimo pastangų sukeltu plaučių pažeidimu (savaiminiu plaučių pažeidimu – angl. *self-inflicted lung injury*) (7,8).

Suvokimas apie ventiliatoriaus sukeltą žalą leido nustatyti saugios plaučių ventiliacijos (angl. *lung-protective ventilation* / LPV) kriterijus ir pradėti juos taikyti intensyviosios terapijos skyriuose visame pasaulyje. Taikant LPV, nustatomi maži tūriai ir didesnis PEEP, esant poreikiui stengiamasi ligonį kuo anksčiau guldyti ant pilvo ir anksti svarstoma apie ekstrakorporinės membraninės oksigenacijos (ECMO) taikymą (13–15). Pakankama sedacija ir analgezija gali gerokai sumažinti dideles spontaninio kvėpavimo pastangas, o neuromuskulinė blokada visiškai jas panaikinti. Paciento – ventiliatoriaus asinchronijų atpažinimas ir tinkamas ventiliacijos režimo ir nustatymų parinkimas gali padėti išvengti su kvėpavimo pastangomis susijusį plaučių pažeidimą (8,16).

Šiais laikais pagrindinė priežastis, dėl kurios pacientai patenka į intensyviosios terapijos skyrių, yra DPV poreikis, o dažniausia priežastis pradėti dirbtinę plaučių ventiliaciją yra ūminis kvėpavimo funkcijos nepakankamumas (ŪKFN) (17). „Ūminis kvėpavimo funkcijų sutrikimas – tai būklė, kai paciento kvėpavimo sistema neužtikrina adekvačios, medžiagų apykaitos poreikius atitinkančios oksigenacijos ir ventiliacijos“ (3). Dėl šios būklės atsiranda gyvybei pavojingų rūgščių ir šarmų pusiausvyros sutrikimų (18). ŪKFN gali būti skirstomas į du tipus pagal dominuojantį pirminį kraujo dujų apykaitos sutrikimą. I tipo – hipokseminis arba plaučių nepakankamumas, kuriam būdinga hipoksemija ($\text{PaO}_2 < 60 \text{ mm Hg}$), sumažėjusi kraujo oksigenacija. II tipo – hiperkapninis arba ventiliacijos nepakankamumas, kuris atsiranda dėl alveolių ventiliacijos sumažėjimo, būdinga hiperkapnija ($\text{PaCO}_2 > 50 \text{ mm Hg}$) (3,18). Sunkių būklių pacientams dažnai pasireškia mišrus kvėpavimo funkcijos nepakankamumas – abiejų tipų

kvėpavimo nepakankamumai vienu metu. ŪKFN sukeliančios priežastys gali būti tiesiogiai ar netiesiogiai susijusios su pagrindine paciento liga, jos sukeltomis komplikacijomis, gretutinėmis ligomis, gali atsirasti dėl gydymo nulemtų nepageidaujamų reiškinių. Kritinių būklių pacientų kvėpavimo funkcijos paprastai sutrinka dėl daugiau nei vienos priežasties, kai kurios iš jų gali būti lėtinės, dauguma būna ekstrapulmoninės (3).

Reanimacijos ir intensyviosios terapijos skyriuje dažnai kvėpavimo nepakankamumas ir neurologiniai pažeidimai būna kartu (19). Dėl šios priežasties DPV yra gyvybę gelbstinti intervencija esant sunkiam ūminiam smegenų sužalojimui (20). Trauminis galvos smegenų pažeidimas (angl. *traumatic brain injury* / TBI) – tai išorinės mechaninės jėgos sukeltas, uždaras arba atviras, galvos smegenų sužalojimas, su sąmonės praradimu arba be jo, dėl kurio laikinai arba visam laikui sutrinka sveikata arba išrinka mirtis (21–23). Šis terminas nurodo įvairialypę, daugybę intrakranijinių patologijų apimančią, ligų grupę, į kurią įeina tokios būklės kaip smegenų sumušimas (kontūzija), epidurinis, subdurinis, subarachnoidinis kraujavimas, difuzinis aksoninis sužalojimas, smegenų edema ir kitos (23).

Galvos smegenų traumas sunkumas klasifikuojamos įvertinus pacientą pagal Glazgo komos skalės (GKS) surinktų balų skaičių: lengva trauma – 13-15 balų, vidutinio sunkumo 9-12 balų, sunki trauma - 8 ar mažiau GKS balų (23). Patologiškai galvos smegenų traumas skirstomas į pirminį ir antrinį sužalojimą. Pirminis pažeidimas atsiranda dėl tiesioginio trauminio kaukolės ar intrakranijinių struktūrų sužalojimo. Antrinis – dėl pirminio pažeidimo sukulto daugybės kompleksinių biocheminių ir ląstelinių procesų aktyvavimo, dėl kurių padidėja intrakranijinis slėgis (IKS / angl. *intracranial pressure* / ICP), suprastėja smegenų kraujotaka (angl. *cerebral bloodflow* / CBF), pasireiškia smegenų hipoksemija ir edema. Trauminių galvos smegenų pažeidimų gydymo tikslas yra antrinio smegenų sužalojimo prevencija (22).

Galvos smegenų traumas yra didelė visuomenės sveikatos problema, su kuria susiduria visų demografinių grupių atstovai. Vis daugiau dėmesio skiriama TBI dėl didėjančio atvejų skaičiaus ir sukiamų ilgalaikių padarinių (22). Tačiau dažniausiai pacientai, patyrę TBI nėra įtraukiami į didžiąją dalį tyrimų, kuriais remiantis sprendžiami ūminio kvėpavimo nepakankamumo valdymo ir DPV taikymo strategijų bei konkrečių ventilacijos tikslų klausimai. Todėl aukštos kokybės įrodymų, kuriais būtų galima vadovautis gydant šią populiaciją, yra nedaug. Dėl šios priežasties šiuo metu yra jaučiamas kryptingų mokslinių tyrimų, nagrinėjančių TBI pacientus, poreikis, siekiant pagerinti jų priežiūrą ir gydymą taikant įrodymais grįstą mediciną (19,24–26).

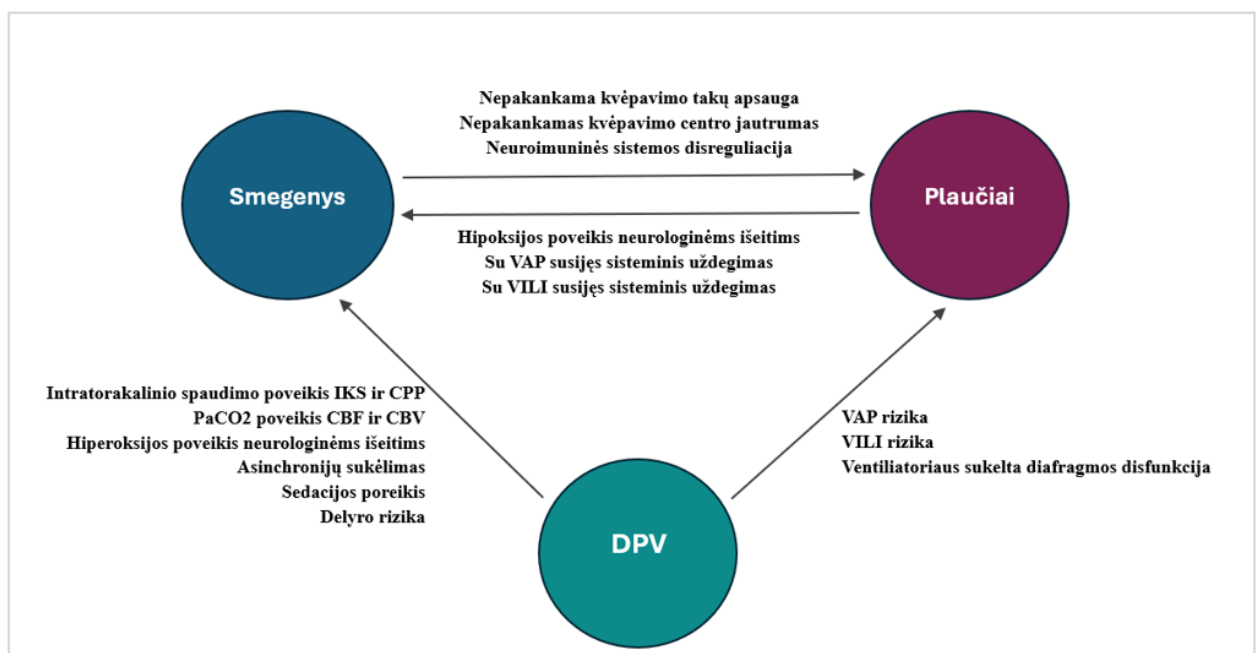
Šio darbo tikslas yra įvertinti galvos smegenų traumą patyrusių pacientų populiacijoje taikomo adaptuotos palaikomosios ventilacijos (automatinės uždaros kilpos ventilacijos / angl. *adaptive support ventilation* / ASV / IntelliVent®-ASV) metodo saugumą ir praplėsti žinias apie DPV metodų taikymą TBI ir gretutinį ŪKFN turinčių pacientų grupėje. Tikslui įgyvendinti

numatomi uždaviniai: 1 – atlikus literatūros apžvalgą, pateikti naujausius duomenis apie ŪKFN ir DPV ypatumus, DPV tikslus ir praktinį pritaikymą šioje pacientų grupėje. 2 – įvertinti pacientų, patyrusių TBI, mechaninės ventilacijos parametrus, taikant ASV metodą. 3 – apskaičiuoti saugios plaučių ventilacijos kriterijus atitikusių kvėpavimo ciklų procentą. Tyrimo hipotezė: adaptuotos palaikomosios ventilacijos metodas yra pakankamai saugus taikyti trauminius galvos smegenų pažeidimus patyrusių pacientų populiacijoje.

