

# Hipotenzinė anestezija atliekant klubo ir kelio sąnarių endoprotezavimą: į tikslą nukreiptos skysčių terapijos algoritmas

## Hypotensive anaesthesia in total hip and knee arthroplasty: algorithm for the goal-directed fluid management

Audrius Andrijauskas<sup>1</sup>, Juozas Ivaškevičius<sup>1</sup>, Manvilis Kocius<sup>2</sup>,  
Narūnas Porvaneckas<sup>2</sup>, Darius Činčikas<sup>1</sup>, Jeugenija Olševska<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Vilniaus universiteto Anestziologijos ir reanimatologijos klinika, Šiltnamių g. 29 LT-04130 Vilnius*

<sup>2</sup> *Vilniaus universiteto Reumatologijos, ortopedijos, traumatologijos, plastinės ir rekonstrukcinės chirurgijos klinika, Šiltnamių g. 29, LT-04130 Vilnius*

*El. paštas: audrius.andrijauskas@mf.vu.lt*

<sup>1</sup> *Vilnius University Clinic of Anaesthesiology and Intensive Care, Šiltnamių str. 29 LT-04130 Vilnius, Lithuania*

<sup>2</sup> *Vilnius University Clinic of Rheumatology, Orthopaedics, Traumatology, Plastic and Reconstructive Surgery, Šiltnamių str. 29, LT-04130 Vilnius, Lithuania*

*E-mail: audrius.andrijauskas@mf.vu.lt*

Kontroliuojama hipotenzinė anestezija jau ilgą laiką taikoma siekiant sumažinti kraujo netektį ir kraujo perpylimo poreikį. Be to, sumažinus arterinį kraujo spaudimą, pagerėja operavimo sąlygos („sausas operacinis laukas“). Atsiranda galimybė sumažinti išorinį mechaninį spaudimą, taikomą operuojamos galūnės kraujotakai sustabdyti atliekant kelio sąnario endoprotezavimą, arba net visai jo netaikyti. Šiuolaikiniai metodai grindžiami įvairiais valdomą hipotenziją sukeliančiais veiksniais, kaip pavyzdžiui, tai gali būti (a) kraujagysles plečiantys vaistai, (b) centrinė simpatinė blokada ir (c) stiprų kardiodepresinį-vazopleginį poveikį turintys inhaliaciniai anestetikai. Taikant hipotenzinę anesteziją, didžiausią rūpestį kelia paciento saugumo užtikrinimas. Ypatinę pavojų kelia „nebyli“ organų išemija dėl nepakankamo jų aprūpinimo krauju, nes ji gali sutrikdyti audinių ir organų funkciją ar net sukelti žūtį. Taigi, užtikrinant metodo saugumą lemiamą reikšmę tenka efektyvaus cirkuliuojančio tūrio (normovolemijos) palaikymui arterinės hipotenzijos sąlygomis. Deja, iki šiol nėra paprasto, patikimo ir veiksmingo metodo, kuris leistų užtikrinti šią ypač svarbią paciento saugumo sąlygą. Tradicinius kraujotakos optimizavimo metodus šiuo metu keičia skysčių terapijos metodai, grindžiami į tikslą nukreiptų priemonių taikymo koncepcija. Remdamiesi šia koncepcija autoriai sukūrė klinikinį TNP algoritmą, kuris skirtas normovolemijai užtikrinti, atliekant kelio ir klubo sąnario planinį endoprotezavimą hipotenzinės anestezijos sąlygomis. Algoritmas pateikiamas kartu su svarbiausių hemodinamikos parametrų taikymo ir klinikinio interpretavimo ypatumų apžvalga.

**Reikšminiai žodžiai:** hemodinamika, į tikslą nukreipta skysčių terapija, skysčiai, transfuzija, algoritmas

Hypotensive anaesthesia is a technique that deploys the controlled reduction of mean arterial pressure. It has been used for decades to reduce intraoperative blood loss and related blood transfusions, also to ensure the 'dry operating field' and minimize the tourniquet inflation pressure in patients undergoing total hip (THA) and knee (TKA) arthroplasty. Hypotensive anaesthesia can be achieved in different ways such as (a) by decreasing cardiac output with vasodilatory agents, (b) inducing the sympathetic block by spinal and/or epidural anaesthesia, and/or (c) by using potent anesthetic gases in general anaesthesia. The major concern in the method's clinical applicability is the patient's safety. Inherent risks related to hypotensive anaesthesia are mainly associated with the concern of occult tissue hypoperfusion resulting from inadequately compensated relative hypovolemia. Therefore, maintaining an effective circulating volume (normovolemia) is crucial for the safe management of controlled arterial hypotension. However, the lack of a simple, reliable and effective method for the guidance of appropriate measures is an ongoing deficiency. Conventional strategies aiming to establish, monitor and maintain normovolemia are currently replaced by the goal-directed management (GDM) in fluid therapy. It has already become a standard of care in selected patients such as those undergoing major abdominal surgery. On the basis of goal-directed fluid management, authors have developed a GDM algorithm for the optimization of fluid status, aiming to secure normovolemia during hypotensive anaesthesia. The new algorithm is highlighted along with a review of related issues of its clinical application.

**Key words:** hemodynamics, goal-directed-management, fluid, transfusion, algorithm

## Įvadas

Mažinant perioperacinį kraujo netekimą, dažniausiai naudojamos trys tradicinės paciento kraują tausojančios priemonės – autologinė transfuzija, ūmi normovoleminė hemodiliucija ir kontroliuojama hipotenzija. Neretai taikomi įvairūs jų deriniai.

Labai efektyvi tradicinė kraują tausojanti priemonė yra ūmi normovoleminė hemodiliucija. Ji yra itin veiksminga, kai taikoma operacijoms, kurioms būdingas didelis intraoperacinis kraujo netekimas. Prieš prasidedant operacijai iš paciento venos paimama apie 20% formulėmis apskaičiuoto normalaus kraujo tūrio. Jis atidedamas vėlesnei autologinei retransfuzijai. Susidarantis cirkuliuojančio tūrio deficitas yra kompensuojamas kristaloidais ir/arba koloidais. Deja, nors šis metodas yra išskirtinio efektyvumo, jis siejamas su nepageidaujama padariniais, kurie net gali sukelti grėsmę gyvybei. Periferinių ir centrinių audinių tinimas yra itin ryškus, jei plazmai atskiesti naudojami vien kristaloidų tirpalai. Be to, formulės, prognozuojančios hemoglobino koncentraciją (Hb) po autologinio kraujo paėmimo [1], yra gana netikslios. Todėl gali būti sukelta neprognozuota ir pavojingai pažengusi ūminė anemija. Laiku nesiėmus tinkamų priemonių, kyla didelis pavojus paciento gyvybei. Su tuo siejami mirties atvejai neretai aprašomi literatūroje [2].

Kraują tausojančios priemonės, pavyzdžiui, valdoma arterinė hipotenzija, jau ilgą laiką taikomos siekiant sumažinti kraujo netekimą ir kraujo perpylimus atliekant klubo (KbA) ir kelio (KeA) sąnarių endoprotezavimo

operacijas. Reikšmingai ištobulėjus operacijų technikai ir pagerėjus igūdžiams bei ribotai taikant operacinių žaizdų drenavimo taktiką, kraujo netekimą mažinančios priemonės prarado savo pirminį aktualumą, nes kraujo netekimas daugeliu atveju tapo nereikšmingas. Deja, šiems pacientams dažnai pasitaiko lėtinių ligų anemija. Būtent tokiems pacientams net ir nedidelis kraujo netekimas gali lemti kraujo perpylimo būtinumą. Taigi, taikomų ir saugių kraują tausojančių priemonių pritaikymas šiems pacientams gali turėti lemiamą reikšmę, kad būtų išvengta transfuzijos. O tai yra labai reikšmingas skirtumas kalbant apie gydymo priemonių saugumą. Ištobulėjus kraujo ėmimui, tyrimui, saugojimui ir perpylimui, transfuzinių reakcijų ir infekcijos plitimo pavojai tapo minimalūs, o ilgalaikis neigiamas poveikis imuninei sistemai neabejotinai išlieka ir jis siejamas netgi su galimu sepsio išsivystymu praėjus ir daugeliui metų po praeityje atlikto nors vieno kraujo vieneto perpylimo [3].

Atsižvelgus į minėtus kraują tausojančių metodų pranašumus ir trūkumus, pasirinkimas galėtų tekti valdomai hipotenzinei epidurinei anestezijai. Be kraują tausojančio poveikio, arterinio kraujo spaudimo sumažinimas suteikia ir kitų pranašumų, pavyzdžiui, pagerėja operavimo sąlygos („sausa žaizda“). Taip pat atsiranda galimybė sumažinti išorinį mechaninį spaudimą, taikomą operuojamai galūnei nukraujinti atliekant kelio sąnario endoprotezavimą, arba net visai jo atsisakyti. Taigi, hipotenzinė epidurinė anestezija (HEA) turėtų būti plačiai naudojama atliekant KbA ir KeA operacijas. Šiame straipsnyje apžvelgiami HEA ypatumai ir pirmą

kartą pristatomas autorių sudarytas naujas algoritmas. Jis skirtas svarbiausiai HEA saugumo sąlygai – pagerinti kraujotaką valdomos arterinės hipotenzijos sąlygomis. Tai į tikslą nukreiptų priemonių (TNP) taikymo koncepcija, išdėstyta TNP algoritme.

## Hipotenzinės anestezijos ypatumai

### *Hipotenzinės anestezijos metodikos ir bendros nuostatos*

Valdoma arterinė hipotenzija anestezijos ir operacijos metu yra vienas iš dažniausiai taikomų kraują tausojančių metodų. Arterinis kraujo spaudimas žemėja mažinant minutinį širdies tūrį arba periferinį kraujagyslių pasipriešinimą bei derinant abu šiuos poveikius kartu [4]. Valdomei hipotenzijai sukelti ir palaikyti naudojamos tokios priemonės: (a) kraujagysles plečiančiantys intraveniniai vaistai, (b) centrinė simpatinė blokada (spinalinė ir/ar epidurinė anestezija) arba (c) stiprų kardiodepresinį-vazopleginį poveikį turintys inhaliaciniai anestetikai (benroji anestezija). Bendroji anestezija yra gana retai taikoma endoprotezuojant apatines galūnes. Labiausiai paplitusi spinalinė ir/ar epidurinė anestezija. Kadangi centriniai blokai sukelia labai efektyvią laikiną simpatektomiją, todėl jie plačiai naudojami valdomai arterinei hipotenzijai sukelti ir palaikyti. Efektyviausia, nors ir kraštutiniai pavojinga, kraują tausojanti taktika yra derinys dviejų metodų – ūmios normovoleminės hemodiliucijos ir hipotenzinės anestezijos. Visgi keista, kad toks metodas iš viso taikomas, nes anemija yra laikoma reliatyvia bet kurio hipotenzijos metodo naudojimui kontraindikacija.

