

**VILNIAUS UNIVERSITETAS  
MEDICINOS FAKULTETAS**

Baigiamasis darbas

**Kontrapulsacijos intraaortiniu balionėliu taikymas kardiologijoje**

Intra-Aortic Ballon Pump in the Treatment of Postcardiotomy Cardiogenic Shock

**Gabrielė Lisauskaitė**

VI kursas, 8 grupė

**Klinikinės medicinos institutas**

**Skubios medicinos klinika**

Darbo vadovas

Prof. dr. Robertas Stasys Samalavičius

Klinikos vadovas

Prof. dr. Pranas Šerpytis

2024-05-10

Studento elektroninio pašto adresas: [gabriele.lisauskaite.2@mf.stud.vu.lt](mailto:gabriele.lisauskaite.2@mf.stud.vu.lt)

## TURINYS

SANTRUMPOS .....	4
SANTRAUKA.....	5
SUMMARY .....	6
ĮVADAS.....	7
1. MEDŽIAGA IR METODAI.....	7
2. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS.....	7
2.1. Istoriniai aspektai.....	7
2.2. Kardiogeninis ir postkardiotominis šokas. ....	8
2.2.1. Kardiogeninis šokas.....	8
2.2.2. Postkardiotominis šokas. ....	9
2.3. KIAB mechaninės charakteristikos ir veikimas. ....	9
2.3.1. Kas yra KIAB ir prietaiso sandara.....	9
2.3.2. KIAB įvedimas. ....	9
2.3.3. Veikimas. ....	10
2.4.4. Antikoaguliacija.....	10
2.4. Indikacijos. ....	10
2.5. Kontraindikacijos.....	11
2.6. Perkutaninė koronarinė intervencija ir KIAB.....	11
2.7. Kardiochirurgija ir KIAB: miokardo revaskuliarizacijos operacijos. ....	12
2.7.1. Paciento amžiaus įtaka KIAB rezultatams. ....	12
2.7.2. Priešoperacinės KIAB efektyvumas.....	13
2.7.3. Priešoperacinė KIAB ir hemodinamikos stabilumas.....	13
2.7.4. KIAB taikymas prasidėjus kardiogeniniam šokui.....	14
2.7.5. KIAB naudojimo pokyčių pagrindumas. ....	14
2.8. Kardiochirurgija ir KIAB: tiltas į širdies transplantaciją.....	15
2.8.1. UNOS politikos pakeitimai KIAB taikymui. ....	15
2.8.2. KIAB įvedimo rekomendacijos laukiantiems transplantacijos. ....	15
2.8.3. KIAB taikymas prieš KSPP implantaciją.....	16
2.9. Profilaktinė ir skubi KIAB. ....	16
2.9.1. Rezultatai kardiochirurgijoje. ....	16
2.9.2. Rezultatai perkutaninių koronarinių intervencijų metu. ....	16
2.10. Priežastys, lemiančios skirtumus kardiochirurgijoje ir intervencinėje kardiologijoje.....	17
2.11. KIAB nutraukimo kriterijai. ....	17
2.12. Komplikacijos ir rizikos veiksniai.....	18

2.12.1. Su KIAB susijusios komplikacijos. ....	18
2.12.2. Dažniausios komplikacijos. ....	18
2.12.3. Su KIAB susiję veiksniai, turintys įtakos komplikacijoms. ....	18
2.12.4. Paciento rizikos veiksniai KIAB komplikacijoms.....	19
2.12.5. Veiksniai, susiję su didesniu mirštamumu ligoninėje. ....	19
2.13. Didelės rizikos pacientas. ....	20
IŠVADOS .....	20
REKOMENDACIJOS .....	21
INTERESŲ KONFLIKTAS .....	21
LITERATŪROS SĄRAŠAS .....	22

## SANTRUMPOS

CVS – centrinis veninis spaudimas

KA – krūtinės angina

KIAB – kontrapulsacija intraaortiniu balionėliu

KMI – kūno masės indeksas

KSIF – kairiojo skilvelio išmetimo frakcija

KSPP – kairįjį skilvelį pavaduojantis prietaisas

KŠ – kardiogeninis šokas

MI – miokardo infarktas

NT-pro-BNP – N-terminalinis B tipo natrio uretinis peptidas

PKI – perkutaninė koronarinė intervencija

Pro-BNP – B tipo natrio uretinis peptidas

sAKS – sistolinis arterinis kraujo spaudimas

SKP – sisteminis kraujagyslių pasipriešinimas

ŠN – širdies nepakankamumas

ŠSD – širdies susitraukimų dažnis

ŠT – širdies transplantacija

UNOS – *United Network for Organ Sharing* (Tarptautinis organų dalijimosi tinklas)

VAS – vidurinis arterinis spaudimas

## SANTRAUKA

**Problemos aktualumas.** Kardiogeninis šokas išsivysto 2-6% pacientų, kuriems buvo atlikta širdies operacija, o mirties rizika dėl postkardiotominio kardiogeninio šoko siekia net 50-80%. Daugelį metų kardiogeninio šoko valdymui buvo naudojama kontrapulsacija intraaortiniu balionėliu, kuri davė gerų rezultatų. Visgi, keletą metų trukęs SHOCK II tyrimas, 2012 m. paskelbus jo išvadas, sukėlė abejonių dėl šio prietaiso efektyvumo. Didelis mirštamumas dėl kardiogeninio šoko ir prieštaringi kontrapulsacijos intraaortiniu balionėliu rezultatai rodo, kad verta plačiau panagrinėti šios priemonės efektyvumą gydant kardiogeninį šoką širdies chirurgijos pacientams.

**Darbo tikslas.** Apžvelgti mokslinę literatūrą ir įvertinti, ar kontrapulsacijos intraaortiniu balionėliu taikymas kardiochirurgijoje yra efektyvus ir rekomenduotinas.

**Medžiaga ir metodai.** Atlikta mokslinės literatūros paieška PubMed duomenų bazėje pagal šiuos raktinius žodžius anglų kalba: *intraaortic balloon pump, IABP, counterpulsation, cardiac surgery, postcardiotomy, cardiogenic shock*. Atrinkti temą atitinkantys visateksčiai straipsniai anglų kalba, publikuoti 2014 – 2024 metais.

**Rezultatai.** Kontrapulsacija intraaortiniu balioniu nėra rutiniškai leidžiama intervencinėje kardiologijoje. Čia ji efektyvi tik esant nesėkmingai perkutaninei koronarinei intervencijai. Tačiau kontrapulsacija intraaortiniu balioniu yra efektyvi kardiochirurgijoje tiek atliekant miokardo revaskuliarizaciją, tiek širdies transplantacijoje. Ši priemonė buvo susijusi su mažesniu trumpalaikiu ir ilgalaikiu mirštamumu po širdies operacijų, trumpesne hospitalizavimo trukme, mažesniu tam tikrų pooperacinių komplikacijų dažniu. Nustatyta, jog profilaktinė kontrapulsacija yra efektyvesnė už skubią ir susijusi su mažiau komplikacijų. Jei kontrapulsacija nebuvo taikyta profilaktiškai, išsivysčius kardiogeniniam šokui, būtina nedelsti, nes ankstyvesnė pradžia siejama su didesniu efektyvumu. Kontrapulsacija intraaortiniu balionėliu gali būti taikoma ir kaip tiltas į transplantaciją – stabilizuojama hemodinamika iki transplantacijos ir padidinamas išgyvenamumas po operacijos.

**Išvados.** Kontrapulsacija intraaortiniu balionėliu nerekomenduojama intervencinėje kardiologijoje, tačiau yra efektyvi ir turėtų būti taikoma didelės rizikos kardiochirurginiams pacientams. Kuo anksčiau, prasidėjus kardiogeniniam šokui, ši priemonė pradedama taikyti, tuo geresni rezultatai.

**Raktiniai žodžiai:** kardiochirurgija, kardiogeninis šokas, kontrapulsacija intraaortiniu balionėliu.

## SUMMARY

**Relevance of the problem.** Cardiogenic shock develops in 2–6% of patients undergoing cardiac surgery, and the risk of death due to post-cardiotomy cardiogenic shock is as high as 50–80%. Intra-aortic balloon counterpulsation has been used for many years for the management of cardiogenic shock and has shown good results. However, the SHOCK II trial, which was conducted before 2012, raised doubts about the effectiveness of this device. The high mortality due to cardiogenic shock and the controversial results of intra-aortic balloon counterpulsation suggest that the effectiveness of this device in the management of cardiogenic shock in cardiac surgery patients merits further investigation.

**Aim of the work.** To review the scientific literature and assess whether intra-aortic balloon counterpulsation in cardiac surgery is effective and advisable.

**Material and methods.** A literature search was performed on the PubMed database using the following keywords: intraaortic balloon pump, IABP, counterpulsation, cardiac surgery, postcardiotomy, cardiogenic shock. Full-text articles in English published between 2014 and 2024 were selected.

**Results.** Intra-aortic balloon counterpulsation is not routinely allowed in interventional cardiology. It is only effective here in the case of failed percutaneous coronary intervention. However, intra-aortic balloon counterpulsation is effective in cardiac surgery, both in coronary artery bypass grafting and in heart transplantation. It has been associated with lower short- and long-term mortality after cardiac surgery, shorter hospitalisation, and a lower incidence of certain post-operative complications. Prophylactic counterpulsation was found to be more effective than emergency counterpulsation and was associated with fewer complications. If prophylactic counterpulsation has not been used, it should not be delayed after the onset of cardiogenic shock, as earlier counterpulsation is associated with greater efficacy. Intra-aortic balloon counterpulsation can be used as a bridge to transplantation, stabilising hemodynamics before transplantation and increasing survival after surgery.