4. LITERATŪROS APŽVALGA

4.1 Smegenų ir plaučių sąveika

Smegenų ir plaučių patofiziologija siejasi sudėtingais tarpusavio ryšiais, apimančiais padidėjusį intrakranijinį spaudimą, neurouždegimines ir sisteminėmis uždegimines reakcijas, hormonų reguliacijos sutrikimus, katecholaminų antplūdžius ir kvėpavimo centro kontrolės disreguliaciją. Papildomi veiksniai, su kuriais dažnai susiduriama kritinių būklių situacijose – hipotenzija ir šokas, sedacija ir polifarmacija, karščiavimas ir delyras, gali turėti papildomos įtakos šioms sąveikoms (24). Dėl ūminio plaučių pažeidimo atsiradusi hipoksemija ir uždegimas gali pabloginti antrinį smegenų pažeidimą. Ir atvirkščiai, sunki galvos smegenų trauma gali sukelti antrinį plaučių pažeidimą dėl įvairių mechanizmų, tokių kaip sisteminis citokinų išsiskyrimas, neurogeninė plaučių edema, kvėpavimo takų apsauginių refleksų susilpnėjimas, aspiracija (24,27). Pacientus su TBI gydantys gydytojai turi užtikrinti, kad pasirinkta ventilacijos strategija sumažintų antrinio smegenų sužalojimo ir papildomo plaučių pažeidimo riziką. Tačiau įgyvendinti abu šiuos prioritetus tuo pat metu gali būti sudėtinga, nes norint pasiekti naudos vienam organui yra daroma žala kitam, ir atvirkščiai. Dėl šių prieštaravimų yra susiduriama su galvosūkiu stengiantis subalansuoti naudą ir riziką smegenimis ir plaučiams, kaip pavaizduota 1 paveiksle (28):



1 pav. Fiziologiniai ir patologiniai ryšiai tarp smegenų, plaučių ir dirbtinės plaučių ventilacijos (28).
DPV – dirbtinė plaučių ventilacija, VAP - su ventilacija susijusi pneumonija, VILI - ventilatoriaus sukeltas plaučių pažeidimas, IKS – intrakranijinis slėgis, CPP – smegenų perfuzijos slėgis (angl. *cerebral perfusion pressure*), PaCO₂ – parcialinis (dalinis) anglies dioksido slėgis arteriniame kraujyje, CBF – kraujo tėkmė smegenyse (angl. *cerebral blood flow*), CBV – kraujo tūris esantis smegenyse (angl. *cerebral blood volume*).

4.2 Ūminio kvėpavimo nepakankamumo ypatumai įvykus trauminiam galvos smegenų pažeidimams

Maždaug 20-25% pacientų, patyrusių galvos smegenų traumą, išsivysto ūminis plaučių pažeidimas. TBI gali sukelti kvėpavimo nepakankamumą per įvairius mechanizmus. Komos būsenos pacientams gali sutrikti kvėpavimo takų praeinamumas, nes išnyksta apsauginiai refleksai (ypač kosulio ir vėmimo), gali įvykti burnos ir kvėpavimo takų sekreto aspiracija, aspiracinė pneumonija. Pacientams, patyrusiems politraumą, plaučių funkcija gali sutrikti ir dėl plaučių sumušimo, pneumotorakso ar hemotorakso, atelektazės. Taip pat galima neurogeninė plaučių edema. Sunkią traumą patyrusiems pacientams gana dažnai pasireiškia ūmus respiracinio distreso sindromas (ŪRDS) ir refrakterinė hipoksemija. Kai TBI pasireiškia kartu su stuburo kaklinės dalies nugaros smegenų trauma, kvėpavimo nepakankamumas gali būti nepagydomas. Kartu su nugaros smegenų pažeidimu gali būti pažeisti viršutiniai motoriniai neuronai, kurie inervuoja diafragmą ir kitus kvėpavime dalyvaujančius raumenis. Simpatinės nervų sistemos aktyvacija taip pat gali turėti įtakos kvėpavimui – paprastai pasireiškia hiperpnėja. Tarpinių smegenų sužalojimas arba disfunkcija yra dažniausia centrinės neurogeninės hiperventiliacijos priežastis. Centrinė apnėja gali atsirasti dėl sunkaus generalizuoto smegenų sužalojimo, tačiau dažnai prie to reikšmingai prisideda sedacija ir opioidiniai analgetikai. Kvėpavimo funkcijų sutrikimas gali įvykti dėl tiesioginio pirminio smegenų sužalojimo arba dėl antrinių sužalojimų poveikio (smegenų edemos, infarkto ir kt.). Patyrus TBI, ūminio kvėpavimo nepakankamumo priežastis iš esmės nulemia kvėpavimo nepakankamumo eigą (3,29–31).

4.3 Indikacijos pradėti dirbtinę plaučių ventilaciją

Pacientus, patyrusius sunkų ūminį galvos smegenų sužalojimą, dažniausiai reikia intubuoti dėl kvėpavimo takų apsauginių refleksų praradimo, sutrikus sąmonės lygiui, dėl komos (GKS ≤ 8). Kartais kartu stebimos ir nepakankamos kvėpavimo pastangos, hipoksemija, hiperkapnija ar jų rizika, galvinių nervų disfunkcija. Kitos dažnai pasitaikančios indikacijos intubacijai yra traukulių ar epilepsinės būklės (status epilepticus) gydymas, aukšto intrakranijinio spaudimo valdymas ir galvos smegenų išvaržos grėsmė, siekiant palengvinti skubių neuroradiologinių tyrimų ar procedūrų atlikimą, arba itin didelis paciento sujaudinimas (24,26,28). Šiems pacientams, taip pat yra didelė antrinių plaučių komplikacijų, įskaitant aspiraciją, pneumoniją,

plaučių emboliją, plaučių edemą, taip pat dėl galimos politraumos – plaučių sumušimo, hemotorakso, pneumotorakso rizika (24). Kai kuriais atvejais, pacientams patyrus lengvą ar vidutinio sunkumo trauminį galvos smegenų sužalojimą, gali būti svarstomas neinvazinės ventilacijos (NIV) arba didelio deguonies srauto terapijos (angl. *high flow*) panaudojimas (28). Svarbu atidžiai monitoruoti oksigenacijos ir ventilacijos pokyčius ir jais vadovautis priimant sprendimus dėl intubacijos. (24,32). Optimali intubacijos strategija pacientams, patyrusiems TBI, priklauso nuo konkretaus paciento ypatumų (24).

4.4 Dirbtinės plaučių ventilacijos ypatumai įvykus trauminiam galvos smegenų pažeidimams

Šiuo metu dar trūksta įrodymų, kuriais remiantis būtų galima vadovautis taikant DPV patyrusiems trauminius galvos smegenų pažeidimus, ypač tiems pacientams, kuriems yra padidėjęs IKS ir išsivystęs ŪRDS (24,26). Iki šiol nenustatyta, ar yra optimalus ventilacijos metodas šiems pacientams, nes nebuvo atlikta tyrimų, kuriuose būtų tiesiogiai lyginami kontroliuojamos privalomos ventilacijos ir spontanių kvėpavimą stiprinantys metodai (24). Pacientams, patyrusiems vidutinio sunkumo ar sunkų trauminį galvos smegenų pažeidimą, ankstyvoje ligos fazėje paprastai prireikia kontroliuojamos privalomos ventilacijos dėl daugelio priežasčių. Pavyzdžiui, norint tiksliai reguliuoti PaO₂ ar PaCO₂, ar dėl giles sedacijos poreikio, ko pasekmė yra paciento negalėjimas inicijuoti pakankamo įkvėpimo trigerio, kurį užfiksuotų ventilatorius veikiantis pagalbinio režimu (28). Pacientams, patyrusiems sunkią galvos smegenų traumą, dėl sutrikusios kvėpavimo takų apsaugos, mechaninės ventilacijos poreikis gali išlikti nepaisant ūminio kvėpavimo nepakankamumo priežasties išgydymo. Tokiems pacientams spontaniškos ventilacijos režimai galėtų sumažinti asinchronijų išsivystymo riziką arba sumažinti asinchronijų dažnį, lyginat su kontroliuojamos ventilacijos režimais, be stiprios sedacijos poreikio (24).

4.4.1 Anglies dioksido ir deguonies tikslai arteriniame kraujyje

Naujausiose Europos intensyviosios terapijos draugijos (ESICM) gairėse stipriai rekomenduojama siekti paprastai standartinių, normalias fiziologines ribas atitinkančių, anglies dioksido tikslų – PaCO₂ 35-45 mmHg (1 lentelė) ir šiek tiek didesnio arterinio deguonies parcialinio slėgio – PaO₂ 80-120 mmHg (2 lentelė) (26). PaCO₂ yra pagrindinis smegenų kraujotakos reguliatorius, todėl tiek hiperkarbija, tiek hipokarbija yra susijusios su blogesnėmis klinikinėmis išėitimis (33). Hiperkarbija sukelia acidozę ir smegenų kraujagyslių išsiplėtimą, todėl gali padidėti IKS. Hipokarbija sukelia alkalozę ir smegenų kraujagyslių susiaurėjimą, kas gali sukelti smegenų išemiją (3,24,34). Terapinė hiperventiliacija gali būti naudojama kaip laikina

priemonė ūmiai padidėjusiam IKS sumažinti, tačiau paprastai manoma, kad ji veiksminga tik trumpą laiką (3,23,26,32). Priešingai, nedidelė hiperkapnija gali būti naudinga optimizuojant smegenų kraujotaką, kad ji atitiktų smegenų deguonies tiekimo poreikius (24). Tačiau staigus kvėpavimo tūrio sumažėjimas ir hiperkapnija gali sukelti smegenų hiperemiją, pabrinkimą (3).