Sharrock pirmasis pritaikė hipotenzinę epidurinę anesteziją (HEA) 1989 m. [5]. Metodika pasirodė gana efektyvi ir palyginti saugi, o pagrindiniai jos taikymo principai iki šiol nedaug tepasikeitė. Tai saugi technika, turinti mažus komplikacijų ir mirtingumo rodiklius netgi pacientams, kurių kairio skilvelio funkcija sutrikusi [6]. Nenustatyta, kad HEA turėtų neigiamą poveikį širdies, inkstų ar smegenų funkcijai, todėl ji yra taikoma netgi sergantiems arterine hipertenzija ir išemine širdies liga [7]. Arterinei hipotenzijai sukelti reikalingas simpatinis blokas atliekamas vietiniais anestetikais, suleidžiant juos per epidurinę kateterį, kuris įkišamas operacinėje prieš operacijos pradžią. Atliekant apatinių

galūnių sąnarių endoprotezavimo operacijas epidurinis kateteris dažniausiai įkišamas į apatinius krūtinės arba viršutinius juosmens slankstelių tarpus (Th12–L1/L1–L2) [8]. Paprastai naudojami ilgai veikiantys vietiniai anestetikai, pavyzdžiui, bupivakainas, ropivakainas arba levobupivakainas. Arterinei hipotenzijai reikalingas simpatinio bloko aukštis siekia trečią torakalinį dermatomą (Th3). Tuo tikslu pro epidurinę kateterį suleidžiama 25–35 ml vietinio anestetiko. Jis skiriamas lėta infuzija (2–3 ml/min) arba 5–10 ml frakcijomis su 5 min. pertraukomis. Neretai taikomas epidurinės ir spinalinės anestezijos derinys. Pagrindinis jo pranašumas yra tas, kad greičiau pasiekiamai operacijai reikalinga motorinė blokada. Spinalinė anestezija dažniausiai atliekama antro ir trečio juosmens slankstelių tarpe (L2–L3). Naudojami tie patys vietiniai anestetikai, kaip ir epiduriniam blokui, bet jų koncentracija ir tūris yra mažesni (2,5–3,5 ml). Epidurinei ir spinalinei anestezijai vartojamo vietinio anestetiko dozė ir koncentracija pasirenkama atsižvelgiant į preparato charakteristikas, individualias paciento fizines savybes ir amžių. Adrenalino infuzija 0,01–0,07 mg/kg/min. dažniausiai pradedama dar iki arterinės hipotenzijos pradžios. Vėliau adrenalino dozė pritaikoma norimam spaudimui palaikyti, taigi gali būti didinama, mažinama arba vaisto skyrimas visai nutraukiamas. Adrenalino infuzija gali būti tęsiama ir po operacijos, t. y. kol sistolinis arterinis spaudimas pakyla aukščiau kaip 100 mmHg.

Šiuo metu žinomais ir klinikinėje praktikoje naudojamais metodais neįmanoma tiksliai nustatyti saugios apatinės vidurinio arterinio kraujo spaudimo ribos ir saugios hipotenzijos laiko trukmės. Sumažėjus kraujospūdžiui, kraujotaka galvos smegenyse, miokarde ir inkstuose kompensuojama autoreguliacine vazodilatacija. Tradiciškai manoma, kad vidurinis arterinis kraujo spaudimas vAKS (angl. *mean arterial pressure* – MAP) neturi būti mažinamas žemiau 55–60 mmHg, nes tai yra sveikų žmonių smegenų kraujotakos autoreguliacijos žemiausia riba [9, 10]. Vis dėlto valdoma arterinė hipotenzija iki 45–50 mmHg yra sėkmingai taikoma net vyresnio amžiaus pacientams. Kliujamasi tuo, kad smegenų kraujotakos adekvatumą galima nuolat stebėti, žodžiu bendraujant su paviršutiniškos sedacijos pacientu. Manoma, jog žeminant vAKS iki 50 mmHg dydžio, vainikinių kraujagyslių perfuzinis slėgis nepasiekia

kritinio lygio ir miokardo išemija nėra nesukeliama. Mažinant vAKS žemiau 50 mmHg, gali sutrikti inkstų kraujotaka ir atsirasti filtracijos sutrikimų bei oligurija. Dažniausiai šie sutrikimai yra grįžtamojo pobūdžio – nutraukus hipotenziją, greitai išnyksta [11]. Arterinio kraujo spaudimo sumažėjimas iki vAKS 45–50 mmHg paprastai pasireiškia jau po 10–20 min. nuo epidurinės vietinių anestetikų injekcijos [12, 13]. Jeigu arterinio spaudimo sumažėjimas yra nepakankamas, į veną gali būti suleidžiama 2,5–5 mg droperidolio arba skiriamas papildomas epidurinis 5 ml vietinio anestetiko boliusas. Deguonis skiriamas nuo pat anestezijos pradžios pro nosies kateterį 3 l/min. intensyvu. Paciento sedacijai vartojami benzodiazepinai, barbituratai, opioidai arba propofolis ir įvairūs jų deriniai. Atkreiptinas dėmesys, kad perioperacinis benzodiazepinų skyrimas turi būti ribojamas vyresnio amžiaus pacientams. Nustatyta, kad perioperacinis šios grupės preparatų vartojimas vyresniems nei 70 metų pacientams siejamas su didesne perioperacinio deliro išsivystymo rizika [14].

## Cirkuliacijos optimizavimas

### *Normovolemija – pagrindinė hipotenzinių metodų saugumo sąlyga*

Optimali širdies ir kraujagyslių funkcija siejama su optimaliu, t. y. efektyviu, cirkuliuojančiu tūriu. Šias sąlygas užtikrinti yra ypač svarbu, siekiant saugiai taikyti hipotenzinės anestezijos metodus. Koks monitoringas ir kokios kardiovaskulinės sistemos veiklos optimizavimo priemonės laiduoja sėkmę, siekiant minėto saugumo garanto – normovolemijos?

Deja, aukštinio standarto dar nesukurta. *Mažiausią įprastinę ir privalomą* gyvybinių funkcijų stebėjimo apimtį KbA ir KeA operacijų metu sudaro neskvarbus (neinvazinis) arterinio kraujo spaudimo matavimas 3–5 min. intervalais, nuolatos ir tikroju laiku atliekama pulsoksimetrinė arterinio kraujo deguonies saturacijos stebėseną ir širdies elektrokardiografija. To nepakanka, kai yra taikoma HEA, nes pagrindinė jos saugumo sąlyga yra efektyvaus cirkuliuojančio tūrio (normovolemijos) palaikymas arterinės hipotenzijos metu. Pavyzdžiui, elektrokardiografiškai nustatytas ST segmento nuokrypis rodo vainikinių arterijų kraujotakos sutrikimą, kai jo etiologija gali būti nesusijusi su sisteminio cirkuliuo-

jančio tūrio neadekvatumu. Siekiant užtikrinti tinkamiausią cirkuliacijos būklę (normovolemija) ir sudaryti sąlygas optimaliai organų perfuzijai, būtina išplėstinė širdies veiklos ir kraujotakos stebėseną (monitoringas) [15].

Kokia optimali hemodinamikos parametrų stebėseną turėtų būti *įprastai ir privalomai* naudojama, kai HEA taikoma KbA ir KeA operacijoms? Pirma, stebimi parametrai turi atspindėti širdies veiklos ir kraujotakos efektyvumą pakankamai specifiskai ir jautriai, o jų stebėseną turi būti rutiniškai pritaikoma ir pasiekama atliekant KbA ir KeA operacijas. Antra, tie parametrai turi būti nustatomi tikroju laiku, o esant galimybei – matuojami nuolatos. Trečia, jie turi specifiskai atspindėti atsaką į pagrindines kardiovaskulinės sistemos veiklos optimizavimo priemones – skiriamus skysčius, kraujo produktus, kardiovaskulinius vaistus ir diuretikus. Ketvirta, parametrai turi turėti prognozinę reikšmę, numatant atsaką į minėtas optimizacijos priemones dar prieš jas skiriant. Penkta, tikėtina klinikinė nauda turi reikšmingai viršyti su tuo tiesiogiai susijusią riziką ir kainą. Deja, šiuo požiūriu naudingiausios priemonės, o tiksliau – jų kompleksas, įprastai pasiekiamas tik ypatingos rizikos pacientams, kuriems atliekamos, pavyzdžiui, širdies operacijos. Tai lemia sąnaudos (brangūs prietaisai ir/arba brangus jų naudojimas). Suprantama, svarbus ribojantis veiksnys yra metodo pritaikomumas. Pavyzdžiui, skvarbūs (invaziniai) metodai, kurie priimtini atliekant širdies operacijas, yra nepritaikomi apatinių galūnių artroplastikos operacijoms (mažas naudos ir rizikos santykis). Prie riboto pritaikomumo dar gali prisidėti ir specialiųjų personalo įgūdžių būtinumas.

### *Hemodinamikos parametrai vertinant cirkuliacijos būklę*

Optimali širdies ir kraujagyslių funkcija siejama su optimaliu prieškrūviu, širdies raumens susitraukiamumu (kontraktiliškumu) ir pokrūviu.

