

VENINĖS OKSIMETRIJOS VAIDMUO PERIOPERACINĖJE PRIEŽIŪROJE IR JOS RYŠYS SU POOPERACINĖMIS BAIGTIMIS

RAIMONDA JUCEVIČIŪTĖ¹, MARIUS RIMAITIS³, ANDRIUS BUBLIAUSKAS³,
ŠARŪNAS AUGUSTIS³, ŽILVINAS SALADŽINSKAS², KĘSTUTIS RIMAITIS¹,
ANDRIUS MACAS¹

¹Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos akademijos Anesteziologijos klinika,

²Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos akademijos Chirurgijos klinika,

³Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos akademija

Raktažodžiai: veninė oksimetrija, ScvO₂, tikslinis, didelės apimties operacijos, audinių hipoksija, chirurginės komplikacijos.

Santrauka

Vienas reikšmingiausių organų disfunkciją lemiančių veiksnių yra audinių hipoksija, pasireiškianti dėl neadekvačios audinių oksigenacijos, sutrikus pusiausvyrai tarp deguonies poreikio audiniuose ir jo pristatymo. Įprastai organų ir audinių perfuzijai vertinti naudojami hemodinamikos parametrai, prasidėjus audinių hipoksijai gali būti normos ribose, todėl neleidžia atmesti minėto disbalanso galimybes. Veninė oksimetrija atspindi balansą tarp deguonies pristatymo ir sunaudojimo, suteikia galimybę jį intermituojančiu ar pastoviu būdu monitoruoti perioperaciniu bei pooperaciniu periodais. Toks monitoravimas yra perspektyvus, nes leidžia nustatyti audinių hipoksiją pradinėse jos stadijose ir imtis atitinkamų terapinių priemonių. Siekiant saugiai ir efektyviai naudoti veninę oksimetriją klinikinėje praktikoje, būtinos išsamios žinios apie jos fiziologinius principus. Sėkmingas veninės oksimetrijos pritaikymas tiksliniam hemodinamikos koregavimui gydant ankstyvą sepsį lėmė susidomėjimą jos parametro taikymu chirurginiams ligoniams.

Šiame straipsnyje nuosekliai analizuojame maišyto (SvO₂) ir centrinės venos (ScvO₂) kraujo deguonies saturacijos kitimų fiziologijos, patofiziologijos ir matavimo ypatumus bei pateikiame išsamią dabartinių publikacijų, nagrinėjančių veninės oksimetrijos pritaikymą chirurgijoje ir

jos įtaką pooperaciniams baigtims, apžvalgą. Stebimosiomis chirurginių ligonių studijomis nustatyta, kad maža ScvO₂ reikšmė yra susijusi su padidėjusia pooperacinių komplikacijų rizika. Nedidelės apimties intervencinių klinikinių tyrimų duomenimis, centrinės venos kraujo deguonies saturacija gali būti naudojama kaip tikslinis rodiklis hemodinamikos korekcijai bei sumažinti pooperacinių komplikacijų dažnumą.

ĮVADAS

Kasmet pasaulyje atliekama apie 234 milijonus didelės apimties chirurginių procedūrų [1]. Komplikacijos po didelės apimties operacijų yra viena iš pirmaujančių pacientų sergamumo ir mirštamumo priežasčių. Tik 15 proc. iš stacionare atliekamų procedūrų tenka didelės rizikos chirurginiams pacientams, tačiau jie sudaro daugiau nei 80 proc. visų mirčių [2]. Išsivysčiusių pasaulio šalių pateikiami duomenys patvirtina, jog prastos baigtys po didelės rizikos operacijų yra pasaulinio masto problema [3–5]. Todėl pastangos pagerinti pacientų, kuriems atliekamos didelės apimties operacijos, baigtys yra itin svarbios [6].

Nustatyta, kad prastos baigtys po didžiųjų operacijų yra stipriai susijusios su deguonies pristatymo į audinius sutrikimu, kuris savo ruožtu gali būti susijęs su pablogėjusia mikrocirkuliacija [7]. Audinių hipoksija yra esminis patofiziologinis procesas esant šokui bei vienas reikšmingiausių organų disfunkcijos vystymosi veiksnių. Infuzoterapijos ir inotropų taikymas, koreguojant deguonies pristatymą į audinius, gali sumažinti pooperacinių komplikacijų dažnumą [8–10].

Organų ir audinių perfuzijai vertinti įprastai naudo-

jami hemodinamikos parametrai, tokie kaip arterinis kraujo spaudimas, širdies susitraukimų dažnis, diurezė ir kraujo dujų sudėtis, prasidėjus audinių hipoksijai gali būti normos ribose, todėl neleidžia atmesti disbalanso tarp bendro deguonies pristatymo ir poreikio galimybes. Maišyto veninio kraujo deguonies saturacija (SvO₂) yra jautrus viso kūno audinių oksigenacijos adekvatumo rodiklis. Vis dėlto jos monitoravimui reikalingas kateteris plaučių arterijoje – jo įleidimas yra papildoma invazinė procedūra, susijusi su tam tikromis komplikacijomis. Tuo tarpu centrinės venos kraujo deguonies saturacijos (ScvO₂) monitoravimui reikalingas centrinės venos kateteris, kurio įleidimas daugeliui didelės rizikos pacientų, kuriems atliekamos didelės apimties operacijos, yra rutininė procedūra. ScvO₂ galima pastoviai stebėti, atsiranda prevencinio gydymo galimybė ir nereikia žymių operacinės aplinkos infrastruktūros pakeitimų [11]. Nors ScvO₂ ir SvO₂ absoliučiosios reikšmės skiriasi, ScvO₂ gali būti laikomas SvO₂ atitikmeniu, nes abiejų rodiklių kitimo tendencijos yra labai panašios. Kartu su kitais hemodinaminiais ir biocheminiais rodikliais jie turi diagnostinės ir prognostinės vertės bei padeda racionaliai gydyti kritinių būklių pacientus [12]. Sėkmingas centrinės venos kraujo deguonies saturacijos (ScvO₂) pritaikymas tiksliniam hemodinamikos koregavimui gydant ankstyvą sepsį lėmė susidomėjimą šio parametro taikymu chirurginiams ligoniams [13]. Lietuvoje mokslinių publikacijų, nagrinėjančių ScvO₂ monitoravimą perioperaciniu periodu ir jo įtaką pooperaciniams pacientų baigtims, kol kas nėra.

Darbo tikslas - išanalizuoti veninės oksimetrijos reikšmę perioperaciniu periodu ir pooperaciniams baigtims.

VENINĖS OKSIMETRIJOS FIZIOLOGIJA IR PATOFIZIOLOGIJA

SvO₂ ir ScvO₂ kitimų fiziologija yra sudėtinga. Registruojamas reikšmes lemia deguonies pristatymo ir suvartojimo kitimai, kurių kiekvienas dėl daugelio veiksnių perioperaciniu periodu gali ryškiai varijuoti [14]. Siekiant saugiai ir efektyviai naudoti veninę oksimetriją klinikinėje praktikoje, būtinos išsamios žinios apie jos fiziologinius principus. Apskritai, veninė oksimetrija atspindi balansą tarp deguonies patiekimo / pristatymo (DO₂ – angl. *O₂ delivery*) ir deguonies sunaudojimo (VO₂ – angl. *O₂ consumption*). DO₂ priklauso nuo širdies minutinio tūrio (ŠMT) ir deguonies kiekio arteriniame kraujyje (CaO₂ – angl. *O₂ content in arterial blood*), kuris atitinka hemoglobino koncentracijos (Hb) ir arterinio kraujo deguonies saturacijos sandaugos (SaO₂ – angl. *arterial O₂ saturation*) ir fiziškai ištirpu-

sio deguonies arteriniame kraujyje (PaO₂) suma, t.y.:

$$DO_2 = \text{ŠMT} \times CaO_2$$

$$CaO_2 = (Hb \times 1,36 \times SaO_2) + (PaO_2 \times 0,0031).$$

Fiziškai ištirpusio deguonies kiekis yra mažas ir praktiniais tikslais jo galima nepaisyti. Taigi, deguonies pristatymą iš esmės lemia ŠMT, Hb ir SaO₂. DO₂ gali sumažėti dėl ŠMT kritimo, anemijos ir hipoksijos, o padidėti dėl ŠMT ar CaO₂ padidėjimo.