ESICM gairėse rekomenduojama siekti didesnio nei įprasta PaO₂ intervalo, motyvuojant tuo, kad ūmiai sužalotos, hipermetabolinės smegenys gali būti labiau linkusios į hipoksemiją (26). Hipoksija pablogina smegenų traumas išėjus dėl antrinio smegenų pažeidimo, atsirandančio, kai per mažas deguonies kiekis patenka į sužalotas smegenis ir neatitinka smegenų medžiagų apykaitos poreikių (24,32). Parcialinio (dalinio) deguonies slėgio smegenų audinyje (angl. *partial pressure of brain tissue oxygen / PbtO₂*) monitoravimas taip pat gali būti naudojamas siekiant nustatyti deguonies tiekimą smegenims, patyrusioms sunkų trauminį pažeidimą. Hipoksija smegenų audinyje apibrėžiamas kaip PbtO₂ < 20 mmHg (28). Monitoruojant kraujo įsotinimą deguonimi, turėtų būti siekiama palaikyti SpO₂ ≥ 94 % (35).

1 lentelė. PaCO₂ tikslai esant ūminiams galvos smegenų pažeidimams (24,26).

Tikslinis PaCO ₂	
Problemos	Strategija
<p>PaCO₂ ir pH poveikis smegenų kraujagyslėms:</p> <ul style="list-style-type: none"> Hipokapnija → smegenų kraujagyslių susiaurėjimas → išemija Hiperkapnija → smegenų kraujagyslių išsiplėtimas → ↑ IKS 	<ul style="list-style-type: none"> Tikslinis PaCO₂ 35 – 45 mmHg Apsvarstyti mažinti PaCO₂ iki 32 – 35 mmHg, jeigu ↑ IKS Vengti ilgalaikės hiperventiliacijos Vengti didelių PaCO₂ svyravimų

PaCO₂ – parcialinis (dalinis) anglies dioksido slėgis arteriniame kraujyje, IKS – intrakranijinis slėgis.

2 lentelė. PaO₂ tikslai esant ūminiams galvos smegenų pažeidimams (24,26,28).

Tikslinis PaO ₂	
Problemos	Strategija
<ul style="list-style-type: none"> Hipoksemija → smegenų išemija Hiperoksija → laisvieji deguonies radikalai, citotoksinis poveikis 	<ul style="list-style-type: none"> Tikslinis PaO₂ 80 – 120 mmHg PbtO₂ monitoravimas – įvertinti indikacijas kiekvienu konkrečiu atveju, tikslas > 20 mmHg

PaO₂ – parcialinis (dalinis) deguonies slėgis arteriniame kraujyje, PbtO₂ – parcialinis (dalinis) deguonies slėgis smegenų audinyje.

4.4.2 Įkvėpimo tūris

ESICM gairės stipriai rekomenduojama ventiliaciją mažais tūriais galvos smegenų traumą patyrusiems pacientams, sergantiems ŪRDS ir neturintiems padidėjusio IKS, tačiau konkrečių rekomendacijų dėl pacientų, sergančių ŪRDS ir turinčių padidėjusį IKS, pateikti nepavyko (26). Šioje pacientų populiacijoje ventiliacijos mažais tūriais rizika ir nauda turi būti gerai įvertinta, ventiliacijos parametrai turi būti individualizuoti atsižvelgiant į oksigenaciją, plaučių paslankumą, neurologinį ir radiologinį ligonio ištyrimą, siekiant sumažinti IKS ir VILI tikimybę (15,28). Visais galvos smegenų traumos atvejais yra svarbu atidžiai stebėti PaCO₂, o didelės rizikos pacientams reiktų įvertinti invazinio IKS monitoravimo poreikį, siekiant nustatyti individualias PaCO₂ ribas ir pradėti taikyti IKS mažinantį gydymą (3 lentelė) (15).

3 lentelė. Įkvėpimo tūrio tikslai esant ūminiams galvos smegenų pažeidimams (15,24,26).

Įkvėpimo tūris	
Problemos	Strategija
<ul style="list-style-type: none">Leistina hiperkapnija dėl ventiliacijos mažais tūriais → ↑ IKSSedacija ir analgezija ventiliacijos mažais tūriais tolerancijai → ribotas neurologinis ištyrimas	<ul style="list-style-type: none">(+) ŪRDS → Vt 4-6 ml/kg IKM(-) ŪRDS → Vt 6-8 ml/kg IKMVengti hipoventiliacijos ir hiperkarbijosApsvarstyti IKS monitoravimą, jei kyla susirūpinimas dėl ↑ IKS↑ VAS pagal poreikį, kad būtų palaikomas normalus CPP

IKS – intrakranijinis slėgis, ŪRDS – ūminis respiracinio distreso sindromas, Vt – įkvėpimo tūris, CPP – smegenų perfuzijos slėgis (angl. *cerebral perfusion pressure*).

4.4.3 Teigiamas slėgis iškvėpimo pabaigoje

Optimalus teigiamo slėgio iškvėpimo pabaigoje (PEEP) titravimas gali paskatinti sulipusių alveolių atsivėrimą, padidinti oro talpą plaučiuose (angl. *lung recruitment*), pagerinti oksigenaciją, ventiliacijos ir perfuzijos santykį (V_A/Q) (3,24,36). Tačiau dėl per didelio PEEP, padidėjus intratorakaliniam ir dešiniojo prieširdžio slėgiams, gali sutrikti veninio kraujo nutekėjimas, o tai gali sukelti padidėjusį IKS. Didesnis PEEP taip pat gali sumažinti smegenų perfuzijos slėgį (angl. *cerebral perfusion pressure* / CPP) pacientams, kurių smegenų autoreguliacija sutrikusi, dėl poveikio prieškrūviui (3,15,28,37). Iki šiol dar yra nepakankamai duomenų, kad būtų galima tiksliai prognozuoti PEEP titravimo įtaką IKS ir neurologinėms pacientų išėjimams (24). Pacientams, patyrusiems sunkų ūminį galvos smegenų sužalojimą, PEEP titravimas turėtų būti apgalvotas ir atidžiai stebimas, ypatingą dėmesį skiriant VAS ir CPP palaikymui ir

siekimui išvengti alveolių hiperinfliacijos. Pacientams, kuriems yra didelė galvos smegenų išvaržos rizika, ypač PEEP esant > 12 cmH₂O, reikėtų apsvarstyti galimybę taikyti invazinius ir neinvazinius IKS ir smegenų perfuzijos stebėjimo metodus (4 lentelė) (24,28). Tyrimai rodo, kad PEEP iki 12 mmHg nesukelia žymaus IKS padidėjimo ir yra saugus pacientams su ūminiais galvos smegenų pažeidimais (25).

4 lentelė. PEEP tikslai esant ūminiams galvos smegenų pažeidimams (24,28).

PEEP	
Problemos	Strategija
<ul style="list-style-type: none"> • ↑ PEEP – gali apsunkinti jungo venų nutekėjimą ir ↑ IKS • ↑ PEEP – gali ↓ ŠMT ir ↓ VAS 	<ul style="list-style-type: none"> • Atsargiai apgalvotas PEEP titravimas - palaikyti bent 5 cmH₂O • Pakelti lovos galvūgalį > 30° kampu • Palaikyti VAS > 65 mmHg ir CPP > 60 - 70 mmHg • Vengti alveolių hiperinfliacijos • Įvertinti smegenų autoreguliaciją • Apsvarstyti neinvazinį/invazinį IKS monitoravimą, jei kyla susirūpinimas dėl ↑ IKS, ypač jei PEEP > 12 cmH₂O

PEEP – teigiamas slėgis iškvėpimo pabaigoje (angl. positive end-expiratory pressure), IKS – intrakranijinis slėgis, ŠMT – širdies minutinis tūris, VAS – vidutinis arterinis spaudimas, CPP – smegenų perfuzijos slėgis (angl. *cerebral perfusion pressure*).

4.4.4 Slėgio plato ir varomasis slėgis

Optimalus slėgio plato įpūtimo pauzės metu (P_{plato}) pacientams, patyrusiems sunkų galvos smegenų sužalojimą, vis dar nežinomas. Ypatingas dėmesys reguliuojant V_t arba PEEP, siekiant sumažinti P_{plato} , turėtų būti skiriamas galimai padidėjusio IKS rizikai. Kol nėra daugiau įrodymų, tikslinga vengti didesnio nei 30 cmH₂O P_{plato} , kad būtų sumažinta barotraumos ir VILI rizika (5 lentelė). Pacientams, kuriems kartu yra ŪRDS ir padidėjęs IKS, turėtų būti taikoma individuali strategija, laipsniškai koreguojant V_t ir PEEP, stebint IKS pokyčius ir prireikus gydant padidėjusį IKS. Taip pat svarbu atpažinti ir šalinti kitas galimas P_{plato} padidėjimo priežastis, nesusijusias su V_t , tokias kaip alveolių hiperinfliacija, plaučių edema, pneumotoraksas ar endotrachėjinio vamzdelio padėties pokyčiai (24).