*Statiniai parametrai (prieškrūvio žymenys).* Kraujo pritekėjimą į širdį apibūdina slėgis ir tūris. Deja, slėgis centrinėse kraujagyslėse ir net širdies ertmėse nėra specifiskas cirkuliuojančio tūrio atspindys, nes priklauso ir nuo parametrų, nesusijusių su kraujo tūrio adekvatumu, pavyzdžiui, intratorakalinio slėgio [16–18]. Tačiau centrinis veninis spaudimas (CVS) tradiciškai vis dar

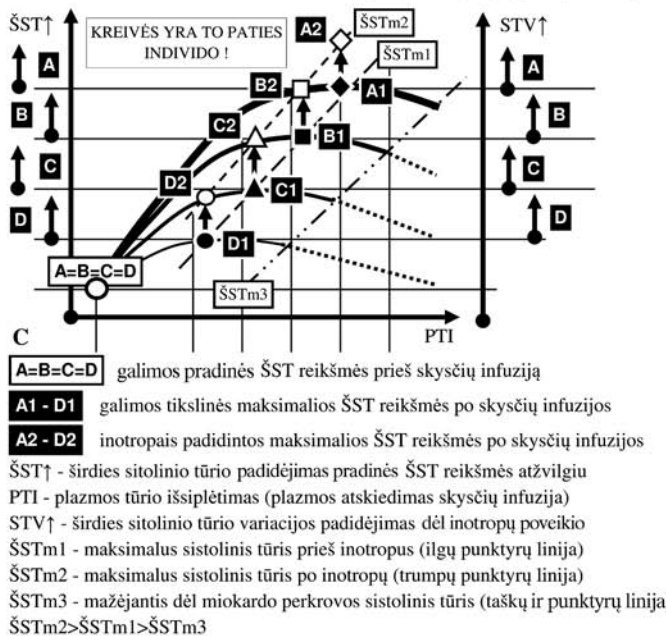
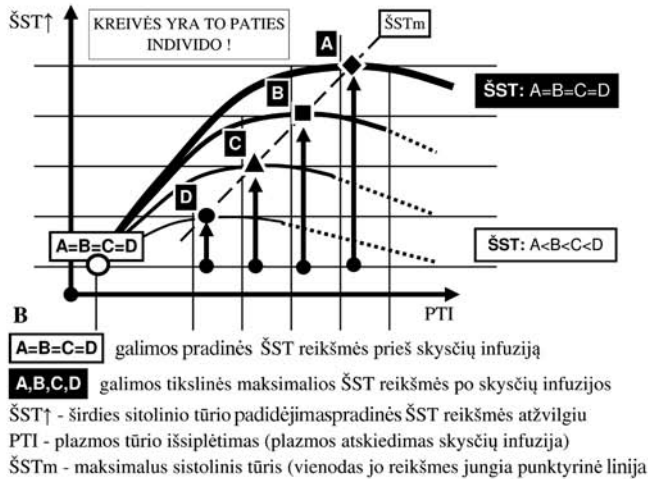
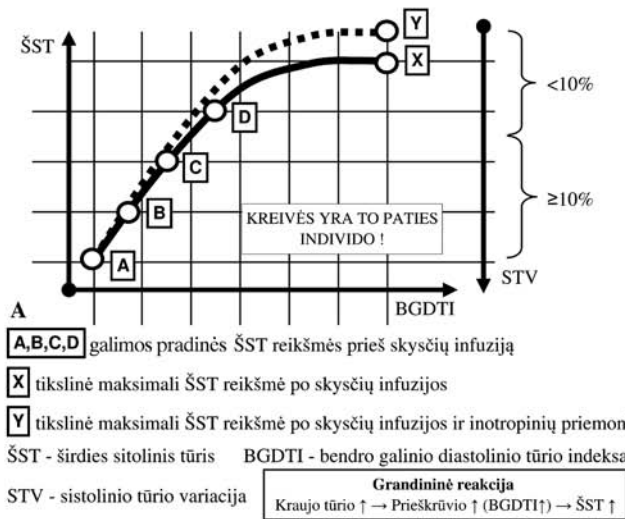


plačiai naudojamas intensyviojoje terapijoje cirkuliacijos būklei vertinti ir skysčiams skirti. Žinoma, CVS yra patikimas cirkuliuojantį tūrį netiesiogiai atspindintis parametras nesudėtingose klinikinėse situacijose, tokiose kaip ūmus nukraujavimas nesant sunkios gretutinės patologijos [19, 20]. Daugumoje kitų intensyvaus gydymo reikalaujančių klinikinų situacijų siekimas užsibrėžto CVS ar net plaučių arterijos pleištinio spaudimo (PAPS) yra siejamas su neadekvačiu skysčių terapijos taikymu ir net gyvybei pavojingomis komplikacijomis, tokiomis kaip plaučių edema [21]. Vertinant pavojus, susijusius su centrinių venų punkcija ir vėliau gresiančia kateterio infekcija, intraveninių skysčių lašinimo patogumas lieka vienintelė pagrįsta indikacija kateterizuoti centrinę veną. Tokia nauda pagrįsta tik jei nėra galimybės atlikti periferinių venų kateterizaciją. Taigi, kitais atvejais rizikos ir klinikinės naudos santykis yra labai didelis ir nepateisina rutiniško centrinių venų kateterizavimo. Gerokai didesniu specifiškumu pasižymi tūriniai prieškrūvio matavimai, pavyzdžiui, pats jautriausias iš jų – bendras galinis diastolinis tūris (BGDT) [22]. Deja, šio matavimo jautrumas cirkuliuojančio tūrio atžvilgiu yra nepakankamas, nes BGDT indeksas  $<600 \text{ ml/m}^2$  siejamas su hipovolemija, indeksas  $>800 \text{ ml/m}^2$  – su hipervolemija, o tarpinės reikšmės – su pačiomis įvairiausiomis cirkuliacijos būsenomis [23]. Taigi, statinė prieškrūvio vertinimo klinikinė nauda cirkuliacijos būklei nustatyti yra labai menka. Todėl būtų pateisinamas tik mažos rizikos, t. y. neskarbių (neinvazinių) matavimo metodų taikymas. Tačiau jų patikimumas yra gana ribotas. Pavyzdžiui, perkūrinės (transtorakalinės) echokardiografijos tikslumas labai priklauso nuo paciento padėties ir specialių personalo įgūdžių. Matavimo metodų pritaikomumas taip pat yra svarbus ribojantis veiksnys. Pavyzdžiui, perstemplinis doplerinis daviklis dirgina sąmoningą pacientą, o matavimui būtini specialūs įgūdžiai. Be to, matavimo tikslumas nukenčia keičiant paciento padėtį. Atsižvelgiant į šiuos ypatumus, prieškrūvio matavimas negali būti rekomenduojamas atliekant KbA ir KeA operacijas.

*Dinaminiai parametrai (širdies kontraktiškumo rezervo žymenys).* Širdies kontraktiškumo rezervo nustatymas dinaminiais parametrais leidžia prognozuoti širdies susitraukimų efektyvumo pokyčius, jei skysčio infuzija atitinkamai padidins širdies prieškrūvį. Fizio-

loginiu požiūriu (Starlingo dėsnis), pritekančio kraujo tūris ir sukiamas spaudimas širdies ertmėse lemia širdies susitraukimo jėgą (inotropiją) ir išstumiamo kraujo tūrį (sistolinį tūrį). Šio vyksmo fiziologinės ribos yra individualios. Šį dėsnį iliustruoja Franko–Starlingo kreivė, kuri nusako individualias fiziologines širdies susitraukiamumo svyravimo ribas, keičiantis raumens išsitempimui [24]. Ignoruojant prisipildymo spaudimą kaip nespecifinį cirkuliuojančiam tūriui prieškrūvio parametą, Franko–Starlingo kreivė gali būti pavaizduota kaip sistolinio tūrio priklausomybė nuo prieškrūvio, kuris išreiškiamas bendru galiniu diastoliniu tūriu (BGDT). Kaip pavaizduota 1A pav., fiziologinį sistolinio tūrio ir prieškrūvio santykio svyravimo intervalą rodo Franko–Starlingo kreivė.

Klinikiniu požiūriu svarbu žinoti ne tiek visą individualią fiziologinę Franko–Starlingo kreivę (tai yra neįmanoma), kiek individualų širdies raumens rezervą padidinti kontraktiškumą ir sistolinį tūrį didėjant prieškrūviui. Tuo remiantis galima numatyti atsaką į cirkuliuojančio tūrio didinimą [25]. Jei rezervas yra reikšmingas, tada iš intraveninių skysčių galima tikėtis klinikinės naudos, t. y. jų skyrimas yra pagrįstas ir tikslingas siekiant pagerinti cirkuliaciją. Ir atvirkščiai, jeigu kontraktiškumo rezervas yra mažas, tada kyla širdies raumens pertempimo ir sistolinio tūrio sumažėjimo pavojus, jei intraveniniais skysčiais bus padidintas prieškrūvis. Taigi, prognozuojant funkcinį atsaką į skysčių terapiją, reikia nustatyti Franko–Starlingo kreivės vietą, t. y. funkcinį širdies raumens rezervą, vykdant stebėseną. Deja, to neparodo nei sistolinis tūris, nei prieškrūvis (BGDT). Tuo tikslu naudojami dinaminiai parametrai – sistolinio tūrio (STV) arba pulsio spaudimo (PSV) variacija. Jie atspindi statinių parametrų svyravimus per kontolijuojamos (mechaninės) plaučių ventilacijos ciklą. Jo sukeliama prieškrūvio svyravimai imituoja numatomos skysčių infuzijos galbūt sukeliama prieškrūvio padidėjimą ir taip parodo širdies kontraktiškumo rezervą prisitaikant prie šių svyravimų. Nustatyta, kad STV ir  $PSV \geq 10\%$  prognozuoja reikšmingą sistolinio tūrio padidėjimą, jei intraveninių skysčių infuzija adekvačiai padidins prieškrūvį [26]. Dinaminis parametras galima išmatuoti minimaliai skarbiais metodais. Pavyzdžiui, specialiai anesteziologinei praktikai pritaikyta ličio praskiedimu matuojamo širdies minutinio tūrio metodika (LiDCO-



1 pav. Klinikinė Franko–Starlingo kreivės interpretacija

**A.** Franko–Starlingo kreivė apibūdina fiziologines širdies raumens susitraukiamumo (kontraktiliškumo) ribas. Tai rodo širdies sistolinio tūrio ir prieškrūvio (bendro galinio diastolinio tūrio indekso (BGDTI)) santykis. Stora trūki kreivė atspindi kontraktiliškumo padidinimą inotropinėmis priemonėmis. Širdies sistolinio tūrio variacija, t. y. sistolinio tūrio kitimas per vieną mechaninės plaučių ventilacijos ciklą, atspindi širdies kontraktiliškumo didinimo rezervą. Jeigu variacija (STV) <10%, reikšmingo kontraktiliškumo padidėjimo negalima tikėtis. Todėl skysčių infuzija didinamas kraujo tūris ir prieškrūvis nepadidins širdies veiklos efektyvumo ir net gali jį sumažinti. Variacija (STV) ≥10% prognozuoja reikšmingą sistolinio tūrio didėjimą (>10%), jeigu skysčių infuzija adekvačiai padidins kraujo tūrį, o pastarasis – prieškrūvį (BGDTI). Šis dėsningumas dar nusakomas grandinine reakcija: Kraujo tūrio ↑ → Prieškrūvio ↑ (BGDTI↑) → ŠST ↑.

**B.** Tam pačiam individui, priklausomai nuo pradinio ŠST, maksimaliam sistoliniam tūriui pasiekti reikia skirtingo plazmos atskiedimo (kuo mažesnis pradinis sistolinis tūris kylančioje kreivės dalyje, tuo didesnis plazmos atskiedimas reikalingas maksimaliam sistoliniam tūriui pasiekti). Vienodas maksimalias sistolinio tūrio reikšmes jungia trūki linija.