Deguonies poreikį ar bendrą kūno deguonies sunaudojimą (VO₂) galima išreikšti ŠMT ir deguonies kiekio arteriniame-veniniame kraujyje skirtumo (CaO₂ – CvO₂) sandauga, žinoma kaip Fiko dėsnis:

$$VO_2 = \text{ŠMT} \times (CaO_2 - CvO_2), \text{ t.y. } CvO_2 = CaO_2 - VO_2 / \text{ŠMT}.$$

Tai reiškia, jog deguonies kiekis maišytame veniniame kraujyje (CvO₂ – angl. *O₂ content in venous blood*) atspindi ryšį tarp bendro kūno deguonies sunaudojimo ir širdies minutinio tūrio esant pastoviam CaO₂. CvO₂ taip pat galima išreikšti lygtimi:

$$CvO_2 = (Hb \times 1,36 \times SvO_2) + (PvO_2 \times 0,0031).$$

Kadangi į fiziškai ištirpusį deguonį galima neatsižvelgti, esminiai CvO₂ lemiantys rodikliai lieka Hb ir SvO₂ (angl. *venous O₂ saturation*). Kadangi Hb paprastai tam tikrą laiką išlieka pastovus, CvO₂ kitimus daugiausia lemia SvO₂. SvO₂ yra priešingai proporcingas VO₂ / ŠMT santykiui. VO₂ keičia stresas, skausmas, hipertermija ir drebulys (deguonies sunaudojimas didėja) bei analgezija, sedacija, mechaninė ventiliacija ir hipotermija, kurie deguonies sunaudojimą mažina.

Deguonies pristatymo ir sunaudojimo ryšį apibrėžia paprasta lygtis:

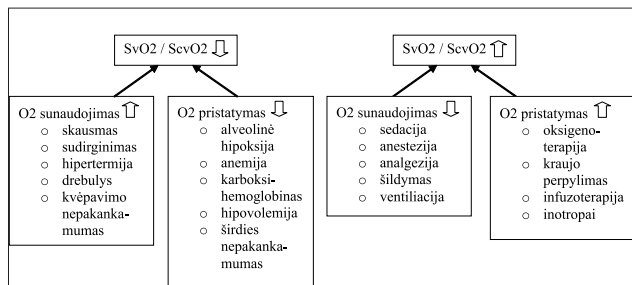
$$VO_2 = DO_2 \times ERO_2, \text{ arba } ERO_2 = VO_2 / DO_2.$$

ERO₂ (angl. *O₂ extraction ratio*) atspindi deguonies ekstrakciją, išreikštą procentais. Normos atveju ERO₂ yra apie 25 proc., t.y. 25 proc. patiekto deguonies paima audiniai, o 75 proc. grįžta į plaučius. ERO₂ yra atvirkščiai proporcingas SvO₂:

$$SvO_2 = 1 - ERO_2.$$

Todėl normalus 25 proc. ERO₂ atitinka 75 proc. SvO₂, 60 proc. ERO₂ atitiktų 40 proc. SvO₂. Normaliomis sąlygomis VO₂ nepriklauso nuo DO₂, nes audiniai gali patenkinti savo poreikius padidindami ekstrakciją. Tačiau, išseikvojus šį kompensacinį rezervą esant kritiniam DO₂, VO₂ tampa priklausomas nuo DO₂. Prasideda anaerobinis metabolizmas ir pradeda didėti laktatų kiekis.

Deguonies pristatymas ir sunaudojimas kinta skirtingomis fiziologinėmis (fizinio krūvio metu) ir klinikinėmis aplinkybėmis. Normalus širdies ir kraujagyslių sistemos atsakas į VO₂ padidėjimą yra ERO₂ ir ŠMT didinimas.



1 pav. Veiksniai, turintys įtakos DO₂, VO₂ ir veninės oksimetrijos rodikliams.

Fizinio krūvio metu SvO₂ paprastai sumažėja todėl, kad padidėjęs širdies minutinis tūris pilnai neatitinka padidėjusio deguonies poreikio. Taigi, SvO₂ sumažėjimas nebūtinai reiškia audinių hipoksiją, tačiau jis atspindi padidėjusį metabolinį stresą. SvO₂ sumažėjimo dydis rodo streso laipsnį. Sveikame organizme anaerobinis metabolizmas prasideda tuomet, kai SvO₂ kurį laiką išlieka mažesnis nei 40 proc. [12].

Vis dėlto svarbu suprasti, jog veninio kraujo deguonies saturacija, kaip ir ŠMT, yra bendros audinių hipoksijos rodiklis ir nesuteikia informacijos apie deguonies rezervą ar atskirų audinių oksigenacijos adekvatumą [15]. Sunkia širdies liga sergančių pacientų ERO₂ ramybėje būna padidėjęs ir jie gali išverti žemesnes SvO₂ vertes be ryškesnį hipoksijos požymių, tuo tarpu sepsi sergantiems pacientams dėl patologinio kraujotakos persiskirstymo ir mitochondrijų deguonies panaudojimo sutrikimo anaerobinis metabolizmas gali prasidėti ir esant normalioms ar net padidėjusioms SvO₂ vertėms. Normaliu SvO₂ laikomas intervalas nuo 60 iki 80 proc., tačiau akivaizdu, jog rodiklius reikia interpretuoti atsargiai, atsižvelgiant į klinikines aplinkybes (1 pav.).

Ryšys tarp SvO₂ ir ScvO₂. Centrinės venos kraujo deguonies saturacija (ScvO₂) rodo hemoglobino įsotinimą deguonimi viršutinės tuščiosios venos kraujyje, tuo tarpu maišyto veninio kraujo deguonies saturacija (SvO₂) rodo hemoglobino įsotinimą deguonimi proksimaliojoje plaučių arterijos dalyje [16]. Nors ScvO₂ ir SvO₂ reikšmės lemiantys kintamieji yra labai panašūs, tačiau ryšys tarp šių dviejų rodiklių yra sudėtingas, todėl jų negalima tiesiogiai prilyginti vienas kitam [17–21]. Regioninės DO₂ ir VO₂ balanso variacijos lemia tai, jog viršutinėje ir apatinėje tuščiosiose venose yra skirtinga kraujo hemoglobino saturacija [22]. Tuščiųjų venų kraujas toliau suteka į dešinįjį prieširdį bei skilvelį ir visiškai susimaišo tik skilvelio sistolės metu. Miokardo veninio kraujo nutekėjimas tiesiogiai į dešinįjį prieširdį per vainikinę antį bei į širdies kameras per Tebezijaus venas

lemia tolimesnius skirtumus [16]. Taigi, SvO₂ atspindi vidutinį balansą tarp deguonies pristatymo ir poreikio visame kūne, tuo tarpu ScvO₂ rodiklį didesne dalimi nulemia pokyčiai viršutinėje kūno dalyje [22]. Tarp sveikų žmonių SvO₂ paprastai yra 2–5 proc. didesnis nei ScvO₂ [16], daugiausia dėl didelio deguonies kiekio veniniame kraujyje, kuris atiteka iš inkstų [22]. Šis santykis pakinta hemodinaminio nestabilumo aplinkybėmis, nes vyksta kraujo persiskirstymas į viršutinę kūno dalį blužnies ir inkstų kraujotakos sąskaita [23]. Dėl šios priežasties šoko būklių metu minėtas ryšys tarp ScvO₂ ir SvO₂ gali tapti atvirkščias, o absoliučioji ScvO₂ reikšmė gali viršyti SvO₂ iki 20 proc. [24]. Kiekybinio ekvivalentumo trūkumas buvo pademonstruotas įvairiose kritinių būklių pacientų grupėse, įskaitant pacientus kardiogeninio, sepsinio ir hemoraginio šoko būklėse [17–19, 25–28]. Šis skirtumas nustatytas ir tarp pacientų, kuriems taikyta bendrinė anestezija širdies [20, 21, 29] ir ne širdies operacijų metu [18, 30].