Varomasis slėgis (angl. *driving pressure* / ΔP), apskaičiuojamas iš P_{plato} atėmus PEEP. Tai kintamasis, nuo kurio labiausiai priklauso pacientų mirtingumas. Nuo V_t , P_{plato} ir PEEP atskirai mirtingumas nepriklauso, jų poveikis svarbus tik tada, kai jie daro įtaką ΔP (38). Tiriant pacientus su galvos smegenų pažeidimais buvo įrodyta, kad didesnis ΔP buvo susijęs su didesne ŪRDS

išsivystymo rizika, o su V_t ir PEEP šis ryšys nebuvo nustatytas (39). ΔP galima reguliuoti palaipsniui mažinant V_t ir titruojant PEEP, kad būtų optimizuotas alveolių atvėrimas, tuo pačiu metu atsižvelgiant į šių parametrų poveikį IKS (24). Ribinė ΔP vertė, nuo kurios didėja mirtingumas ŪRDS sergantiems pacientams, yra maždaug 15 cmH₂O (5 lentelė) (38).

5 lentelė. Slėgio plato ir varomojo slėgio tikslai esant ūminiams galvos smegenų pažeidimams (24,38).

Slėgio plato ir varomasis slėgis	
Problemos	Strategija
<ul style="list-style-type: none"> Vt ir PEEP titravimas siekiant optimizuoti P_{plato} arba ΔP gali → ↑ PaCO₂ → ↑ IKS 	<ul style="list-style-type: none"> (+) ŪRDS: tikslinis $P_{\text{plato}} < 30$ cmH₂O* (+) ŪRDS: tikslinis $\Delta P < 15$ cmH₂O*

V_t – įkvėpimo tūris, PEEP – teigiamas slėgis iškvėpimo pabaigoje (angl. positive end-expiratory pressure), P_{plato} – slėgio plato įpūtimo pauzės metu, ΔP – varomasis slėgis (angl. driving pressure), PaCO₂ – parcialinis (dalinis) anglies dioksido slėgis arteriniame kraujyje, IKS – intrakranijinis slėgis, ŪRDS – ūminis respiracinio distreso sindromas, * – Ribinės vertės paremtos tyrimais su ŪRDS populiacijomis, kol kas nepatvirtintos tyrimais su pacientais, patyrusiais trauminius galvos smegenų pažeidimus.

4.5 Asinchronijos

Asinchronijos atsiranda, kai yra nesutapimų tarp paciento ir ventiliatoriuje nustatytų įkvėpimo ir iškvėpimo laikų. Kvėpavimo pastangos ir ritmas yra valdomi per smegenų kamieną su smegenų žievės įtaka, todėl pacientams, patyrusiems sunkų galvos smegenų sužalojimą, padidėja asinchronijų rizika. Traumą patyrusio paciento sujaudinimas ir diskomfortas taip pat gali sukelti asinchronijas. Ventiliatoriaus ir paciento kvėpavimo ciklą neatitikimas gali sąlygoti neadekvačią oksigenaciją ir ventiliaciją, pasunkėjusį kvėpavimo darbą, padidintą sujaudinimą ir paciento diskomfortą. Dėl šių priežasčių didėja sedacijos poreikis, dėl ko gali pailgėti mechaninės ventiliacijos trukmė. Asinchronijos taip pat gali apsunkinti veninio kraujo nutekėjimą dėl padidėjusio intratorakalinio spaudimo, todėl gali padidėti IKS, sumažėti CPP ir smegenų audinio oksigenacija. Esant kliniškai sunkiems ir reikšmingiems asinchronijų atvejams galima taikyti neuromuskulinę blokadą, kad būtų veiksmingai pašalintos bet kokios paciento inicijuotos pastangos. Tačiau tai apriboja gydytojų galimybes stebėti paciento neurologinę būklę (24,40).

4.6 Plaučius apsaugančios ventiliacijos taikymas pacientams patyrusiems trauminius galvos smegenų pažeidimus

Daugeliui į intensyviosios terapijos skyrių patekusių pacientų dėl smegenų traumos ir ūminio kvėpavimo nepakankamumo reikia taikyti DPV, todėl jiems iškyla VILI atsiradimo grėsmė

(19). Pacientams, sergantiems ŪRDS yra naudinga taikyti plaučius apsaugančios ventiliacijos (angl. *lung protective ventilation* / LPV) strategijas – naudoti mažus įkvėpimo tūrius, taikyti didelį PEEP, toleruoti hiperkapniją ir mažesnę PaO₂. Tačiau šios gydymo taktikos dažnai gali būti kenksmingos TBI atvejais dėl smegenų hipoksijos ir IKS padidėjimo rizikos. Nors LPV nėra kontraindikuotina šiems pacientams, yra būtina skirti ypatingą dėmesį tam, kad tai nesutrukdytų neurologiniam pacientų atsistatymui. Nepaisant patikimų įrodymų trūkumo, naujausios gairės ir ekspertų rekomendacijos siūlo apsvaistyti LPV taikymą TBI pacientams (25,41). 2023 metais publikuotos sisteminės apžvalga ir metaanalizės autoriai nustatė, kad LPV strategija su mažu Vt ir vidutiniu arba dideliu PEEP nedaro įtakos pacientų su ūmiais galvos smegenų sužalojimais išėjimams, tačiau pagerina oksigenaciją. Dauguma tyrime dalyvavusių pacientų patyrė TBI arba hemoraginį insultą, tačiau tiriamos populiacijos buvo pakankamai homogeniškos, todėl net jei smegenų pažeidimo mechanizmas ir skyresis, mechaninės ventiliacijos poveikis visiems smegenų traumą patyrusiems pacientams išlieka toks pat (41).

4.7 Atpratimas nuo ventiliatoriaus ir ekstubacija

Sunkią smegenų traumą patyrusių pacientų atpratimas nuo DPV dažnai yra sudėtinga užduotis. TBI pacientai gali atitikti kardiorespiracinius ekstubacijos kriterijus, įskaitant sėkmingą spontaninio kvėpavimo bandymų (angl. *spontaneous breathing trials* / SBT) užbaigimą, tačiau su sąmonės lygiu, kvėpavimo takų apsauginiais refleksais ir neurologine eiga susijusios problemos gali atitolinti ekstubaciją (20,29). Todėl nestebina tai, kad nesėkmingos ekstubacijos atvejų skaičius yra didelis. Tai yra didelė problema, nes nesėkminga ekstubacija yra susijusi su nepalankiomis klinikinėmis išėjimais. Kai abejojama dėl ekstubacijos saugumo, kai kuriais atvejais yra teikiama pirmenybė tracheostomijai, tačiau nėra įrodymų, kad ši praktika lemia geresnes pacientų išėjimus. Esamų tyrimų duomenų nepakanka, kad būtų galima patikimai prognozuoti ekstubacijos rezultatus po TBI, o įvairiuose traumų centruose taikomos praktikos labai skiriasi (29).

5. TIRIAMIEJI IR METODAI

Šis prospektyvinis stebėjimo tyrimas buvo atliktas Respublikinės Vilniaus universitetinės ligoninės (RVUL) reanimacijos ir intensyviosios terapijos skyriuje (RITS). Pacientai į tyrimą buvo įtraukti pagal šiuos atrankos kriterijus: ne jaunesni kaip 18 metų, į reanimacijos ir intensyviosios terapijos skyrių patekę dėl trauminio galvos smegenų pažeidimo, be gretutinės plaučių patologijos, ventiliuojami ne trumpiau kaip 48 valandas, ventiliacijai prijungti prie Hamilton S1 ventiliatorių, panaudota IntelliVent®-ASV metodika (automatinis minutinio tūrio, PEEP ir FiO₂ reguliavimas) ir IntelliSync+ įrankis (pagerina įkvėpimo ir iškvėpimo sinchronizaciją

tarpo ventiliatoriaus ir paciento). Nuasmeninti ventiliacijos rodiklių duomenys buvo rinkti nuo 2021 m. gruodžio mėn. iki 2023 m. gegužės mėn. Duomenų nagrinėjimo metodikos išsigryninimas ir duomenų analizė pradėta 2022 m. rudenį, berenkant pacientų imtį. Tyrimo protokolas patvirtintas Vilniaus regioninio biomedicininų tyrimų etikos komiteto.

Kadangi, išskyrus darbo vadovą, skyriuje dirbantys gydytojai nežinojo apie atrankos kriterijus ir aktyviai nedalyvavo tyrimo vykdyme, įtraukiant į tyrimą pacientus pavyko išvengti šališkumo. Pacientams skirtingų tipų ventiliatoriai, ventiliacijos metodai ir gydymas buvo parinkti pagal individualius gydytojų sprendimus ir tuo metu esančių laisvų ventiliatorių prieinamumą. Tai leidžia tikėti, kad tyrimų rezultatams nedarė įtakos tyrimo vykdymo faktas, o atrinktų pacientų imtis kiek įmanomą atitinka įprastomis sąlygomis gydomus ligonius. Šios aplinkybės didina rezultatų patikimumą, tačiau greičiausiai sumažino tyrimo imtį.

Duomenys apie pacientų ventiliacijos parametrus rinkti naudojant informatikų komandos sukurtą programinę įrangą - Acrux DeepBreath. Tai programa, prie kurios kompiuteriu, planšete ar išmaniuoju telefonu galėjo prisijungti pacientus gydantys gydytojai ir realiu laiku stebėti kiekvieną paciento įkvėpimą ir iškvėpimą bei nuolat kintančius jų ventiliacijos rodiklius. Kompiuterinėje duomenų bazėje buvo automatiškai registruoti ir išsaugoti visi šie duomenys, kuriuos vėliau buvo galima panaudoti tyrimui. Prieš atliekant analizę, ventiliacijos duomenų failai buvo peržiūrėti ir išfiltruoti pagal kriterijus (6 lentelė) skirtus atpažinti nenormaliems įkvėpimams ir artefaktams, kurie atsiranda dėl įvairių terapinių ir slaugos intervencijų, tokių kaip ligonių vartymas, prausimas, patalynės keitimas, sekreto iš kvėpavimo takų atsiurbimas, rentgeno nuotraukų atlikimas. Šiuos kriterijus atitikę kvėpavimo ciklai buvo pašalinti prieš atliekant skaičiavimus, siekiant tikslesnių tyrimo rezultatų.