**C.** Širdies sitolinio tūrio padidėjimas prieš tai skysčiai maksimizuotos ŠST reikšmės atžvilgiu. Širdies funkcija pagerėja, ir tai rodo pasikeitusi padėtis Franko–Starlingo kreivėje, t. y. iš plato vėl grįžtama į kylančią kreivės dalį. Vadinasi, papildomas plazmos atskiedimas gali būti toleruojamas ir palankus, nes gali dar labiau padidinti širdies kontraktiliškumą.

*rapid*) – tam užtenka į periferinę arteriją įkišto kateterio (*a. radialis* kateteris). Apibendrinant pasakytina, kad dinaminiai parametrai gali būti labai naudingi optimizuojant cirkuliaciją hipotenzinės anestezijos sąlygomis, o jų naudojimas visiškai suderinamas su Kba ir KeA operacijų ir pacientų ypatumais. Deja, be mechaninės plaučių ventilacijos būtinumo (bendroji anestezija!), yra dar vienas ribojantis veiksnys – metodas netaikomas esant aritmijai [15]. Taigi, dinaminių parametru stebėseną valdomos arterinės hipotenzijos sąlygomis gali būti rekomenduojama atliekant Kba ir KeA operacijas, jei nėra aritmijos ir pacientui taikoma bendroji anestezija su mechanine plaučių ventilacija. Be to, LiDCO*rapid* metodika leidžia ir labai efektyviai stebėti širdies pokrūvį tikruoju laiku matuojamais viduriniu arteriniu spaudimu ir sisteminiu kraujagyslių pasipriešinimu.

*Cirkuliacijos optimizavimo eigos stebėseną (monitoringą)*. Vadovaujantis į tikslą nukreiptos skysčių terapijos koncepcija [27], cirkuliacijos ir širdies funkcijos optimizavimas siejamas su savo specifiskumu labiausiai pasiteisinusio parametro – širdies sistolinio tūrio – maksimizacija. Tuo tikslu stebimas sistolinio tūrio padidėjimas, praėjus 5 min. po 200 ml koloido infuzijos. Padidėjimas  $\geq 10\%$  laikomas teigiamu atsaku ir tai yra indikacija atlikti papildomą 200 ml koloido infuziją [15]. Procedūra tęsiama, kol sistolinio tūrio padidėjimas tampa nereikšmingas ( $< 10\%$ ), o tada skiriama palaikomoji skysčių terapija. Kaip ir prognozuojant atsaką į skiriamus skysčius, realaus atsako stebėsenai gali būti rekomenduojama ličio praskiedimu matuojamo širdies minutinio tūrio metodika (LiDCO*rapid*). Jos pritaikomumas ir klinikinis naudingumas suteikia išskirtinių pranašumų kitų metodų atžvilgiu, hipotenzijos sąlygomis atliekant Kba ir KeA operacijas, ir ypač – jei nėra aritmijos ir pacientui taikoma bendroji anestezija su mechanine plaučių ventilacija (tai leidžia pasinaudoti ir prognozinėmis, ir realaus atsako vertinimo galimybėmis).

## TNP algoritmas

Į tikslą nukreiptų priemonių (TNP) taikymo koncepcija pagrįstas TNP algoritmas skiriamas perioperacinei transfuzinei ir skysčių terapijai, kuri gali būti taikoma hipotenzinės anestezijos sąlygomis atliekant kelio ir klubo sąnario endoprotezavimą (2 pav.). Algoritme

numatoma panaudoti tik tas širdies ir kraujagyslių sistemos stebėsenos (kardiovaskulinio monitoringo) ir cirkuliacijos optimizavimo priemonės, kurios atitinka pagrindines klinikinio pritaikomumo ir klinikinio naudingumo sąlygas pagal pirmiau išdėstytus principus. Atrankai vadovautasi maksimalaus naudos ir rizikos santykio principu, o į pritaikymo pasiekiamumą (kainą) nebuvo atsižvelgta. Įvertinti naudos ir kainos santykį yra labai sudėtinga. Tam reikalingi didelės apimties ir gerai suplanuoti mokslo tyrimai, kurie įvertintų metodo pritaikymo įtaką, pavyzdžiui, hospitalizacijos trukmei.

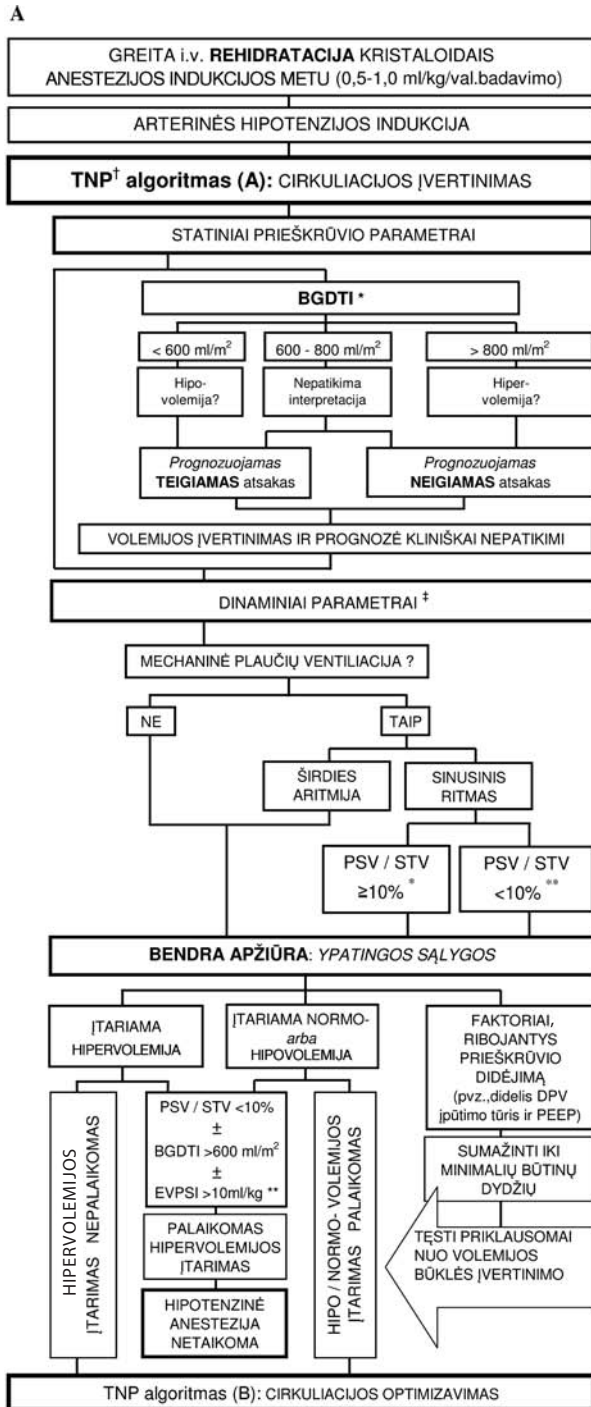
## *Rehidratacija prieš arterinės hipotenzijos indukciją*

Kaip apibūdinta TNP algoritme (2A pav.), prieš hipotenzijos indukciją rekomenduojama optimizuoti hidrataciją, t. y. atlikti greitą intraveninę rehidrataciją. Ja siekiama kompensuoti ikioperacinį skysčių deficitą – 0,5–1,0 ml/kg/val. badavimo [28]. Tai gali būti atliekama anestezijos indukcijos metu srove suleidžiant izosmosinių kristaloidų (geriausiai – subalansuotų elektrolitų tirpalų, pvz., Ringerio tirpalo).

## *Normovolemijos užtikrinimas operuojant valdomos arterinės hipotenzijos sąlygomis*

*Monitoringas*. Po rehidratacijos ir anestezijos indukcijos pasiekiami užsibrėžto lygio valdoma arterinė hipotenzija. Nuo tada pradedamos taikyti klinicinei situacijai adekvačios išplėstinio hemodinamikos monitoringo priemonės, skirtos a) cirkuliacijos būklės stebėsenai, b) atsako į skysčių skyrimą prognozavimui ir c) realaus atsako vertinimui. Kaip jau buvo minėta, monitoringo adekvatumas priklauso nuo individualaus pritaikomumo ir pasiekiamumo. Rekomenduojamos monitoringo priemonės yra šios: (1) Pradinės cirkuliacijos būklės įvertinimas statiniais prieškrūvio parametrais (BGDT). Tai mažo interpretacijos patikimumo parametrai, naudojami cirkuliacijos būklei įvertinti. Todėl šis monitoringas turėtų būti rezervuotas tiems atvejams, kai dinaminių parametru stebėseną negalima (2A pav.). (2) Širdies kontraktiškumo rezervo įvertinimas dinaminiais parametrais (STV, PSV) leidžia prognozuoti širdies veiklos efektyvumo pokyčius skysčių infuzija

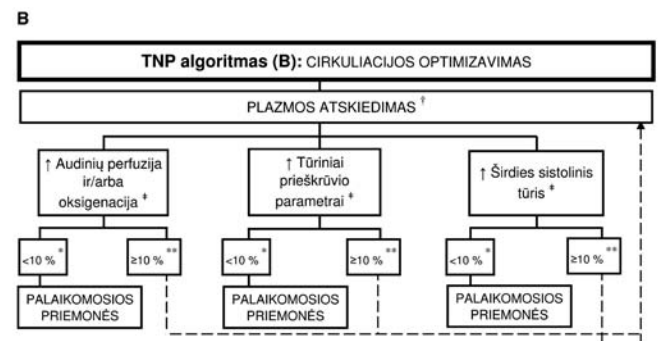




† TNP: į tikslą nukreiptos priemonės skysčių terapijai  
 ‡ PSV - pulsinio spaudimo variacija; STV - sistolinio tūrio variacija (Variacijos matuojamos mechaninės plaučių ventiliacijos ciklo metu)  
 \* BGDTI - bendro galinio diastolinio tūrio indeksas (nepatikimas žymuo)  
 \*\* EVPSI - ekstravaskulinio plaučių skysčio kiekio indeksas (labai specifinis)  
 \* ≥10% sistolinio tūrio variacija prognozuoja teigiamą tikslinio parametro atsaką (reikšmingą padidėjimą) į plazmos atskiedimu padidintą prieškrūvį  
 \*\* <10% sistolinio tūrio variacija prognozuoja neigiamą tikslinio parametro atsaką (nereikšmingą padidėjimą) į plazmos atskiedimu padidintą prieškrūvį

**2 pav.** Į tikslą nukreiptų priemonių koncepcijos taikymas cirkuliacijai optimizuoti atliekant hipotenzinę anesteziją (TNP algoritmas)

**A.** TNP algoritmas pradedamas taikyti sukėlus valdomą arterinę hipotenziją. Prieš tai anestezijos indukcijos metu atliekama greita rehidracinė infuzija. Statiniai prieškrūvio parametrai įgyja klinikinio patikimumo tik kartu su dinaminiais parametrais ir bendros apžiūros išvadomis – gali nustatyti įtariamą hipo-, normo-, hipervolemiją. Esant dideliame hipervolemijos įtarimui, hipotenzinių metodų rekomenduojama atsisakyti.

