



Univerzita Karlova v Praze
1. lékařská fakulta
II. chirurgická klinika-kardiovaskulární chirurgie 1. LF a VFN

Význam kontinuální monitorace krevních plynů při mimotělním oběhu

Bakalářská práce

Obor:	Zdravotnická technika
Vypracoval:	Ivan Fišer
Vedoucí práce:	Mgr. František Mlejnský
Oponent:	Ing. Jaroslav Mašín

Poděkování:

Za všestrannou pomoc, užitečné připomínky a za čas, který mi věnoval, děkuji svému vedoucímu práce Mgr. Františkovi Mlejnskému. Zvláštní poděkování za konzultace pak patří doc. MUDr. Jaroslavu Lindnerovi, CSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně za použití materiálů, které jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

V Praze dne 12. 6. 2008

Ivan Fišer

.....

Obsah

1. Úvod	6
2. Krevní oběh	8
2.1. Obecné vlastnosti krve	8
2.2. Anatomie lidského krevního oběhu	9
3. Mímotělní oběh	10
3.1. Historie mímotělního oběhu	10
3.2. Základní části mímotělního oběhu	11
3.3. Princip mímotělního oběhu	12
3.4. Monitorování parametrů krve během mímotělního oběhu	15
4. Srovnávací studie	17
4.1. Systém monitorování parametrů krve 3M TM CDI TM 500 (kontinuální monitorace)	17
4.1.1. Měření optické fluorescence	18
4.1.2. Pulsní oxymetrie	18
4.2. Radiometer ABL700 (monitorace pomocí opakovaných náběrů)	19
4.2.1. Potenciometrie a ampérometrie	20
5. Metodika	21
5.1. Výběr pacientů pro srovnání	21
5.1.1. Euroscore	22
5.1.2. Srovnání vybraných souborů pacientů	24
6. Výsledky a diskuze	28
6.1. Výsledky	28
6.1.1. Celková doba intubace (hod)	28
6.1.2. Délka pobytu na JIP (hod)	28
6.1.3. Doba od operace do propuštění (dny)	28
6.1.4. Renální komplikace	29
6.1.5. Neurologické komplikace	29
6.2. Diskuse	29
7. Závěr	30
8. Seznam použitých zdrojů	31
8.1. Knižní publikace	31
8.2. Elektronické zdroje	31
9. Seznam obrázků, tabulek a grafů	32
9.1. Obrázky	32
9.2. Tabulky	32
9.3. Grafy	33

Abstrakt:

Rozvoj techniky v medicíně zažívá v posledních době mohutný rozvoj. Tento trend se týká také vývoje mimotělního oběhu. Smyslem této práce je porovnat dvě metody monitorace krevních plynů při mimotělním oběhu (kontinuální monitorace a metoda opakovaných náběrů). Obě porovnávané metody používají jiné přístrojové vybavení a jiný fyzikální princip měření (elektrochemický a optický fluorescenční princip). Práce má dvě části-část teoretickou a srovnávací studii. Teoretická část je věnována popisu lidského krevního oběhu, je v ní také detailně popsán oběh mimotělní. Ve srovnávací studii jsou vysvětleny metody analýzy krevních plynů obou porovnávaných metod a jsou zde vyhodnoceny výsledky srovnání těchto metod. Cílem práce je zjistit, zda kontinuální monitorace krevních plynů při mimotělním oběhu má pro pacienta význam.

Abstract:

The development of technology in medicine has experienced in recent time, a massive development. This trend also applies to the development of extracorporeal circulation. The purpose of this thesis is to compare two methods of monitoring of blood gases in extracorporeal circulation-continuous monitoring and uncontinuous monitoring. Both compared methods used by other equipment and other physical principle of measurement (electrochemical and optical fluorescent principle). The thesis has two parts-part theoretical and comparative study. The theoretical part is devoted to describing the human blood circulation, is also described in detail extracorporeal circulation. In a comparative study explaining the methods of analysis of blood gases both comparative methods and are evaluated and compared the results of these methods. The goal of this thesis is to determine whether continuous monitoring of blood gases in extracorporeal circulation is important for the patient.

1. Úvod

Udává se, že člověk vydrží bez jídla několik týdnů, bez vody dva dny, ale bez kyslíku asi zhruba jen pět minut. Po tomto čase začnou nenávratně odumírat mozkové buňky a začne docházet k ireverzibilním změnám. V lidském organismu je médiem pro přenos kyslíku krev. Právě krví je transportován kyslík ke všem buňkám a z nich je odváděn oxid uhličitý a jiné zplodiny buněčného metabolismu. Orgánem, který zajišťuje oběh krve po celém organismu, je srdce. Má funkci pulzního čerpadla, které svými stahy čerpá krev do celého těla.

V dnešní době je nejčastější příčinou úmrtí v České republice kardiovaskulární onemocnění. Onemocnění srdce a cév mají na svědomí více než 58% všech úmrtí. Postihuje muže i ženy, často v nejproduktivnějším věku. Vzhledem k tomu, že tato onemocnění jsou v raných fázích bez zjevných příznaků, jednoduše nebolí, jsou veřejnosti více známy až závažné stavy jako např. angina pectoris, infarkt myokardu. Jejich vznik a vývoj lze u mnoha pacientů výrazně ovlivnit změnou životosprávy a omezením rizikových faktorů.¹

Příčinou kardiovaskulárních onemocnění je ve většině případů ateroskleróza. Důvodem ke vzniku aterosklerózy je narušení cévní stěny, na kterém se podílí mnoho různých faktorů. Posléze dochází k ukládání tukových buněk (především cholesterol a triglyceridy) do stěny takto narušené cévy. Dochází ke vzniku tzv. aterosklerotických plátů. Tím se zužuje průsvit cévy, čímž se snižuje průtok krve cévou a to má za následek, že některé části těla jsou nedostatečně zásobovány kyslíkem a živinami.

Nejčastější formou srdečních onemocnění je ischemická choroba srdeční (ICHS). Podstata této nemoci spočívá v aterosklerotickém zúžení věnicových tepen, což vede k nedostatečnému prokrvení srdce a omezení jeho funkce. Příznaky ICHS se u jednotlivých forem liší, většinou dominuje bolest na hrudi, pocit dušnosti a úzkosti. Do skupiny chorob, společně nazývaných ICHS, patří například angina pectoris, která se projevuje bolestí na hrudi vázané na tělesnou a někdy i psychickou námahu. Při náhlém uzávěru věnicové tepny dochází k srdečnímu infarktu-infarktu myokardu. Projevuje se nejčastěji náhlou bolestí na hrudi, která typicky vystřeluje do levé paže, ale

¹ *Onemocnění srdce a cév-nejčastější příčina úmrtí.* [on-line] [cit. 21-05-2008]. Dostupné na WWW: <<http://www.icm.cz/onemocneni-srdce-a-cev-nejcastejsi-pricina-umrti>>.

nemusí. Srdeční infarkt je v České republice jednou z nejčastějších příčin nemoci a úmrtnosti, zejména mužů ve středním věku.²

Jedním ze způsobů, jak předcházet infarktu myokardu, nebo jakým lze léčit jeho akutní formu, je aortokoronární bypass. Principem operace je přivést krev do těch částí srdečního svalu, která jsou nedostatečně zásobena krví v důsledku stenóz.³ Při této operaci je však nutné na určitý čas zastavit činnost srdce. Z toho důvodu je pacient před samotnou srdeční zástavou napojen na tzv. mimotělní oběh. To je zařízení, které po dobu srdeční zástavy přebírá funkci srdce a plic pacienta. Jeho pomocí je odvedena krev z pacienta, uvnitř přístroje je upraveno množství krevních plynů, a poté je vrácena zpět do cévního systému pacienta.

V dnešní době existují dvě metody monitorace a úpravy stavu krevních plynů při mimotělním oběhu během kardiochirurgické intervence. Jednou je kontinuální monitorace (neustálá on-line monitorace) krevních plynů pomocí specializovaného modulu přidaného k mimotělnímu oběhu a následovně kontinuální upravování parametrů krve při mimotělním oběhu. Druhou metodou monitorace je metoda opakovaných náběrů, kdy v určitých časových intervalech (zpravidla 30 minut) perfuziolog nabere malý vzorek krve z mimotělního oběhu, který je následně analyzován přístrojem umístěným na operačním sále. Poté je provedena úprava parametrů krve v mimotělním oběhu.

V této bakalářské práci budu porovnávat zmiňované metody monitorace krevních plynů při mimotělním oběhu. Pokusím se na základě srovnávací studie na dvou souborech pacientů, kteří byli operováni za použití mimotělního oběhu, a kde u každé skupiny byla použita jiná metoda monitorace, prokázat, že kontinuální monitorace krevních plynů při mimotělním oběhu má pro operovaného pacienta význam. To znamená, že pokud je při operaci použita kontinuální monitorace, pacienti se po operaci lépe zotavují a mají méně pooperačních komplikací.