Pastebėjimu, jog nepaisant glaudžiai susijusių SvO₂ ir ScvO₂ kitimų tendencijų absoliučiosios jų reikšmės neatitinka [17–21], remiasi plaučių arterijos kateterio naudojimo šalininkai. Vis dėlto svarbiausia ne SvO₂ ir ScvO₂ absoliučią reikšmę koreliacija, o tai, ar SvO₂ kitimai, rodantys hemodinamikos sutrikimą ar gydymo efektą, atsispindi ScvO₂ pokyčiuose. Dauguma autorių sutaria, jog ScvO₂ ir SvO₂ gerai koreliuoja ir šie rodikliai yra vienodai kliniškai reikšmingi [31–33]. Didžiausios apimties studijoje, kurioje 32 kritinės būklės chirurginiai pacientai stebėti 1097 valandas, *Reinhart* ir bendr. [33] nustatė, jog ScvO₂ ir SvO₂ kitimai buvo analogiški 90 proc. iš 1498 atvejų. Taigi, ScvO₂ galima laikyti gera SvO₂ alternatyva, nes ją monitoruoti lengviau ir mažiau rizikinga. Sunkaus sepsio ir sepsinio šoko gydymo gairėse (angl. *Surviving Sepsis Campaign, 2008*) [34] priimta, jog SvO₂ ir ScvO₂ reikšmė gydant sunkiu sepsi ar sepsiniu šoku sergančius pacientus yra ekvivalenti.

INTERMITUOJANTI IR PASTOVI VENINĖ OKSIMETRIJA. KLINIKINIS PRITAIKYMAS

Intermituojantis kraujo mėginių ėmimas ir kooksimetrija. Kooksimetrija apima hemoglobino įsotinimo deguonimi matavimą spektrofotometrijos būdu, pasitelkus plačiai prieinamą kraujo dujų analizės technologiją. Oksigenuoto ir dezoksigenuoto hemoglobino šviesos absorbcijos spektro skirtumai suteikia galimybę apskaičiuoti kraujo hemoglobino įsotinimą deguonimi. Ši metodika taip pat leidžia identifikuoti kitas hemoglobino formas, tokias kaip methemoglobinas ar karboksihemoglobinas. Kooksimetrija yra patikima ir plačiai pripažįstama

metodika. Vis dėlto klinikinėje praktikoje ją taikyti gali būti nepatogu dėl poreikio dažnai imti kraujo mėginius ir atlikti matavimus. Gali pasitaikyti specifinių klaidų dėl mėginių užteršimo, uždelsto matavimo ir mėginio paėmimo iš netinkamos vietos [35,36]. Kaip ir taikant bet kokią veninės oksimetrijos formą, interpretavimo klaidos galimos dėl šuntinių srovių širdyje, triburio vožtuvo nesandarumo ir netinkamos kateterio lokalizacijos [36]. Imant kraujo mėginius aspiracija švirkštu turi būti atliekama pakankamai švelniai, nesudarant aukšto neigiamo slėgio, kuris gali padidinti aspirato dalį iš plaučių kapiliarų ir tokiu būdu duoti klaidingai didelius deguonies saturacijos rodiklius.

Pastovus matavimas naudojant fibrooptinį kateterį. Optinių skaidulų technologijos atsiradimas suteikė galimybę veninio kraujo deguonies saturaciją matuoti pastoviai spektrofotometrijos būdu, pasitelkus plaučių arterijos ar centrinės venos kateterius. Pagrindinis šios metodikos privalumas – tai nepertraukiamai gaunami duomenys, leidžiantys aptikti staigius veninio kraujo deguonies saturacijos svyravimus, kurie dažnai pasitaiko perioperaciniu periodu [37,38]. Esminiai šios technologijos trūkumai yra papildomos išlaidos ir signalo nuokrypys, nors pastarąjį galima koreguoti pakartotinai kalibruojant.

ScvO₂ intensyviojoje terapijoje. Intensyviojoje terapijoje susiduriant su hemodinamiškai nestabiliems pacientams, gydymas paprastai yra orientuotas į širdies minutinio tūrio (ŠMT) optimizavimą. Gaivinimo pradžioje gydytoji tenka remtis įprastiniais hemodinamikos kintamaisiais, tokiais kaip arterinis kraujo spaudimas (AKS), centrinis veninis spaudimas (CVS), diurezė ir arterinio kraujo dujų rodikliai, tačiau visi šie duomenys gali būti normos ribose nepaisant esamos audinių hipoksijos. Monitoruojant ŠMT, paprastai termodiliucijos metodu, gaunama tik pusė informacijos, t.y. įvertinamas deguonies pristatymas. Apie santykį tarp deguonies pristatymo (DO₂) ir deguonies sunaudojimo (VO₂) vien tik iš ŠMT spręsti negalima. Pavyzdžiui, didelis ŠMT sunkaus sepsio ir sepsinio šoko metu gali būti susijęs su audinių hipoksija. Veninio kraujo deguonies saturacija suteikia antrąją pusę informacijos, t.y. ji rodo deguonies pristatymo adekvatumą. SvO₂ ir ScvO₂ monitoravimas, kartu įvertinant ir kitus hemodinamikos bei biocheminius rodiklius, leidžia racionaliai įvertinti ir gydyti kritinių būklių pacientus. DO₂ galima padidinti ŠMT, Hb ar PaO₂ sąskaita. Kita vertus, pacientą seduojuant, nuskausminus, skyrus antipiretikų ar taikant mechaninę ventilaciją, galima sumažinti VO₂. Siektinas SvO₂ dydis priklauso nuo klinikinės situacijos. Būklių, kurioms

būdingas didelis ŠMT, metu tikslinė SvO₂ yra didesnė (SvO₂ > 70 proc.), tuo tarpu mažo ŠMT būklių metu paprastai priimtina yra ir 60 proc. reikšmė [12].

SvO₂ monitoravimo nauda pirmiausia pastebėta tarp pacientų su kardiologine patologija [25]. Nuo tada šio kintamojo registravimas išbandytas įvairiose klinikinėse studijose. *Gattinoni* ir bendr. [39] savo didelės apimties multicentriniam tyrimui, gaivindami kritinių būklių pacientus, tiriamosiose grupėse siekė normalios maišyto veninio kraujo deguonies saturacijos (SvO₂ > 70%) arba supranormalaus ŠI, ir rezultatus lygino su kontroline grupe. Autoriams nepavyko įrodyti, jog SvO₂, kaip tikslinis rodiklis koreguojant hemodinamiką, yra naudingas pacientų sergamumo ir mirštamumo atžvilgiu. Vis dėlto ši studija turėjo rimtų trūkumų – tik 55 proc. ŠI grupės ir vos 33 proc. SvO₂ grupės pacientų iš tiesų pavyko pasiekti ir išlaikyti tikslines reikšmes per 5 tyrimo dienas. Be to, pacientai įtraukti į tyrimą praėjus 48 valandoms po atvykimo į ITS. Kadangi hemodinamikos korekcija rekomenduojama pradėti pirmosiomis valandomis atvykus, pagal šį tyrimą sunku daryti išvadas dėl veninės oksimetrijos vertės.