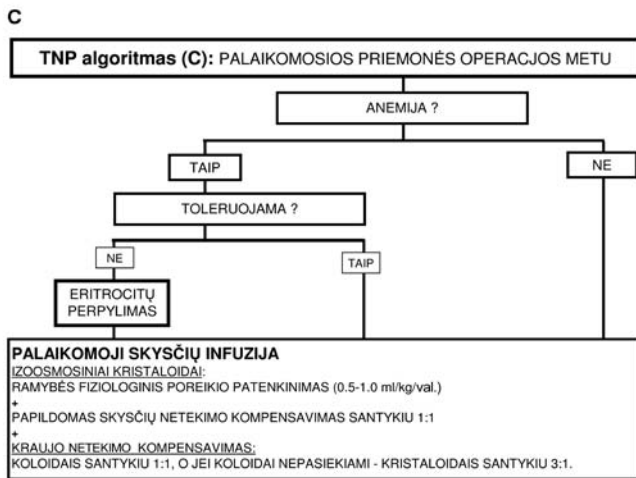


† Plazmos atskiedimas greita 200 ml/2 min. arba 2-3 ml/kg/2min. koloido (6% HEK), o neturint koloido – 600 ml/10min. arba 10 ml/kg/10min. kristaloido; iki atsako matavimų po infuzijos cina pauzė: 5 min. po koloido, 20 min. po kristaloido

‡ Į tikslą nukreiptų priemonių algoritmuose dažniausiai naudojami tiksliniai parametrai  
 \* Širdies sistolinio tūrio padidėjimas < 10% rodo *neigiamą* tikslinio parametro atsaką į plazmos atskiedimu padidintą prieškrūvį. Toliau tikslinga tik palaikomoji skysčių terapija  
 \*\* Širdies sistolinio tūrio padidėjimas ≥ 10% rodo *teigiamą* tikslinio parametro atsaką į plazmos atskiedimu padidintą prieškrūvį

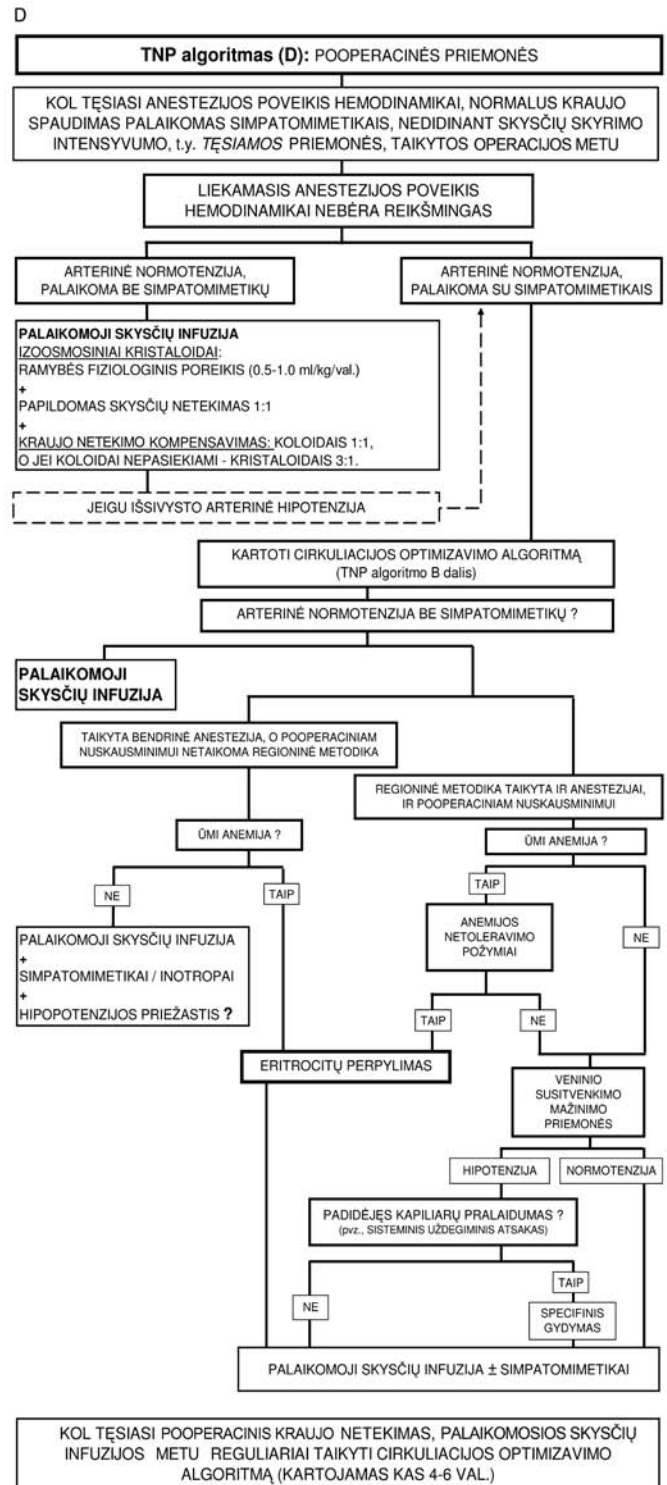
**B.** Dažniausiai cirkuliacijos optimizavimo algoritmuose vertinami tikslinių parametru pokyčiai, praėjus 5 min. nuo 200 ml koloido infuzijos pabaigos. Padidėjimas ≥10% laikomas netiesioginiu sistolinio tūrio efektyvaus didėjimo indikatoriumi (Franko–Starlingo kreivės kylanti dalis). Padidėjimas < 10% laikomas netiesioginiu sistolinio tūrio maksimalaus padidėjimo indikatoriumi (Franko–Starlingo kreivės plato). Optimizuotos cirkuliacijos palaikymo priemonės apibūdinamos kitoje TNP algoritmo dalyje (C).





C. Palaikomosios priemonės, naudojamos per operaciją valdomos arterinės hipotenzijos sąlygomis. Taikoma (1) izoosmosinių kristaloidų infuzija, siekianti: a) patenkinti fiziologinius vandens poreikius ramybės metu (palaikomoji Ringerio infuzija 0,5–1,0 ml/kg/val.), b) kompensuoti diurezę ir intervencijai būdingą papildomą skysčių netekimą (papildomas kasvalandinis 0,9% NaCl boliusas); (2) kas valandą – koloido boliusai, lygūs valandiniam kraujo tūrio padidėjimui operacinės žaizdos turinio surinkimo siurblyje. Nesant koloidų, kraujo netekimas kompensuojamas kristaloidais santykiu 3 : 1. Priemonių ypatumai pooperaciniu laikotarpiu apibūdinami kitoje TNP algoritmo dalyje (D).

D. Priemonės, naudojamos po operacijos, kai baigiasi anestezijos įtaka hemodinamai. Ypatumai: skirtingos priemonės taikomos esant (a) arterinei normotenzijai be simpatomimetikų arba (b) simpatomimetikais koreguojamai arterinei hipotenzijai. Esant arterinei normotenzijai be simpatomimetikų, taikoma (1) izoosmosinių kristaloidų infuzija, siekianti: a) patenkinti fiziologinius vandens poreikius ramybės metu (palaikomoji Ringerio infuzija 0,5–1,0 ml/kg/val.), b) kompensuoti diurezę bei intervencijai būdingą papildomą skysčių netekimą (papildomas kasvalandinis 0,9% NaCl boliusas); (2) kas valandą – koloido boliusai, lygūs valandiniam tūrio padidėjimui operacinės žaizdos drenažo surinkimo inde. Nesant koloidų, minėtas kraujo netekimas kompensuojamas kristaloidais santykiu 3 : 1. Simpatomimetikais koreguojamas arterinės hipotenzijos atveju papildomai įvertinamas ūmus kraujo netekimas anemijos toleravimui nustatyti. Esant netoleravimui, perpilama eritrocitų.



padidinus prieškrūvį. Tai ypatingos klinikinės naudos monitoringas, nes, be prognozių, leidžia stebėti ir realų atsaką į skysčių infuziją. Deja, abu vertinimai galimi tik tiems pacientams, kuriems taikoma bendroji anestezija ir nėra širdies ritmo sutrikimo (2A pav.). Taigi, jei taikoma regioninė anestezija, lieka galimybė naudoti tik trečiąją monitoringo pasirinkimo priemonę (3) – tai realaus atsako į intraveninius skysčius vertinimas (2B pav.). Rekomenduojama stebėti labiausiai specifinio cirkuliuojančio tūrio pokyčiams parametro – širdies sistolinio tūrio – atsaką. Jo padidėjimas  $\geq 10\%$  laikomas teigiamu atsaku, ir tai yra indikacija skirti papildomą skysčio infuziją. Tai tęsiama, kol sistolinio tūrio padidėjimas tampa nereikšmingas ( $< 10\%$ ).

Klinikiniam įvertinimui apibendrinti monitoringo duomenys sugretinami su bendrosios paciento apžiūros išvadomis. Dažniausios interpretacijos pateikiamos 2A paveiksle. Be abejonės, suminių išvadų patikimumas didžiausias, kai visų stebėjimų rezultatai sutampa.

### ***Cirkuliacijos optimizavimas ir palaikymas operacijos metu***

Tuo tikslu intraveniniais skysčiais optimizuojama cirkuliacija ir širdies funkcija (2B pav.). Tai atliekama naudojant *bazines* arba *išplėstines* priemones, kurių pritaikomumas priklauso nuo anestezijos metodo. Kaip jau buvo minėta, taikant rekomenduojamas priemones neatsižvelgiama į jų pasiekiamumą, o vadovaujasi tik labai reikšminga klinicine nauda ir ypač maža pritaikymo rizika, t. y. labai dideliu naudos ir rizikos santykiu.