6 lentelė. Kriterijai nenormaliems įkvėpimams ir artefaktams atpažinti.

Ventiliacijos rodikliai	Pet CO ₂ (cmH ₂ O)	P max (cm H ₂ O)	PEEP / CPAP (cmH ₂ O)	P min (cmH ₂ O)	Insp flow (l/min)	Exp flow (l/min)	Exp volume (ml)	Leak (%)	VT / IBW (ml/kg)	Automatic Recruitment Maneuver	Upper / Lower PEEP limit
Reikšmės, nurodančios nenormalų įkvėpimą ar artefaktą	≤ 20	≤ 5.0	≤ 2.0	Negative or 0	≥ 60, ≤ 20	≥ 100, ≤ 10	≥ 1500, ≤ 100	≥ 50	≥ 20.0, ≤ 3.0	2	Any value

PetCO₂ – parcialinis (dalinis) anglies dioksido slėgis iškvėpimo pabaigoje (angl. *partial pressure of end-tidal CO₂*), Pmax – maksimalus ventiliacijos slėgis, PEEP / CPAP – teigiamas slėgis iškvėpimo pabaigoje (angl. *positive end-expiratory pressure*), / nenutrūkstama teigiamo kvėpavimo takų slėgio ventiliacija (angl. *continuous positive airway pressure*), P min – minimalus ventiliacijos slėgis, Insp flow – įkvėpimo srautas, Exp flow – iškvėpimo srautas, Exp volume – iškvėpimo tūris, Leak – nuotėkis, VT/IBW – įkvėpimo tūris idealiai kūno masei, Automatic Recruitment Maneuver – automatiniis plaučių atvėrimo manevras, Upper / Lower PEEP limit – viršutinis / apatinis PEEP limitas.

Duomenų failai buvo išsaugoti ir rezultatų apskaičiavimai atlikti Microsoft Excel programoje. Buvo suskaičiuota kiekvieno paciento atskirai ir visų bendra ventiliacijos trukmė, kvėpavimo ciklų skaičius saugios plaučių ventiliacijos procentas pagal apibrėžtus kriterijus (7 lentelė):

7 lentelė. Saugios plaučių ventiliacijos kriterijai naudoti tyrime.

Ventiliacijos rodikliai	P max (cmH ₂ O)	P insp (cmH ₂ O)	VT/IBW (ml/kg)	PetCO ₂ (cmH ₂ O)	RR
Reikšmės	≤ 30	≤ 15	≤ 12	≤ 45	≤ 20

P max – maksimalus ventiliacijos slėgis, P insp – įkvėpimo slėgis (angl. *inspiratory pressure*), VT/IBW – įkvėpimo tūris idealiai kūno masei, PetCO₂ – parcialinis (dalinis) anglies dioksido slėgis iškvėpimo pabaigoje (angl. *partial pressure of end-tidal CO₂*), RR – kvėpavimo dažnis (angl. *respiratory rate*).

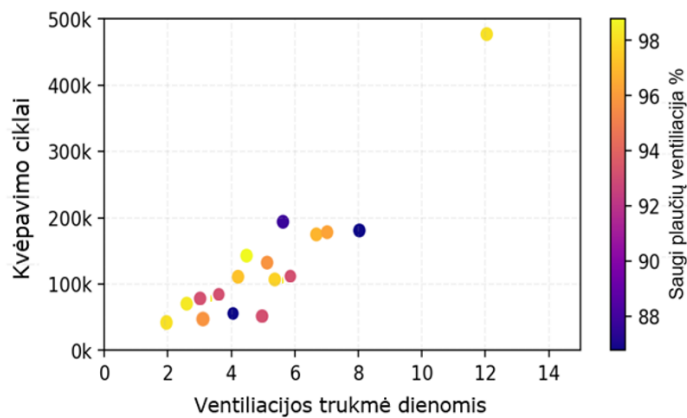
Tuomet visų pacientų duomenų failai buvo sutrumpinti, paliekant tik 48 pirmas ventiliacijos valandas, norint užtikrinti, kad ventiliacijos parametrus būtų galima tiksliai palyginti tarp skirtingų pacientų. Iš daugiau nei 100 programinės įrangos užfiksuotų ir duomenų bazėje išsaugotų rodiklių buvo atlikta tų ventiliacijos parametrų atranka, kurie bus lyginami tarpusavyje. Galiausiai, kiekvienam pacientui buvo paskaičiuotos pirmų 48 ventiliacijos valandų, kiekvienos valandos atskirai, atrinktų parametrų reikšmių medianos. Tada paskaičiuotos visų pacientų bendrai 48 valandų medianos ir kvartiliai kas valandą.

6. TYRIMO REZULTATAI

Į tyrimą iš viso įtraukta 17 pacientų, kurie patyrė trauminius galvos smegenų pažeidimus ir atsitiktiniu būdu atitiko įtraukimo į tyrimą atrankos kriterijus. 8 lentelėje pavaizduota bendra tyrimo statistika – žalioje eilutėje bendra visų 17 pacientų informacija, o apatinėje eilutėje minimalūs ir maksimalūs individualių pacientų duomenys, išskyrus oranžinį ir geltoną langelius, kuriuose nurodytas kvėpavimo ciklų skaičius prieš ir po pašalinimą ciklų, atsiradusių dėl nenormalių įkvėpimų ar artefaktų.

8 lentelė. Bendra tyrimo statistika.

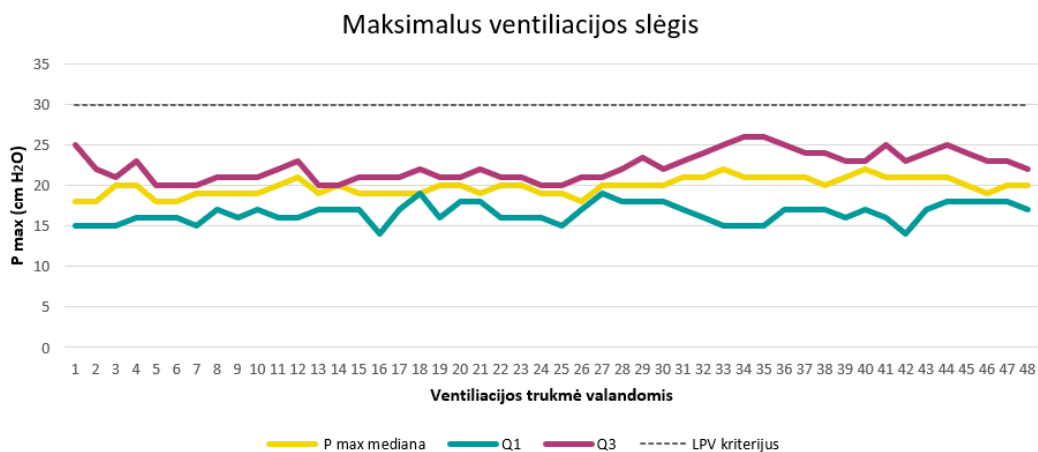
Bendra ventiliacijos trukmė		Išanalizuoti kvėpavimo ciklai		Pašalinti kvėpavimo ciklai		Saugi plaučių ventiliacija	
2091 val. 1 min.		2235006		2.5%		94.58%	
min. 48 val. 5 min.	max. 289 val. 4 min.	min. 28514	max. 477079	Pradžioje buvo 2292322	Pašalinus artefaktus 2235006	min. 83.15%	max. 99.84%



2 paveiksle pateikta kiekvieno paciento atskirai, ventiliacijos dienų skaičius ir atitinkamai išanalizuotų kvėpavimo ciklų skaičius. Skirtingos taškelių spalvos rodo, kiek procentų paciento kvėpavimo ciklų atitiko saugios plaučių ventiliacijos kriterijus.

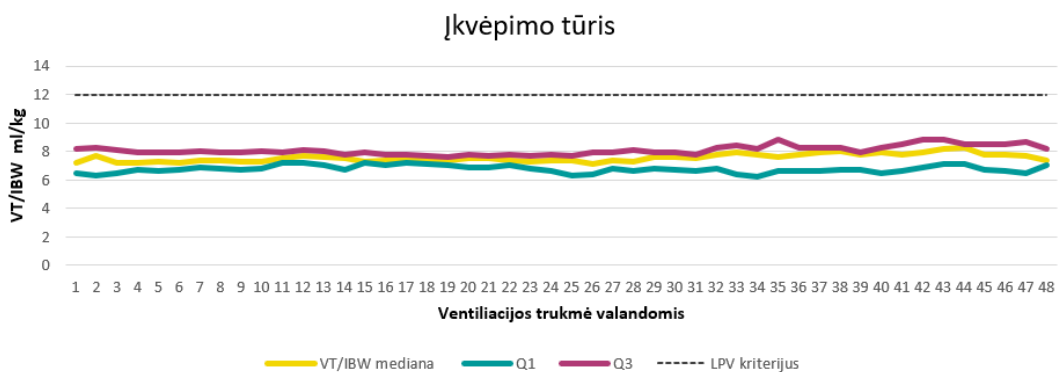
2 pav. Individualūs pacientų duomenys.

3-7 paveikslai vaizduoja keletą išanalizuotų ventiliacijos rodiklių, kurie buvo vertinami visiems pacientams kas valandą, per pirmąsias 48 ventiliacijos valandas. Saugios plaučių ventiliacijos kriterijai nurodyti punktyrinėmis linijomis. Geltonos linijos rodo visų pacientų ventiliatoriaus parametrų medianas, žalios – pirmą kvartilį, o raudonos – trečią kvartilį. Paveiksluose matoma, kad visų pacientų ventiliacijos rodiklių medianos beveik visada atitinka saugios plaučių ventiliacijos kriterijų ribas – yra žemiau punktyrinės linijos.