Pastovaus centrinės venos kraujo deguonies saturacijos (ScvO₂) monitoravimo naudą gydant pacientus, sergančius sunkiu sepsiu ar sepsiniu šoku, 2001 metais perspektyviojoje atsitiktinių imčių studijoje pademonstravo *Rivers* su bendr. [13]. Tai buvo pirmasis intervencinis tyrimas, kuriame ScvO₂ panaudota kaip tikslinis rodiklis koreguojant hemodinamiką. Abiejų grupių pacientams autoriai siekė palaikyti vidutinį AKS > 65 mmHg, CVS tarp 8 ir 12 mmHg ir diurezė > 0,5 ml / kg / val., o tiriamojame grupėje papildomai monitoruota ScvO₂ ir koreguota iki > 70 proc. Tiriamosios baigtys registruotos pirmąsias 72 valandas. ScvO₂ grupės pacientų mirštamumas ligoninėje sudarė 30,5 proc., tuo tarpu standartinės terapijos grupėje jis siekė 46,5 proc. ir buvo statistiškai reikšmingai didesnis (p < 0,009), taigi tikslinė hemodinamikos korekcija leido sumažinti bendrą pacientų mirštamumą 16 proc. Laikotarpiu nuo 7 iki 72 tyrimo valandos tiriamosios grupės pacientų ScvO₂ buvo didesnis, o laktatų koncentracija ir bazių deficitas – mažesni, nei standartinės terapijos grupėje. Tuo pačiu periodu tiriamojame grupėje nustatyti reikšmingai mažesni APACHE II rodikliai, t.y. ScvO₂ grupėje organų disfunkcija buvo mažiau sunki (p < 0,001). Autoriai padarė išvadą, jog ScvO₂, kaip tikslinis rodiklis, turi reikšmingos teigiamos įtakos pacientų su sunkiu sepsiu ir sepsiniu šoku išėjimui, lyginant su standartinė terapija. Šios reikšmingos studijos rezultatai įtraukti į Sunkaus sepsio ir sepsinio šoko gydymo gaires (angl. *Surviving*

Sepsis Campaign, 2008) [34]. Reikia pastebėti, kad *River* tyrime ScvO₂ monitoruota fiberoptiškai (pastoviai). Ar tokių pačių rezultatų pavyktų pasiekti matavimus atliekant intermituojančiu būdu, kol kas neiširta.

Moksliniais tyrimais nustatyta, kad ScvO₂ ir SvO₂ sumažėjimas taip pat turi prognostinės vertės pacientams, sergantiems širdies nepakankamumu, kardiogeniniu šoku ir sunkių traumų atveju [25, 40–42]. Be to, veninio kraujo deguonies saturacijos nukrypimų dažnai pasitaiko didelės apimties operacijų metu bei po jų ir jie siejami su padidėjusiu pooperacinių komplikacijų dažnumu [43–47]. Sėkmingas ScvO₂, kaip tikslinio rodiklio koreguojant hemodinamiką ankstyvo sepsio metu, panaudojimas sukėlė susidomėjimą šio parametro pritaikymo galimybėmis chirurgijoje.

ScvO₂ chirurgijoje. Stebimosios studijos. Iki šiol atliktos dvi stebimosios studijos, kuriose tirti pacientai po didelės apimties operacijų [9,11]. Šios studijos papildoma viena kita, o jų rezultatai yra panašūs.

Pirmojoje studijoje *Pearse* su bendr. [9] tyrė ScvO₂ kitimus po didelės apimties operacijų bei jų ryšį su pacientų baigtimis. Visi šio tyrimo pacientai priklausė didelės pooperacinių komplikacijų rizikos grupei ir nedelsiant po operacijos buvo perkelti į ITS. Prieš pradendant operaciją visiems pacientams buvo įleisti arterijos ir centrinės venos kateteriai. Pooperaciniu periodu pirmąsias 8 valandas pastoviai registruota EKG, pulsoksimetrijos duomenys, AKS invaziniu būdu, CVS ir ŠMT. Arterinio ir centrinės venos kraujo dujų analizė vykdyta periodiškai imant kraujo mėginius ir tiriant kooksimetrija (tyrimo pradžioje ir kas valandą 8 valandas po operacijos). Į duomenų analizę įvestos komplikacijos ir mirtys, įvykusios per 28 dienas nuo pacientų įtraukimo į tyrimą.

Surinkti 117 pacientų duomenys. Šešiasdešimt keturiems pacientams iš viso pasireiškė 123 komplikacijos. 12 pacientų (10,2 proc.) mirė. Nors širdies indekso (ŠI), deguonies pristatymo indekso (DO₂I) ir ScvO₂ svyravimų pasitaikė dažnai, kiti registruoti hemodinamikos parametrai išliko normos ribose ar buvo tik nežymiai patologiniai. Atlikus daugiamatę analizę nustatyta, jog mažiausia ŠI reikšmė (šansų santykis (ŠS) 0,58 [95 proc. pasikliautinis intervalas (PI) 0,37–0,9], $p = 0,018$), mažiausia ScvO₂ reikšmė (ŠS 0,94 [0,89–0,98] $p = 0,007$) ir P-POSSUM (angl. *Portsmouth Physiological and Operative Severity Score for the enUmeration of Morbidity and mortality*) balas (ŠS 1,09 [1,02–1,15] $p = 0,008$) buvo nepriklausomai susiję su pooperacinėmis komplikacijomis. Optimali mažiausios ScvO₂ ribinė reikšmė, kuriai esant išsiskyrė pacientai, kuriems išsivystė

komplikacijų, ir tie, kuriems komplikacijų neužfiksuota, buvo 64,4 proc. (jautrumas 67 proc., specifiskumas 56 proc.). Reikia pastebėti, jog ši reikšmė yra labai artima 65 proc. – neigiama prognostinė < 65 proc. ScvO₂ reikšmė buvo pademonstruota ir esant traumoms [40], širdies nepakankamumui [41], miokardo infarktui [48] bei sunkiam sepsiui [49]. Vidutinė 8 valandų ScvO₂ tarp pacientų, kuriems komplikacijų neužfiksuota, buvo 75 proc. Atsižvelgiant į optimalią mažiausios ScvO₂ ribinę reikšmę pacientai buvo susikirstyti į mažos ScvO₂ (< 64,4 proc.) ir didelės ScvO₂ (> 64,4 proc.) grupes bei nagrinėtos ScvO₂ ir DO₂I kitimo tendencijos. Pastebėta, jog per pirmąją pooperacinę valandą ScvO₂ žymiai sumažėjo abiejose grupėse (nuo $74,6 \pm 9,7$ proc. iki $66,6 \pm 10,3$ proc.; $p < 0,0001$ mažo ScvO₂ grupėje ir nuo $79,8 \pm 6,3$ proc. iki $77,7 \pm 5,8$ proc.; $p = 0,016$ didelio ScvO₂ grupėje) – tokį radinį galėjo lemti VO₂ padidėjimas pasibaigus bendrinei anestezijai. DO₂I ir ŠI vertės šiuo laikotarpiu reikšmingai nekito. Perspektyvūs *Pearse* ir bendr. [9] radiniai paskatino tyrėjus toliau gilintis į centrinės venos kraujo deguonies saturacijos monitoravimą perioperaciniu periodu.

Jungtinė ScvO₂ monitoravimo perioperaciniu periodu mokslininkų grupė atliko bandomąją multicentrinę studiją [11], kurioje tirta centrinės venos deguonies saturacija peri- ir pooperaciniu periodu didelės rizikos chirurginiams pacientams. Pagrindinis tyrimo tikslas buvo įvertinti ryšį tarp nustatytų ScvO₂ reikšmių ir pacientų išiečių multicentrinėmis aplinkybėmis. Mokslininkų grupė vertino tirtų pacientų ScvO₂ reikšmių svyravimo intervalą perioperaciniu periodu, pooperacinių komplikacijų skaičių ir potencialų ryšį tarp mažos ScvO₂ ir komplikacijų bei siekė apibrėžti tolimesnių mokslinių studijų, kuriose būtų taikoma tikslinė terapija remiantis ScvO₂, tikslingumą.

Tyrimo dalyvavo dvi universitetinės Suomijos ir viena Šveicarijos ligoninė. Įtraukimo į tyrimą kriterijai: (a) padidėjusi operacijos rizika (intraabdominalinė ar retroperitoninė operacija, kurios numatoma trukmė ≥ 90 min., ar pilvinės aortos operacija), (b) du ar daugiau Shoemaker'io didelės rizikos kriterijai: nepalankūs anamnezės duomenys (> 70 metų amžius, esant sutrikusioms pagrindinėms fiziologinėms funkcijoms, buvusi sunki širdies, plaučių ar kraujagyslių liga, rimti mitybos sutrikimai), dabartinė klinikinė būklė (sunki mišri trauma, ūmus didelio kiekio kraujo netekimas, šokas, septicemija ar sepsinis šokas, kvėpavimo nepakankamumas, ūmi pilvo katastrofinė būklė, ūmus žarnyno ar inkstų nepakankamumas), chirurginės procedūros veiksniai (didelės apimties operacija dėl vėžio ar ilgalaikė operacija, trunkanti daugiau nei

aštuonias val.), ASA klasė > 2, centrinės venos kateterio poreikis perioperaciniu periodu.