*Bazinės priemonės* skirtos pacientams, kuriems atliekama regioninė anestezija. Vadovaujantis į tikslą nukreiptų priemonių taikymo koncepcija, vertinamas sistolinio tūrio atsakas į intraveninių skysčių boliusą. Skiriama 200 ml arba 2–3 ml/kg koloido (6% HEK), o neturint koloido – 600 ml arba 10 ml/kg kristaloido. Dėl izotoniškumo kristaloidų boliusams tinkamiausias yra 0,9% NaCl tirpalas, nes taikant greitą infuziją jis nemažina plazmos osmolališkumo. Sistolinio širdies tūrio pokyčiai vertinami praėjus 5 min. po 200 ml koloido arba 20 min. po kristaloido infuzijos. Padidėjimas  $\geq 10\%$  laikomas teigiamu atsaku, ir tai yra papildomo skysčių boliuso indikacija. Tęsiama, kol sistolinio tūrio

padidėjimas tampa nereikšmingas ( $< 10\%$ ), o tada skiriama tik palaikomoji skysčių terapija.

*Išplėstinės priemonės* skirtos pacientams, kuriems taikoma bendroji anestezija su mechanine plaučių ventiliacija. Pirmiausia jiems įvertinamas prognozuojamas atsakas į skysčių infuziją išmatuojant dinaminis parametrus – sistolinio tūrio (STV) arba arterinio pulsinio spaudimo (PSV) variacijas per kontolijuojamos (mechaninės) plaučių ventiliacijos ciklą. Bazinės priemonės skiriamos, jeigu STV ir PSV yra  $\geq 10\%$ , t. y. jie prognozuoja reikšmingą sistolinio tūrio padidėjimą, skysčių infuzija sukėlus adekvatų prieškrūvio padidėjimą. Jeigu STV ir PSV yra  $< 10\%$  ir hipervolemijos prielaidą paremia didelis prieškrūvis bei ekstravaskulinio vandens kiekis plaučiuose, tada hipotenzinių metodų rekomenduojama atsisakyti.

*Palaikomoji skysčių terapija* operacijos metu skiriama palaikyti optimizuotai hidratacijai ir cirkuliacijai valdomos arterinės hipotenzijos sąlygomis (2C pav.). Tai atliekama hidratacijos ir tūrio papildymo priemonėmis. *Hidratiniais* tirpalais – izoosmosiniais kristaloidais – siekiama patenkinti fiziologinius vandens poreikius ramybės metu (0,5–1,0 ml/kg/val.), kompensuoti akivaizdų (valandinę diurezę) ir intervencijai būdingą vidutinį papildomą skysčių netekimą (sekvestracija „trečioje erdmėje“) [29]. *Hidratinė* subalansuoto elektrolitų tirpalo (pvz., Ringerio) infuzija KeA ir KBA pacientams skiriama 1,0 ml/kg/val. greičiu. *Akivaizdus (išmatuotas) skysčių netekimas* kompensuojamas kas valandą sulašinant 0,9% NaCl boliusą, lygų išmatuotai valandinei diurezei. *Intervencijai būdingą vidutinę papildomą skysčių netektį* atliekant minėtas operacijas yra sunku objektyvizuoti. Deja, šiuo metu jau nebegalima užtikrintai naudotis ir tradicine rekomendacija didelių operacijų metu papildomai skirti 4–6 ml/kg/val. kristaloidų. Tokia rekomendacija yra pagrįsta skysčio sekvestracijos „trečioje erdmėje“ hipoteze, o ji šiuo metu yra labai svariai sukritikuota.

Atsižvelgdami į minėtą prieštarinę situaciją galiojančiose rekomendacijose ir neilgą vidutinę KeA ir KBA operacijų trukmę (neviršija dviejų valandų), manome, kad intervencijai būdingą vidutinę papildomą skysčių netektį galima ignoruoti. *Tūrio papildymo priemonėmis* siekiama kompensuoti cirkuliuojančio tūrio sumažėjimą, kurį sukelia kraujo netektis. Operacijos metu grei-

tais izoosmosinio-izoonkotinio koloido boliusais (geriausiai 6% hidroksietilkrakmolo preparatais – HEK) santykiu 1 : 1 kas valandą kompensuojamas kraujo tūrio padidėjimas operacinės siurblyje. Jei nėra galimybės atlikti koloidų infuziją, galima vartoti izoosmosinius kristaloidus santykiu 3 : 1. Žinoma, reikia stebėti su šia taktika susijusių edemų raišką ir laiku nustatyti galimų grėsmingų komplikacijų, pavyzdžiui, plaučių edemos, pradžią. Dėl izotoniškumo tūrio papildymo boliusams tinkamiausias yra 0,9% NaCl tirpalas, nes taikant greitą infuziją jis nemažina plazmos osmolališkumo.

*Transfuzijos sprendimo priėmimo taktika.* Operacijos metu nuolat stebimas anemijos toleravimas (2C pav.). Tai labai svarbu, nes šiai pacientų kategorijai būdinga lėtinių ligų anemija, kurią dar labiau paryškina cirkuliacijos optimizavimo sukeltas kraujo atskiedimas bei kraujo netektis per operaciją. Taigi, operacijos metu nustačius anemijos netoleravimo požymių, perpilama eritrocitų.

### ***Normovolemijos palaikymas ankstyvuojų pooperaciniu laikotarpiu***

*Palaikomoji pooperacinė skysčių terapija* skiriama optimizuotai hidratacijai ir cirkuliacijai palaikyti ankstyvuojų pooperaciniu laikotarpiu, t. y. per 24 valandas po operacijos (2D pav.). Tokia laikotarpio trukmė rekomenduojama atsižvelgiant į tai, kad tiek užtrunka normalus endogeninis kraujo tūrio pasipildymas po ūmios kraujo netekties. *Hidrataciniais* tirpalais siekiama patenkinti fiziologinius vandens poreikius ramybės metu (0,5–1,0 ml/kg/val.) ir kompensuoti akivaizdžią papildomą skysčių netektį (valandinę diurezę) [29]. *Hidratacinė* subalansuoto elektrolitų tirpalo (pvz., Ringerio) infuzija skiriama 1,0 ml/kg/val. greičiu. *Akivaizdi (išmatuota) skysčių netektis* kompensuojama kas valandą sulašinant 0,9% NaCl boliusą, lygų išmatuotai valandinei diurezei. *Tūrio papildymo priemonėmis* kompensuojamas akivaizdus kraujo netekimas, t. y. netekimas pro žaizdos dreną. Greitu izoosmosinio-izoonkotinio koloido boliusu (geriausiai 6% hidroksietilkrakmolo), santykiu 1 : 1 kas valandą kompensuojamas kraujo tūrio padidėjimas drengo inde. Nesant galimybės panaudoti koloidus, galima naudoti izoosmosinius kristaloidus santykiu 3 : 1 (dėl izotoniškumo tinkamiausias yra

0,9% NaCl tirpalas). Žinoma, panašiai kaip ir operacijos metu, reikia stebėti su „kristaloidine“ taktika susijusių edemų raišką ir laiku nustatyti galimų grėsmingų komplikacijų pradžią.

*Transfuzijos sprendimo priėmimo taktika.* Po operacijos toliau stebimas anemijos toleravimas (2D pav.). Pooperaciniu laikotarpiu sumuojama kraujo netektis operacijos metu ir vėlesnė netektis į aplinkinius audinius ir drengą, jeigu jis taikomas ir funkcionuoja. Taigi, pooperacinė kraujo netektis gali būti nepastebima, vadinasi, ir cirkuliuojančio tūrio svyravimai gali pasireikšti netikėtai, sukeldami ūmų tūrio deficito ir susijusios anemijos netoleravimą. Todėl, anemijos netoleravimo požymiams pasireiškiant optimizuotos cirkuliacijos fone, nedelsiant atliekamas eritrocitų perpylimas, neatsižvelgiant į anemijos ryškumą.

*Kiti pooperacinio laikotarpio ypatumai.* Atsižvelgiant į cirkuliacijai optimizuoti vartojamų koloidų plazmos tūrį didinančio efekto trukmę, cirkuliacijos optimizavimas turi būti kartojamas visą perioperacinį laikotarpį. Pavyzdžiui, naudojant 6% 130/0,42 HEK preparatus, cirkuliacijos optimizacija turėtų būti kartojama kas 4–6 valandas, o kartais ir dažniau (pvz., esant intensyviai kraujavimui). Ypatumai, priklausantys nuo liekamojo anestezijos poveikio hemodinamikai ir jos stabilumo, detalai apibūdinti TNP algoritmo pabaigoje (2D pav.).

Taigi, naujasis algoritmas yra patarimo pobūdžio ir negarantuoja gydymo sėkmės. Klinikinis jo taikymas negali prieštarauti galiojantiems klinikinės praktikos standartams – tiek visuotiniams, tiek lokaliems (instituciniams).

### **Diskusija**

Šiame straipsnyje supažindinama su nauju klinikiniu algoritmu. Juo siekiama sistemingai pateikti žinių apie galimybes optimizuoti cirkuliaciją. Tikimasi, kad tai galėtų būti pravartu hipotenzinės anestezijos sąlygomis, atliekant KeA ir KbA operacijas. Tokių anestezijos metodų teikiama nauda yra akivaizdi, tačiau paciento saugumo užtikrinimas turi būti optimalus ir pasiekiamas.

Klinikiniai tyrimai rodo, kad lyginant su normotenzinėmis, hipotenzinė anestezija turi neabejotiną pranašumą mažinant kraujo netekimą operacijos metu. Suprantama, tai sumažina perioperacinių kraujo transfuzijų poreikį klubo bei kelio sąnarių artroplastii-

kų pacientams [30]. Be to, sumažėja infuzinės terapijos intensyvumas, nes reikalingi mažesni skysčių tūriai nukraujavimui kompensuoti. Dėl to optimizuojamas krešėjimo sistemos aktyvumas, nes mažėja krešėjimo faktorių atskiedimas ir fibrinolizinės sistemos aktyvacija [31, 32], t. y. optimizuojamas krešėjimo sistemos aktyvumas.

Lyginant HEA su normotenzine EA, nustatoma mažesnė kraujo netektis per operaciją, mažesnis perioperacinių hemotransfuzijų poreikis. Kai lyginama HEA ir HEA derinys su ūmine normoveleminė hemodilucija, abiejose grupėse kraujo netekimas yra ypač mažas, nors ir nebuvo taikomas mechaninis galūnės kraujotakos sustabdymas kelio artroplastikos metu. Taigi, HEA derinys su hemodilucija neduoda akivaizdžios klinikinės naudos [33].

Lyginant HEA su spinaline anestezija atliekant kelio ir klubo artroplastiką, nustatyta, kad taikant hipotenzinę anesteziją labai sumažėja intra- ir pooperacinis kraujavimas, mažesnis hemotransfuzijų poreikis operuojant. Taip pat išsaugomi kiek geresni krešumo rodikliai, fibrinolizės aktyvacija esti mažesnė [34, 35].