Ačkoliv tato bakalářská práce nemůže být celistvým pohledem, protože výzkum byl proveden jen na malém vzorku celkového počtu pacientů odoperovaných pomocí mimotělního oběhu v ČR, domnívám se, že může pomoci alespoň z části dokázat význam kontinuální monitorace krevních plynů při mimotělním oběhu.

² *Onemocnění srdce a cév-nejčastější příčina úmrtí.* [on-line] [cit. 21-05-2008]. Dostupné na WWW: <<http://www.icm.cz/onemocneni-srdce-a-cev-nejcastejsi-pricina-umrti>>.

³ *Aortokoronární bypass.* [on-line] [cit. 21-05-2008]. Dostupné na WWW: <<http://www.ikem.cz/www?docid=1004187>>.

2. Krevní oběh

2.1. Obecné vlastnosti krve

Krev je v organismu hlavním transportním médiem, které spojuje všechny orgány a má hlavní homeostatický význam. Je to suspenze buněčných elementů-červených a bílých krvinek a destiček-v krevní plazmě. Dospělý člověk má zhruba 4,5-6 litrů krve. Méně než polovinu celkového objemu krve zaujímají červené krvinky. Tuto hodnotu označujeme jako hematokrit: činí u zdravého dospělého muže $44\pm 5\%$ a u ženy, která má méně erytrocytů, $39\pm 4\%$.⁴

Erytrocyt neboli červená krvinka je jednou z nejspecializovanějších buněk v lidském organismu. Její funkcí je transport dýchacích plynů mezi plicními alveoly a tkáněmi. Erytrocyt má tvar bikonkávního disku. Nejdůležitější složkou erytrocytů je červené krevní barvivo-hemoglobin. Hemoglobin má schopnost volně reverzibilně vázat a uvolňovat molekulární kyslík. Kromě toho se účastní transportu oxidu uhličitého a uplatňuje se jako nárazníkový systém krve.⁵ Navázáním hemoglobinu na kyslík vzniká oxyhemoglobin. Afinita hemoglobinu ke kyslíku je ovlivněna několika faktory: pokles pH (záporný dekadický logaritmus koncentrace H^+ iontů) a vzestup pCO_2 (Každý plyn ve směsi chemicky netečných plynů má právě takový tlak-parciální tlak, jako by celý objem vymezený směsí při téže teplotě zaujímal sám)⁶, usnadňují uvolnění kyslíku z oxyhemoglobinu (Bohrův efekt). Podobně působí i zvýšení teploty. Naopak zvýšení pH, pokles pCO_2 a pokles teploty afinitu hemoglobinu ke kyslíku zvyšují.⁷

Krevní plazma je slabě zásaditý vodní roztok bílkovin, elektrolytů a malých organických molekul. Má mírně nažloutlou barvu. Její objem dělá u dospělého člověka zhruba 5 % tělesné hmotnosti. V plazmě 91-92 % připadá na vodu a 8-9 % na rozpuštěné látky. Její pH činí $7,4\pm 0,04$.

⁴ Trojan, S. *Lékařská fyziologie*. 4. přepracované a doplněné vyd. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0512-5, s. 111.

⁵ Trojan, S. *Lékařská fyziologie*. 4. přepracované a doplněné vyd. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0512-5, s. 125.

⁶ Daltonův zákon parciálních tlaků. [on-line] [cit. 25-05-2008]. Dostupné na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Dalton%C5%AFv_z%C3%A1kon_parci%C3%A1ln%C3%ADch_tlak%C5%AF>.

⁷ Trojan, S. *Lékařská fyziologie*. 4. přepracované a doplněné vyd. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0512-5, s. 127.

2.2. Anatomie lidského krevního oběhu

Srdce je dutý orgán a jeho stěna je tvořena speciálním typem hladké svaloviny. Uvnitř je rozděleno do čtyř částí (levé komory a předsíně a pravé komory a předsíně). Jednotlivé srdeční oddíly jsou odděleny chlopněmi, které zabraňují zpětnému toku. Jsou dvě mezi síněmi a komorami, takzvané cípaté chlopně, a dvě poloměsíčitě mezi komorami a odstupujícími kmeny velkých tepen. Správně fungující chlopeň klade minimální odpor proudu krve, rychle a úplně se otvírá.

Srdeční činnost je založena na rytmickém střídání relaxace (diastola) a kontrakce (systola) svaloviny komor. Krevní oběh je tvořen srdcem, které zastává funkci pumpy a cévami, které rozvádí okysličenou krev do celého těla a zpět do srdce přivádí krev odkysličenou. Lidský krevní oběh můžeme rozdělit z funkčního hlediska na dvě samostatné části. A to na systémový krevní oběh, kde je pumpou levá polovina srdce a plicní oběh, kde je pumpou pravá polovina srdce. Z toho plyne, že je srdce tvořeno anatomicky a funkčně spojenými čerpadly (pravou a levou srdeční polovinou).

Krev je do srdce z celého těla přiváděna žilami. Nejprve je krev přivedena do pravé předsíně, odkud poté proudí do pravé komory, poté plicnicí do plic. Z plic pak proudí okysličená krev plicními žilami do levé srdeční předsíně, odkud odtéká do levé komory. Posléze je z levé komory vypuzena přes aortu do celého těla.

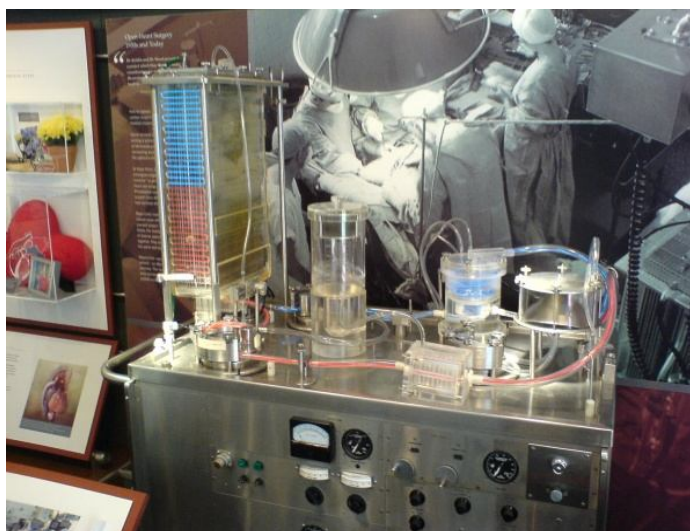
Srdce je vyživováno dvěma koronárními tepnami, odstupujícími ze začátku aorty. Běžně jimi proudí dostatek krve i při námaze. Při jejich zúžení je však zmenšen průsvit cév, dochází k nedostatku kyslíku ve srdeční svalovině-myokardu. To se projevuje anginou pectoris, dušností, poruchami srdečního rytmu, infarktem myokardu.

3. Mímotělní oběh

3.1. Historie mímotělního oběhu

Dnes je již velmi obtížné přesně určit, kdo první přišel s myšlenkou mímotělního oběhu (tzn. vyvést krev z nemocného, v oxygenátoru ji okysličit a poté ji přivést zpět do těla, jen proto, aby bylo možné srdce zastavit a provést požadovaný chirurgický výkon). Víme však přesně, že v roce 1812 vyslovil francouzský lékař Julien-Jean LeGallois domněnku, že bude v budoucnu možno nahradit lidské srdce pumpou.

