



Patofyziológia a klinické aspekty mimotelového obehu

Vladimír Fedorák
SÚSCCH a.s. Banská Bystrica



Definícia

- mimotelový obeh
- kardiopulmonálny bypass
- extrakorporálna cirkulácia
- umelé srdce

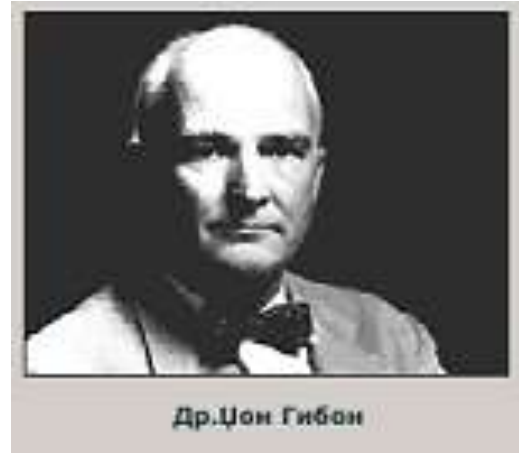


- je komplexná metóda , ktorá umožňuje na určitý čas nahradiť činnosť srdca a pľúc priamym spojením krvného obehu pacienta s externým technickým zariadením



Z histórie

V roku 1812 predpovedal Francúzsky lekár Julien-Jean LeGallois to, že v budúcnosti bude možné srdce nahradiť pumpou, ktorá bude schopná zabezpečiť prietok krvi všetkými orgánmi.





Z histórie



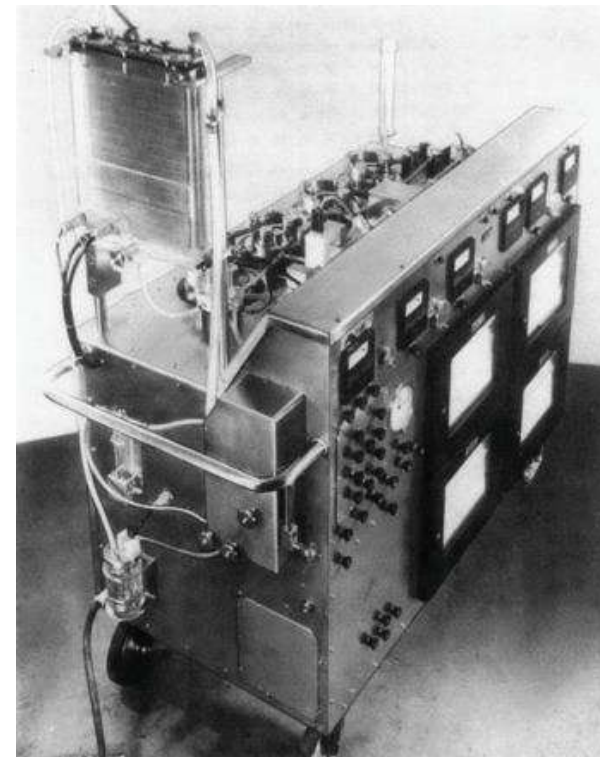
Historical picture from the first successful cardiac surgery with cardiopulmonary bypass performed in 1953. Surgeons in the center are J. Gibbon (right) and his assistant F. Albritten Jr. (left). This picture was kindly offered by Mary Gibbon to Bordley, J. III and Harvey A McG.: Two Centuries of American Medicine. 1776-1976. W.B. Saunders Co, Philadelphia 1976

V roku 1953 Gibbon uskutočnil v USA prvú úspešnú operáciu srdca za použitia mimotelového obehu.