Lyginant HEA su HTIVA (hipotenzinė totalinė intraveninė anestezija) atliekant pirminę vienpusę klubo artroplastiką paaiškėjo, kad regioninės anestezijos metu netenkama mažiau kraujo. Manoma, tai yra susiję su ne teigiamo (angl. *non-positive*) slėgio ventilacija, kraujo tėkmės persiskirstymu ir mažesniu vidutiniu centriniu veniniu spaudimu. Manoma, jog mažesnis arterinis kraujo spaudimas, centrinis veninis spaudimas ir ypač veninis kraujo spaudimas chirurginėje žaizdoje paaiškina sumažėjusį kraujavimą inta- ir pooperaciniu laikotarpiu taikant regioninę anesteziją. HEA sumažina ne tik kraujavimą operacijos metu, bet ir lygia greta hemotransfuzijų poreikį atliekant totalinę klubo artroplastiką. Tuo tarpu didėja skaičius pacientų, kuriems iš viso neprireikė transfuzijos operacijos metu. Autoriai pabrėžia, jog abu hipotenzinės anestezijos metodai, nors ir nėra lygiavertiniai, tačiau gali veiksmingai sumažinti kraujo netektį totalinės pirminės klubo artroplastikos metu [36].

Aseptinis išklibimas yra dažniausia vėlyva komplikacija po klubo ir kelio sąnario endoprotezavimo operacijų. Jis daug lemia endoprotezo išlikimo laiką. Įrodyta, kad protezo išlikimo laikui lemiamą įtaką daro kaulo ir cemento sukibimo kokybė. Sukibimui pagerinti nau-

dojamos įvairios technikos: subchondrinio akyto kaulo išsaugojimas, daugybinės fiksacijos skylės gūžduobėje, pulsuojantis plovimas, cemento presurizacija ir pan. Prie tokių priemonių galima priskirti ir hipotenzinę anesteziją, nes ji sumažina kraujavimą iš kaulo. Biomechaninis hipotenzijos poveikis kaulo ir cemento sukibimui dar nėra iki galo ištirtas, bet daroma prielaida, kad ir minimalus kraujo sluoksnis tarp cemento ir kaulo sukuria hidraulinį barjerą ir trukdo cementui prasiskverbti tarp kaulo trabekulių. Iš kaulo ištekėjęs kraujas vėliau susiformuoja į jungiamojo audinio sluoksnį, kuris silpnina cemento ir kaulo jungties tvirtumą [37]. Hipotenzinės anestezijos nulemtas mažesnis intraoperacinis kraujavimas gerina anatominių orientyrų matomumą ir užtikrina, kad endoprotezo komponentai bus implantuoti tinkamai. Operacijos metu mažiau sugaištama laiko kraujavimui stabdyti, todėl sumažėja operacijos trukmė. Baimės, kad sumažintas kraujo spaudimas operacijos metu neleidžia pastebėti smulkių kraujagyslių pažeidimų, o po operacijos, normalizavus kraujospūdį, gali pasireikšti didesniu pooperaciniu kraujavimu, nepatvirtina nei mūsų klinikinė patirtis, nei literatūros šaltiniai.

Mechaninis kraujavimo stabdymas pneumatine mova (toliau tekste *manžete*), taikomas endoprotezuojant kelį, sudaro sąlygas dirbti „sausame“ operaciniame lauke. Tada geriau matomos operuojamo sąnario anatominės struktūros, o tai sutrumpina operacijos laiką. Deja, manžetės gali sukelti ir tokias komplikacijas: tromboemboliją, audinių išemiją arba pooperacinę operuotos galūnės funkcijos sutrikimą [38]. Vertindami su manžete siejamų pooperacinių komplikacijų riziką, Katsumata ir Parmet su bendraautoriais įrodė, kad kelio endoprotezavimo metu kraujavimą stabdant mechaniniu būdu padaugėja giliųjų venų trombozės atvejų [39–40].

Įvairūs autoriai skirtingai vertina manžetės naudą ir trūkumus. Daugelis teigia, kad mechaninis kraujavimo stabdymas endoprotezuojant kelio sąnarį yra ginčytinas [41–44]. Pavyzdžiui, literatūroje yra plačiai aptariamas Abdel-Salem ir bendraautorių paskelbtas atsitiktinių imčių perspektyvusis tyrimas, kuriame vienai pacientų grupei KeA buvo atliekama be manžetės, o kitai – su manžete [3]. Nustatyta, kad pacientams, operuotiems be manžetės, skausmas po operacijos buvo mažesnis. Dėl to jie anksčiau galėjo pakelti aukštesnę ištiesą ope-



ruotą koją, be to, galėjo daugiau ją sulenkti per kelio sąnari. Visgi operacijos trukmė ir kraujo netektis abiejose tiriamosiose grupėse buvo vienoda. Panašiai teigia ir Barwel su bendraautoriais [44], kurie tyrė manžetės taikymo laiko įtaką operacinei ir pooperacinei kraujo netekčiai. Kai manžetė buvo atleidžiama prieš užsiuvant žaizdas ir tada atliekama kruopšti hemostazė, pastebėtas mažesnis pooperacinis skausmas, o pacientai galėjo anksčiau pakelti ištiestą operuotą koją. Pastarojoje tiriamųjų grupėje pooperacinių komplikacijų irgi buvo mažiau negu toje, kurioje manžetė būdavo atleidžiama užsiuvus žaizdą. Vis dėlto manžetės naudojimas neturėjo įtakos nei operacijos trukmei, nei perioperaciniu laikotarpiu netekto kraujo kiekiui. Kiti autoriai taip pat nenustatė akivaizdžios kraujo netekties skirtumo, net ir papildomai suskirstę kraujo netekties vertinimą į netektį operacijos metu ir pooperaciniu laikotarpiu. Tačiau pastebėta, kad operacijos metu daugiau kraujo neteko tie pacientai, kuriems nebuvo taikytas mechaninis kraujavimo stabdymas. Nors daugiau kaip pusė visų tiriamųjų buvo atliktas kraujo perpylimas, jų dažnis abiejose grupėse nesiskyrė. Vadinasi, manžetės įtaka kraujo transfuzijų dažniui buvo nereikšminga [45]. Visgi tokia išvada gali būti abejotina, nes, kaip diskutuota ankstesniuose autorių straipsniuose, perioperacinių transfuzijų dažniui didelę įtaką turi ne tik kraujo netektis, bet ir kraujo hemoglobino koncentracija prieš operaciją, individualus anemijos toleravimas bei transfuzijos sprendimo priėmimo taktika [46, 47].

Taigi, akivaizdu, kad manžetė reikšmingai mažina kraujo netektį operacijos metu, tačiau jos taikymas siejamas su pirmiau minėtomis komplikacijomis, o įtaka transfuzijų dažniui yra abejotina. Optimalią manžetės naudojimo taktiką galėtų patikslinti tyrimai, kurie atskirai įvertintų operacinio ir pooperacinio nukraujavimo mastą, o transfuzijų dažnį palygintų tos pačios chirurginės brigados operuotiems pacientams, papildomai juos suskirsčius į vienodo priešoperacinio hemoglobino grupes [48]. Tikėtina, kad (a) pritaikius hipotenzinę anesteziją būtų galima atsisakyti manžetės arba (b) arterinė hipotenzija leistų sumažinti spaudimą manžetėje, o tai sumažintų ir su jos naudojimu siejamas komplikacijas. Be to, tokiais tyrimais būtų galima įvertinti hipotenzinės anestezijos bei kraujotakos optimizavimo algoritmo (TNP algoritmas) efektyvumą ir saugumą.

Hipotenzinė anestezija turi akivaizdžių pranašumų – optimizuoja perioperacinių kraujo perpylimų poreikį, gerina chirurginių intervencijų sąlygas, sudaro galimybę nenaudoti mechaninių operuojamos galūnės kraujotakos stabdymo priemonių arba sumažinti jų sukeltą spaudimą kelio artroplastikų metu, optimizuoja perioperacinių krešėjimo sistemos aktyvumą ir tuo prisideda prie veiksmingesnės trombombolijų profilaktikos. Kita vertus, su hipotenzinės metodikos taikymu yra susiję reikšmingi rizikos veiksniai. Svarbiausias yra gyvybiškai svarbių organų išemijos pavojus, nes užtikrinti pagrindinę šiuo atžvilgiu saugumo sąlygą – normovolemiją – anesteziologui yra sudėtinga. Visų pirma, nėra garantuoto ir universalus „klinikinio recepto“. Antra, žinios apie tai, kaip geriausia siekti šio klinikinio tikslo, nėra pakankamai sistemingos, t. y. nėra praktinio algoritmo. Trečia, tam reikalingas monitoringas nėra įtrauktas į klinikinės praktikos standartus, šiuo metu taikomus apatinių galūnių artroplastikos operacijoms, neatsižvelgiant į anestezijos metodiką. Matyt, tokios situacijos priežastis yra nuomonė, kad klinikinė nauda yra mažesnė negu efektyviausių monitoringo metodų taikymo išlaidos. Tai gali paneigti tik didelės apimties ir gerai suplanuoti bei atlikti tyrimai, o jų dar nėra.

Taigi, dabartinę situaciją galima apibūdinti taip: akivaizdu, kad hipotenzinės anestezijos taikymas suteikia daug labai svarbių pranašumų atliekant apatinių galūnių didžiųjų sąnarių artroplastikas. Deja, platesnį šios metodikos taikymą riboja tai, kad nėra tinkamo klinikinio algoritmo ir procedūros saugumą optimizuojančio monitoringo pasiekiamumo. Šiame straipsnyje pasiūlytas TNP algoritmas yra bandymas išspręsti problemos dalį pagal mūsų galimybes. Deja, monitoringo pasiekiamumą daugiausia lemia ekonominis jo naudojimo pagrįstumas. Manome, tuo tikslu reikėtų atlikti atitinkamus tyrimus. Be to, naujo algoritmo naudojimas tokiuose tyrimuose būtų naudingas jo klinicinei vertei ir patikimumui nustatyti bei jam patobulinti.

Apibendrinant reikia pažymėti, kad dabartinėje klinikinėje praktikoje hipotenzinės anestezijos taikymas yra dažniausiai nepriimtinas ir nepateisinamas dėl didelės rizikos persvaros turint galvoje paciento rizikos ir klinikinės naudos santykį. Taip yra todėl, kad hipotenzinių metodų taikymo saugumui optimizuoti būtinas monitoringas nėra įtrauktas į klinikinės praktikos standartus, šiuo metu taikomus apatinių galūnių artroplastikos operacijoms.