Kraujo mėginiai ScvO₂ matavimui imti po anestezijos indukcijos ir nuo tada kas 2 valandas iki dvyliktos pooperacinės valandos. Į duomenų analizę įvestos komplikacijos ir mirtys, įvykusios per 28 dienas nuo paciento įtraukimo į studiją.

Studijos kriterijus atitiko 60 pacientų (amžiaus vidurkis 72 ± 10 m., supaprastinta ūmių fiziologinių sutrikimų skalė (SAPSII) 32 ± 12), kuriems atliktos planinės ar skubios operacijos. Lyginant su preoperacinėmis reikšmėmis, ScvO₂ iškart po operacijos buvo mažesnė. Trisdešimt dviem pacientams užfiksuotos 67 pooperacinės komplikacijos (20 širdies ir plaučių, 23 chirurginės, 19 infekcinių ir 5 kitos). Atlikus daugiamatę analizę nustatyta, jog vidutinė ScvO₂ reikšmė (ŠS 1,23 [95 proc. PI 1,01–1,50], $p = 0,037$), gulėjimo ligoninėje laikas (ŠS 0,75 [0,59–0,94], $p = 0,012$) ir SAPS II (ŠS 0,90 [0,82–0,99], $p = 0,029$) buvo nepriklausomai susiję su pooperacinėmis komplikacijomis. Optimali vidutinė ScvO₂ ribinė reikšmė, kuriai esant išsiskyrė pacientai, kuriems išsivystė komplikacijų, ir tie, kuriems komplikacijų neužfiksuota, buvo 73 proc. (jautrumas 72 proc., specifiskumas 61 proc.). Šis rezultatas artimas *Pearse* su bendr. [9] nustatytam vidutiniam 75 proc. ScvO₂ tarp pacientų, kuriems komplikacijų nebuvo. Šioje studijoje atitinkamas rodiklis perioperaciniu periodu buvo 74 proc.

Šie moksliniai tyrimai ne tik pateikia svarių mokslinių įrodymų, pagrindžiančių ScvO₂, kaip tikslinio rodiklio, vaidmenį, bet ir duoda pagrindo teigti, jog tinkamiausia tikslinė ScvO₂ reikšmė yra apie 75 proc., o mažesnių kaip 65 proc. reikšmių derėtų vengti. Vis dėlto šie radiniai nerodo, koku būdu veninio kraujo deguonies saturacija turėtų būti naudojama kaip tikslinis terapinis rodiklis. Daugelis veiksnių daro įtaką VO₂ ir DO₂ bei tokiu būdu keičia veninę saturaciją, tačiau ne visi šie veiksniai yra patologiniai. Taktikos tiksliniam veninės saturacijos dydžiui pasiekti gali būti įvairios.

Intervencinės studijos. Tiriant didelės rizikos pacientus nustatyta, jog mažas perioperacinis ScvO₂ yra pooperacinių komplikacijų prediktorius [9,11], o tai davė pagrindo manyti, jog koreguojant žemas jos reikšmes galima pagerinti pooperacines išėitis. Literatūroje iki šiol paskelbtos tik dvi intervencinės studijos, kuriose ScvO₂ buvo naudota kaip tikslinis rodiklis perioperacijoje priešžiūroje, o jų rezultatai yra prieštaringi.

Pirmąjį intervencinį tyrimą su chirurginiais didelės rizikos pacientais didžiųjų pilvo operacijų metu atliko *Donati* ir bendr. [50]. Pirminis šios perspektyviosios, atsitiktinių imčių kontroliuojamosios studijos tikslas buvo

palyginti pooperacinio organų nepakankamumo atvejų skaičių ir gulėjimo ligoninėje trukmę tarp pacientų, gavusių standartinį gydymą, ir tiriamųjų, kuriems pagal protokolą taikytas gydymas siekiant palaikyti ERO₂ < 27 proc.

Tyrimo dalyvavo 135 planinėms didelės apimties pilvo operacijoms hospitalizuoti didelės rizikos pacientai, kurie atsitiktine tvarka suskirstyti į dvi grupes (68 pacientai A grupėje ir 67 pacientai B grupėje). Prieš operaciją pacientams įvesti centrinės ir periferinės venos bei periferinės arterijos kateteriai. Standartinis monitoravimas apėmė EKG, kūno temperatūrą, širdies susitraukimų dažnį, pulsoksimetriją ir AKS. CVS, arterinio kraujo dujų rodikliai, laktatų kiekis, kūno temperatūra ir diurezė registruota kas valandą. Studijos tikslu po anestezijos indukcijos, kas valandą po odos incizijos, operacijos metu, praėjus pusei valandos po anestezijos pabaigos, kas valandą pirmąsias 6 pooperacines valandas bei pirmą pooperacinę dieną buvo tirti kraujo dujų rodikliai arteriniame ir centrinės venos kraujyje, laktatų kiekis arteriniame kraujyje ir ERO₂ (SaO₂ – ScvO₂ / SaO₂). Abiejų grupių pacientai gydyti siekiant standartinių uždavinių: palaikyti vidurinį AKS > 80 mmHg, diurezė > 0,5 ml / kg / val. ir CVS 8–12 cmH₂O iki pirmosios pooperacinės dienos. „Protokolo grupės“ pacientams (A grupė) taip pat siekta palaikyti ERO₂ < 27 proc. Pacientams buvo skiriamos infuzijos (koloidų 250–1000 ml per 30 min., siekiant padidinti CVS bent iki 10 cmH₂O), dobutaminas (didėjančiomis dozėmis nuo 3 mcg / kg / min. iki 15 mcg / kg / min.) ir / ar eritrocitų masė (esant Hb koncentracijai < 10 g / dl ar operaciniam nukraujavimui > 1000 ml). Koloidams teikta pirmenybė dėl ligoninės politikos.

Dobutaminas dažniau ir didesnėmis dozėmis buvo skiriamas ScvO₂ grupės pacientams ($2,6 \pm 4,0$ mcg / kg / min., lyginant su $0,4 \pm 2,2$ mcg / kg / min.; $p = 0,01$). Intraveniškai skirtų skysčių ir perpilto kraujo tūriai grupėse buvo panašūs, nors skysčių terapija ScvO₂ grupėje buvo pradėta ankstesnėse stadijose. Nustatyti reikšmingi organų nepakankamumo dažnumo ir gulėjimo ligoninėje trukmės skirtumai. A grupėje mažiau pacientų pasireiškė bent vieno organo nepakankamumas ($n = 8, 11,8$ proc.), lyginant su B grupe ($n = 20, 29,8$ proc.) ($p < 0,05$). Bendras organų nepakankamumo skaičius A grupėje taip pat buvo mažesnis nei B grupėje (atitinkamai 9 ir 27 organų, $p < 0,001$). Reikia pažymėti, jog gulėjimo ligoninėje trukmė A grupėje buvo žymiai trumpesnė nei grupėje B ($11,3 \pm 3,8$ dienos, lyginant su $13,4 \pm 6,1$ dienos, $p < 0,05$), tačiau mirštamumas ligoninėje tarp grupių žymiai nesiskyrė (atitinkamai 2,9 proc. ir 3,0 proc. A ir B grupėse). Apibendrindami autoriai teigia,

jog didelės apimties pilvo operacijų metu tikslinga monitoruoti ERO₂, apskaičiuojamą imant centrinės venos kraujo mėginius, bei taikyti terapinį algoritmą, pritaikytą ERO₂ palaikyti < 27 proc.