Z histórie

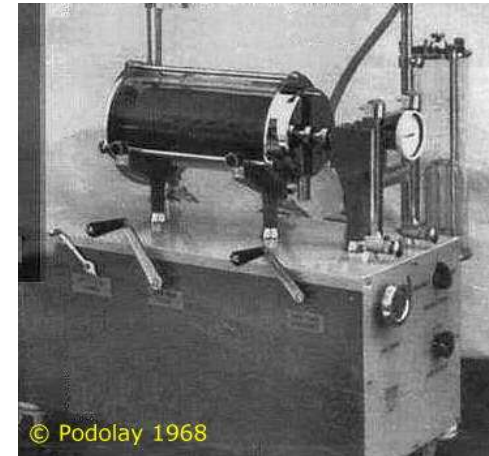
V priebehu nasledujúcich 50 rokov sa mimotelový obeh stal bežnou súčasťou kardiovaskulárnych operácií a v súčasnosti sa ich na celom svete uskutoční viac ako 700 tis.ročne



Screen oxygenator mounted in the pump pole utilized for the first open-heart operations. Picture kindly offered by Mary Gibbon to Bordley J. III and Harvey A McG.: Two Centuries of American Medicine. 1776-1976. W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1976.



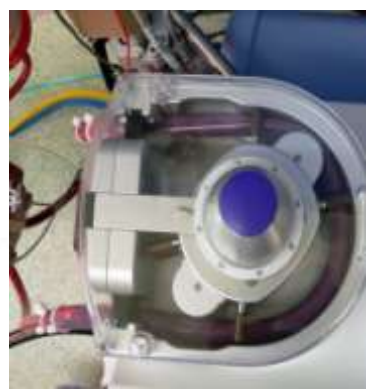
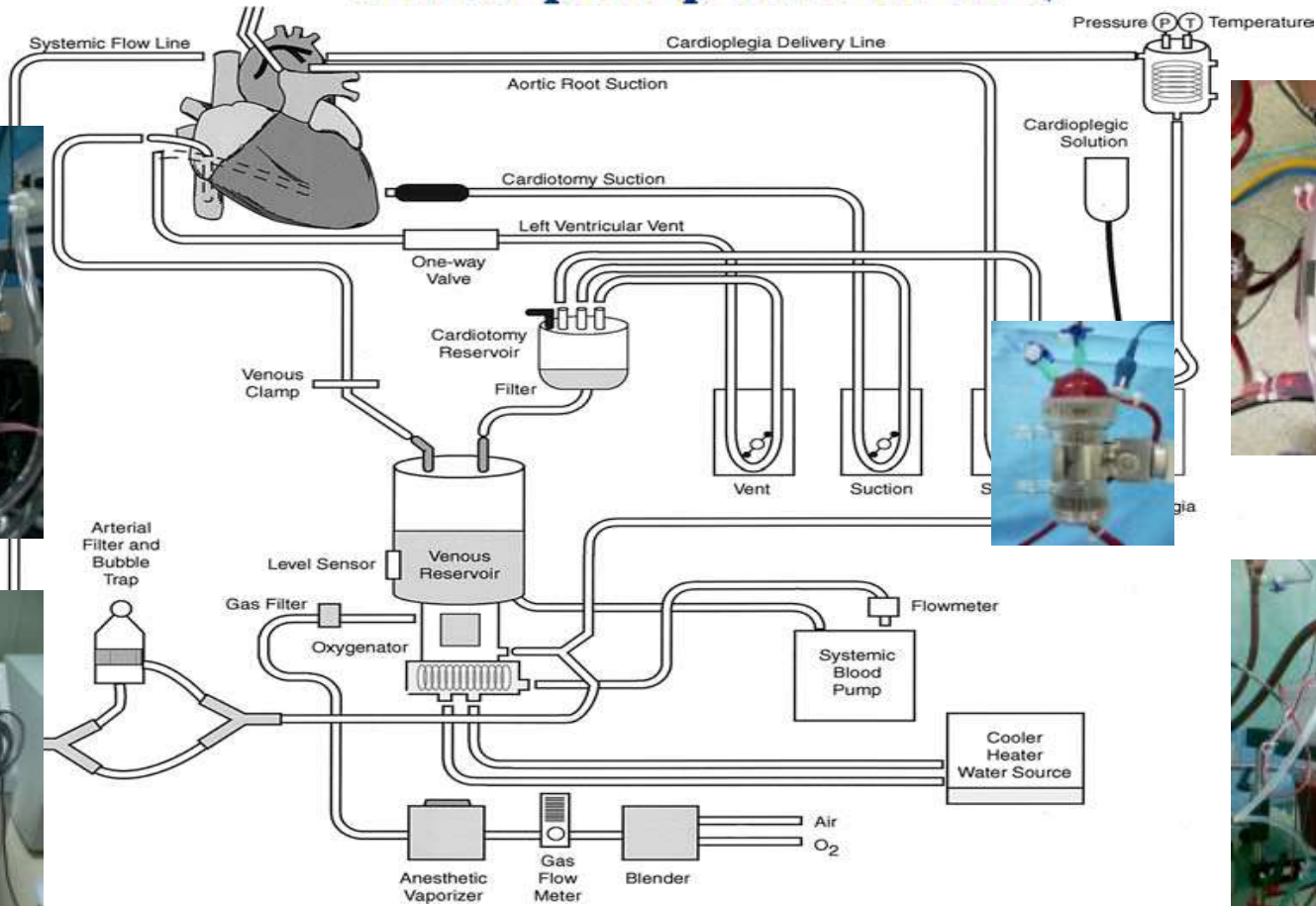
Prvá transplantácia srdca v Česko-Slovensku v roku 1968