Trvalo to více než celé jedno století, během něhož bylo provedeno mnoho více či méně úspěšných pokusů, než byla tato teze ověřena úspěšně v praxi. Bylo totiž nutné počkat na rozvoj souvisejících vědních oborů (zejména anesteziologie, farmakologie aj.). Poprvé úspěšně použít mímotělní oběh (Obr. 1) v klinické praxi se podařilo až v roce 1953 v USA. Velkou zásluhu na tomto oběhu měl John Gibson, který již dříve provedl úspěšné experimentální práce na zvířatech. Další operace nebyli již tak úspěšné, a tak došlo ke zbrzdění vývoje. V průběhu následujících padesáti let se ale i tak operace srdce s použitím mímotělního oběhu staly zcela běžnými výkony a v současnosti se jich na celém světě ročně uskuteční kolem 700 000.⁸



Obr. 1 První úspěšně použitý mímotělní oběh

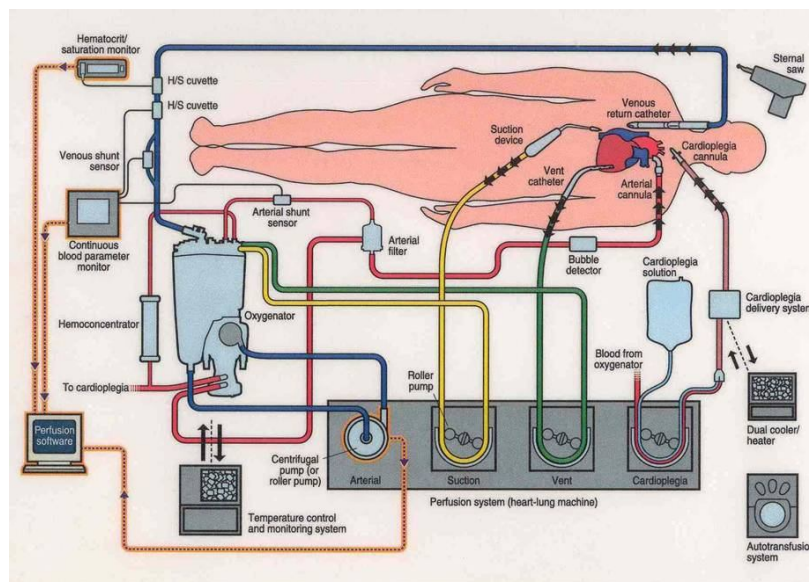
⁸ Lonský, V. *Mímotělní oběh v klinické praxi*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0653-9, s. 9.

3.2. Základní části mimotělního oběhu

Hlavní a základní funkcí mimotělního oběhu je v době srdeční zástavy, během kardiochirurgického výkonu, udržet krevní oběh a okysličení organismu.

Okruh pro mimotělní oběh (Obr. 2) se skládá z následujících základních součástí:⁹

- žilní (venózní, odvodná) kanyla, kanyly
- žilní (venózní) linka hadicového systému
- žilní (venózní) a kardiotomický rezervoár, otevřený a uzavřený systém mimotělního oběhu, odsávání z operačního pole-koronární sání
- pumpy (čerpadla pro vedení mimotělního oběhu), pomocné pumpy pro sání, podávání kardioplegie atd.
- okysličovací zařízení-oxygenátor+výměník tepla
- tepenná (arteriální) linka hadicového systému
- tepenný (arteriální) filtr
- tepenná (arteriální, přívodná) kanyla
- dekompresní systémy srdeční (venty)
- přídavná zařízení (hemokoncentrátory, systémy pro krevní kardioplegii)



Obr. 2 Schéma zapojení mimotělního oběhu

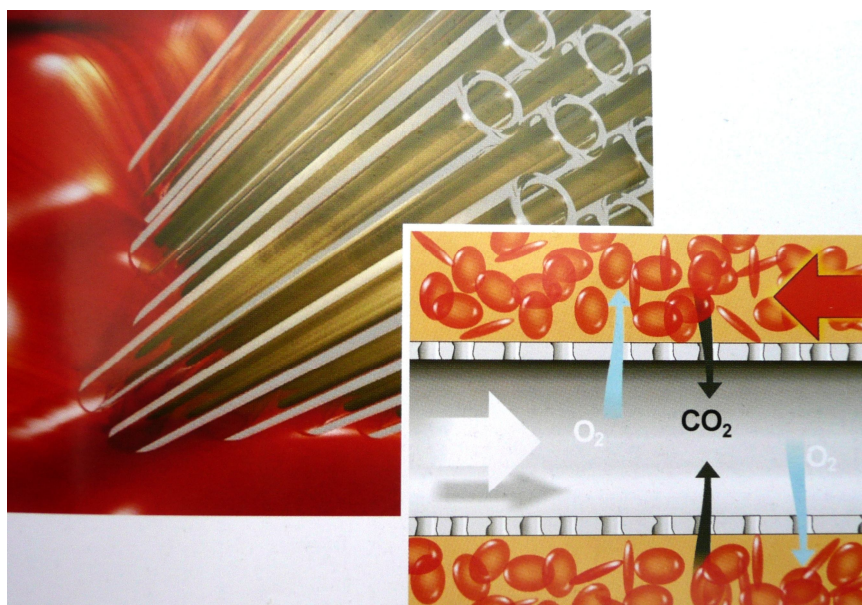
⁹ Lonský, V. *Mimotělní oběh v klinické praxi*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0653-9, s. 27.

3.3. Princip mimotělního oběhu

Žilní krev operovaného je odváděna jednou žilní kanylou z pravé síně nebo dvěma kanylami zavedenými do horní a dolní duté žíly.¹⁰ Žilní krev je odváděna buď pomocí gravitace, nebo je využit jeden ze způsobů aktivního nasávání žilní krve. Žilní kanyly jsou vyrobeny z měkčeného PVC a jsou vždy jednorázové.

Žilní krev je přivedena do oxygenátoru. Dnes používaným typem oxygenátoru je oxygenátor z dutých vláken (Obr. 3). Materiálem pro jeho výrobu je mikroporézní polypropylen, z něhož jsou vyrobeny kapiláry. Tyto kapiláry jsou zvláštním způsobem pospojovány do pevného obalu, ve kterém tvoří síť napodobující cévní řečiště. Povrch oxygenační membrány se u oxygenátorů pro dospělé pacienty pohybuje okolo 2m². Kapiláry jsou omývány krví a výměna plynů probíhá na základě gradientů parciálních tlaků přes póry, které nejsou za normálních okolností propustné pro tekutinu.

Změnou velikosti průtoku směsi plynů proudících do oxygenátoru a množství kyslíku v ní obsažené je možné ovlivňovat úroveň oxygenace a eliminace CO² v krvi, která proudí do pacienta.



Obr. 3 Schéma uspořádání oxygenátoru z dutých vláken: uvnitř vlákna prochází směs plynů a zevně jsou vlákna omývána krví

¹⁰ Dominik, J. *Kardiochirurgie*. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-669-2, s. 13.

Součástí oxygenátoru je výměník tepla, který umožňuje chladit nebo ohřívat protékající krev. Toho je využíváno pro regulaci teploty pacienta. Výměník tepla je konstruován tak, že na jedné straně protéká krev a na druhé straně voda námi definované teploty. Tyto tekutiny jsou od sebe odděleny tepelně vodivým materiálem. Výměník tepla bývá umístěn v žilní sekci oxygenátoru, aby bylo sníženo riziko uvolňování mikrobublin. Teplá a studená voda je čerpána z tepelné jednotky, která je spojena s oxygenátorem hadicemi.

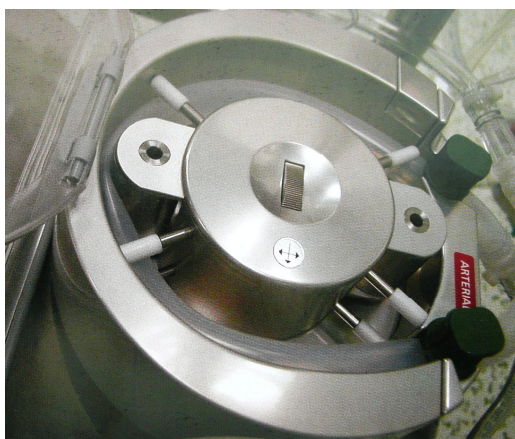
Zásobárnou krve celého systému mimotělního oběhu je žilní rezervoár. Je umístěn před arteriální pumpou a jeho objem činí i více než 3 litry krve. To umožňuje snadno korigovat případný nepoměr mezi přítokem krve z pacienta a potřebami aktuálního minutového průtoku. V rezervoáru jsou též odstraňovány makro i mikrobubliny. Svoji konstrukcí umožňuje také podávání léků přímo do žilní krve. Podle konstrukce a materiálu, ze kterého je rezervoár vyroben, rozeznáváme 2 druhy rezervoárů-plastický a tuhý.

Průtok krve mimotělním oběhem zajišťuje pumpa. V současnosti jsou pro mimotělní oběh používány standardně dva typy čerpadel a to rotační válečková pumpa (Obr. 4) a pumpa centrifugální (Obr. 4).

Rotační válečková pumpa je používána s drobnými úpravami od samého začátku operací s mimotělním oběhem. Její základní součástí je elektromotor, který pohání rotor se dvěma válečky v opačné poloze. Rotor s válečky je umístěn v pevné kleci v tzv. statoru. Rotující válečky přitlačují vloženou hadici ke stěnám statoru a tím vlastně dochází k nasávání krve. Z toho plyne, že mechanická část zařízení nepřichází do kontaktu s krví z mimotělního oběhu. Průtok krve mimotělním oběhem při použití rotační válečkové pumpy nelze v průběhu perfuze přesně určit. Je pouze odvozován z počtu otáček rotoru a průměru vložené hadice. Proto je nutné pravidelně pumpy tohoto typu kalibrovat.