**Conclusions.** Intra-aortic balloon counterpulsation is not recommended in interventional cardiology but is effective and should be used in cardiac surgery for high-risk patients. The earlier the onset of counterpulsation after cardiogenic shock begins, the better the outcome.

**Keywords:** cardiac surgery, cardiogenic shock, intra-aortic balloon pump.

## ĮVADAS

KIAB yra viena iš santykinai mažiau invazinių mechaninių kraujotakos palaikymo priemonių, kurios gali būti taikomos kritinės būklės pacientams, siekiant stabilizuoti hemodinamiką (1). KIAB naudojama ūminio MI sukeltų komplikacijų, ypač KŠ, suvaldymui ir dažnai pritaikoma kardiochirurgijoje, atliekant miokardo revaskuliarizacijos operacijas (2). KIAB istorija siekia 1968 m., kuomet amerikiečių kardiochirurgas Adrian Kantrowitz šį prietaisą pristatė klinikinės medicinos praktikoje (3), o Lietuvoje KIAB pirmą kartą panaudota gydytojo kardiochirurgo Daumanto Kavoliūno praėjus beveik dešimtmečiui – 1976 m. (4)

### Temos aktualumas

KŠ išsivysto 2-6% pacientų, kuriems buvo atlikta širdies operacija (5), o mirties rizika dėl postkardiotominio KŠ siekia net 50-80% (6). Dideli skaičiai turėtų kelti susirūpinimą ir skatinti ieškoti kuo efektyvesnių problemos sprendimo būdų. Daugelį metų KŠ valdymui buvo naudojama KIAB ir davė gerų rezultatų. Visgi, 2012 m. paskelbtos didelio tyrimo išvados sukėlė abejonių dėl šio prietaiso efektyvumo. Autoriai teigia, kad KIAB reikšmingai nesumažino 30 dienų mirštamumo pacientams, kuriems po ūminio MI išsivystė KŠ ir buvo taikyta ankstyva miokardo revaskuliarizacija (7). Prieštaringi rezultatai rodo, kad yra verta plačiau panagrinėti KIAB efektyvumą gydant KŠ širdies chirurgijos pacientams.

**Darbo tikslas:** apžvelgti mokslinę literatūrą ir įvertinti, ar KIAB taikymas kardiochirurgijoje yra efektyvus ir rekomenduotinas.

## 1. MEDŽIAGA IR METODAI

Į literatūros apžvalgą įtrauktų mokslinių publikacijų paieška atlikta PubMed duomenų bazėje. Paieškoje naudoti raktiniai žodžiai bei jų junginiai anglų kalba: *intraaortic balloon pump, IABP, counterpulsation, cardiac surgery, postcardiotomy, cardiogenic shock*. Taip pat pritaikyti šie paieškos filtrai: prieinamas visatekstis straipsnis, anglų kalba, 10 metų publikavimo intervalas (2014–2024 m.). Atmesti tyrimai su gyvūnais ir atvejai, kuriuose aprašyti pacientai, jaunesni nei 18 metų.

## 2. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

### 2.1. Istoriniai aspektai

XX a. šeštajame dešimtmetyje broliai Adrian Kantrowitz ir Arthur Kantrowitz atliko keletą eksperimentų, kurių metu tyrė diastolinio kraujospūdžio padidėjimo principus. Jie nustatė, kad

sistoline kraujo tėkme padidinus vainikinių arterijų spindį, pagerėja šių arterijų kraujotaka (8). 1952 m. jie atliko tyrimus su gyvūnais, kurie parodė šio metodo pranašumą (9,10). Tęsiant tyrimus buvo sukurtas pagalbinis skilvelis, tačiau jis reikalavo chirurginių intervencijų, todėl 1962 m. broliai sukonstravo intraaortinį balioną, kurio taikymas buvo mažiau invazyvus. Tais pačiais metais prototipas išbandytas su šunimis, o 1968 m. sėkmingai pritaikytas žmogui gydant KŠ po MI (3,8,11–16).

Dėl gerų rezultatų ir lengvo įvedimo, bėgant laikui, KIAB buvo taikoma vis dažniau, o indikacijos plėtėsi ir dabartiniu metu šis gydymo metodas gali būti taikomas tiek atliekant mažiau invazyvias procedūras, pavyzdžiui, PKI, tiek ir atviras širdies operacijas didelės rizikos pacientams (15). Nors ilgą laiką KIAB kartu su inotropiniais vaistais buvo sėkmingai taikoma mechaninė priemonė KŠ gydymui, tačiau vis dažniau atsiranda prieštaraujančių autorių, kurie teigia, kad tai nėra veiksmingas metodas ir pasirodžius ne vienai tokiai publikacijai, KIAB populiarumas pradėjo mažėti (7,9,11,12). Taip pat naudojimo apribojimui įtakos turėjo ir su KIAB susijusios komplikacijos (17). Visgi, KIAB kol kas dar išlieka paprasčiausias, pigiausias ir neretai naudojamas mechaninės kraujotakos palaikymo prietaisas (12).

## **2.2. Kardiogeninis ir postkardiotominis šokas.**

### **2.2.1. Kardiogeninis šokas.**

KŠ yra gyvybei grėsminga būklė, kurios metu sutrinka širdies siurblio funkcija – neužtikrinamas pakankamas širdies tūris net esant normaliai volecijai, o tai sąlygoja hipotenzija, vidaus organų hipoperfuziją bei hipoksiją (11,12). Amerikos širdies asociacija (*American Heart Association – AHA*) tai įvardina kaip būseną, kai dėl pirminio širdies sutrikimo, sumažėja širdies tūris ir sukeliama klinikiniai simptomai, biocheminiai bei audinių perfuzijos pakitimai (5). Galiausiai KŠ nulemti procesai gali sukelti sisteminį uždegiminį atsaką ir nulemti daugelio gyvybiškai svarbių organų disfunkcijos sindromą (18).

KŠ yra daugiafaktorinis reiškinys, kurio valdymui gali būti reikalingas tarpdisciplininis požiūris (5). KŠ šokas gali išsivystyti įvykus ūminiam MI, operacinėje arba tik po operacijos (5). Jis progresuoja greitai ir yra susijęs su dideliu mirštamumu (18–20). Tai vienas pagrindinių veiksnių, kuris susijęs su mirtimis įvykus ūminiam MI net ir tada, kai atliekama PKI ar atvira miokardo revaskuliarizacijos operacija (9). Mirties rizika, išsivysčius KŠ, skirtinguose šaltiniuose siekia 30–80% (9,21). Taip pat, net taikant mechanines kraujotakos palaikymo priemones, pacientams su pasireiškusių KŠ mirties rizika ligoninėje yra didesnė nei taikant šias priemones tiems, kuriems KŠ nebuvo (17).



### **2.2.2. Postkardiotominis šokas.**

Yra išskiriamas postkardiotominis KŠ, kuris įvardijamas panašiai, kaip ir paprastas KŠ, tačiau išsivysto specifiškai po kardiologinių/kardiochirurginių intervencijų, ir dažnai yra atsparus medikamentiniam gydymui (5,6,20,22). Neefektyvus bandymas palaikyti pakankamą perfuziją naudojant 2 inotropinius medikamentus gali būti pirmasis postkardiotominio šoko požymis (20). Šis šokas pasireiškia 0,2-6% operuotų pacientų, o mirštamumas siekia net iki 80% (5,6). Nors priešoperacinis paciento paruošimas bei chirurginiai metodai tobulėja ir dėl to mažėja pacientų mirštamumas perioperaciniu laikotarpiu, tačiau būtent KŠ išlieka pagrindinė mirties priežastis pooperaciniu laikotarpiu (18). Postkardiotominio šoko riziką didina jau prieš operaciją atsiradęs KŠ (20). Postkardiotominio šoko gydymui gali būti skiriami inotropiniai vaistai, vazopresoriai bei mechaninės kraujotakos palaikymo priemonės (viena iš jų – aptariama KIAB) (6,12). Išsivysčius KŠ, gydymo tikslu tampa pakankamos audinių perfuzijos palaikymas, kairiojo skilvelio krūvio mažinimas ir vainikinių arterijų kraujotakos gerinimas (12). Būtent ankstyvas mechaninių kraujotakos palaikymo priemonių taikymas gali užkirsti kelią rimtoms komplikacijoms ir leisti pasiekti minėtus tikslus (3).

## **2.3. KIAB mechaninės charakteristikos ir veikimas.**

### **2.3.1. Kas yra KIAB ir prietaiso sandara.**

KIAB yra minimaliai invazinis, mechaninis trumpalaikio naudojimo prietaisas, kurį sudaro kraujagyslinis kateteris, sujungtas su balionėliu, balionui pripūsti skirta pompa ir valdymo konsolė, leidžianti reguliuoti hemodinaminius parametrus (1,9,11,12,23). Šio prietaiso privalumas – lengvas įvedimas, nereikalaujantis papildomo hemodinamiškai nestabilaus paciento transportavimo į operacinę, nes procedūrą galima atlikti intensyvios terapijos skyriuje. Taip pat procedūra nėra ilga – trunka 20-30 min. (11,12,24) Nors ši priemonė nėra sprendimas pirminėms kardiologinėms ir kardiochirurginėms problemoms, bet kaip pagalbinė priemonė yra efektyvi (18).