Princíp

Анимиран приказ на ЕКЦ





Fyziológia mimotelového obehu

Pod fyziológiou mimotelového obehu rozumieme fungovanie jednotlivých orgánových systémov v čase keď krv opúšťa organizmus a fyziologické funkcie organizmu sú ovplyvňované vedením mimotelového obehu

Aktívne možno ovplyvňovať a mať pod kontrolou nasledovné fyziologické funkcie organizmu:

- prietok krvi a systémový perfúzny tlak / DO_2 , laktát, BE /
- výmenu dýchacích plynov / pO_2 , pCO_2 , pH /
- hematokrit a mineralogram / ionizované Ca^{2+} /
- teplotu pacienta / VO_2 , OER /



Antikoagulácia – heparín

- Vnútrotný povrch mimotelového obehu postráda nezmáčanlivosť
- Pri styku krvi s viac či menej biokompatibilným materiálom, účinok cirkulujúcich, telu vlastných antikoagulantov /**AT III, proteín C, S, inhibítor cesty aktivácie tkanivového faktora** / nestačí a dochádza k aktivácii koagulačnej kaskády s generalizáciou trombínu.
- Pred napojením pacienta na MO je treba podať vysokú dávku heparínu 3 – 5 mg/kg

- Účinok heparínu sa v praxi sleduje pomocou aPTT
- V kardiochirurgii pomocou ACT /activated clotting time/ - **Hemochron** (International Technidyne, Edison, NJ, USA).
- Antidotum protamín sulfát





Hemodilúcia

Hemodilúcia predstavuje jednu z najdôležitejších techník pri vedení MO

- kompenzuje sa zvýšená viskozita krvi pri hypotermii
 - vzťah medzi hodnotou hematokritu a viskozitou je priamo úmerný
 - viskozita pri hematokrite 37 % a teplote 37 °C je rovnaká ako pri hematokrite 20 % a teplote 20 °C /
- zlepšuje sa mikrocirkulácia a tým aj dodávka kyslíka do tkanív.
- šetria sa krvné elementy a znižuje sa počet krvných transfúzií
- Diskutovanou otázkou však ostáva stupeň hemodilúcie.
 - v praxi existuje určitý konsensus v hodnote hematokritu a to v rozmedzí 0.2 – 0.25
 - na konci mimotelového obehu 0.25 – 0.3



Hypothermia

- Metóda hypotermickej redukcie metabolizmu bola zavedená do kardiochirurgie za účelom zvýšenia odolnosti organizmu voči hypoxii, hlavne u orgánov, kde počas operačného výkonu nemožno zabezpečiť dostatočnú perfúziu
- Hĺbka hypotermie sa podľa Wonga delí nasledovne: Mierna 35-32 °C, stredná 31 – 26 °C, hlboká 25 – 20 °C, veľmi hlboká 19 – 14 °C.
- Každým poklesom teploty o 10 °C klesá spotreba kyslíka o 50%