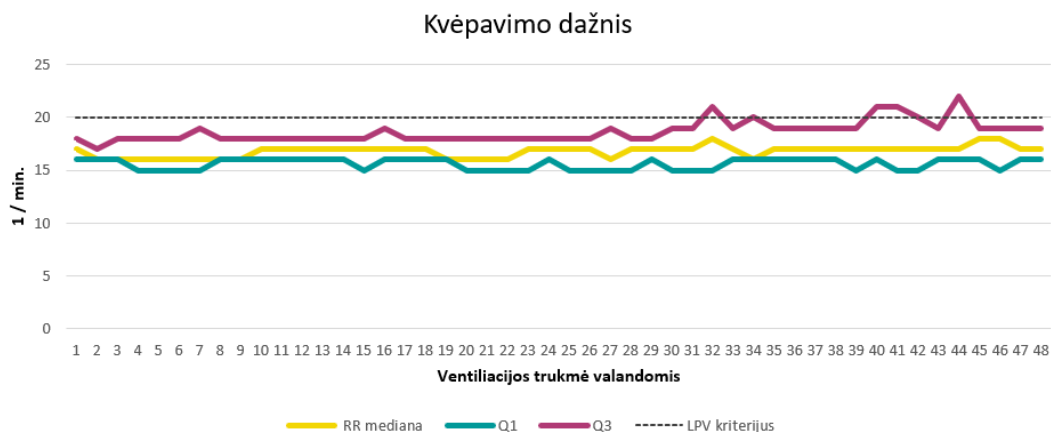
3 pav. Visų pacientų P max rodikliai kas valandą.

P max – maksimalus ventiliacijos slėgis, Q1 – pirmas kvartilis, Q3 – trečias kvartilis, LPV – saugi plaučių ventiliacija.

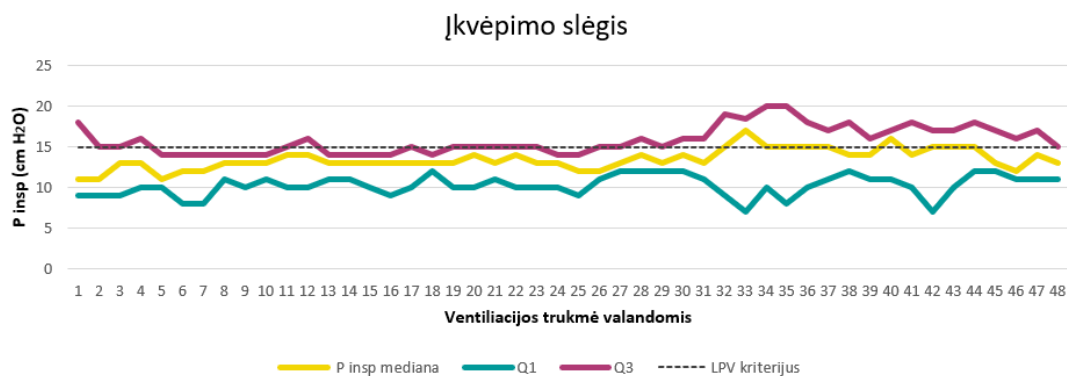


4 pav. Visų pacientų VT/IBW rodikliai kas valandą.

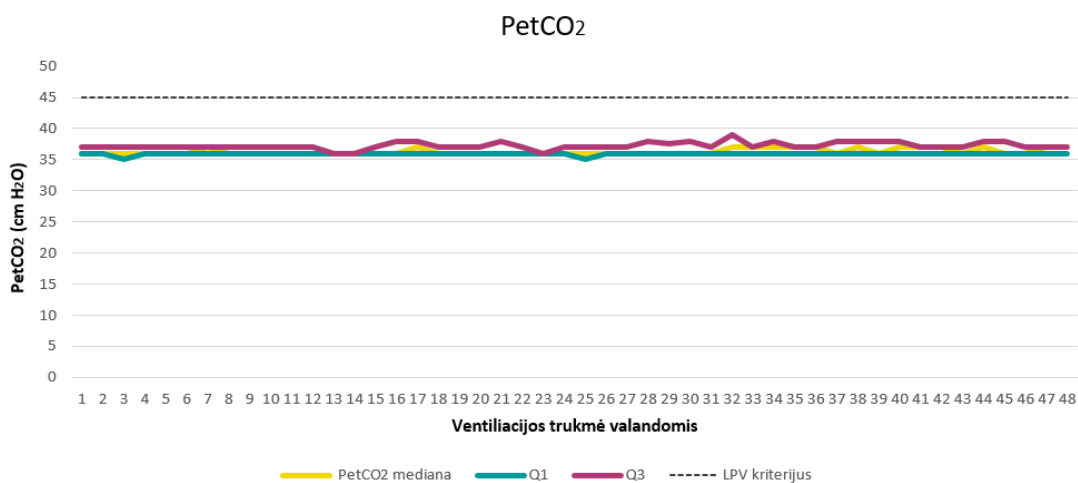
VT/IBW – įkvėpimo tūris idealiai kūno masei, Q1 – pirmas kvartilis, Q3 – trečias kvartilis, LPV – saugi plaučių ventiliacija.



5 pav. Visų pacientų kvėpavimo dažnio rodikliai kas valandą.
 RR – kvėpavimo dažnis (angl. *respiratory rate*), Q1 – pirmas kvartilis, Q3 – trečias kvartilis, LPV – saugi plaučių ventiliacija.



6 pav. Visų pacientų P insp rodikliai kas valandą.
 P insp – įkvėpimo slėgis (angl. *inspiratory pressure*), Q1 – pirmas kvartilis, Q3 – trečias kvartilis, LPV – saugi plaučių ventiliacija.



7 pav. Visų pacientų PetCO₂ rodikliai kas valandą.
 PetCO₂ – parcialinis (dalinis) anglies dioksido slėgis iškvėpimo pabaigoje (angl. *partial pressure of end-tidal CO₂*), Q1 – pirmas kvartilis, Q3 – trečias kvartilis, LPV – saugi plaučių ventiliacija.

7. APTARIMAS

„IntelliVent®-ASV“ yra automatinė uždaro kilpos mechaninės ventiliacijos metodika, kuri palyginus su kitais tradiciniais režimais šiuo metu yra laikoma pažangiausia. Ši metodika yra visiškai automatizuota ir gali žymiai sumažinti ventiliacijos aparatų rankinio reguliavimo poreikį, kas smarkiai sumažina užduočių, kurias turi atlikti gydytojas, skaičių. Ji gali automatiškai nustatyti ir pagal paciento aktyvumą ir fiziologinius signalus pritaikyti beveik visus ventilatoriaus nustatymus. Šis naujas režimas turi daug kompleksiškus tikslus, tokių kaip nuolatinis prisitaikymas prie nuolat kintančios plaučių ir pacientų būklės bei VILI prevencija (42–45). Ankstesni tyrimai patvirtino, kad uždaro kilpos mechaninė ventiliacija suteikia pacientams, kenčiantiems nuo įvairių patologijų, saugios plaučių ventiliacijos ribas atitinkančius ventiliacijos parametrus. (44–47).

Palyginus su tradiciniais mechaninės plaučių ventiliacijos režimais, dauguma tyrimų nustatė, kad automatinė uždaro kilpos ventiliacija garantuoja aukštesnę arba bent jau tokį patį plaučių apsaugos laipsnį ir yra ne mažiau efektyvi parenkant teisingus ventilatoriaus nustatymus nei intensyviosios terapijos skyriaus gydytojais (44–47). Viename tyrime (47), kuriame buvo įtraukti pacientai su įvairiomis patologijomis (ŪRDS, pooperacinės būklės, pneumonija, galvos smegenų pažeidimai, sepsis, politrauma ir kitos), nustatyta, kad IntelliVent®-ASV metodika užtikrina efektyvesnę V_t ir SpO_2 reguliavimą nei įprastinė ventiliacija. Be to, per 48 pirmas ventiliacijos valandas pacientams, ventiliuojamiems naudojant uždaro kilpos metodiką, reikšmingai pagerėjo PaO_2/FiO_2 santykis. Reguluojant kvėpavimo dažnį ir $PetCO_2$, ventiliacijos efektyvumas buvo toks pat taikant abu ventiliacijos metodus. Tačiau buvo nustatyta, kad P_{max} dažniau buvo neoptimalus ($> 30 \text{ cmH}_2\text{O}$) taikant uždaro kilpos ventiliaciją nei taikant įprastinę ventiliaciją. Atliekant mūsų tyrimą, per pirmas 48 ventiliacijos valandas P_{max} rodiklis buvo optimalus ($< 30 \text{ cmH}_2\text{O}$). Kitas tyrimas (44), lyginantis šiuos du ventiliacijos metodus ir atliktas COVID-19 pandemijos metu, nustatė, kad uždaro kilpos metodika yra susijusi su aukštesniu plaučius apsaugančios ventiliacijos laipsniu ir trumpesniu hipoksemijos laiku, lyginant su įprastine mechanine ventiliacija. Taip pat buvo pabrėžta šių rezultatų svarba pandemijos laikotarpiu, nes didelis išteklių ir personalo trūkumas apsunkino saugios plaučių ventiliacijos taikymo galimybes, naudojant tradicinius ventiliacijos metodus. Prieš tai minėtas tyrimas (47) taip pat patvirtino, kad IntelliVent®-ASV nuosekliai sumažino sveikatos priežiūros komandos darbo krūvį ir pagerino pacientų oksigenaciją. Be to, patyrusių gydytojų skaičius gali būti ribotas ne tik naujų pandemijų metu, bet ir mažesnėse, miestelių ligoninėse. Uždaro kilpos metodika yra viena iš priemonių, leidžiančių sumažinti šias problemas (42).