Vis dėlto savo pranešime mokslininkai pateikia ne daug informacijos apie intervencijų, kurios dažnai iškreipia panašios apimties tyrimų rezultatus, standartizavimą. Ypač trūksta duomenų apie intervencijas, kurios galimai sumažina VO₂, t.y. anesteziją, analgeziją, temperatūros palaikymą, pooperacinę sedaciją, ventilaciją bei kitus pooperacinės intensyviosios priežiūros aspektus. Taip pat kyla klausimas, kodėl tyrėjai pasirinko vertinti deguonies ekstrakciją, o ne absoliučiąsias ScvO₂ reikšmes – ScvO₂ nėra patikimas rodiklis apskaičiuojant ERO₂. Be to, šios studijos imtis yra nepakankamai didelė, kad jos rezultatus būtų galima vertinti apibendrintai [6].

Jammer ir bendr. [51], paskatinti *Donati* [50] pranešimo, skelbiančio apie pagal ScvO₂ koreguojamas infuzoterapijos naudą didelės rizikos chirurginiams pacientams, atliko panašią studiją su normalios rizikos chirurginiais pacientais. Šios perspektyviosios, atsitiktinių imčių studijos tikslas buvo palyginti pooperacinių komplikacijų dažnumą tarp pacientų, gavusių pagal ScvO₂ koreguojamą infuzoterapiją, ir pacientų, kuriems skysčiai skirti pagal tradicinę schemą.

Pacientai, kuriems buvo atliekamos gaubtinės ir tiesiosios žarnos bei apatinės žarnyno dalies operacijos (N = 241), atsitiktine tvarka prieš pat anestezijos indukciją buvo suskirstyti į ScvO₂ ir kontrolinę grupes. ScvO₂ grupė perioperaciniu periodu gavo kristaloidų infuziją 100 ml / val. ScvO₂ kritus žemiau 75 proc. ribos buvo skiriamas hidroksetilkrakmo 3 ml / kg boliusas. Kontrolinėje grupėje palaikyta 800 ml / val. kristaloidų infuzija, papildomai skysčių skiriant pasirodžius hipovolemijos klinikinių požymių. Pacientų pasiskirstymo grupėse nežinantis chirurgas registravo komplikacijas iki 30 pooperacinės dienos.

Nustatyta, jog pacientų su viena ar daugiau komplikacijų skaičius grupėse nesiskyrė (ŠS = 0,98; 95 proc. PI 0,6–1,6). Tarp grupių nebuvo skirtumų atsižvelgiant į inkstų funkcijos sutrikimo, kuris apibrėžtas kaip 33 proc. serumo kreatinino koncentracijos padidėjimas, dažnumą (ŠS = 1,6; 95 proc. PI 0,6–4,3). ScvO₂ grupėje mažiau pacientų pasireiškė pooperacinis paralyžinis žarnų nepraeinamumas (t.y. 5, lyginant su 17; ŠS = 0,26; 95 proc. PI 0,09–0,73). Žymaus pakartotinių operacijų, žaizdų gijimo sutrikimų dažnumo, vidutinės gulėjimo ligoninėje trukmės skirtumo tarp grupių nebuvo. Bendras pooperacinių komplikacijų dažnumas grupėse buvo vienodas (42 proc.). ScvO₂ grupės pacientai vidutiniškai gavo 3869

± 992 ml (vidurkis ± SN) intraveninių skysčių, tuo tarpu kontrolinėje grupėje – 6491 ± 1649 ml. ScvO₂ grupėje vidutinis svorio prieaugis buvo 0,8 ± 1,8 kg (vidurkis ± standartinis nuokrypis), tuo tarpu kontrolinėje grupėje jis buvo reikšmingai didesnis 2,5 ± 1,6 kg (p = 0,001).

Ankstesniuose intervenciniuose infuzoterapijos tyrimuose, kuriuose tirti pacientai po gastrointestinalinių operacijų, nustatyta, jog mažiau skysčių gavusių pacientų baigtys buvo geresnės [52–54]. Vis dėlto *Jammer* studijoje, nepaisant žymaus skirtų skysčių kiekio skirtumo, pacientų, kuriems darytos planinės atviros žarnyno operacijos ir kurių infuzoterapija koreguota pagal ScvO₂ koloidų boliusais, ir įprastinį kristaloidų režimą gavusių pacientų pooperacinių komplikacijų dažnumas nesiskyrė.

Jei mąsynime, jog tikslinė infuzoterapija yra esminis veiksnys, galintis sumažinti komplikacijas po žarnyno operacijų įprastinės būklės pacientams, tuomet šis tyrimas negali pagrįsti 75 proc. ScvO₂ kaip tikslinio dydžio skysčių skyrimui. Išlieka neaišku, ar reikia didesnės tiriamųjų imties norint aptikti mažiau ryškų komplikacijų sumažėjimą, ar nustatyti didesnę ribinę ScvO₂ vertę.

Širdies ir krūtinės ląstos chirurgija. Širdies ir krūtinės ląstos chirurgijoje buvo vertinti SvO₂ kitimai, tačiau pranešimų apie ScvO₂ šia tema nėra. Literatūroje skelbiama, jog SvO₂ pokyčiai pasireiškia anksčiau nei bet kokie vidurinio AKS ar ŠSD kitimai, [55] ir jie gerai koreliuoja su ŠI pokyčiais [56]. Nustatyta, jog ilgalaikis SvO₂ sumažėjimas < 65 proc. susijęs su didesniu komplikacijų dažnumu [57]. *Polonen* ir bendr. [58] atsitiktinių imčių intervencinėje studijoje tyrė 196 pacientus, stacionarizuotus planinėms širdies operacijoms. Tiriamiesiems skirta tikslinė infuzoterapija ir inotropai siekiant SvO₂ ≥ 70 proc. pirmąsias 8 pooperacines valandas. Kontrolinės grupės pacientams infuzoterapija ir dobutaminas skirti remiantis plaučių arterijos pleištinio spaudimu, ŠI, AKS ir hematokritu. SvO₂ tyrimo pradžioje grupėse nesiskyrė, tačiau tyrimo metu SvO₂ ryškiau padidėjo SvO₂ grupėje (P < 0,001). Pagal SvO₂ koreguojama terapija sutrumpino gulėjimo ligoninėje laiką ir komplikacijų dažnumą. Vis dėlto kyla abejonių, ar tyrime nustatytas vidutinis 2 proc. SvO₂ skirtumas gali atspindėti tokį klinikinių baigčių pagerėjimą.

APIBENDRINIMAS IR IŠVADOS

Dažnai pasitaikantis įvairių organų nepakankamumas, išsivystęs po didelės apimties chirurginių intervencijų, lemia pooperacinių komplikacijų atsiradimą ir nepalankias pooperacines baigtis. Dėl to taip pat didėja ir medicininės priežiūros sąnaudos bei kaštai. Esminis

organų disfunkciją lemiantis veiksnys yra audinių hipoksija, kuri vystosi dėl disbalanso tarp deguonies poreikio audiniuose ir jo pristatymo (neadekvačios audinių oksigenacijos). Šiuos patologinius procesus jau pradinėje jų stadijoje parodo sumažėjusi veninio kraujo deguonies saturacija, kuri vertinama matuojant maišyto veninio kraujo deguonies saturaciją (SvO₂) arba centrinės venos kraujo deguonies saturaciją (ScvO₂). Terapinė strategija, pritaikyta audinių hipoksijai aptikti ir koreguoti, gali sumažinti organų nepakankamumo išsivystymo tikimybę. Klinikinės intervencijos perioperaciniu periodu – papildomai tiekiamas deguonis, palaikomoji ventiliacija, kraujo produktai, intraveniškai skiriami skysčiai, gydymas inotropais, anestezija, analgezija, sedacija bei šildymas ir kt. – gali turėti įtakos veninio kraujo deguonies saturacijai. Siekiant nustatyti tinkamiausius gydymo algoritmus naudojant ScvO₂ ir SvO₂ perioperaciniame priežiūroje, reikia geriau organizuotų ir didesnės apimties atsitiktinių imčių perspektyviųjų mokslinių tyrimų, kurie galėtų patvirtinti veninės oksimetrijos vertę bei tikslinės terapijos naudą klinikinėms išeitimis. Nepaisant pastaraisiais metais išaugusio susidomėjimo centrinės venos kraujo deguonies saturacijos matavimu, studijų, pristatančių ScvO₂ kitimo tendencijas po didelės apimties chirurginių operacijų bei šio rodiklio ryšį su pacientų baigtimis, labai trūksta.