## LITERATŪRA

1. Meier J, Kleen M, Habler O, Kemming G, Messmer K. New mathematical model for the correct prediction of the exchangeable blood volume during acute normovolemic hemodilution. *Acta Anaesthesiol Scand* 2003; 47(1): 37–45.
2. Rehm M, Orth V, Kreimeier U et al. Four cases of radical hysterectomy with acute normovolemic hemodilution despite low preoperative hematocrit values. *Anesth Analg* 2000; 90: 852–855.
3. Shander A, Spiess BD. The transfusion decision. In: Spiess BD, Spence RK, Shander A, editors. *Perioperative transfusion medicine*. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia; Baltimore; New York; London: Lippincott Williams and Wilkins; 2006, p. 659–667.
4. Larsen R, Kleinschmidt S. Die kontrollierte Hypotension. *Anaesthesist* 1995; 44: 291–308.
5. Sharrock NE, Salvati EA. Hypotensive epidural anesthesia for total hip arthroplasty. *Acta Orthop Scand* 1996; 67: 91–107.
6. Juelsgaard P, Larsen UT, Sørensen JV, Madsen F, Søballe K. Hypotensive epidural anesthesia in total knee replacement without tourniquet: reduced blood loss and transfusion. *Regional Anesthesia and Pain Medicine* 2002; 26(2): 105–110.
7. Niemi TT, Pitkänen M, Syrjälä M, Rosenberg PH. Comparison of hypotensive epidural anaesthesia and spinal anaesthesia on blood loss and coagulation during and after total hip arthroplasty. *Acta Anaesthesiol Scand* 2000; 44: 457–464.
8. Worms R, Griffiths R. Orthopaedic surgery: total knee replacement. In: Allman KG, Wilson IH, editors. *Oxford handbook of anaesthesia*. 2nd edition. New York: Oxford University Press, 2006, p.1001–1024.
9. Tommasino C, Moore S, Todd MM. Cerebral effects of isovolemic hemodilution with crystalloid or colloid solutions. *Crit Care Med* 1988; 16: 862–868.
10. Slack WK, Walther WW. Cerebral circulation studies during hypotensive anaesthesia using radioactive xenon. *Lancet* 1963; 1: 1082.
11. Rosenthal M.H. The perioperative protection of vital organ function – Renal function and Kidney. 55 PGA Assembly, New York, USA, 2001.
12. Sharrock NE, Mineo R, Urquhart B, Salvati EA. The effect of two levels of hypotension on intraoperative blood loss during total hip arthroplasty performed under lumbar epidural anesthesia. *Anesth Analg* 1993; 76: 580–584.
13. Aken HV, Miller EDJ. Deliberate hypotension. In: Miller RD, ed. *Anesthesia*. New York, NY: Churchill Livingstone; 1999, 1470–1487.
14. Yao FS. Ischemic heart disease and coronary artery bypass grafting. In: *Anesthesiology*. From patient preparation to postoperative management. 6th ed. Yao FS, Malhotra V, Fontes ML, eds. Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
15. Bundgaard-Nielsen M, Ruhnau B, Secher NH, Kehlet H. Flow-related techniques for preoperative goal-directed fluid optimization. *British Journal of Anaesthesia* 2007; 98(1): 38–44.
16. Jhanji S, Dawson J, Pearse RM. Cardiac output monitoring: basic science and clinical application. *Anaesthesia* 2008; 63: 172–181.
17. Kumar A, Anel R, Bunnell E. Pulmonary artery occlusion pressure and central venous pressure fail to predict ventricular filling volume, cardiac performance or the response to volume infusion in normal subjects. *Crit Care Med* 2004; 32: 691–699.
18. Tyberg JV, Grant DA, Kingma I, Moore TD, Sun YH, Smith ER, Belenkie I. Effects of positive intrathoracic pressure on pulmonary and systemic hemodynamics. *Respir Physiol* 2000; 119: 163–171.
19. Hadian H, Pinsky MR. Functional hemodynamic monitoring. *Curr Opin Crit Care* 2007; 13: 318–323.
20. Wakeling HG, McFall MR, Jenkins C. Intraoperative oesophageal Doppler guided fluid management shortens postoperative hospital stay after major bowel surgery. *Br J Anaesth* 2005; 95: 634–642.
21. Arief AI. Fatal postoperative pulmonary edema. Pathogenesis and literature review. *Chest* 1999; 115: 1371–1377.
22. Reuter DA, Felbinger TW, Moerstedt K, Weis F, Schmidt C, Kilger E, Goetz AE. Intrathoracic blood volume index measured by thermodilution for preload monitoring after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2002; 16: 191–195.
23. Lopes MR, Auler JOC, Michard F. Volume management in critically ill patients: new insights. *Clinics* 2006; 61(4): 345–50.
24. Michard F, Reuter D. Assessing cardiac preload or fluid responsiveness? It depends on the question we want to answer. *Intensive Care Med* 2003; 29: 1396.
25. Michard F, Teboul JL. Predicting fluid responsiveness in ICU patients: a critical analysis of the evidence. *Chest* 2002; 121: 2000–2008.
26. Hadian H, Pinsky MR. Functional hemodynamic monitoring. *Curr Opin Crit Care* 2007; 13: 318–323.
27. Bundgaard-Nielsen M, Holte K, Secher NH, Kehlet H. Monitoring of peri-operative fluid administration by individualized goal-directed therapy. *Acta Anaesthesiol Scand* 2007; 51: 331–340.
28. Holte K, Sharrock NE, Kehlet H. Pathophysiology and clinical implications of perioperative fluid excess. *Br J Anaesth* 2002; 89: 622–32.
29. Hahn RG. Fluid therapy might be more difficult than you think. Editorial. *Anesth Analg* 2007; 105(2): 304–305.
30. Pola E, Papaleo P, Santoliquido A, Gsparani G, Aulisa L, De Santis E. Clinical factors associated with an increased risk of perioperative blood transfusion in nonanemic patients undergoing total hip arthroplasty. *JBJS* 2004; 86: 57–61.
31. Niemi TT, Pitkänen M, Syrjälä M, Rosenberg PH. Comparison of hypotensive epidural anaesthesia and spinal anaesthesia on blood loss and coagulation during and after total hip arthroplasty. *Acta Anaesthesiol Scand* 2000; 44: 457–464.

32. Loick HM, Goenner-Radig CHR, Ostermann H, Theissen JL, Zander J. The influence of different procedures of general anaesthesia on platelet function, coagulation and the fibrinolytic system. *Acta Anaesthesiol Scand* 1993; 37: 493–497.
33. Juelsgaard P, Møller MB, Larsen UT. Preoperative Acute Normovolaemic Hemodilution (ANH) in combination with Hypotensive Epidural Anaesthesia (HEA) during knee arthroplasty surgery. No effect on transfusion rate. A randomized controlled trial [ISRCTN87597684].
34. Juelsgaard P, Larsen UT, Sørensen JV, Madsen F, Søballe K. Hypotensive epidural anesthesia in total knee replacement without tourniquet: reduced blood loss and transfusion. *Regional Anesthesia and Pain Medicine* 2002; 26(2): 105–110.
35. Niemi TT, Pitkänen M, Syrjälä M, Rosenberg PH. Comparison of hypotensive epidural anaesthesia and spinal anaesthesia on blood loss and coagulation during and after total hip arthroplasty. *Acta Anaesthesiol Scand* 2000; 44: 457–464.
36. Eroglu A, Uzunlar H, Erciyes N. Comparison of hypotensive epidural anesthesia and hypotensive total intravenous anesthesia on intraoperative blood loss during total hip replacement. *J Clin Anesth* 2005; 17(6): 420–425.
37. Ranawat ChS, Beaver WB, Sharrock NE, Maynar MJ, Urquhart B, Schneider R. Effect of hypotensive epidural anaesthesia on acetabular cement-bone fixation in total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg* 73B, 1991; 5: 779–782.
38. Pellegrini VD Jr, Sharrock NE, Paiement GD, Morris R, Warwick DJ. Venous thromboembolic disease after total hip and knee arthroplasty: current perspectives in a regulated environment. *Instr Course Lect* 2008; 57: 637–661.
39. Katsumata S, Nagashima M, Kato K, et al. Changes in coagulation-fibrinolysis marker and neutrophil elastase following the use of tourniquet during total knee arthroplasty and the influence of neutrophil elastase on thromboembolism. *Acta Anaesthesiol Scand* 2005; 49: 510–516.
40. Parment JL, Berman AT, Horrow JC, Harding S and Rosenberg H. Thromboembolism coincident with tourniquet deflation during total knee arthroplasty. *Lancet* 1993; 341: 1057–1058.
41. Abdel-Salam A and Eyres KS. Effects of tourniquet during total knee arthroplasty. A prospective randomised study. *J Bone Joint Surg Br* 1995; 77: 250–253.
42. Li B, Wen Y, Wu H, Qian Q, Lin X and Zhao H. The effect of tourniquet use on hidden blood loss in total knee arthroplasty. *Int Orthop* 2008.
43. Tetro AM and Rudan JF. The effects of a pneumatic tourniquet on blood loss in total knee arthroplasty. *Can J Surg* 2001; 44: 33–38.
44. [A] Barwell J, Anderson G, Hassan A and Rawlings I. The effects of early tourniquet release during total knee arthroplasty: a prospective randomized double-blind study. *J Bone Joint Surg Br* 1997; 79: 265–268.
45. Jarolem KL, Scott DF, Jaffe WL, Stein KS, Jaffe FF and Atik T. A comparison of blood loss and transfusion requirements in total knee arthroplasty with and without arterial tourniquet. *Am J Orthop* 1995; 24: 906–909.
46. Andrijauskas A, Ivaškevičius J, Kocius M, Porvaneckas N. Perioperacinės transfuzinės ir infuzinės terapijos ypatumai atliekant planinį klubo ir kelio sąnario endoprotezavimą. [Issues of perioperative transfusion and fluid therapy in elective total hip and knee arthroplasty surgery]. *Lietuvos chirurgija [Lithuanian surgery]* 2008; 6(2): 112–133.
47. Andrijauskas A, Ivaškevičius J, Kocius M, Porvaneckas N, Romanovienė J, Anisko S. Perioperacinių transfuzijų dažnis atliekant planinį klubo ir kelio sąnario endoprotezavimą: žmogiškojo veiksnio įtakos įvertinimas. [Frequency of perioperative transfusions in elective total hip and knee arthroplasty surgery: the influence of the human factor]. *Lietuvos chirurgija [Lithuanian surgery]* 2008; 6(3): 208–215.
48. Kim DM, Brecher ME, Estes TJ, Morrey BF. Relationship of hemoglobin level and duration of hospitalization after total hip arthroplasty: implications for the transfusion target. *Mayo Clin Proc* 1993; 68(1): 37–41.

*Gauta: 2008-11-05*

*Priimta spaudai: 2008-12-10*