Kalbant apie galvos smegenų traumas, IntelliVent®-ASV metodika yra ypač veiksminga gydant pacientus patyrusius TBI, nes šiai pacientų populiacijai griežtas ir tikslus $PaCO_2$

ir PaO₂ verčių titravimas yra labai svarbus siekiant optimizuoti intracerebrinę fiziologiją (35,45). Klinikinėje praktikoje intensyviosios terapijos skyriuje tai pasiekti gana sudėtinga, nes užima daug laiko. Uždaros kilpos metodika, automatiškai koreguodama ventiliatoriaus nustatymus, gali padėti pasiekti greitą ir tikslią šių rodiklių titraciją, nesukeldama papildomo darbo skyriaus personalui (45).

Kol kas dar nėra atlikta pakankamai panašių tyrimų su pacientais patyrusiais TBI ir ventiliuojamais IntelliVent®-ASV metodika, su kuriais būtų galima palyginti šio tyrimo rezultatus. Kol kas galima lyginti uždaros kilpos metodikos panaudojimą tarp TBI ir kitas patologijas turinčių pacientų grupių. Tačiau tikėtina, kad ši sritis greitai metu sulauks daugiau dėmesio, dėl nuolat didėjančio TBI atvejų skaičiaus (22) ir dirbtinio intelekto pažangos (48). Tobulėjančios technologijos leido dirbtiniam intelektui išeiti iš eksperimentinės srities ir integruotis į realią klinikinę aplinką. Tobulinant kritinių neurologinių pacientų priežiūrą vis labiau bus integruojami įvairūs inovatyvūs metodai, todėl gydytojams bus suteikta daugiau priemonių, kuriomis jie galės padėti pacientams sveikti. Nors už paciento priežiūrą galiausiai turi būti atsakingas gydytojas, naujausios technologijos gerokai sumažins gydytojo darbo krūvį, sveikatos priežiūros išlaidas, gydymo klaidų riziką ar gydymo atitolinimą dėl laiko trūkumo (48).

8. IŠVADOS

Trauminiai galvos smegenų pažeidimai yra viena pagrindinių didelio neįgalumo ir mirtingumo priežasčių visame pasaulyje (23), tačiau kol kas dar yra atlikta nepakankamai tyrimų, kuriais vadovaujantis būtų galima tiksliai suformuluoti geriausią ventiliacijos taikymo strategiją šiai populiacijai. Pacientų, su traumine galvos smegenų sužalojimu ir su tuo asocijuotu ūminiu kvėpavimo nepakankamumu, ventiliacija kelia iššūkių, nes dirbtinės plaučių ventiliacijos prioritetams susiję su plaučiais gali prieštarauti prioritetams, susijusiems su smegenimis, todėl reikia atidžiai stebėti, kad ventiliacijos taktika nesukeltų reikšmingų papildomų smegenų ir plaučių pažeidimų (28). Nors ir trūksta patikimų įrodymų, šiuo metu yra rekomenduojama galvos smegenų traumą patyrusiems pacientams taikyti saugios plaučių ventiliacijos principus (25,41). Kadangi tokia taktika gali būti pavojingesnė šiai pacientų grupei negu bendrai populiacijai, ypatingas dėmesys turėtų būti skiriamas dalinio anglies dioksido slėgio pokyčiams arteriniame kraujyje, intrakranijinio spaudimo monitoravimui ir smegenų hemodinamikos rodiklių stebėsenai.

Šis darbas patvirtino, kad automatinė uždaros kilpos ventiliacijos metodika (IntelliVent®-ASV ir IntelliSync+ įrankis) palaikė optimalius dujų apykaitos ir ventiliacijos rodiklius per pirmas 48 ventiliacijos valandas. Kas valandą stebėtų parametrų reikšmių medianos ir 94.58% bendrai visų pacientų kvėpavimo ciklą atitiko saugios plaučių ventiliacijos kriterijus. Tai įrodo šios metodikos taikymo saugumą galvos smegenų traumą patyrusių pacientų populiacijoje.

Šis ventiliacijos metodas yra ypatingai naudingas, nes suteikia individualizuotą pacientų priežiūrą, pritaikydamas ventiliatoriaus nustatymus prie nuolat kintančios pacientų būklės ir tuo pačiu sumažindamas gydytojų darbo krūvį. Tokios IntelliVent®-ASV savybės galėtų būti nepakeičiamos ypatingai užimtuose reanimacijos ir intensyviosios terapijos skyriuose, mažesnėse ligoninėse, kur jaučiamas gydytojų ar patirties trūkumas, arba dar kartą ištikus pandemijai.

9. LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Pham T, Brochard LJ, Slutsky AS. Mechanical Ventilation: State of the Art. *Mayo Clin Proc.* 2017 Sep;92(9):1382–400.
2. Silva PL, Ball L, Rocco PRM, Pelosi P. Physiological and Pathophysiological Consequences of Mechanical Ventilation. *Semin Respir Crit Care Med.* 2022 Jun;43(3):321–34.
3. Vosylius S. Ūminis kvėpavimo nepakankamumas ir dirbtinė plaučių ventiliacija. Vilnius: Vaistų žinios; 2012. 228 p.
4. Szafran JC, Patel BK. Invasive Mechanical Ventilation. *Crit Care Clin.* 2024 Apr;40(2):255–73.
5. Lentz S, Atchinson PR, Roginski MA. Mechanical Ventilation. In: Tintinalli JE, Ma OJ, Yealy DM, Meckler GD, Stapczynski JS, Cline DM, et al., editors. *Tintinalli's Emergency Medicine: A Comprehensive Study Guide [Internet].* 9th ed. New York, NY: McGraw-Hill Education; 2020 [cited 2024 Mar 12]. Available from: accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?aid=1178493586
6. Rubulotta F, Blanch Torra L, Naidoo KD, Aboumarie HS, Mathivha LR, Asiri AY, et al. Mechanical Ventilation, Past, Present, and Future. *Anesth Analg.* 2024 Feb 1;138(2):308–25.
7. Ak AK, Anjum F. Ventilator-Induced Lung Injury (VILI). In: *StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 [cited 2024 Mar 14]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563244/>*
8. Katira BH. Ventilator-Induced Lung Injury: Classic and Novel Concepts. *Respir Care.* 2019 Jun;64(6):629–37.
9. Katira BH, Engelberts D, Otulakowski G, Giesinger RE, Yoshida T, Post M, et al. Abrupt Deflation after Sustained Inflation Causes Lung Injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 2018 Nov 1;198(9):1165–76.
10. Rialp G. Mechanical ventilation: past and present. *Med Intensiva.* 2021;45(1):1–2.
11. Blanch L, Villagra A, Sales B, Montanya J, Lucangelo U, Luján M, et al. Asynchronies during mechanical ventilation are associated with mortality. *Intensive Care Med.* 2015 Apr;41(4):633–41.

12. de Haro C, Ochagavia A, López-Aguilar J, Fernandez-Gonzalo S, Navarra-Ventura G, Magrans R, et al. Patient-ventilator asynchronies during mechanical ventilation: current knowledge and research priorities. *Intensive Care Med Exp*. 2019 Jul 25;7(Suppl 1):43.
13. Simonis FD, Juffermans NP, Schultz MJ. Mechanical ventilation of the healthy lungs: lessons learned from recent trials. *Curr Opin Crit Care*. 2021 Feb 1;27(1):55–9.
14. Grasselli G, Calfee CS, Camporota L, Poole D, Amato MBP, Antonelli M, et al. ESICM guidelines on acute respiratory distress syndrome: definition, phenotyping and respiratory support strategies. *Intensive Care Med*. 2023 Jul;49(7):727–59.
15. Beqiri E, Smielewski P, Guérin C, Czosnyka M, Robba C, Bjertnæs L, et al. Neurological and respiratory effects of lung protective ventilation in acute brain injury patients without lung injury: brain vent, a single centre randomized interventional study. *Crit Care Lond Engl*. 2023 Mar 20;27(1):115.
16. Yoshida T, Fujino Y, Amato MBP, Kavanagh BP. Fifty Years of Research in ARDS. Spontaneous Breathing during Mechanical Ventilation. Risks, Mechanisms, and Management. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017 Apr 15;195(8):985–92.
17. Mancebo J. Chapter 6. Assist-Control Ventilation. In: Tobin MJ, editor. *Principles and Practice of Mechanical Ventilation* [Internet]. 3rd ed. New York, NY: The McGraw-Hill Companies; 2013 [cited 2024 Mar 7]. Available from: accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?aid=57062402
18. Villgran VD, Lyons C, Nasrullah A, Clarisse Abalos C, Bihler E, Alhajhusain A. Acute Respiratory Failure. *Crit Care Nurs Q*. 2022 Sep 1;45(3):233–47.
19. Piran P, Stevens RD. Lung-protective ventilation and adjunctive strategies to manage respiratory failure: are they safe in the neurological patient? *Curr Opin Crit Care*. 2021 Apr 1;27(2):115–9.
20. Lazaridis C. Brain-Lung Conflicts and Patterns of Mechanical Ventilation. *Crit Care Med*. 2021 Jul 1;49(7):1200–2.
21. Capizzi A, Woo J, Verduzco-Gutierrez M. Traumatic Brain Injury: An Overview of Epidemiology, Pathophysiology, and Medical Management. *Med Clin North Am*. 2020 Mar;104(2):213–38.
22. Corps KN, Roth TL, McGavern DB. Inflammation and neuroprotection in traumatic brain injury. *JAMA Neurol*. 2015 Mar;72(3):355–62.
23. Robinson CP. Moderate and Severe Traumatic Brain Injury. *Contin Minneap Minn*. 2021 Oct 1;27(5):1278–300.
24. Robateau Z, Lin V, Wahlster S. Acute Respiratory Failure in Severe Acute Brain Injury. *Crit Care Clin*. 2024 Apr;40(2):367–90.