### **2.3.2. KIAB įvedimas.**

Atsižvelgiant į pacientų antropometrinius duomenis, yra parenkamas tinkamas balionėlio dydis – svarbu, kad pripūstas balionas užimtų 80-90% aortos skersmens (12). Balionėlis perkutaniniu būdu per šlaunies arteriją įvedamas į nusileidžiančiąją krūtininės aortos dalį, ties susijungimu su kairiąja poraktine arterija (distalinis kateterio galas turi būti apie 2 cm žemiau poraktinės arterijos pradžios). Kai balionėlis atsiranda reikiamoje padėtyje, kaniulės praplaunamos 0,9% natrio chlorido tirpalu, balionėlis pripučiamas helio dujomis, sujungiamas su valdymo konsole ir sinchronizuojamas su paciento širdies ciklu (9,11,12,23). Balionėlio lokalizacijai įvertinti atliekama krūtinės ląstos rentgenograma (9).

### **2.3.3. Veikimas.**

Širdies sistolės metu balionėlis turi būti subliuškęs, o vykstant diastolei vėl pripučiamas (9,11,12,23). Taikant KIAB, balionui subliuškus, sumažėja aortos sistolinis ir galinis diastolinis spaudimas, kairiojo skilvelio prieškrūvis ir pokrūvis bei ŠSD. Balionui išsipūtus, padidėja diastolinis spaudimas, gerėja perfuzija ir oksigenacija koronarinėse kraujagyslėse (12). Taigi, KIAB gali būti naudojama siekiant per trumpą laiką atkurti sisteminę perfuziją ir sumažinti vidaus organų, ypač miokardo, išemiją įvairiuose gydymo etapuose (preoperaciniu, intraoperaciniu ir postoperaciniu laikotarpiu). Perioperacinis KIAB įvedimas gali pagerinti KSIF 10-30% (25). Taip pat šis kraujotakos palaikymo metodas gali būti pasitelkiamas kaip tiltas į ŠT arba kaip tikslinis gydymas refrakteriniam ŠN (11).

### **2.4.4. Antikoaguliacija.**

Taikant KIAB, antikoaguliacija reikalinga ne visiems pacientams (26). Lyginant KIAB komplikacijų dažnį skiriant antikoagulantus ir jų neskiriant reikšmingų skirtumų nebuvo stebėta (27). Nefrakcionuoto heparino skyrimo ir išeminių komplikacijų sumažėjimo įrodymai riboti, be to šis vaistas KIAB pacientams buvo susijęs su dideliu kraujavimo dažniu (26,28). Tyrimais nustatyta, kad tiek nefrakcionuotas, tiek mažos molekulinės masės heparinas panašiai veikia išeminių komplikacijų dažnį, tačiau mažos molekulinės masės heparinas rečiau yra susijęs su kraujavimu (29). Dėl to kiekvienam pacientui būtina individualiai įvertinti išeminių komplikacijų bei kraujavimo riziką ir pagal tai nuspręsti, ar antikoagulantai yra būtini, o tik faktas, kad naudojama KIAB, neturėtų būti indikacija antikoaguliacinei terapijai (26).

## **2.4. Indikacijos.**

KIAB yra naudojama gydant kardiologines bei kardiochirurgines būkles ir yra indikuotina esant kairiojo skilvelio nepakankamumui, ūminiam stazinio ŠN paūmėjimui su hipotenzija, refrakterinei nestabiliai KA, ūminiam MI, mažo širdies išstūmimo sindromui, KŠ, atliekant didelės rizikos PKI, miokardo revaskuliarizacijos operacijas, esant sunkiam ekstrakorporinės kraujotakos nutraukimui, taikant trombolitinę terapiją, taip pat kaip tiltas į KSPP arba ŠT (6,30,31). Indikacijos yra paremtos poreikiu sumažinti kairiojo skilvelio krūvį bei pagerinti vainikinių arterijų perfuziją (32). KIAB gali būti indikuotina, kai širdies indeksas yra  $< 2,2 \text{ l/min./m}^2$ , sAKS  $< 80 \text{ mmHg}$ , VAS  $< 60 \text{ mmHg}$ , KSIF  $\leq 30\%$ , sunki metabolinė acidozė, nepaisant maksimalaus vazoaktyvaus/inotropinio palaikymo, oligurija, laktato koncentracija  $> 2,0 \text{ mmol/l}$  (12,25,32,33). Atsižvelgiant į esamas indikacijas, priimamas sprendimas, kada geriausia taikyti KIAB: EuroSCORE  $> 12$  balų, sumažėjusi KSIF, kairiosios priekinės nusileidžiančiosios arterijos okliuzija, su anksčiau atlikta PKI susijusios komplikacijos – rekomenduotina profilaktinė priešoperacinė KIAB; hipotenzija operacijos metu, ST

segmento pakilimas elektrokardiogramoje, pasikartojantis skilvelių virpėjimas, išliekantis hemodinamikos nestabilumas skiriant vazoaktyvius ir inotropinius vaistus – indikuotinas skubus KIAB įvedimas; po atliktos operacijos pasireiškę šoko požymiai – reikalinga pooperacinė KIAB (16).

## **2.5. Kontraindikacijos.**

Kaip ir bet kokios medicininės intervencijos metu, taip ir planuojant taikyti KIAB, yra svarbu žinoti nustatytas kontraindikacijas. Šis gydymo metodas neturėtų būti taikomas pacientams, kuriems įdėtas klubinės arterijos stentas, nustatyta sunki periferinių arterijų liga, pilvinės aortos aneurizma, reikšmingas aortos nepakankamumas ar didelio laipsnio aortos vožtuvo regurgitacija, aortos disekacija ir koagulopatija, nekontroliuojamas sepsis ar hemoraginė diatezė. Dalis šių kontraindikacijų yra reliatyvios, tačiau aortos disekacija ir regurgitacija yra absoliučios kontraindikacijos KIAB taikymui (11,31,34,35). Esant visoms minėtoms diagnozėms, žymiai padidėja kraujagyslinių komplikacijų rizika, kartu didėja ir mirštamumo rizika, todėl labai svarbu įvertinti, ar nėra šių būklių, o esant dalinėms kontraindikacijoms ir būtinybei taikyti KIAB, imtis ypatingų saugumo priemonių ir atidžiai stebėti pacientą.

## **2.6. Perkutaninė koronarinė intervencija ir KIAB.**

Šiuo metu publikacijos, aprašančios KIAB naudą mažai invazyvių kardiologinių intervencijų metu, yra kontraversiškos ir didžioji jų dalis nebepripažįsta šio gydymo metodo veiksmingumo. Paton ir kt. savo darbe teigia, kad nemaža dalis pacientų, kuriems buvo atliekama PKI ir kurie patyrė KŠ, neišgyveno net jei buvo taikyta KIAB (36). Wan ir kt. atliktas tyrimas parodė, kad KIAB reikšmingai nesumažino trumpalaikio ir ilgalaikio mirštamumo PKI pacientams nei esant KŠ, nei jam neišsivysčius (10).

Pastebėta, jog KIAB buvo efektyvesnė PKI pacientams, jaunesniems nei 60 m., tačiau yra įprasta, kad atliekant įvairias medicininės intervencijas jaunesniems asmenims, rezultatas būna geresnis. Taip pat su geresniais rezultatais buvo susijęs ankstyvesnis KIAB taikymas (pradžiai iki PKI). Šie veiksniai padidino išgyvenamumą ligoninėje (36).

Didelės rizikos PKI pacientams KIAB taikymas taip pat kelia diskusijų. Vieni autoriai teigia, kad KIAB naudojimas yra susijęs su teigiamais rezultatais (rečiau pasitaikančiomis komplikacijomis, geresniu išgyvenamumu), bet atsiranda ir įrodžiusių, jog KIAB nebuvo naudinga ar net padidino mirčių ligoninėje skaičių ir buvo susijusi su dažnesnėmis širdies bei galvos smegenų išeminėmis komplikacijomis (12).

Dar vienas tyrimas parodė, kad KIAB sumažino mirštamumą tik nesėkmingos PKI grupėje, o tiems pacientams, kuriems PKI buvo sėkminga, KIAB buvo susijusi su reikšmingai didesniu mirčių

skaičiumi (37). Šie skirtumai buvo vertinant ne tik trumpalaikį (30 dienų), bet ir 12 mėnesių mirštamumą (37). Tačiau šiame tyrime, pacientai, kuriems PKI nesėkminga, buvo jaunesni (37). Galimai, ši priežastis buvo susijusi su teigiamais KIAB rezultatais. Visgi, nepaisant jaunesnio pacientų amžiaus, jų klinikinė būklė buvo sunkesnė, tad vienareikšmiškai teigti, jog geresni rezultatai susiję su amžiumi, nebūtų teisinga (37).

Šiuo metu nėra leidžiamas rutininis KIAB naudojimas PKI pacientams. Ši priemonė tinkama tik tada, kai kiti KŠ gydymo metodai PKI pacientams negalimi arba neveiksmingi (37).

Kadangi dalis tyrimų rodo teigiamus KIAB rezultatus atliekant PKI, o kiti tyrimai teigia priešingai, prieš pasirenkant šią priemonę būtų svarbu įvertinti ne tik esamas indikacijas, kontraindikacijas bei galimas komplikacijas, tačiau įdėmiau atkreipti dėmesį į rizikos veiksnius ir, pagal tai įvertinus numatomą naudą, priimti sprendimą dėl KIAB taikymo arba netaikymo. Taip pat reiktų toliau tęsti panašius tyrimus, kad būtų galima tiksliau atsakyti į vis dar kylančius klausimus. Patys tyrimų autoriai teigia, jog yra būtina sukurti rizikos skalę, kuri patikslintų ir papildytų esamas rekomendacijas bei padėtų geriau atrinkti asmenis, kuriems atliekant PKI galima ir reikia taikyti KIAB (37).