IŠVADOS

1. ScvO₂ ir SvO₂ atspindi svarbius patofiziologinius deguonies pristatymo ir suvartojimo pokyčius, kurie atsiranda perioperaciniu periodu.
2. ScvO₂ matavimas yra paprastas, prieinamas kiekviename intensyvioios terapijos skyriuje, ir yra pripažinta, jog jo reikšmė yra ekvivalenti SvO₂.
3. ScvO₂ nauda gydant sunkiu sepsiu ar sepsiniu šoku sergančius pacientus yra įrodyta ir įtraukta į Sunkaus sepsio ir sepsinio šoko gydymo gaires.
4. ScvO₂ sumažėjimas dažnai nustatomas po didelės apimties operacijų ir gali būti siejamas su padidėjusia pooperacinių komplikacijų rizika. Nedidelės apimties intervencinių klinikinių tyrimų duomenimis, centrinės venos kraujo deguonies saturacija gali būti naudojama kaip tikslinis rodiklis hemodinamikos korekcijai bei sumažinti pooperacinių komplikacijų dažnumą. Vis dėlto šios studijos yra nepakankamai didelės apimties, kad būtų galima pademonstruoti naudą mirštamumo rodikliams ar jų išvadas taikyti apibendrintai, o jų rezultatai – nevienareikšmiai.

Literatūra

1. Weiser TG, Regenbogen SE, Thompson KD, Haynes AB, Lipsitz SR, Berry WR, Gawande AA: An estimation of the global volume of surgery: A modelling strategy based upon available data. *The Lancet* 2008; 372:139–44.
2. Jhanji S, Thomas B, Ely A, Watson D, Hinds C, Pearse RM: Mortality and utilisation of critical care resources amongst high-risk surgical patients in a large NHS trust. *Anaesthesia* 2008; 63:695–700.
3. Haynes A, Weiser T, Berry W, Lipsitz S, Breizat A, Dellinger E et al: A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population. *N Engl J Med* 2009; 360:491–9.
4. Juul A, Wetterslev J, Gluud C, Jensen G, Callesen T, Norgaard P et al: Effect of perioperative beta blockade in patients with diabetes undergoing major non-cardiac surgery: Randomised, placebo controlled, blinded multicentre trial. *Br Med J* 2006; 332:1482.
5. Khuri S, Henderson W, DelPalma R, Mosca C, Healey N, Kumbhani D: Determinants of long-term survival after major surgery and the adverse effect of postoperative complications. *Ann Surg* 2005; 242:326–41.
6. Shepherd SJ, Pearse RM: Role of Central and Mixed Venous Oxygen Saturation Measurement in Perioperative Care. *Anaesthesiology* 2009; 111:649–56.
7. Jhanji S, Lee C, Watson D, Hinds C, Pearse RM: Microvascular flow and tissue oxygenation after major abdominal surgery: Association with post-operative complications. *Intensive Care Med* 2008; 35:671–7.
8. Pearse RM, Belsey J, Cole J, Bennett E: Effect of dopexamine infusion on mortality following major surgery: Individual patient meta-regression analysis of published clinical trials. *Crit Care Med* 2008; 36:1323–9.
9. Pearse RM, Dawson D, Fawcett J, Rhodes A, Bennett E: Early goal directed therapy after major surgery reduces complications and duration of hospital stay: A randomised controlled trial. *Critical Care* 2005; 9:R687–93.
10. Wilson J, Woods I, Fawcett J, Whall R, Dibb W, Morris C, McManus E: Reducing the risk of major elective surgery: Randomised controlled trial of preoperative optimisation of oxygen delivery. *Br Med J* 1999; 318:1099–103.
11. Collaborative Study Group on Perioperative ScvO₂ Monitoring: Multicentre study on peri- and postoperative central venous oxygen saturation in high-risk surgical patients. *Critical Care* 2006; 10:R158.
12. Žaja J: Venous oximetry. *Signa vitae* 2007; 2(1): 6–10.
13. Rivers E, Nguyen B, Havstad S, Ressler J, Muzzin A, Knoblich B et al, Early Goal-Directed Therapy Collaborative Group: Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med* 2001; 345:1368–1377.
14. Pearse RM, Rhodes A: Mixed and central venous oxygen saturation. *Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine*, Springer 2005:592–602.
15. Maddirala S, Khan A: Optimizing Hemodynamic Support in Septic Shock Using Central and Mixed Venous Oxygen Saturation. *Crit Care Clin* 2010; 26: 323–333.
16. Barratt-Boyes B, Wood E: The oxygen saturation of blood in the venae cavae, right-heart chambers and pulmonary vessels of healthy subjects. *J Lab Clin Med* 1957; 50:93–106.
17. Chawla L, Zia H, Gutierrez G, Katz N, Seneff M, Shah M: Lack of equivalence between central and mixed venous oxygen saturation. *Chest* 2004; 126: 1891–6.
18. Dueck M, Klimek M, Appenrodt S, Weigand C, Boerner U: Trends but not individual values of central venous oxygen saturation agree with mixed venous oxygen saturation during varying