25. Humayun M, Premraj L, Shah V, Cho SM. Mechanical ventilation in acute brain injury patients with acute respiratory distress syndrome. *Front Med.* 2022;9:999885.
26. Robba C, Poole D, McNett M, Asehnoune K, Bösel J, Bruder N, et al. Mechanical ventilation in patients with acute brain injury: recommendations of the European Society of Intensive Care Medicine consensus. *Intensive Care Med.* 2020;46(12):2397–410.
27. Mrozek S, Constantin JM, Geeraerts T. Brain-lung crosstalk: Implications for neurocritical care patients. *World J Crit Care Med.* 2015 Aug 4;4(3):163–78.
28. Taran S, Cho SM, Stevens RD. Mechanical Ventilation in Patients with Traumatic Brain Injury: Is it so Different? *Neurocrit Care.* 2023 Feb;38(1):178–91.
29. Rabinstein AA, Cinotti R, Bösel J. Liberation from Mechanical Ventilation and Tracheostomy Practice in Traumatic Brain Injury. *Neurocrit Care.* 2023 Apr;38(2):439–46.
30. Asehnoune K, Roquilly A, Cinotti R. Respiratory Management in Patients with Severe Brain Injury. *Crit Care.* 2018 Mar 20;22:76.
31. Kerr NA, de Rivero Vaccari JP, Abbassi S, Kaur H, Zambrano R, Wu S, et al. Traumatic Brain Injury-Induced Acute Lung Injury: Evidence for Activation and Inhibition of a Neural-Respiratory-Inflammasome Axis. *J Neurotrauma.* 2018 Sep 1;35(17):2067–76.
32. Siwicka-Gieroba D, Robba C, Gołacki J, Badenes R, Dabrowski W. Cerebral Oxygen Delivery and Consumption in Brain-Injured Patients. *J Pers Med.* 2022 Oct 25;12(11):1763.
33. Alali AS, Temkin N, Vavilala MS, Lele AV, Barber J, Dikmen S, et al. Matching early arterial oxygenation to long-term outcome in severe traumatic brain injury: target values. *J Neurosurg.* 2019 Feb 8;132(2):537–44.
34. Roberts BW, Karagiannis P, Coletta M, Kilgannon JH, Chansky ME, Trzeciak S. Effects of PaCO₂ derangements on clinical outcomes after cerebral injury: A systematic review. *Resuscitation.* 2015 Jun;91:32–41.
35. Hawryluk GWJ, Aguilera S, Buki A, Bulger E, Citerio G, Cooper DJ, et al. A management algorithm for patients with intracranial pressure monitoring: the Seattle International Severe Traumatic Brain Injury Consensus Conference (SIBICC). *Intensive Care Med.* 2019;45(12):1783–94.
36. Mora Carpio AL, Mora JI. Positive End-Expiratory Pressure. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 [cited 2024 Mar 24]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441904/>
37. Matin N, Sarhadi K, Crooks CP, Lele AV, Srinivasan V, Johnson NJ, et al. Brain-Lung Crosstalk: Management of Concomitant Severe Acute Brain Injury and Acute Respiratory Distress Syndrome. *Curr Treat Options Neurol.* 2022;24(9):383–408.

38. Amato MBP, Meade MO, Slutsky AS, Brochard L, Costa ELV, Schoenfeld DA, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2015 Feb 19;372(8):747–55.
39. Tejerina E, Pelosi P, Muriel A, Peñuelas O, Sutherasan Y, Frutos-Vivar F, et al. Association between ventilatory settings and development of acute respiratory distress syndrome in mechanically ventilated patients due to brain injury. *J Crit Care*. 2017 Apr;38:341–5.
40. Antonogiannaki EM, Georgopoulos D, Akoumianaki E. Patient-Ventilator Dyssynchrony. *Korean J Crit Care Med*. 2017 Nov;32(4):307–22.
41. Asehnoune K, Rooze P, Robba C, Bouras M, Mascia L, Cinotti R, et al. Mechanical ventilation in patients with acute brain injury: a systematic review with meta-analysis. *Crit Care Lond Engl*. 2023 Jun 6;27(1):221.
42. Platen P von, Pomprapa A, Lachmann B, Leonhardt S. The dawn of physiological closed-loop ventilation-a review. *Crit Care Lond Engl*. 2020 Mar 29;24(1):121.
43. Botta M, Wenstedt EFE, Tsonas AM, Buiteman-Kruizinga LA, van Meenen DMP, Korsten HHM, et al. Effectiveness, safety and efficacy of INTELLiVENT-adaptive support ventilation, a closed-loop ventilation mode for use in ICU patients - a systematic review. *Expert Rev Respir Med*. 2021 Nov;15(11):1403–13.
44. Wendel Garcia PD, Hofmaenner DA, Brugger SD, Acevedo CT, Bartussek J, Camen G, et al. Closed-Loop Versus Conventional Mechanical Ventilation in COVID-19 ARDS. *J Intensive Care Med*. 2021 Oct;36(10):1184–93.
45. Goossen RL, Schultz MJ, Tschernko E, Chew MS, Robba C, Paulus F, et al. Effects of closed loop ventilation on ventilator settings, patient outcomes and ICU staff workloads - a systematic review. *Eur J Anaesthesiol*. 2024 Feb 22;
46. Arnal JM, Katayama S, Howard C. Closed-loop ventilation. *Curr Opin Crit Care*. 2023 Feb 1;29(1):19–25.
47. Bialais E, Wittebole X, Vignaux L, Roeseler J, Wysocki M, Meyer J, et al. Closed-loop ventilation mode (IntelliVent®-ASV) in intensive care unit: a randomized trial. *Minerva Anesthesiol*. 2016 Jun;82(6):657–68.
48. Al-Mufti F, Dodson V, Lee J, Wajswol E, Gandhi C, Scurlock C, et al. Artificial intelligence in neurocritical care. *J Neurol Sci*. 2019 Sep 15;404:1–4.

10. PRIEDAI

**VIEŠOJI ĮSTAIGA
RESPUBLIKINĖ VILNIAUS UNIVERSITETINĖ LIGONINĖ**

BIOMEDICININIŲ TYRIMŲ APROBAVIMO KOMISIJOS POSĖDŽIO PROTOKOLAS

2021-10-05 Nr. P&P-3.2.-139
Vilnius

Posėdis įvyko 2021-08-25 (13.00-14.00 val.).

Posėdžio pirmininkas: dr. R. Badaras

Posėdžio sekretorė: dr. I. Slautaitė

Dalyvavo: komisijos nariai (sąrašas pridedamas), dr. S. Vosylius (svarstant klausimą).

SVARSTYTA. Dr. S. Vosylius prašymas leisti RVUL vykdyti biomedicininį tyrimą „Dirbtinės plaučių ventiliacijos metodikų poveikio kvėpavimo sistemos funkciniais parametrais kokybinis vertinimas“

Dr. S. Vosylius pristatė planuojamą biomedicininį tyrimą. Šis tyrimas yra prospektyvus, stebimasis, atliekamas viename centre, Respublikinės Vilniaus universitetinės ligoninės reanimacijos ir intensyviosios terapijos skyriuje. Planuojama tyrimo trukmė – 5 metai, į tyrimą planuojama įtraukti apie 800 pacientų. Į tyrimą įtraukiami pacientai nebūtų skirstomi į tiriamųjų grupes.

Paciento būklę ir poreikius geriausiai atitinkančio ventiliacijos metodo ir jo nustatomų rodiklių parinkimą gydantis gydytojas galės pasirinkti ir keisti, įvertinęs kvėpavimo funkcijos nepakankamumą sukėlusias priežastis, indikacijas atlikti dirbtinę plaučių ventiliaciją, siekiamus ventiliacijos tikslus, kvėpavimo sistemos mechanines savybes, prietaisų modelių ir ventiliacijos metodų pasirinkimo galimybes, savo patirtį atliekant pasirinktus ventiliacijos metodus. Tyrimo metu nebus taikomi jokie nepageidaujama laikina poveikį tiriamojo sveikatai galintys sukelti intervenciniai biomedicininių tyrimų metodai. Komiteto yra prašoma atleisti nuo reikalavimo tiriamiesiems pasirašyti informuoto asmens sutikimo formą.

Į visas komisijos narių pastabas atsakyta. Komisijos nariai atkreipė dėmesį, kad pagal Biomedicininių tyrimų etikos įstatymą sprendimą, ar būtinas asmens sutikimas dalyvauti tyrime atliekant biomedicininius tyrimus, kurių objektas yra iki prašymo atlikti biomedicininį tyrimą davimo asmens sveikatos priežiūros, statistikos ar kitais tikslais paimtas to asmens biologinis ėminys ir (ar) sveikatos informacija, priima ne Ligoninės, Lietuvos bioetikos komitetas arba regioninis biomedicininių tyrimų etikos komitetas, išduodantis leidimą atlikti biomedicininį tyrimą.

NUTARTA. Pritarti biomedicininio tyrimo vykdymui, jeigu bus gautas Vilniaus regioninio biomedicininių tyrimų etikos komiteto leidimas.

Posėdžio pirmininkas

dr. Robertas Badaras

Posėdžio sekretorė

dr. I. Slautaitė