## **2.7. Kardiochirurgija ir KIAB: miokardo revaskuliarizacijos operacijos.**

Kalbant apie atvirąją širdies chirurgiją, rezultatai yra palankesni KIAB taikymui nei intervencinėje kardiologijoje. KIAB taikymas gali pagerinti išgyvenamumą pacientams, kuriems yra išsivystęs postkardiotominis KŠ (3,22), o prieš miokardo revaskuliarizavimo operaciją pradėjus taikyti KIAB, buvo stebėti geresni tiek ankstyvieji, tiek vėlyvieji (ilgalaikiai) rezultatai (38,39). Kai kuriuose literatūros šaltiniuose nurodoma, kad pacientams, kurie pagal EuroSCORE surinko daugiau nei 12 balų, KIAB perioperaciniu laikotarpiu naudoti yra būtina (16).

### **2.7.1. Paciento amžiaus įtaka KIAB rezultatams.**

Kaip ir PKI atveju, taip ir atvirų kardiochirurginių operacijų metu, KIAB grupėje su didesne mirties rizika buvo susijęs vyresnis amžius. Tai pastebima vertinant mirtis per pirmąsias 30 dienų po operacijos bei vėlesniu laikotarpiu (3,25,38,40). Tačiau tai nereiškia, kad būtent KIAB lėmė didesnę mirčių skaičių: vyresni asmenys dažniau serga įvairiomis gretutinėmis ligomis, kurios turi įtakos bendrai būklei po operacijos ir yra ypač reikšmingos kritiniams širdies chirurgijos pacientams (25). 2015 m. atlikto tyrimo išvados rodo, kad vyresnių nei 65 m. pacientų, kuriems taikyta KIAB, mirštamumas ligoninėje buvo didesnis nei jaunesnių (25). Kitas tyrimas parodė didesnę mirštamumą KIAB pacientams vyresnių nei 80 m. amžiaus grupėje (25). Atkreiptinas dėmesys, kad vyresnio amžiaus pacientų, kuriems reikalinga kardiochirurginė operacija, skaičius didėja, tad šis aspektas galėjo prisidėti ir prie tam tikrų tyrimų rezultatų, kuriuose ir KIAB grupėje mirčių skaičius buvo kiek

didesnis nei ankstesniuose tyrimuose (25). Be to, vyresniems asmenims dėl daugiau gretutinių ligų yra sunkesnis pooperacinis atsigavimas, didesnė galimų komplikacijų rizika ir jiems dažniau gali prireikti mechaninių kraujotakos palaikymo priemonių. Dėl bendros prastesnės vyresnių pacientų prognozės, kartu gali būti blogesni ir KIAB grupės rezultatai (41).

### **2.7.2. Priešoperacinės KIAB efektyvumas.**

KIAB taikymas prieš chirurginį miokardo revaskuliarizavimą buvo susijęs su trumpesne KIAB ir dirbtinės plaučių ventiliacijos trukme, mažesniu inotropinių vaistų poreikiu ir trumpesniu buvimu intensyvios terapijos skyriuje po operacijos bei retesniu inkstų nepakankamumu (16,33,42). Pacientams, kuriems nebuvo taikyta profilaktinė KIAB prieš miokardo revaskuliarizavimo operaciją, pooperaciniu laikotarpiu dažniau prireikė dializės (35). Kadangi tyrimai rodo, jog priešoperacinė KIAB reikšmingai sumažina pooperacinių komplikacijų dažnį, o kai kuriuose tyrimuose su KIAB susijusių komplikacijų išvis nebuvo stebėta, didelės rizikos kardiochirurginiams pacientams profilaktinė KIAB gali būti taikoma (35). Tai pat priešoperacinė KIAB sumažino pooperacinį bei 30 dienų mirštamumą pacientams, kuriems buvo atliekama planinė miokardo revaskuliarizacijos operacija (33,39,43,44). Nagrinėjamų publikacijų autorių teigimu, šioms išvadoms pagrįsti buvo analizuoti tik tie tyrimai, kuriuose šališkumo rizika maža, tad rezultatai turi būti tikslūs ir patikimi (39).

Nors didžioji dalis KIAB tyrimų kardiochirurgijoje rodo, kad priešoperacinis šios priemonės naudojimas yra efektyvesnis nei pradėtas vėliau, tačiau pasitaiko pavienių tyrimų, kuriuose rezultatai buvo kitokie. Samanidis ir kt. nustatė, kad priešoperacinė KIAB nebuvo susijusi su mažesniu 30 dienų mirštamumu, lyginant su perioperaciniu KIAB taikymu, tačiau parodė sąsajų su trumpesniu buvimu gydymo įstaigoje (25).

### **2.7.3. Priešoperacinė KIAB ir hemodinamikos stabilumas.**

Priešoperacinis KIAB taikymas gali būti nereikalingas stabilios hemodinamikos pacientams, sergantiems vainikinių širdies arterijų liga, kai planuojama atlikti šių anatominių struktūrų revaskuliarizacijos operaciją. Šiems stabilios hemodinamikos pacientams priešoperacinė KIAB geresnių rezultatų neparodė - KIAB ir kontrolinės grupės ankstyvieji rezultatai nebuvo statistiškai reikšmingi (45). Tačiau kalbant apie hemodinamiškai stabilius pacientus, kuriems nustatyta didelio laipsnio kairiojo skilvelio disfunkcija ( $KSIF \leq 30\%$ ), priešoperacinė KIAB buvo rečiau susijusi su KŠ po miokardo revaskuliarizacijos operacijos, nepaisant to, jog priešoperacinė sutrikusi kairiojo skilvelio funkcija yra reikšmingas rizikos veiksnys mažos širdies išėigos sindromo atsiradimui, kuris gali lemti postkardiotominį šoką (42). Šiems pacientams, kuriems taikyta profilaktinė KIAB, nors hemodinamika buvo stabili, mirštamumas ligoninėje buvo reikšmingai mažesnis (4,4%), lyginant su mirštamumu intraoperacinėje ir pooperacinėje KIAB grupėje (37,5%). Pacientams, kuriems netaikyta

profilaktinė KIAB, po operacijos praėjus 24 val. ar daugiau, stebėtas žymiai didesnis vazopresorių ir inotropų poreikis (42). Tai parodo, kad vien hemodinaminis nestabilumas nėra absoliuti indikacija KIAB taikymui. Yra būtina atsižvelgti į pagrindinę patologiją bei kitus reikšmingus veiksnius.

#### **2.7.4. KIAB taikymas prasidėjus kardiogeniniam šokui.**

Visgi, ne visiems pacientams KIAB pradedama taikyti prieš širdies operaciją. Tyrime, kuris vertino 30 dienų mirštamumą pacientams, kuriems KIAB buvo pradėta taikyti tik po operacijos išsivysčius KŠ, pastebėta, kad tokia metodika taip pat sumažina mirčių skaičių, bet labai svarbu, per kiek laiko nuo šoko pradžios bus pradėtas gydymas KIAB. Kai KIAB pradžia buvo per 120 min. nuo šoko pradžios, mirštamumas siekė 40%, o užtrukus ilgiau, išaugo iki 70%. Pradėjus taikyti šį metodą po daugiau nei 240 min. nuo šoko pradžios, mirštamumas išaugo dar labiau – iki 80% (18). Šio tyrimo išvados teigia, kad su greitesne KIAB taikymo pradžia susijęs mažesnis 30 dienų mirštamumas yra statistiškai reikšmingas (18). Vėlyvesnė KIAB pradžia (>120 min.) buvo susijusi ir su sunkiu inkstų nepakankamumu dėl ilgiau užtrukusios audinių hipoperfuzijos (18). Šio gydymo metodo pradžios laikas neturėjo reikšmingos įtakos buvimo intensyvios terapijos skyriuje ir bendrai hospitalizacijos trukmei (18). Šiame tyrime didesnis mirštamumas buvo susijęs tik su uždelsta KIAB pradžia ir aukštesniu inotropiniu balu, tačiau nebuvo reikšmingai susijęs su pacientų amžiumi, lytimi, gretutinėmis ligomis ar žalingais įpročiais (18). Tai rodo, kad KIAB pradžios laikas yra reikšmingas veiksnys mirštamumui, dėl to labai svarbu laiku pastebėti besivystantį KŠ ir imtis aktyvių veiksmų jo suvaldymui.

#### **2.7.5. KIAB naudojimo pokyčių pagrindumas.**

Nuo 2012 m. atlikta nemažai atsitikitinių imčių tyrimų, į kuriuos buvo įtraukti pacientai po ūminio MI su KŠ, kuriems taikyta KIAB. Šie tyrimai parodė, kad KIAB neturėjo reikšmingo poveikio ir buvo susijusi su didesniu komplikacijų dažniu, lyginant su pacientais, kuriems KIAB nebuvo taikyta (32). Būtent tai buvo aptarta šio darbo skyriuje „Perkutaninė koronarinė intervencija ir KIAB“. Minėti rezultatai įtraukti į atnaujintas gaires, kurios siekia sumažinti KIAB naudojimą įvykus ūminiam MI, kuomet atliekama PKI (32). Jungtinėse Amerikos valstijose KIAB naudojimas buvo priskirtas II klasės, Europoje IIIB klasės rekomendacijoms vietoj buvusios I klasės. IIA klasės rekomendacijose paliktas KIAB taikymas esant KŠ dėl mechaninių ūminio MI komplikacijų arba dėl hemodinaminio nestabilumo (46). Deja, tai sumažino šios priemonės taikymą ir kardiokirurgijoje (32). Tačiau iš kitų tyrimų, kurie aptarti šio darbo skyriuje „Kardiokirurgija ir KIAB“, matome, jog sprendimai, pagrįsti tyrimais su PKI pacientais, nėra tinkami kardiokirurgijoje. Taigi, intervencinės kardiologijos rekomendacijos tam tikrų priemonių ar gydymo metodų taikymui neturėtų būti apibendrintai naudojamos tų pačių priemonių taikymui kitose medicinos srityse. Rezultatai, gauti analizuojant KIAB poveikį ūminio MI pacientams po PKI galėtų būti tik paskata atlikti daugiau šios

mechaninės kraujotakos palaikymo priemonės tyrimų kardiologijoje, siekiant įvertinti, ar KIAB efektas šioje srityje yra toks pats, ar skiriasi. Remiantis analizuotų publikacijų rezultatais, galima teigti, kad KIAB taikymas širdies chirurgijoje yra saugus ir efektyvus, o sumažėjęs šios priemonės taikymas nebuvo tinkamas sprendimas, ir intervencinės kardiologijos rezultatai neturėtų sumažinti KIAB naudojimo didelės rizikos kardiologiniams pacientams (13,16,32,47).