Centrifugální (odstředivé) pumpy pracují na zcela odlišném principu než pumpy válečkové.¹¹ Krevní elementy jsou v nich poháněny díky odstředivým silám, které jsou generovány různými způsoby (rotující kužely, různé typy rotujících lopatek, turbínka). Rotor centrifugální pumpy je vzduchotěsně uzavřen v plastové komoře. Poháněn je pomocí elektromotoru, se kterým je spojen magneticky. Centrifugální pumpy jsou

¹¹ Lonský, V. *Mimotělní oběh v klinické praxi*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0653-9, s. 38.



Obr. 4 Vlevo válečkové a vpravo centrifugální čerpadlo
kompletně neokluzivní, proto plně závisí na velikosti přítoku do pumpy a na odporu řečiště za pumpou. Proto je nezbytně nutné při požití tohoto typu pumpy trvale monitorovat velikost průtoku systémem. K tomuto měření používáme běžně elektromagnetický nebo ultrazvukový průtokoměr.

Mezi další součásti mimotělního oběhu patří arteriální filtr, dekompresní systémy srdeční (venty) a další přídavná zařízení (hemokoncentrátory atd.). Arteriální filtr slouží k zachycení cizorodých těles v čerpané krvi (bublíny, částičky tkání zachycené sáním atd.). Funkcí dekompresních systémů srdečních (ventů) je zabránit nadměrné dispenzi levé srdeční komory během mimotělního oběhu. Hemokoncentrátory (Obr. 5) jsou pak používány k odstraňování přebytečných krystaloidů z krve.

Do tepenného systému operovaného se okysličená krev dostává arteriální linkou, která je zaváděna téměř vždy do vzestupné aorty, pouze při komplikacích jako například aneuryzma nebo disekce hrudní aorty se zavádí do femorální tepny. Arteriální kanyly jsou stejně jako kanyly žilní vyrobeny z měkčeného PVC a jsou vždy jednorázové.



Obr. 5 Jeden z typů hemokoncentrátoru s hadicovým setem

3.4. Monitorování parametrů krve během mimotělního oběhu

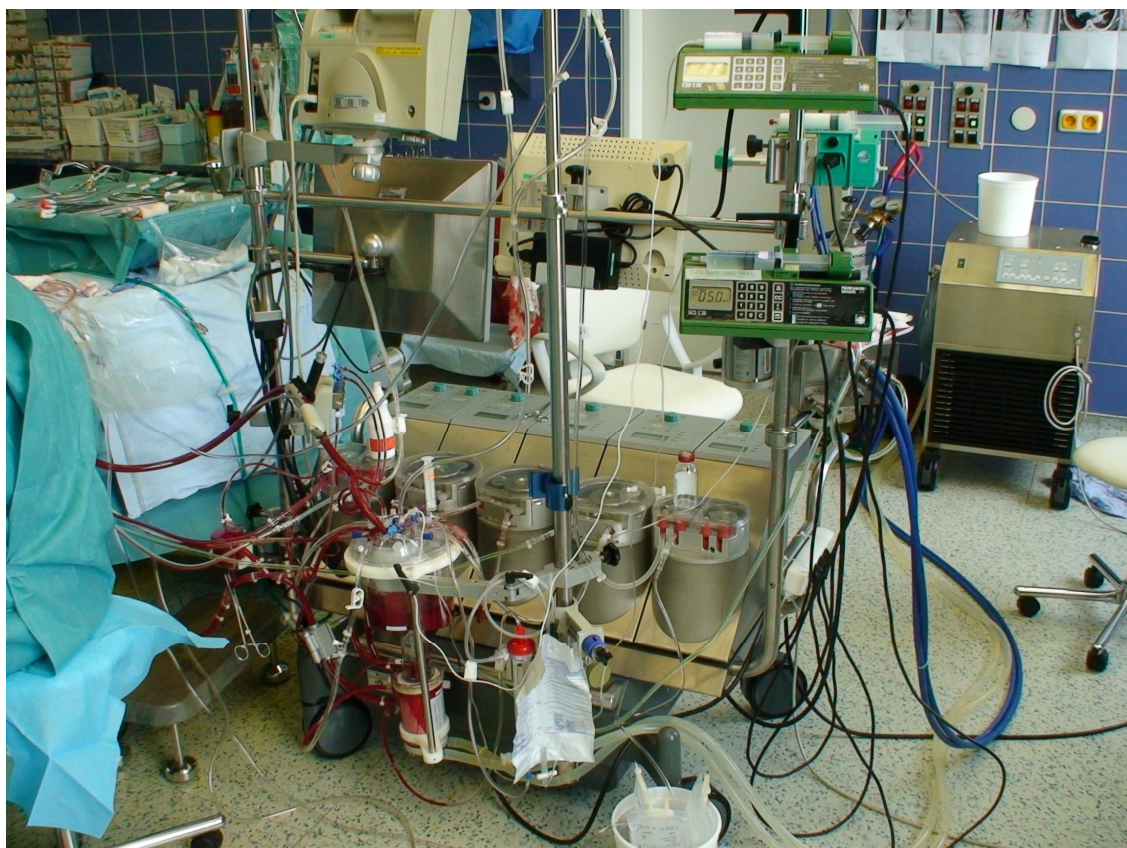
Kvalita oxygenace organismu během mimotělního oběhu (Obr. 6) musí být trvale sledována. To se provádí sledováním hodnot acidobazické rovnováhy v tepenné a žilní krvi.

Jak je uvedeno v úvodu mé práce, existují v dnešní době dva způsoby monitorace a úpravy stavu krevních plynů při mimotělním oběhu během kardiochirurgické intervence. Jednou je kontinuální monitorace krevních plynů pomocí specializovaného modulu přidaného k mimotělnímu oběhu a následovně kontinuální upravování parametrů krve při mimotělním oběhu. Druhou metodou monitorace je metoda opakovaných náběrů, kdy v určitých časových intervalech (zpravidla 30 minut) perfuziolog nabere malý vzorek krve z mimotělního oběhu, který je následně analyzován přístrojem umístěným na operačním sále. Poté je provedena úprava parametrů krve v mimotělním oběhu.

Mezi sledované parametry krve při monitoraci mimotělního oběhu patří parciální tlak kyslíku- pO_2 a oxidu uhličitého- pCO_2 v arteriální krvi. (Každý plyn ve směsi chemicky netečných plynů má právě takový tlak-parciální tlak, jako by celý objem vymezený směsí při téže teplotě zaujímal sám¹².) Udávané rozmezí hodnot parciálních tlaků by mělo být u pO_2 v arteriální krvi mezi 100–200 mmHg. Hodnoty nad 200 mmHg jsou zbytečné a nemocného může ohrožovat toxicita kyslíku. Naopak při poklesu hodnoty pod 100 mmHg je organismus ohrožen hypoxií. Normální hodnoty pCO_2 v arteriální krvi by se měly pohybovat mezi 35–45 mmHg. Sledována je také saturace O_2 v žilní krvi. Normální hodnoty saturace O_2 by se měly pohybovat kolem 75%. Z hodnot saturace O_2 ve smíšené žilní krvi dostáváme okamžitou informaci o kvalitě perfuze. Mezi další sledované parametry patří hodnota pH krve (ideální hodnota 7,4), hematokrit, hemoglobin, koncentrace draslíku a teplota arteriální respektive venózní krve. Chceme-li hodnoty krevních plynů určit za jiné teploty než 37°C, dostáváme se do určitých problémů, protože je známo, že s klesající teplotou organismu stoupá rozpustnost CO_2 v krvi. To znamená, že pokud bychom například stanovovali hodnotu pCO_2 v tepenné krvi za nižší teploty než 37°C při zachování konstantního toku

¹² Daltonův zákon parciálních tlaků. [on-line] [cit. 25-05-2008]. Dostupné na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Dalton%C5%AFv_z%C3%A1kon_parci%C3%A1ln%C3%ADch_tlak%C5%AF>.

plynů do oxygenátoru, bude hodnota $p\text{CO}_2$ oproti hodnotě fyziologické nižší. Existují proto dva způsoby udržování acidobazické rovnováhy při vedení mimotělního oběhu, a to pH-stat a alpha-stat. Při vedení pH-stat udržujeme pH vnitřního prostředí operovaného stejné (7,4) při všech změnách teploty. Při vedení alpha-stath se mění hodnoty pH v závislosti na teplotě operovaného pacienta.