- hemodynamic conditions. *Anaesthesiology* 2005; 103:249–57.
19. Ho K, Harding R, Chamberlain J, Bulsara M: A comparison of central and mixed venous oxygen saturation in circulatory failure [Jan. 17, Epub ahead of print]. *J Cardiothorac Vasc Anaesth* 2008.
 20. Lorentzen A, Lindskov C, Sloth E, Jakobsen C: Central venous oxygen saturation cannot replace mixed venous saturation in patients undergoing cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anaesth* 2008; 22:853–7.
 21. Sekkat H, Sohawon S, Noordally S: A comparison of mixed and central venous oxygen saturation in patients during and after cardiac surgery. *J Intens Care Soc* 2009; 10:99–101.
 22. Glamann D, Lange R, Hillis L: Incidence and significance of a “step-down” in oxygen saturation from superior vena cava to pulmonary artery. *Am J Cardiol* 1991; 68:695–7.
 23. Lee J, Wright F, Barber R, Stanley L: Central venous oxygen saturation in shock: A study in man. *Anesthesiology* 1972; 36:472–8.
 24. Reinhart K, Rudolph T, Breedle D, Hannemann L, Cain S: Comparison of central-venous to mixed-venous oxygen saturations during changes in oxygen supply/demand. *Chest* 1989; 95:1216–21.
 25. Muir A, Kirby N, King A, Miller H: Mixed venous oxygen saturation in relation to cardiac output in myocardial infarction. *Br Med J* 1970; 4:276–8.
 26. Martin C, Auffray J, Badetti C, Perrin G, Papazian L, Gouin F: Monitoring of central venous oxygen saturation versus mixed venous oxygen saturation in critically ill patients. *Intens Care Med* 1992; 18:101–4.
 27. Pieri M, Brandi L, Bertolini R, Calafa M, Giunta F: Comparison of bench central and mixed pulmonary venous oxygen saturation in critically ill patients. *Minerva Anesthesiologia* 1995; 61:285–91.
 28. Varpula M, Karlsson S, Ruokonen E: Mixed venous oxygen saturation cannot be estimated by central venous oxygen saturation in septic shock. *Intens Care Med* 2006; 32:1336–43.
 29. Turnaoglu S, Tugrul M, Camci E, Cakar N, Akinci O, Ergin P: Clinical applicability of the substitution of mixed venous oxygen saturation with central venous oxygen saturation. *J Cardiothorac Vasc Anaesth* 2001; 15:574–9.
 30. Reinhart K, Kersting T, Fohring U, Schafer M: Can central-venous replace mixed-venous oxygen saturation measurements during anaesthesia? *Adv Exper Med Biol* 1986; 200:67–72.
 31. Yazigi A, El Khoury C, Jebara S, et al. Comparison of central venous to mixed venous oxygen saturation in patients with low cardiac index and filling pressures after coronary artery surgery. *J Cardiothorac Vasc Anaesth* 2008;22(1):77–83.
 32. Kopterides P, Bonovas S, Mavrou I, et al. Venous oxygen saturation and lactate gradient from superior vena cava to pulmonary artery in patients with septic shock. *Shock* 2009;31(6):561–7.
 33. Reinhart K, Kuhn HJ, Hartog C, et al. Continuous central venous and pulmonary artery oxygen saturation monitoring in the critically ill. *Intensive Care Med* 2004; 30(8):1572–8.
 34. Dellinger RP, Levy MM, Carlet JM, et al. Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of severe sepsis and septic shock: 2008. *Crit Care Med* 2008;36(1):296–327.
 35. Edwards J, Mayall R: Importance of the sampling site for measurement of mixed venous oxygen saturation in shock. *Crit Care Med* 1998; 26:1356–60.
 36. Suter P, Lindauer J, Fairley H, Schlobohm R: Errors in data derived from pulmonary artery blood gas values. *Crit Care Med* 1975; 3:175–81.
 37. Pond C, Blessios G, Lappas D, McCawley C: Perioperative evaluation of a new mixed venous saturation catheter in cardiac surgical patients. *J Cardiothorac Vasc Anaesth* 1992; 6:280–2.
 38. Waller J, Kaplan J, Bauman D, Craver J: Clinical evaluation of a new fiberoptic catheter oximeter during cardiac surgery. *Anaesth Analg* 1982; 61: 676–9.
 39. Gattinoni L, Brazzi L, Pelosi P et al: A trial of goal-oriented hemodynamic therapy in critically ill patients. SvO2 Collaborative Group. *N Engl J Med* 1995;333(16):1025–32.
 40. Scalea T, Hartnett R, Duncan A, Atweh N, Phillips T, Sclafani S, Furotes M, Shaftan G: Central venous oxygen saturation: A useful clinical tool in trauma patients. *J Trauma* 1990; 30:1539–43.
 41. Ander D, Jaggi M, Rivers E, Rady M, Levine T, Levine A, Masura J, Gryzbowski M: Undetected cardiogenic shock in patients with congestive heart failure presenting to the emergency department. *Am J Cardiol* 1998; 82:888–91.
 42. Di Filippo A, Gonnelli C, Perretta L, et al. Low central venous saturation predicts poor outcome in patients with brain injury after major trauma: a prospective observational study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2009;17(1):23.
 43. Pearse R, Dawson D, Fawcett J, Rhodes A, Grounds R, Bennett E: Changes in central venous saturation after major surgery and association with outcome. *Critical Care* 2005; 9:R694–9.
 44. Jakob S, Bracht H, Eigenmann V, Haenggi M, Inderbitzin D, Loher S et al: Multicentre study on peri- and postoperative central venous oxygen saturation in high-risk surgical patients. *Crit Care* 2006; 10:R158.
 45. Poeze M, Ramsay G, Greve JW, Singer M: Prediction of postoperative cardiac surgical morbidity and organ failure within 4 hours of intensive care unit admission using esophageal Doppler ultrasonography. *Crit Care Med* 1999; 27:1288–94.
 46. Polonen P, Hippelainen M, Takala R, Ruokonen E, Takala J: Relationship between intra- and postoperative oxygen transport and prolonged intensive care after cardiac surgery: A prospective study. *Acta Anaesthesiol Scand* 1997; 41:810–7.
 47. Routsis C, Vincent J, Bakker J, Backer D, Lejeune P, d’Hollander A, Clerc JL, Kahn R: Relation between oxygen consumption and oxygen delivery in patients after cardiac surgery. *Anaesth Analg* 1993; 77:1104–10.
 48. Hutter AM Jr, Moss AJ: Central venous oxygen saturations. Value of serial determinations in patients with acute myocardial infarction. *JAMA* 1970, 212:299–303.
 49. Rady MY, Rivers EP, Martin GB, Smithline H, Appleton T, Nowak RM: Continuous central venous oximetry and shock index in the emergency department: use in the evaluation of clinical shock. *Am J Emerg Med* 1992, 10:538–541.
 50. Donati A, Loggi S, Preiser JC, Orsetti G, Münch C, Gabbanelli V: Goal-Directed Intraoperative Therapy Reduces Morbidity and Length of Hospital Stay in High-Risk Surgical Patients. *Chest* 2007; 132:1817–24.
 51. Jammer I, Ulvik A, Erichsen C, Lodemel O, Ostgaard G: Does Central Venous Oxygen Saturation-directed Fluid Therapy Affect Postoperative Morbidity after Colorectal Surgery? *Anesthesiology* 2010; 113:1072– 80.
 52. Rahbari NN, Zimmermann JB, Schmidt T, Koch M, Weigand MA, Weitz J: Meta-analysis of standard, restrictive and supplemental fluid administration in colorectal surgery. *Br J Surg* 2009; 96:331– 41.
 53. Nisanevich V, Felsenstein I, Almog G, Weissman C, Einav S, Matot I: Effect of intraoperative fluid management on outcome after intraabdominal surgery. *Anesthesiology* 2005; 103:25–32.
 54. Brandstrup B, Tonnesen H, Beier-Holgersen R, Hjortso E, Ording H, et al, Danish Study Group on Perioperative Fluid Therapy: Effects of intravenous fluid restriction on postoperative complications: Comparison of two perioperative fluid regimens: a randomized assessor-blinded multicenter trial. *Ann Surg* 2003; 238:641– 8.
 55. Jamieson W, Turnbull K, Larriau A, Dodds W, Allison J, Tyers G:

Continuous monitoring of mixed venous oxygen saturation in cardiac surgery. *Can J Surg* 1982; 25:538–43.

56. Waller J, Kaplan J, Bauman D, Craver J: Clinical evaluation of a new fiberoptic catheter oximeter during cardiac surgery. *Anaesth Analg* 1982; 61: 676–9.

57. Krauss X, Verdouw P, Hughenoltz P, Nauta J: On-line monitoring of mixed venous oxygen saturation after cardiothoracic surgery. *Thorax* 1975: 636–43.

58. Polonen P, Ruokonen E, Hippelainen M, Poyhonen M, Takala J: A prospective, randomized study of goal-oriented hemodynamic therapy in cardiac surgical patients. *Anaesth Analg* 2000; 90:1052–9.

THE ROLE OF VENOUS OXIMETRY IN PERIOPERATIVE CARE AND ITS RELATION WITH POSTOPERATIVE OUTCOME

Raimonda Jucevičiūtė, Marius Rimaitis, Andrius Bubliauskas, Šarūnas Augustis, Žilvinas Saladžinskas, Kęstutis Rimaitis, Andrius Macas

Summary

Key words: venous oximetry, ScvO₂, goal-directed, major surgery, tissue hypoxia, surgical complications.

Tissue hypoxia emerges as a result of inadequate tissue oxygenation due to disbalance between oxygen delivery and oxygen consumption, and is one of the key factors in development of organ dysfunction. Hemodynamic parameters, conventionally used to assess tissue and organ perfusion, may show normal values in early tissue hypoxia and cannot rule out pathologic changes. Venous oximetry closely reflects the balance between oxygen delivery and consumption,

and may provide its intermittent or continuous monitoring peri- and postoperatively. Such monitoring enables early identification of tissue hypoxia and therefore early therapeutic interventions are possible. However, venous oximetry is complex and a detailed understanding of the physiologic principles is essential for its safe and effective use in clinical practice. The successful use of venous oximetry in goal-directed management of early sepsis has led to interest in the use of this parameter in surgical patients.

Our review article describes the physiology, pathophysiology, and measurement of mixed (SvO₂) and central (ScvO₂) venous oxygen saturation, and explores the findings of contemporary studies investigating the use of venous oximetry in surgery and its relation with postoperative outcome. Observational studies of surgical patients have shown that low ScvO₂ values are associated with higher risk of postoperative complications. According to small interventional studies, central venous oxygen saturation can be used as a therapeutic goal in hemodynamic correction and may decrease the incidence of postoperative complications.

Correspondence to: andrius.macas@kmuk.lt

Gauta 2010-02-03