## **2.8. Kardiologija ir KIAB: tiltas į širdies transplantaciją.**

### **2.8.1. UNOS politikos pakeitimai KIAB taikymui.**

KIAB gali būti tinkamas sprendimas laukiant ŠT arba KSPP implantacijos (12). Kad KIAB yra naudinga priemonė širdies chirurgijoje pacientams laukiant ŠT, parodo 2018 m. Jungtinio organų dalijimosi tinklo UNOS paskelbti pakeitimai, kurie teigia, kad tiems asmenims, kuriems buvo taikyta KIAB, turėtų būti suteiktas aukštesnis recipientų statusas ir jiems suteikta pirmenybė ortotopinei ŠT (48). Iki šių pakeitimų atlikti tyrimai parodė, kad KIAB prieš ŠT buvo saugi intervencija, kuri pagerino hemodinaminius rodiklius ir buvo susijusi su didesniu išgyvenamumu po ŠT (48).

Po UNOS politikos pakeitimų vienas tyrimas parodė priešingus rezultatus – mažesnę KIAB pacientų išgyvenamumą po ŠT. Tačiau atlikus dar vieną tyrimą, kuriame lyginti rezultatai iki politikos pakeitimo ir po jos, buvo grįžta prie išvadų, kad KIAB suteikia reikšmingos naudos ir turėtų būti taikoma recipientams prieš ŠT, nes pagerina laukiančiųjų hemodinamiką ir bendrą būklę, o po operacijos didėja išgyvenamumas (48). KIAB nauda prieš ŠT buvo aprašyta ir klinikinio atvejo pristatyme, kuomet KIAB buvo taikyta pacientui, kuriam po MI ir revaskuliarizacijos prireikė ŠT. KIAB šiam pacientui padėjo palaikyti hemodinamiką ir užtikrinti sklandų laukimą iki transplantacijos (49). Po UNOS pakeitimų ne tik žymiai padažnėjo KIAB naudojimas nuo 7% iki 24,9%, bet ir sutrumpėjo donorinės širdies laukimo laikas (vidutiniškai nuo 35 iki 15 dienų) (48).

### **2.8.2. KIAB įvedimo rekomendacijos laukiantiems transplantacijos.**

Kadangi transplantacijos laukiantys pacientai būna ilgiau hospitalizuoti, jiems palankesnis KIAB implantavimo būdas galėtų būti transbrachialinis (50). Ši prieiga mažiau riboja paciento mobilumą ir užtikrina geresnę gyvenimo kokybę, lyginant su transfemoroline prieiga, kuri apriboja paciento judėjimą dėl įvesto kateterio kirksnies srityje (23,50). Dar viena alternatyva – poraktinės arterijos prieiga (23). Be to, yra aprašyta, kad viršutinės galūnės prieiga ne tik pagerina paciento gyvenimo kokybę dėl mažiau ribojamo judėjimo, tačiau ir leidžia geriau stabilizuoti įvestą kateterį bei taip sumažinti baliono pasislinkimo riziką (23).

### **2.8.3. KIAB taikymas prieš KSPP implantaciją.**

Nustatyta, kad pacientams su blogėjančia hemodinamika KIAB taikymas prieš KSPP implantavimą pagerina klinikinę eigą po šios operacijos (15). Šie pacientai po operacijos mažiau laiko praleido intensyvios terapijos skyriuje, stebėtas sumažėjęs CVS, reikšmingai padidėjęs širdies ir perfuzijos indeksas, žymiai sumažėjęs plaučių kapiliarų pleištinis slėgis, mažesnis serumo kreatinino ir pro-BNP kiekis (12,15). Šie pokyčiai nebuvo susiję vien tik su KSPP implantacija, nes rezultatai buvo lyginami su kontroline grupe, kurioje KIAB prieš operaciją nebuvo taikoma (15). Nors priešoperacinis KIAB taikymas buvo susijęs su trumpesniu gydymu intensyvios terapijos skyriuje, greitesniu hemodinamikos pagerėjimu, organų disfunkcijos sumažėjimu, o kartu ir su mažesniais gydymo kaštais, tačiau reikšmingo 1 metų išgyvenamumo skirtumo nenustatyta (15). Kita vertus, šie rezultatai parodė, jog KIAB nėra susijęs ir su didesne mirštamumo rizika. Visgi, literatūroje teigiama, kad tikslesniam išgyvenamumo įvertinimui naudojant KIAB prieš KSPP reikėtų atlikti daugiau tyrimų (23).

## **2.9. Profilaktinė ir skubi KIAB.**

### **2.9.1. Rezultatai kardiochirurgijoje.**

Tyrimai, kuriuose buvo vertinama ne tik KIAB grupė su kontroline, bet lyginamos profilaktinės ir skubios KIAB grupės, tai pat stebėta reikšmingų skirtumų. Profilaktinė KIAB yra pranašesnė už skubią. Profilaktinis KIAB taikymas prieš miokardo revaskuliarizaciją buvo susijęs su trumpesniu gydymu intensyvios terapijos skyriuje, stabilesne gydymo stacionare eiga, mažesniais vazopresorių ir inotropų dozėmis, geresne vidaus organų perfuzija ir mažesniu ankstyvuojančiu mirštamumu (12,16,47,51). Vertinant komplikacijų klausimu, abi šios grupės (profilaktinė ir skubi) beveik vienodos - nei vienoje iš jų nebuvo su KIAB susijusių komplikacijų (16). Vertinant KIAB pacientų mirštamumą stebėti tokie rezultatai: mažas mirštamumas (18,8-19,6%) profilaktinės (priešoperacinės) KIAB grupėje; vidutinis (27,6–32,3 %) intraoperacinėje grupėje; didelis (39-40,5%) pooperacinėje grupėje (13,14). Kraleiv ir kt. savo tyrime pastebėjo, kad profilaktinė KIAB iki 9 kartų sumažino mirštamumą, lyginant su skubios pooperacinės KIAB grupe (42). Taigi, profilaktinė KIAB kardiochirurginiams pacientams teikia naudos, nes hemodinamikos stabilizavimas prieš operaciją lemia ir geresnius rezultatus operacijos metu bei pooperaciniu sveikimo periodu (15).

### **2.9.2. Rezultatai perkutaninių koronarinių intervencijų metu.**

Kitokie rezultatai gauti vertinant profilaktinės KIAB naudą PKI pacientams. Vienais tyrimais nustatyta, kad KIAB buvo susijęs su reikšmingu 6 mėnesių mirštamumo sumažėjimu, tačiau kiti tyrimai rodo, jog ši priemonė neturėjo reikšmingos įtakos 30 dienų mirštamumui ir KIAB



taikymas prieš PKI nepadėjo sumažinti miokardo išemijos (12). Visgi, kalbant apie grupę, kuriai PKI buvo nesėkminga, KIAB parodė pozityvių rezultatų. KIAB taikymas buvo susijęs su žymiai mažesniu mirštamumu ligininėje, taip pat su mažesniu mirštamumu per 30 dienų bei per 1 metus, tačiau tai stebėta, kai PKI nebuvo sėkminga (12,37). Tiems, kuriems buvo sėkmingai atlikta PKI, kartu taikyta KIAB koreliavo su didesniu mirčių skaičiumi 30 dienų laikotarpiu (37).

## **2.10. Priežastys, lemiančios skirtumus kardiochirurgijoje ir intervencinėje kardiologijoje.**

Išvadoms dėl rekomendacijų KIAB taikymui kardiochirurgijoje įtakos galėjo turėti tai, kad kai kurie tyrimai buvo atlikti vertinant KIAB naudą didelės rizikos pacientams, kuriems nebuvo pasireiškęs KŠ (9). Būtent šiems pacientams nebuvo teigiamų rezultatų mažinant mirštamumą ir gerinant KSIF, taip pat pastebėtas didesnis kraujavimų ir insultų skaičius (9,12). Be to, sumažėjusi KIAB nauda PKI pacientams gali būti susijusi su didele šių intervencijų pažanga. Sparčiai patobulėjus PKI technologijoms, pagerėjo bendri šios procedūros rezultatai. Kartu su šiais pokyčiais sumažėjo ir KIAB nauda bei šios priemonės taikymas (10). Be to, PKI metu nėra naudojamas ekstrakorporinės kraujotakos aparatas ir mažiau trikdoma pacientų hemodinamika. Dėl to šioje srityje yra santykinai mažesnis KIAB poveikis nei širdies chirurgijoje (10).