Obr. 6 Mimotělní oběh

4. Srovnávací studie

V této části své bakalářské práce popíši nejprve obě metody monitorace krevních plynů při mimotělním oběhu, poté porovnáím dva náhodně vybrané soubory pacientů, kterým byl proveden aortokoronární bypass. U jedné skupiny byla při operaci použita kontinuální monitorace krevních plynů při mimotělním oběhu a u druhé byly krevní plyny během operace měřeny metodou opakovaných náběrů každých 30 minut. Pokusím se na základě porovnání pooperačních výsledků obou skupin srovnat obě tyto metody a zhodnotit výhody a nevýhody každé z nich.

4.1. Systém monitorování parametrů krve 3MTM CDITM 500 (kontinuální monitorace)

Systém monitorování parametrů krve 3MTM CDITM 500 je zařízení, které se používá během kardiopulmonálních by-passových procedur. Kontinuálně monitoruje krev při mimotělním oběhu a poskytuje průběžně informace o parametrech krve. Tyto informace se zobrazují na přehledném monitoru systému CDI 500.

Systém CDI 500 monitoruje a zobrazuje hodnoty následujících parametrů krve:

- parciální tlak kyslíku-pO₂
- parciální tlak oxidu uhličitého-pCO₂
- pH
- draslík (K⁺)
- kyslíková saturace
- hematokrit
- hemoglobin
- teplota

Systém CDI 500 (Obr. 6) je mikroprocesorové monitorovací zařízení napájené střídavým elektrickým napětím. Využívá technologii optické fluorescence k měření krevních plynů, pH a draslíku. Kromě toho měří s využitím technologie pulsní oxymetrie kyslíkovou saturaci, hematokrit a hemoglobin. Systém může zobrazovat parametry krve při skutečné teplotě nebo teplotě přepočítané na 37°C. Před každým použitím je nutno všechny senzory zkalibrovat. (Obr. 7)



Obr. 7 Vlevo monitor, vpravo pak systém kalibračních plynů systému CDI 500

4.1.1. Měření optické fluorescence

Dva kabelové svazky (jeden venózní a jeden arteriální) spojují monitorovací zařízení s průtokovými snímači CDI (Obr. 8) na jedno použití, které jsou vloženy do mimotělního oběhu. Snímače CDI obsahují fluorescentní mikrosenzory, které jsou srdcem měřicího systému CDI 500. Svítivé diody (LED) v kabelových koncovkách směrují světelné impulzy směrem k mikrosenzorům. Mikrosenzory jsou vyrobeny z fluorescentních chemikálií, které v reakci na stimulační impulzy emitují světlo. Intenzita emitovaného světla závisí na koncentraci iontů draslíku, kyslíku, oxidu uhličitého a vodíku přicházejících do kontaktu s mikrosenzory. Světlo emitované fluorescentními mikrosenzory se vrací do kabelových koncovek a je měřeno světelným detektorem. Výstupní signál detektoru je převáděn mikroprocesorem na číselná data, která se objevují na obrazovce monitorovacího zařízení.¹³

4.1.2. Pulsní oxymetrie

Je metoda založená na principu Lambertova-Beerova zákona, který říká, že koncentrace roztoku může být vypočítána z množství světla známé vlnové délky jím absorbovaného. Pokud jsou v roztoku dvě látky s rozdílnými absorpčními spektry, jejich poměrná koncentrace může být vypočtena z poměru světla absorbovaného na různých vlnových délkách. Snímací povrch optické sondy monitorovacího zařízení obsahuje svítivé diody (LED) a fotodetektor. LED diody směrují světelné impulzy v krvi do

¹³ CDI™ Blood parameter monitoring system 500, Operator`s manual. Terumo., s. 5.

optického okna v kyvetě 3M™ CDI™ H/S (Obr. 8), která je vložena do mimotělního oběhu. Intenzita výsledných odrazů je analyzována (na bázi charakteristických spekter hemoglobinu) a určuje se kyslíková saturace, hematokrit a hemoglobin. Tyto hodnoty se pak objevují na obrazovce monitorovacího zařízení.¹⁴



Obr. 8 Vlevo průtokové snímače, vpravo H/S kyveta systému CDI 500

4.2. Radiometer ABL700 (monitorace pomocí opakovaných náběrů)

Radiometer ABL700 (Obr. 9) je přístroj, který z odebraného vzorku krve stanoví hodnoty pO_2 , pCO_2 , pH, navíc je schopen změřit koncentrace některých metabolitů (např. glukózy, laktátu, kreatininu). Při jeho použití k monitorování krevních plynů při mimotělním oběhu nabere perfuziolog každých 30 minut vzorky krve z mimotělního oběhu. Z odebraných vzorků mohou být přímo na operačním sále změřeny aktuální parametry krve analýzou na přístroji Radiometer ABL700.

System je plně automatizovaný, to znamená, že obsluhující personál pouze umístí injekční stříkačku se vzorkem krve do speciálního držáku. Přístroj sám krev nasaje a po uplynutí doby měření, jsou výsledky uloženy do paměti přístroje a zároveň jsou vytištěny na tiskárně, která je součástí přístroje. System Radiometer ABL700 používá několik různých metod k měření parametrů krve. System pracuje na elektrochemickém principu, jednotlivé analyty jsou měřeny pomocí příslušných elektrod. Pro měření pCO_2 a pH se používá potenciometrický měřicí princip, pro měření

¹⁴ CDI™ Blood parameter monitoring system 500, Operator`s manual. Terumo, s. 5.

pO₂ ampérometrický měřicí princip. Pro stanovení SO₂, hemoglobinu a jeho derivátů přístroj používá stejně jako systém CDI 500 spektrofotometr. Principem stanovení je ale viditelná absorpční spektroskopie, kde je podmínkou ještě před měřením v kvetě hemolýza krevního vzorku. Absorpční spektroskopie je optická metoda, která se zabývá kvantitativním hodnocením změny intenzity záření po průchodu analytickým prostředím. Absorbance je pak přímo úměrná látkové koncentraci a tloušťce absorbující vrstvy.



RADIOMETER ØADA ABL 700	
ABL715 Radiometer II kardiochir 234	
VÝSLEDEK PACIENTA	ABR+IONTY/G+L - S Vzorek #
	195µL
Identifikace	
I.D. pacienta	
Typ vzorku	Arteriální
temp	37,0 °C
FO ₂ (l)	21,0 %
Acido-bazický status	
sO ₂	98,5 %
pO ₂	157 mmHg
pH	7,332
ABE _c	-4,1 mmol/L
pCO ₂	40,6 mmHg
cHCO ₃ ⁻ (P) _c	20,9 mmol/L
cHCO ₃ ⁻ (P, st) _c	21,0 mmol/L
ctHb	9,6 g/dL
Hct _c	29,7 %
Hodnoty elektrolytů	
cNa ⁺	138 mmol/L
cK ⁺	4,6 mmol/L
cCa ²⁺	0,99 mmol/L
cCl ⁻	111 mmol/L
Hodnoty metabolitů	
cGlu	12,0 mmol/L
cLac	1,2 mmol/L
Hodnoty korigované na teplotu	
pH(T)	7,332
pCO ₂ (T)	40,6 mmHg
pO ₂ (T)	157 mmHg
Pozn.:	
c	Pořítaná hodnota(y)
Vytisknuto	11:20:20

Obr. 9 Acidobazický analyzátor krevních plynů Radiometer ABL700 a tištěný záznam pořízený tímto přístrojem

4.2.1. Potenciometrie a ampérometrie

Potenciometrie je analytickou metodou, při níž se koncentrace analytu stanovuje z napětí elektrochemického (galvanického) článku tvořeného indikační elektrodou ponořenou do analyzovaného roztoku a elektrodou referenční spojenou s analyzovaným roztokem solným můstkem. Měření je prováděno tak, aby článkem netekl elektrický proud.¹⁵

¹⁵ Potenciometrie. [on-line] [cit. 05-06-2008]. Dostupné na WWW: < www.natur.cuni.cz/~opekar/elgeoch/elgeoch2.doc >.

Amperometrie měří změny proudu mezi indikační (polarizovatelnou) a referenční (nepolarizovatelnou) elektrodou při konstantním vloženém napětí. Amperometrická titrace je jeden z možných postupů indikace bodu ekvivalence srážecích, oxido-redukčních nebo neutralizačních reakcí. Titrovaná látka nebo použité činidlo musí tvořit redoxní systém, který je při určitém vloženém napětí schopen depolarizovat elektrody. Bod ekvivalence lze graficky znázornit jako průsečík přímek spojujících hodnotu procházejícího proudu před a po dosažení ekvivalence.