## **2.11. KIAB nutraukimo kriterijai.**

KIAB aprašoma trukmė svyruoja nuo 3 val. iki 456 val., o vidutinis šios priemonės palaikymas trunka apie 79 val. (18). Atjunkymas nuo KIAB įprastai tęsiasi 24-48 val. ir turi būti atliekamas intensyvios terapijos skyriuje (52). Prieš nutraukiant KIAB svarbu įvertinti bendrą paciento būklę, jo hemodinamikos stabilumą bei laboratorinius rodiklius. Pranykęs krūtinės skausmas ir dusulys, sumažėjęs silpnumas gali rodyti teigiamą KIAB poveikį. Svarbu įvertinti, ar elektrokardiogramoje nėra kritinių būklių požymių (ST segmento pakilimo, gyvybei grėsmingų aritmijų). Atpratimui nuo KIAB palankus hemodinaminis stabilumas įvardinamas tokiais rodikliais ir jų reikšmėmis: VAS > 70 mmHg, CVS < 12 mmHg, sAKS > 90 mmHg, ŠSD < 100 k./min., plaučių kapiliarų pleištinis slėgis < 18 mmHg, SKS < 2,100 dyn·s/cm<sup>-5</sup>. Šie rodikliai turi būti stebimi skiriant minimalias ar vidutines vazoaktyvių vaistų dozes. Laboratoriniai parametrai, rodantys pasirengimą nutraukti KIAB, yra laktato koncentracija < 2,5 mmol/l, sumažėjusi pro-BNP ir NT-pro-BNP koncentracija (16,20,53).

## **2.12. Komplikacijos ir rizikos veiksniai.**

### **2.12.1. Su KIAB susijusios komplikacijos.**

Nepaisant to, kad KIAB gali suteikti reikšmingos naudos, prieš renkant šį gydymo metodą svarbu prisiminti galimas komplikacijas ir įvertinti numatomą naudą bei žalos santykį. Komplikacijos, susijusios su KIAB, yra skirstomos į kraujagyslines ir nekraujagyslines. Vaskulinės komplikacijos apima kraujavimą ir vietines hematomas, taip pat pavojingesnes būkles tokias, kaip galūnių išemija ir su ja susijusi amputacija, mezenterinė išemija, embolija, insultas, kraujagyslių perforacija arba aortos disekcija ir mirtis. Kitoms (ne kraujagyslinėms) komplikacijoms priskiriamos su KIAB intervencija susijusios vietinės bei sisteminės infekcijos, hemolizė ir trombocitopenija (11,13,18,23,32,40,54,55). Hematomų ir vietinių bei sisteminių infekcijų priežastis yra procedūra, kurios metu įvedamas KIAB kateteris su balionu, ir nepakankama intervencijos vietos priežiūra. Trombocitopeniją sukelia trombocitų nusėdimas ant KIAB kateterio ir mechaninis jų sunaudojimas bei kraujavimas. Aortos disekciją, perforaciją ir masyvų kraujavimą gali sukelti kraujagyslės sienelės traumavimas kreipiamąja viela kateterio įvedimo metu (11,13,18,23,40,54,55).

### **2.12.2. Dažniausios komplikacijos.**

Dažniausiai pasitaikančios su KIAB susijusios komplikacijos yra apatinių galūnių išemija, kraujavimas iš KIAB įvedimo vietos bei trombocitopenija (13,14,17,32,40,41,55–57). Taip pat, taikant KIAB, dažniau pastebimas padidėjęs kraujo transfuzijų poreikis, lyginant su pacientais po kardiochirurginių operacijų, kuriems ši priemonė nebuvo taikyta (52,58). Literatūroje nurodomas komplikacijų dažnis skiriasi. Tam įtakos gali turėti skirtingas tyrimo imties dydis, nevienodas papildomų rizikos veiksnių (amžiaus, gretutinių ligų, žalingų įpročių) dažnis ar kiti skirtumai tarp tiriamųjų populiacijų. Pavyzdžiui, galūnių išemija sudaro 0,9-26,7% su KIAB susijusių komplikacijų, o kraujavimas 0,4-27,7% (14,32,55,57). Nepaisant komplikacijų dažnio skirtumų (procentinių verčių), analizuotuose tyrimuose vyrauja kraujagyslinės komplikacijos, ypač galūnių išemija (13,14,17,32,33,40,55–57). Galūnių amputacija dėl išemijos, aortos disekcija, masyvus kraujavimas ir mirtys, susijusios su KIAB implantavimu, yra retos ir daugelyje tyrimų pastaruoju metu net nebuvo užfiksuotos (14,17,55,57,59).

### **2.12.3. Su KIAB susiję veiksniai, turintys įtakos komplikacijoms.**

Vieni tyrimai rodo, jog KIAB taikymo trukmė kraujagyslinių komplikacijų dažniui įtakos neturi, tačiau kiti tyrimai nurodo, kad ilgesnė gydymo KIAB trukmė didina komplikacijų riziką (17,55). Trukmė buvo reikšmingas veiksnys trombocitopenijos atsiradimui – ilgiau taikant KIAB, didesnė trombocitopenijos rizika (59). Taip pat ilgesnė KIAB trukmė buvo susijusi su dažnesne galūnių išemija (55).

Nors ne viename tyrime rezultatai parodė, jog profilaktinis KIAB taikymas kardiochirurgijoje buvo naudingas, tačiau tai nebuvo įvardinta auksiniu standartu didelės rizikos širdies chirurgijos pacientams būtent dėl KIAB sukeltųjų komplikacijų (35). Visgi, tyrimai, kuriuose buvo lyginamas komplikacijų dažnis naudojant KIAB ir kitas mechanines kraujotakos palaikymo priemones, parodė geresnius rezultatus KIAB naudai (23). Siekiant sumažinti kraujagyslinių komplikacijų dažnį, rekomenduojama naudoti geras vizualizavimo priemones (pvz., prieš KIAB kateterio įvedimą atlikta kompiuterinė tomografija leidžia gerai įvertinti kraujagyslių anatomiją), mažesnio dydžio kraujagyslinius kateterius ir balioną be apvalkalo (9,14,34,35,55). Taip pat komplikacijų dažnis yra mažesnis, kai tinkamai įvertinamos KIAB kontraindikacijos, o po procedūros taikomas griežtas pacientų stebėjimas (35). Nakamura ir kt. savo tyrimu parodė, kad planinis KIAB įvedimas lėmė 100% sėkmę (35). Kituose tyrimuose planinė KIAB taip pat buvo susijusi su mažesniu kraujagyslinių komplikacijų dažniu ar jų nebuvimu (35,42). Skubus KIAB balionėlio įvedimas yra susijęs su didesniu kraujagyslinių komplikacijų, insulto bei inkstų nepakankamumo dažniu (14,60). Nors medicinoje visiškai išvengti komplikacijų nėra įmanoma, tačiau šių tyrimų rezultatai negali ginčyti teiginio, kad planuota KIAB ženkliai sumažina komplikacijų riziką dėl geresnio pasiruošimo procedūrai.

Kraujagyslinės KIAB komplikacijos yra susijusios ne tik su didesne mirties rizika, bet ir su prastesne gyvenimo kokybe (34). Yra duomenų, kad dažniau komplikacijos pasitaiko, kai KIAB naudojama transfemoralinė prieiga, lyginant su poraktine prieiga, tačiau šioms išvadoms patvirtinti reikalingi papildomi tyrimai (55).

Nors bendrai vertinant rimtų komplikacijų, nulemtų KIAB taikymo, dažnis nėra didelis, tačiau išskiriant PKI pacientus, visgi buvo nemažai pastebėta masyvaus kraujavimo, pakartotinio MI ir pakartotinės PKI atvejų. Beje, su KIAB susijusių kraujagyslinių komplikacijų dažnis didesnis sėkmingai atliktos PKI grupėje (37).

#### **2.12.4. Paciento rizikos veiksniai KIAB komplikacijoms.**

Periferinių kraujagyslių ligos, hipertenzija, cukrinis diabetas, nutukimas, sumažėjęs kulšnies – žasto indeksas, rūkymas, moteriška lytis ir vyresnis amžius yra veiksniai, susiję su didesne KIAB komplikacijų atsiradimo rizika (40,55). Periferinių kraujagyslių ligos net yra priskiriamos kontraindikacijoms KIAB naudojimui, o kiti rizikos veiksniai taip pat turėtų būti vertinami rimtai ir įvedant KIAB balioną reikėtų laikytis ypatingo atsargumo (55).

#### **2.12.5. Veiksniai, susiję su didesniu mirštamumu lignoninėje.**

Atkreipiamas dėmesys, kad vyresnis amžius, periferinių kraujagyslių liga, hipotenzija (su inotropų poreikiu), kraujo transfuzijų poreikis, PKI ir miokardo revaskuliarizacijos operacija anamnezėje, neurologinės komplikacijos, sepsis bei ilgalaikė dirbtinė plaučių ventiliacija yra

veiksniai, susiję su didesne mirties rizika ligoninėje (59). Nors tai buvo pastebėta pacientams, kuriems taikyta KIAB, tačiau nereiškia, kad tai buvo susiję su KIAB. Tie patys veiksniai didina mirties tikimybę ne tik kardiochirurginiams ligoniams, tačiau ir bet kurio kito profilio pacientams.

Dauguma rizikos veiksnių, susijusių su didesniu mirštamumu ligoninėje, sutampa su KIAB komplikacijų riziką didinančiais veiksniais. Tai rodo, kad ne visada KIAB yra vienintelė priežastis, dėl kurios išsivystė komplikacijos, ir ne visais atvejais šią priemonę galima sieti su didesniu mirčių skaičiumi. Anamnezė yra labai svarbi vertinant KIAB saugumą konkrečiam pacientui, numatant šios priemonės efektyvumą bei galimą žalą.

### **2.13. Didelės rizikos pacientas.**

Viena iš tyrimų metu aprašytų problemų – skirtingai įvardijamas didelės rizikos paciento apibrėžimas (42,44). Siekiant tinkamai įvertinti, kam KIAB naudojimas būtų efektyviausias, yra reikšminga konkrečiai apibrėžti didelę riziką, kalbant apie kardiochirurginius pacientus. Literatūroje didelės rizikos veiksniais įvardinama sumažėjusi KSIF (< 30%), stazinis ŠN, nestabili KA, mažiau nei prieš 6 savaites įvykęs MI, paciento amžius > 65 m., sunkus nutukimas (KMI > 30), pakartotinė operacija, skubi operacija bei reikšmingos gretutinės ligos (25,61).

Kadangi iš analizuotų tyrimų rezultatų matoma, jog KIAB yra efektyvi priemonė širdies chirurgijoje didelės rizikos pacientams, yra svarbu kiekvienam asmeniui individualiai nustatyti riziką ir pagal tai priimti sprendimą dėl šios mechaninės kraujotakos palaikymo priemonės naudojimo. Rizikos vertinimui galėtų būti pasitelkiami minėti kriterijai bei Europoje taikoma rizikos nustatymo sistema EuroSCORE.

## **IŠVADOS**

1. Kontrapulsacija intraaortiniu balionėliu nerekomenduojama perkutaninių koronarinių intervencijų metu, tačiau turėtų būti taikoma kardiochirurgijoje, nes yra susijusi su lengvesniu ir greitesniu sveikimo periodu bei mažesne mirties rizika.
2. Kontrapulsacijos intraaortiniu balionėliu taikymas kardiochirurgijoje sumažėjo dėl rekomendacijų, daugiausiai paremtų tyrimų rezultatais vertinant efektyvumą perkutaninės koronarinės intervencijos metu, bet ne analizuojant širdies chirurgijos pacientų rezultatus.
3. Kontrapulsacija intraaortiniu balionėliu rekomenduojama didelės rizikos pacientams.
4. Kontrapulsacijos intraaortiniu balionėliu efektyvumas yra susijęs su ankstyva šios priemonės taikymo pradžia prasidėjus kardiogeniniam šokui.

## **REKOMENDACIJOS**

1. Esant poreikiui nereikėtų vengti KIAB naudojimo kardiochirurginiams pacientams.
2. Didelės rizikos pacientams rekomenduojama KIAB taikymą pradėti profilaktiškai prieš operaciją.
3. Jei ši priemonė nebuvo taikyta profilaktiškai, pastebėjus KŠ požymius, nedelsti ir kiek įmanoma anksčiau pradėti KIAB.
4. Būtina domėtis naujausiais klinikiniais tyrimais ir atsižvelgti į periodiškai atnaujinamas visuotines rekomendacijas.

## **INTERESŲ KONFLIKTAS**

Autoriui interesų konflikto nebuvo.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Francolini I, Piozzi A. Antimicrobial polyurethanes for intravascular medical devices. In: *Advances in Polyurethane Biomaterials* [Internet]. Elsevier; 2016 [cited 2024 Mar 3]. p. 349–85. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081006146000123>
2. Notarianni A, Tickoo M, Bardia A. Mechanical Cardiac Circulatory Support: an Overview of the Challenges for the Anesthetist. *Curr Anesthesiol Rep*. 2021 Dec;11(4):421–8.
3. Alsoufi B, Rao V, Tang A, Maganti M, Cusimano R. Risk modeling for ventricular assist device support in post-cardiotomy shock. *J Saudi Heart Assoc*. 2012 Apr;24(2):69–72.
4. Miniauskas S, Uzdavinys G, Semetiene G. Intraaortine kontrapulsacija. *Senos problemos ir naujoves*. 2002;
5. Masud F, Gheewala G, Giesecke M, Suarez E, Ratnani I. *Cardiogenic Shock in Perioperative and Intraoperative Settings: A Team Approach*. 2020;
6. Condello I, Lorusso R, Santarpino G, Di Bari N, Fiore F, Moscarelli M, et al. Perioperative incidence of ECMO and IABP on 5901 mitral valve surgery procedures. *J Cardiothorac Surg*. 2022 Dec;17(1):38.
7. Thiele H, Zeymer U, Neumann FJ, Ferenc M, Olbrich HG, Hausleiter J, et al. Intraaortic Balloon Support for Myocardial Infarction with Cardiogenic Shock. *N Engl J Med*. 2012 Oct 4;367(14):1287–96.
8. González LS, Chaney MA. Intraaortic Balloon Pump Counterpulsation, Part I: History, Technical Aspects, Physiologic Effects, Contraindications, Medical Applications/Outcomes. *Anesth Analg* [Internet]. 2020;131(3). Available from: [https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/fulltext/2020/09000/intraaortic\\_balloon\\_pump\\_counterpulsation,\\_part\\_i\\_.21.aspx](https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/fulltext/2020/09000/intraaortic_balloon_pump_counterpulsation,_part_i_.21.aspx)
9. Thomaz PG, Moura Júnior LA, Muramoto G, Assad RS. Intra-aortic balloon pump in cardiogenic shock: state of the art. *Rev Colégio Bras Cir*. 2017 Feb;44(1):102–6.
10. Wan YD, Sun TW, Kan QC, Guan FX, Liu ZQ, Zhang SG. The Effects of Intra-Aortic Balloon Pumps on Mortality in Patients Undergoing High-Risk Coronary Revascularization: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials of Coronary Artery Bypass Grafting and Stenting Era. Landoni G, editor. *PLOS ONE*. 2016 Jan 19;11(1):e0147291.
11. Atti V, Division of Cardiovascular Diseases, West Virginia University Heart and Vascular Institute, Morgantown, WV, USA, Narayanan MA, Division of Cardiovascular Diseases, White River Health System, Batesville, AK, USA, Patel B, Division of Cardiovascular Diseases, West Virginia University Heart and Vascular Institute, Morgantown, WV, USA, et al. A Comprehensive Review of Mechanical Circulatory Support Devices. *Heart Int*. 2022;16(1):37.

12. Rossini R, Valente S, Colivicchi F, Baldi C, Caldarola P, Chiappetta D, et al. ANMCO POSITION PAPER: Role of intra-aortic balloon pump in patients with acute advanced heart failure and cardiogenic shock. *Eur Heart J Suppl.* 2021 Aug 25;23(Supplement\_C):C204–20.
13. Jannati M, Attar A. Intra-aortic balloon pump postcardiac surgery: A literature review. *J Res Med Sci.* 2019;24(1):6.
14. Özen Y, Aksut M, Cekmecelioglu D, Dedemoglu M, Altas O, Sarikaya S, et al. Intra-aortic balloon pump experience: a single center study comparing with and without sheath insertion. *J Cardiovasc Thorac Res.* 2018 Sep 24;10(3):144–8.
15. Imamura T, Kinugawa K, Nitta D, Hatano M, Kinoshita O, Nawata K, et al. Prophylactic Intra-Aortic Balloon Pump Before Ventricular Assist Device Implantation Reduces Perioperative Medical Expenses and Improves Postoperative Clinical Course in INTERMACS Profile 2 Patients. *Circ J.* 2015;79(9):1963–9.
16. Xu J. Preventive Use of Intra-Aortic Balloon Pump in Patients Undergoing High-Risk Coronary Artery Bypass Grafting: A Retrospective Study. *Med Sci Monit.* 2015;21:855–60.
17. Deghan Manshadi S, Eisenberg N, Montbriand J, Luk A, Roche-Nagle G. Vascular Complications With Intra-aortic Balloon Pump (IABP): Experience From a Large Canadian Metropolitan Centre. *CJC Open.* 2022 Nov;4(11):989–93.
18. Jiang X, Zhu Z, Ye M, Yan Y, Zheng J, Dai Q, et al. Clinical application of intra-aortic balloon pump in patients with cardiogenic shock during the perioperative period of cardiac surgery. *Exp Ther Med.* 2017 May;13(5):1741–8.
19. Xu B, Li C, Cai T, Cui Y, Du Z, Fan Q, et al. Intra-aortic balloon pump impacts the regional haemodynamics of patients with cardiogenic shock treated with femoro-femoral veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation. *ESC Heart Fail.* 2022 Aug;9(4):2610–7.
20. Stein LH, Silvestry SC. Algorithmic management of postcardiotomy shock with mechanical support: Bring a map, a plan, and your parachute—and know how to use all three. *JTCVS Open.* 2021 Dec;8:55–65.
21. Varshney AS, Berg DD, Zhou G, Sinnenberg L, Hirji S, DeFilippis EM, et al. Bridging strategies and cardiac replacement outcomes in patients with acute decompensated heart failure-related cardiogenic shock. *Eur J Heart Fail.* 2023 Mar;25(3):425–35.
22. Nersesian G, Ott S, Fardman A, Lanmueller P, Lewin D, Bernhardt A, et al. Temporary Mechanical Circulatory Support in Cardiogenic Shock Patients after Cardiac Procedures: Selection Algorithm and Weaning Strategies. *Life.* 2023 Oct 12;13(10):2045.
23. Brown MA, Sheikh FH, Ahmed S, Najjar SS, Molina EJ. Intra-Aortic Balloon Pump as a Bridge to Durable Left Ventricular Assist Device. *J Am Heart Assoc.* 2021 Aug 3;10(15):e019376.