Příkladem využití amperometrie při měření parciálního tlaku kyslíku je kyslíková elektroda. (Clarkova elektroda) Pt katoda a Ag/AgCl anoda ve fosfátovém pufru s přídavkem KCl. Katoda, potažená tenkým filmem elektrolytu, je oddělena od vzorku permeabilní membránou. Potenciál katody je adjustován na -0,65 V. Není-li přítomen kyslík v testovaném vzorku, neprobíhá proud, protože katoda je polarizována. V přítomnosti kyslíku je proud měřitelný. Tento proud vzniká při difuzi kyslíku ze vzorku skrze membránu ke katodě, kde je redukován. Velikost proudu je úměrná parciálnímu tlaku kyslíku v testovaném vzorku.¹⁶

5. Metodika

5.1. Výběr pacientů pro srovnání

Pro samotnou studii a k porovnání obou metod monitorace krevních plynů při mimotělním oběhu mi byla poskytnuta data z II. chirurgické kliniky-kardiovaskulární chirurgie 1. LF a VFN. Z těchto dat jsem náhodně vybral 70 pacientů. U 35 z nich byl při operaci použit systém kontinuální monitorace 3MTM CDITM 500, u 35 z nich byla použita při operaci metoda opakovaných náběrů, tzn. úprava parametrů krve probíhala každých 30 minut, po jejich změření na přístroji ABL700. Aby bylo porovnání vůbec možné a co nejvíce objektivní, všichni vybraní pacienti museli splňovat určitá kritéria.

Kritéria pro výběr pacientů byla následující:

- stejný typ operace, v našem případě aortokoronární bypass
- pacient bez operačních revizí (krvácení, ischémie)
- během operace použit systém 3MTM CDITM 500, nebo Radiometer ABL700 (podle toho jsem pacienty rozdělil do dvou skupin)

¹⁶ *Amperometrie*. [on-line] [cit. 03-06-2008]. Dostupné na WWW: <<http://dasta.lf2.cuni.cz/dsmz/hypertext/MZACP.htm>>.

- predikované euroscore 0–15
- délka mimotělního oběhu během operace maximálně 120 minut
- operace provedena v období 1. 5. 2007 až 31. 3. 2008

5.1.1. Euroscore

European System for Cardiac Operativ Risk Evaluation. Ve volném překladu evropský systém pro hodnocení rizik srdečních operací. Euroscore udává předpoklad operační mortality. Euroscore se počítá podle následujícího vzorce:

$$\text{předpokládaná úmrtnost} = e^{(\beta_0 + \sum \beta_i X_i)} / 1 + e^{(\beta_0 + \sum \beta_i X_i)}$$

kde:

e je přirozený logaritmus = 2,718281828...

β_0 je konstanta logistické regresní rovnice = -4,789594

β_i koeficienty proměnných X_i v logistické regresní rovnici uvedeny v tabulce níže.

$X_i = 1$ pokud je jednoznačně rizikový faktor přítomen a 0 je-li nepřítomen

Pro věk, $X_i = 1$ pokud je věk pacienta < 60; X_i se zvýší o jeden bod za rok

tedy pro věk 59 nebo méně $X_i = 1$, věk 60 $X_i = 2$, věk 61 $X_i = 3$, atd.¹⁷

Beta koeficienty pro logistický regresní model EuroSCORE z roku 1995-pilotní studie

Faktory související s pacientem		Beta
Věk	kontinuální	0.0666354
Pohlaví	žena	0.3304052
Chronická plicní onemocnění	dlouhodobé užívání bronchodilatátorů nebo steroidů pro onemocnění plic	0.4931341
Mimosrdeční arteriopatie	kterýkoliv nebo více z následujících bodů: cévní nedostatečnost, okluze karotidy nebo >50% stenóza, předchozí nebo plánovaná intervence v břišní aortě, končetinových tepnách nebo karotidách	0.6558917
Neurologické disfunkční choroby		0.841626

¹⁷ *How to calculate the logistic Euroscore.* [on-line] [cit. 03-06-2008]. Dostupné na WWW: < <http://www.euroscore.org/logisticEuroSCORE.htm> >.

Předchozí chirurgický zákrok na srdci	vyžadující otevření perikardu	1.002625
Sérový creatinin	>200m micromol/L předoperačně	0.6521653
Aktivní endokarditida	pacient pod antibiotickou léčbou pro endokarditidu v době operace	1.101265
Faktory související se srdcem		Beta
Nestabilní angina pectoris	angina pectoris vyžadující iv podání nitrátů až do příjezdu na anestetický pokoj	0.5677075
Dysfunkce levé komory	mírná nebo LVEF30-50%	0.4191643
	nízká nebo LVEF <30%	1.094443
Nedávný infarkt myokardu	(<90 dní)	0.5460218
Plicní hypertense	Systolický PA tlak>60 mmHg	0.7676924
Faktory související s operací		Beta
Nouzové	prováděné na doporučení před začátkem následujícího pracovního dne	0.7127953
Jiné než izolované CABG	závažné srdeční výkony vedle CABG	0.5420364
Operace v hrudní aortě	pro poruchu na vzestupném, nebo sestupném oblouku aorty	1.159787
Postinfarktový defekt septa		1.462009

Tab. 1 Beta koeficienty pro logistický regresní model EuroSCORE z roku 1995-pilotní studie

Existuje euroscore logistické (viz. výše), které udává v procentech pravděpodobnost úmrtí pacienta během operace. Dalším typem je euroscore aditivní, které také určuje jaká je pravděpodobnost smrti pacienta během operace, je však udáváno v bodech. Podle počtu bodů jsou pak pacienti rozděleni do rizikových skupin. Aditivní euroscore je možné získat přepočtem z logistického euroscore.

5.1.2. Srovnání vybraných souborů pacientů

Podle výše zmiňovaných kritérií jsem vybral náhodně 70 pacientů. Ty jsem rozdělil do dvou skupin podle toho, jaký typ monitorace byl použit během jejich operace. Tyto skupiny jsem si nazval skupina CDI (kontinuální monitorace) a skupina ABL (metoda opakovaných náběrů) U všech pacientů v obou skupinách jsem sledoval několik parametrů.

Sledované parametry:

- euroscore
- věk, pohlaví
- doba trvání mimotělního oběhu během operace (min)
- doba trvání svorky (min)
- celková doba intubace (hod)
- délka pobytu na JIP (hod)
- doba od operace do propuštění (dny)
- výskyt renálních komplikací
- výskyt neurologických komplikací

První čtyři parametry jsou v seznamu proto, že se buď překrývají s kritérii pro výběr pacientů (euroscore, doba trvání mimotělního oběhu), nebo proto, aby bylo vidět demografické složení sledovaných souborů (věk, pohlaví) Důležité pro porovnání obou metod je pak z výše uvedeného seznamu posledních pět parametrů (celková doba intubace, délka pobytu na JIP, doba od operace do propuštění, výskyt renálních komplikací, výskyt neurologických komplikací).

Přehled sledovaných parametrů je v následujících tabulkách:

Skupina CDI (kontinuální monitorace)

Pacient	Věk	Doba trvání MO (min)	Doba trvání svorky (min)	Celková doba intubace (hod)	Délka pobytu na JIP (hod)	Doba od operace do propuštění (dny)	Renální komplik.	Neurologické komplik.
1	61	86	53	13	46	6	žádné	žádné
2	71	103	50	16	72	7	žádné	žádné
3	63	63	38	14	40	20	žádné	žádné
4	61	90	60	16	117	7	žádné	žádné
5	68	110	61	9	48	7	žádné	žádné
6	49	90	62	8	43	6	žádné	žádné
7	59	62	47	9	39	6	žádné	žádné
8	67	90	56	10	96	7	žádné	žádné
9	67	113	66	9	93	20	žádné	žádné
10	54	62	39	7	116	12	žádné	žádné
11	56	102	40	12	118	7	žádné	žádné
12	56	87	37	24	50	10	žádné	žádné
13	77	77	42	11	94	7	žádné	žádné
14	68	74	34	4	46	7	žádné	žádné
15	68	90	52	7	83	15	žádné	žádné
16	74	86	58	12	93	7	žádné	žádné
17	66	68	38	15	140	13	žádné	žádné
18	67	78	46	16	51	6	žádné	žádné
19	68	84	43	6	50	6	žádné	žádné
20	58	63	40	15	151	11	žádné	žádné
21	55	81	50	12	39	7	žádné	žádné
22	66	89	62	9	137	9	žádné	žádné
23	72	75	47	10	48	7	žádné	žádné
24	57	69	37	10	70	6	žádné	žádné
25	72	90	53	10	65	6	žádné	žádné
26	70	101	66	8	45	8	žádné	žádné
27	75	102	74	26	70	6	žádné	žádné
28	66	71	48	8	71	6	žádné	žádné
29	62	110	67	9	47	9	žádné	žádné
30	71	94	52	7	42	7	žádné	žádné
31	65	64	33	12	70	13	žádné	žádné
32	70	89	48	13	50	9	žádné	žádné
33	56	89	51	13	68	11	žádné	žádné
34	72	68	31	5	51	7	žádné	žádné
35	72	87	43	9	40	7	žádné	žádné