24. Baldetti L, Beneduce A, Boccellino A, Pagnesi M, Barone G, Gallone G, et al. Bedside intra-aortic balloon pump insertion in cardiac intensive care unit: A single-center experience. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2022 Jun;99(7):1976–83.
25. Samanidis G, Georgiopoulos G, Bousounis S, Zoumpourlis P, Perreas K. Outcomes after intra-aortic balloon pump insertion in cardiac surgery patients. *Rev Bras Ter Intensiva* [Internet]. 2020 [cited 2024 Apr 12];32(4). Available from: <http://criticalcarescience.org.br/artigo/detalhes/0103507X-32-4-9>
26. Nuti O, Merchan C, Papadopoulos J, Horowitz J, Rao SV, Ahuja T. Evaluating the Use of Unfractionated Heparin with Intra-Aortic Balloon Counterpulsation. *Heart Lung Circ.* 2024 Apr;S1443950624000672.
27. Kelly J, Malloy R, Knowles D. Comparison of anticoagulated versus non-anticoagulated patients with intra-aortic balloon pumps. *Thromb J.* 2021 Jun 29;19(1):46.
28. Pucher PH, Cummings IG, Shipolini AR, McCormack DJ. Is heparin needed for patients with an intra-aortic balloon pump? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2012 Jul;15(1):136–9.
29. Guan X, Chen M, Li Y, Zhang J, Xu L, Sun H, et al. Comparison of Safety between Different Kinds of Heparins in Patients Receiving Intra-Aortic Balloon Counterpulsation. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2021 Sep;69(6):511–7.
30. Dedhia JD. Intra Aortic Balloon Pump (IABP): Past, Present and Future. *Indian J Anaesth.* 2008;
31. Khan TM, Siddiqui AH. Intra-Aortic Balloon Pump. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 [cited 2024 Apr 12]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542233/>
32. Lorusso R, Heuts S, Jiritano F, Scrofani R, Antona C, Actis Dato G, et al. Contemporary outcomes of cardiac surgery patients supported by the intra-aortic balloon pump. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2022 Jun 15;35(1):ivac091.
33. Ding W, Ji Q, Wei Q, Shi Y, Ma R, Wang C. Prophylactic application of an intra-aortic balloon pump in high-risk patients undergoing off-pump coronary artery bypass grafting. *Cardiology.* 2015;131(2):109–15.
34. Heuts S, Lorusso R, Di Mauro M, Jiritano F, Scrofani R, Antona C, et al. Sheathless Versus Sheathed Intra-Aortic Balloon Pump Implantation in Patients Undergoing Cardiac Surgery. *Am J Cardiol.* 2023 Feb;189:86–92.
35. Nakamura K, Hamasaki A, Uchida T, Kobayashi K, Sho R, Kim C, et al. The use of prophylactic intra-aortic balloon pump in high-risk patients undergoing coronary artery bypass grafting. Ballotta A, editor. *PLOS ONE.* 2019 Oct 28;14(10):e0224273.



36. Paton M, Ashton L, Pearson I, Sivananthan M. Is Intra-Aortic Balloon Pump Counterpulsation Sufficient to Treat Patients in Cardiogenic Shock, Undergoing Primary Percutaneous Coronary Intervention. *Cardiol Res.* 2015;6(6):339–45.
37. Hawranek M, Gierlotka M, Pres D, Zembala M, Gąsior M. Nonroutine Use of Intra-Aortic Balloon Pump in Cardiogenic Shock Complicating Myocardial Infarction With Successful and Unsuccessful Primary Percutaneous Coronary Intervention. *JACC Cardiovasc Interv.* 2018 Sep;11(18):1885–93.
38. Hemo E, Medalion B, Mohr R, Paz Y, Kramer A, Uretzky G, et al. Long-term outcomes of coronary artery bypass grafting patients supported preoperatively with an intra-aortic balloon pump. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014 Nov;148(5):1869–75.
39. Zangrillo A, Pappalardo F, Dossi R, Di Prima AL, Sassone ME, Greco T, et al. Preoperative intra-aortic balloon pump to reduce mortality in coronary artery bypass graft: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit Care.* 2015 Dec;19(1):10.
40. Yumun G, Aydin U, Ata Y, Toktaş F, Pala A, Ozyazicioglu A, et al. Analysis of clinical outcomes of intra-aortic balloon pump use during coronary artery bypass surgery. *Cardiovasc J Afr.* 2015 Sep 9;26(6):155–8.
41. Yumun G, Aydin U, Ata Y, Toktaş F, Pala AA, Ozyazicioglu AF, et al. Analysis of clinical outcomes of intra-aortic balloon pump use during coronary artery bypass surgery. *Cardiovasc J Afr.* 2015;26(4):155–8.
42. Krlev A, Kalisnik JM, Bauer A, Sirch J, Fittkau M, Fischlein T. Impact of prophylactic intra-aortic balloon pump on early outcomes in patients with severe left ventricular dysfunction undergoing elective coronary artery bypass grafting with cardiopulmonary bypass. *Int J Cardiol.* 2023 Aug 15;385:8–15.
43. Wu Z, Liu C, Fang Y, Wei H, Gu C. Intraoperative intra-aortic balloon pump improves 30-day outcomes of patients undergoing extensive coronary endarterectomy. *J Cardiothorac Surg.* 2020 Aug 20;15(1):223.
44. Yang F, Wang J, Hou D, Xing J, Liu F, Xing ZC, et al. Preoperative intra-aortic balloon pump improves the clinical outcomes of off-pump coronary artery bypass grafting in left ventricular dysfunction patients. *Sci Rep.* 2016 Jun 9;6:27645.
45. Zheng JB, Hua K, Zhang K, Zhou SY, Xu SJ, Sheng JJ, et al. Prophylactic intra-aortic balloon pump in patients with left main disease undergoing off-pump coronary artery bypass grafting. *BMC Cardiovasc Disord.* 2020 Jun 3;20(1):266.
46. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, Alfonso F, Banning AP, Benedetto U, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J.* 2019 Jan 7;40(2):87–165.

47. Corrigendum to: Contemporary outcomes of cardiac surgery patients supported by the intra-aortic balloon pump. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2022 Jun 15;35(1):ivac136.
48. Huckaby LV, Seese LM, Mathier MA, Hickey GW, Kilic A. Intra-Aortic Balloon Pump Bridging to Heart Transplantation: Impact of the 2018 Allocation Change. *Circ Heart Fail*. 2020 Aug;13(8):e006971.
49. Osula D, Farris GR, Chatterjee A, Law MA, Cribbs MG. Intra-aortic Balloon Pump As a Bridge to Heart Transplant After Non-ST-Segment-Elevation Myocardial Infarction in Palliated Hypoplastic Left Heart Syndrome. *Circ Heart Fail*. 2019 Sep;12(9):e006130.
50. Smith TBBJ, Shridhar P, Khalil R, Lasorda DM. Prolonged duration of transbrachial intra-aortic balloon pump as bridge to heart transplantation. *BMJ Case Rep*. 2015 Feb 5;2015:bcr2014208658.
51. Rampersad PP, Udell JA, Zawi R, Ouzounian M, Overgaard CB, Sharma V, et al. Preoperative Intraaortic Balloon Pump Improves Early Outcomes Following High-Risk Coronary Artery Bypass Graft Surgery: A Meta-Analysis of Randomized Trials and Prospective Study Design. *J Invasive Cardiol*. 2018 Jan;30(1):2–9.
52. Grieshaber P, Niemann B, Roth P, Böning A. Prophylactic intra-aortic balloon counterpulsation in cardiac surgery: it is time for clear evidence. *Crit Care Lond Engl*. 2014 Nov 29;18(6):662.
53. Randhawa VK, Al-Fares A, Tong MZY, Soltesz EG, Hernandez-Montfort J, Taimeh Z, et al. A Pragmatic Approach to Weaning Temporary Mechanical Circulatory Support. *JACC Heart Fail*. 2021 Sep;9(9):664–73.
54. González-Ruiz FJ, Rojas-Velasco G, Lazcano-Diaz EA, Manzur-Sandoval D, Baeza-Herrera LA, Cota-Apodaca LA, et al. Aortic Perforation and Ascending Dissection Due to Intra-Aortic Balloon Counterpulsation Implantation in Cardiac Surgery. *JACC Case Rep*. 2022 Aug 3;4(15):919–23.
55. de Jong MM, Lorusso R, Al Awami F, Matteucci F, Parise O, Lozekoot P, et al. Vascular complications following intra-aortic balloon pump implantation: an updated review. *Perfusion*. 2018 Mar;33(2):96–104.
56. Fried JA, Nair A, Takeda K, Clerkin K, Topkara VK, Masoumi A, et al. Clinical and hemodynamic effects of intra-aortic balloon pump therapy in chronic heart failure patients with cardiogenic shock. *J Heart Lung Transplant Off Publ Int Soc Heart Transplant*. 2018 Nov;37(11):1313–21.
57. Helleu B, Auffret V, Bedossa M, Gilard M, Letocart V, Chassaing S, et al. Current indications for the intra-aortic balloon pump: The CP-GARO registry. *Arch Cardiovasc Dis*. 2018 Dec;111(12):739–48.

58. Yu PJ, Cassiere HA, Dellis SL, Kohn N, Manetta F, Hartman AR. Propensity-matched analysis of the effect of preoperative intraaortic balloon pump in coronary artery bypass grafting after recent acute myocardial infarction on postoperative outcomes. *Crit Care Lond Engl*. 2014 Sep 23;18(5):531.
59. Pappalardo F, Ajello S, Greco M, Celińska-Spodar M, De Bonis M, Zangrillo A, et al. Contemporary applications of intra-aortic balloon counterpulsation for cardiogenic shock: a 'real world' experience. *J Thorac Dis*. 2018 Apr;10(4):2125–34.
60. Singh V, Damluji AA, Mendirichaga R, Alfonso CE, Martinez CA, Williams D, et al. Elective or Emergency Use of Mechanical Circulatory Support Devices During Transcatheter Aortic Valve Replacement. *J Intervent Cardiol*. 2016 Oct;29(5):513–22.
61. Paiement B, Pelletier C, Dyrda I, Maillé JG, Boulanger M, Taillefer J, et al. A simple classification of the risk in cardiac surgery. *Can Anaesth Soc J*. 1983 Jan;30(1):61–8.