Tab. 2 Přehled sledovaných parametrů u skupiny CDI (kontinuální monitorace)

Skupina ABL (metoda opakovaných náběrů)

Pacient	Věk	Doba trvání MO (min)	Doba trvání svorky (min)	Celková doba intubace (hod)	Délka pobytu na JIP (hod)	Doba od operace do propuštění (dny)	Renální komplik.	Neurologické komplik.
1	64	93	60	8	48	7	žádné	žádné
2	67	80	36	11	117	7	žádné	žádné
3	65	105	61	8	72	7	žádné	pooperační psychosyndrom
4	61	52	29	7	118	11	žádné	žádné
5	55	119	78	13	48	7	žádné	žádné
6	70	98	55	10	117	7	žádné	žádné
7	64	55	35	19	42	7	žádné	žádné
8	62	119	72	10	45	7	žádné	žádné
9	70	80	55	12	169	11	ren. insuf. bez dialýzy	pooperační psychosyndrom
10	74	112	79	20	42	8	žádné	žádné
11	48	56	29	8	46	6	žádné	žádné
12	61	89	40	9	121	6	žádné	žádné
13	68	92	57	13	72	8	žádné	žádné
14	63	97	63	16	70	6	žádné	žádné
15	64	75	45	7	47	6	žádné	žádné
16	65	101	54	13	94	10	žádné	žádné
17	50	77	35	6	100	7	žádné	žádné
18	60	52	33	10	44	7	žádné	žádné
19	74	74	45	25	47	6	žádné	žádné
20	77	92	55	9	95	7	žádné	žádné
21	66	82	54	9	86	7	žádné	žádné
22	74	104	77	11	34	8	žádné	žádné
23	68	94	53	14	120	7	žádné	žádné
24	82	104	69	33	142	21	žádné	žádné
25	74	89	46	7	47	7	žádné	žádné
26	74	82	39	14	118	7	žádné	pooperační psychosyndrom
27	70	103	72	7	73	6	žádné	žádné
28	48	55	43	9	47	7	žádné	žádné
29	71	97	60	9	141	8	žádné	pooperační psychosyndrom
30	65	56	39	8	49	7	žádné	žádné
31	66	110	73	9	74	7	žádné	žádné
32	59	94	60	25	45	20	žádné	žádné
33	53	90	55	10	44	6	žádné	žádné
34	50	76	41	8	96	27	žádné	žádné
35	65	90	45	12	116	12	žádné	žádné

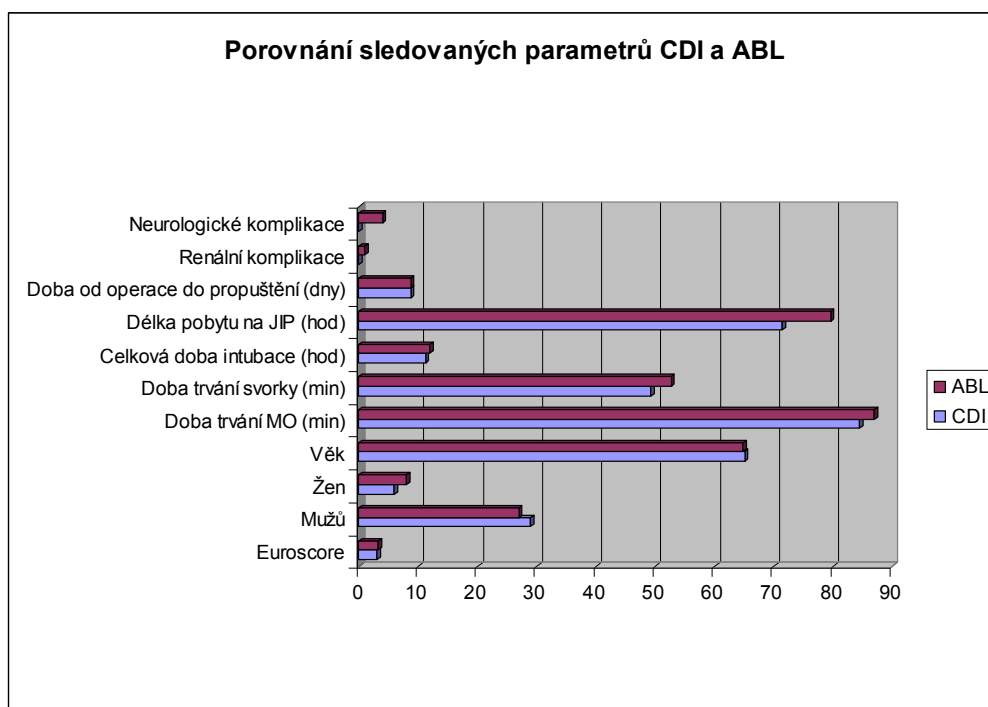
Tab. 3 Přehled sledovaných parametrů u skupiny ABL (metoda opakovaných náběrů)

Poté jsem vypočítal aritmetické průměry sledovaných parametrů u každé z obou skupin, popřípadě jsem spočetl množství výskytů jednotlivých pooperačních komplikací. V následující tabulce jsou aritmetické průměry sledovaných parametrů spolu s počtem výskytů případů jednotlivých pooperačních komplikací u obou skupin porovnány.

Porovnání sledovaných parametrů CDI a ABL

	CDI	ABL
Euroscore	3,02	3,28
Mužů	29	27
Žen	6	8
Věk	65,11	64,77
Doba trvání MO (min)	84,49	86,97
Doba trvání svorky (min)	49,26	52,63
Celková doba intubace (hod)	11,26	11,97
Délka pobytu na JIP (hod)	71,40	79,60
Doba od operace do propuštění (dny)	8,71	8,71
Renální komplikace	0	1
Neurologické komplikace	0	4

Tab. 4 Porovnání průměrných hodnot sledovaných parametrů spolu s počtem případů jednotlivých pooperačních komplikací skupiny A (kontinuální monitorace) a B (metoda opakovaných náběrů)



Graf 1. Porovnání průměrných hodnot sledovaných parametrů spolu s počtem případů jednotlivých pooperačních komplikací skupiny CDI (kontinuální monitorace) a ABL (metoda opakovaných náběrů)

6. Výsledky a diskuze

6.1. Výsledky

Pro statistické zhodnocení výsledků jsem použil dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů a McNemarův test. První z testů jsem použil k testování hypotéz u celkové doby intubace, celkové doby strávené na JIP a doby od operace do propuštění. Druhý z testů jsem pak použil pro testování hypotéz u výskytu renálních a neurologických komplikací.

6.1.1. Celková doba intubace (hod)

Z mnou vypočtené hodnoty $P = 0,289$ ($P > 0,05$) lze konstatovat, že test je statisticky nevýznamný. Je 28,9% šance, že sledované rozdíly jsou způsobeny náhodností výběru analyzované množiny dat. Z velikosti 95% konfidenčního intervalu od 10,368 do 12,860 lze říci, že pro vyslovení jasného vědeckého závěru ohledně vztahu mezi průměrnými hodnotami celkové doby inkubace u skupin CDI a ABL by bylo potřeba zopakovat experiment s větším počtem dat v souborech.

6.1.2. Délka pobytu na JIP (hod)

Z mnou vypočtené hodnoty $P = 0,162$ ($P > 0,05$) lze konstatovat, že test je statisticky nevýznamný. Je 16,2% šance, že sledované rozdíly jsou způsobeny náhodností výběru analyzované množiny dat. Z velikosti 95% konfidenčního intervalu od 67,409 do 83,590 lze říci, že pro vyslovení jasného vědeckého závěru ohledně vztahu mezi průměrnými hodnotami doby strávené na JIP u skupin CDI a ABL by bylo potřeba zopakovat experiment s větším počtem dat v souborech.

6.1.3. Doba od operace do propuštění (dny)

Z mnou vypočtené hodnoty $P = 0,500$ ($P > 0,05$) lze konstatovat, že test je statisticky nevýznamný. Je 50% šance, že sledované rozdíly jsou způsobeny náhodností výběru analyzované množiny dat. Z velikosti 95% konfidenčního intervalu od 7,738 do 9,690 lze říci, že pro vyslovení jasného vědeckého závěru ohledně vztahu mezi průměrnými hodnotami doby od operace do propuštění u skupin CDI a ABL by bylo potřeba zopakovat experiment s větším počtem dat v souborech.

6.1.4. Renální komplikace

Nejprve zformuluji nulovou a alternativní hypotézu. Nulová hypotéza tvrdí, že výskyt renálních komplikací po operaci je u obou způsobů monitorace stejný. Alternativní hypotéza tvrdí, že výskyt renálních komplikací po operaci není u obou způsobů monitorace stejný. Spočtu hodnotu testové statistiky χ^2 a porovnáji ji s příslušnou kritickou hodnotou, která je rovna kvantilu $\chi^2_{1-\alpha}(1) = 3,84$. V našem případě $\chi^2 < 3,84$ nemáme tedy dostatečný důkaz pro zamítnutí nulové hypotézy. Učiníme tedy závěr, že na základě zkoumaných dat nelze prokázat rozdíl ve výskytu renálních komplikací po operaci, ať už při ni byla použita kontinuální monitorace nebo metoda opakovaných náběrů.

6.1.5. Neurologické komplikace

Nejprve zformuluji nulovou a alternativní hypotézu. Nulová hypotéza tvrdí, že výskyt neurologických komplikací po operaci je u obou způsobů monitorace stejný. Alternativní hypotéza tvrdí, že výskyt neurologických komplikací po operaci není u obou způsobů monitorace stejný. Spočtu hodnotu testové statistiky χ^2 a porovnáji ji s příslušnou kritickou hodnotou, která je rovna kvantilu $\chi^2_{1-\alpha}(1) = 3,84$. V našem případě $\chi^2 > 3,84$. Nulovou hypotézu můžeme tedy zamítnout. Učiníme tedy závěr, že na základě zkoumaných dat lze prokázat, že při použití kontinuální monitorace krevních plynů při mimotělním oběhu během operace má za následek menší výskyt neurologických komplikací po operaci než při použití metody postupných náběrů.

6.2. Diskuse

Při své srovnávací studii jsem porovnával kontinuální monitoraci krevních plynů s monitorací vedenou metodou opakovaných náběrů. Porovnání jsem provedl na základě pooperačních výsledků dvou skupin operovaných pacientů. U každé z nich byla při operaci použita odlišná metoda monitorace.

Průměrná celková doba intubace v hodinách, celková doba pobytu na JIP v hodinách, celková doba od operace do propuštění ve dnech byla u skupiny CDI u všech těchto parametrů kratší než u skupiny ABL. Také se u skupiny CDI vyskytovalo méně renálních a neurologických komplikací po operaci. Z těchto výsledků by se dalo vyvozovat, že kontinuální monitorace má jasný význam, tzn., že pacienti se po operaci

lépe zotavují. Statistická významnost však byla prokázána pouze u výskytu neurologických komplikací po operaci, ostatní výsledky se ukázaly statisticky nevýznamné. Domnívám se, že statistická nevýznamnost většiny výsledků byla zapříčiněna malým počtem osob ve srovnávaných souborech a v případě většího počtu osob bychom došli ke stejným výsledkům, které by však byli statisticky významné.

7. Závěr

Cílem mojí práce bylo porovnání dvou metod monitorace krevních plynů při mimotělním oběhu. Tímto porovnáním jsem chtěl prokázat význam kontinuální monitorace. Myslím si, že tento cíl byl splněn jen z části, protože se jednoznačně podařilo prokázat jen častější výskyt neurologických komplikací u pacientů operovaných bez kontinuálního monitoru. Domnívám se ale, že kontinuální monitorace má i bez jednoznačného prokázání lepších pooperačních výsledků zejména bezpečností význam. To znamená, že v případě použití kontinuální monitorace a vzniku jakékoliv nečekané komplikace při vedení mimotělního oběhu má perfuziolog okamžitý přehled o parametrech krve a může hned zasáhnout a tím zachránit zdraví či život pacienta. Neocenitelný význam má kontinuální monitorace také při komplikovanějších operacích a operacích prováděných v hypotermii, kde dochází ke změně krevních parametrů, vlivem klesající, či stoupající teploty každým okamžikem. Je zřejmé, že také velmi záleží na zkušenostech a znalostech perfuziologa, a proto i monitorace metodou opakovaných náběrů pod vedením zkušeného odborníka je pro pacienta šetrná a bezpečná.

Na závěr je třeba říci, že z klinického hlediska mají zjištěné odlišnosti při obou metodách monitorace krevních plynů malý význam, i přesto si myslím, že se metoda kontinuální monitorace stane, nejen z bezpečnostních důvodů, v blízké budoucnosti standardem na všech kardiokirurgických pracovištích.

8. Seznam použitých zdrojů

8.1. Knižní publikace

Trojan, S. *Lékařská fyziologie*. 4. přepracované a doplněné vyd . Praha: Grada, 2003.
ISBN 80-247-0512-5.

Lonský, V. *Mimotělní oběh v klinické praxi*. Praha: Grada, 2004.
ISBN 80-247-0653-9.

CDI™ Blood parameter monitoring system 500, Operetor`s manual. Terumo.
Edmunds, L. *Cardiac surgery in adult*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 2003
ISBN 0-07-139129-0.

Dominik, J. *Kardiochirurgie* Praha: Grada, 1998 .
ISBN 80-7169-669-2.

Gravlee, G. *Cardiopulmonary bypass: principles and practice*. 3rd ed. Philadelphia:
Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
ISBN 978-0-7817-6815-3.

8.2. Elektronické zdroje

Onemocnění srdce a cév-nejčastější příčina úmrtí. [on-line] [cit. 21-5-2008]. Dostupné
na WWW: <<http://www.icm.cz/onemocneni-srdce-a-cev-nejcastejsi-pricina-umrti>>.

Aortokoronární bypass. [on-line] [cit. 21-05-2008]. Dostupné na WWW:
<<http://www.ikem.cz/www?docid=1004187>>.

Daltonův zákon parciálních tlaků. [on-line] [cit. 25-05-2008]. Dostupné na WWW:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Dalton%C5%AFv_z%C3%A1kon_parci%C3%A1ln%C3%ADch_tlak%C5%AF>.

Potenciometrie. [on-line] [cit. 05-06-2008]. Dostupné na WWW:
< www.natur.cuni.cz/~opekar/elgeoch/elgeoch2.doc >.

Amperometrie. [on-line] [cit. 03-06-2008]. Dostupné na WWW:
< <http://dasta.lf2.cuni.cz/dsmz/hypertext/MZACP.htm>>.

How to calculate the logistic Euroscore. [on-line] [cit. 03-06-2008]. Dostupné na
WWW: < <http://www.euroscore.org/logisticEuroSCORE.htm>>.

9. Seznam obrázků, tabulek a grafů

9.1. Obrázky

Obr. 1 První úspěšně použitý mimotělní oběh. Dostupné na WWW:

< <http://galerie.mobilmania.cz/showphoto.php?photo=13272> >.

Obr. 2 Schéma zapojení mimotělního oběhu.

Dostupné na WWW: <<http://www.terumo-cvs.com/>>.

Obr. 3 Schéma uspořádání oxygenátoru z dutých vláken: uvnitř vlákna prochází směs plynů a zevně jsou vlákna omývána krví.

Lonský, V. *Mimotělní oběh v klinické praxi.* Praha: Grada, 2004.

Obr. 4 Vlevo válečkové a vpravo centrifugální čerpadlo.

Lonský, V. *Mimotělní oběh v klinické praxi.* Praha: Grada, 2004.

Obr. 5 Jeden z typů hemokoncentrátoru s hadicovým setem.

Obr. 6 Mimotělní oběh.

Obr. 7 Vlevo monitor, vpravo pak systém kalibračních plynů systému CDI.

Dostupné na WWW: <<http://www.terumo-cvs.com/>>.

Obr. 8 Vlevo průtokové snímače, vpravo H/S kyveta systému CDI 500

Dostupné na WWW: <<http://www.terumo-cvs.com/>>.

Obr. 9. Acidobazický analyzátor krevních plynů Radiometer ABL700 a tištěný záznam pořízený tímto přístrojem.

9.2. Tabulky

Tab. 1 Beta koeficienty pro logistický regresní model EuroSCORE z roku 1995-pilotní studie. Dostupné na WWW:

< <http://www.euroscore.org/logisticEuroSCORE.htm>>.

Tab. 2 Přehled sledovaných parametrů u skupiny CDI (kontinuální monitorace).

Tab. 3 Přehled sledovaných parametrů u skupiny ABL (metoda opakovaných náběrů).

Tab. 4 Porovnání průměrných hodnot sledovaných parametrů spolu s počtem případů jednotlivých pooperačních komplikací skupiny CDI (kontinuální monitorace) a ABL (metoda opakovaných náběrů).

9.3. Grafy

Graf 1. Porovnání průměrných hodnot sledovaných parametrů spolu s počtem případů jednotlivých komplikací skupiny CDI (kontinuální monitorace) a ABL (metoda opakovaných náběrů).