Vplyv teploty na mozgový metabolizmus

Temperature (°C)	CMR (% baseline)	Duration of Safe CA (min)	CMRO2 (mL/100 g/min)	pMPFR (mL/kg/min)
37	100	5	1.48	100
32	70 (66–74)	7.5 (6.5–8)	0.82	56
30	56 (52–60)	9 (8–10)	0.65	44
28	48 (44–52)	10.5 (9.5–11.5)	0.51	34
25	37 (33–42)	14 (12–15)	0.36	24
20	24 (21–29)	21 (17–24)	0.20	14
18	17 (20–25)	25 (21–30)	0.16	11
15	14 (11–18)	31 (25–38)	0.11	8



Prietok krvi a systémový perfúzny tlak

- Fyziologický krvný prietok sa v klude pohybuje okolo $2.8 - 4.0 \text{ l/m}^2/\text{min}^{-1}$
- Počas MO sa nastavuje na hodnotu $2.2 - 2.4 \text{ l / m}^2/\text{min}^{-1}$
- Táto hodnota bolo stanovená experimentálne a neskôr v roku 1955 klinicky overená
- Predstavuje určitý kompromis medzi adekvátnosťou perfúzie na jednej strane a minimálnou traumatizáciou krvi pri styku s cudzím povrchom na strane druhej
- Prietok krvi počas mimotelového obehu je nepulzatilný na rozdiel od fyziologického pulzatilného obehu.

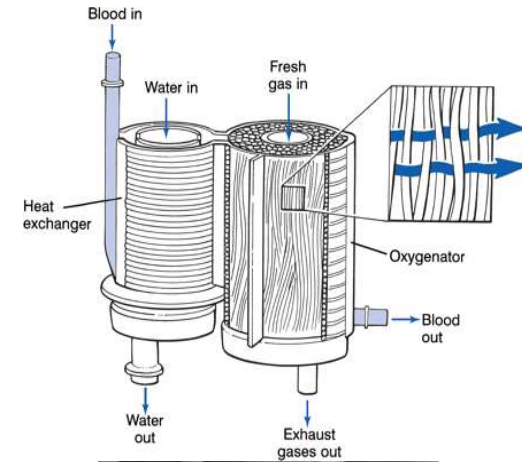
- Tlak krvi počas MO 40 -90 torr
- **Prioritou je vždy prietok / nie TK /, lebo zodpovedá minútovému srdcovému výdaju !**



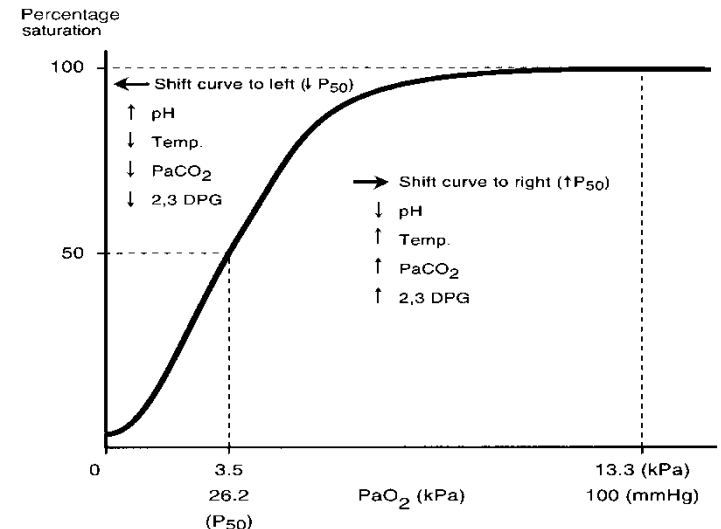


Výmena plynov počas mimotelového obehu

- Prebieha v oxygenátore difúziou na základe tlakového gradientu
- V súčasnosti sa najviac používajú membránové oxygenátory, kde zmes plynov oddeľuje od krvi permeabilná membrána
- Oxygenácia organizmu počas mimotelového obehu musí byť starostlivo monitorovaná sledovaním saturácie v arteriálnej a vo venóznei krvi



- Obsah kyslíka v krvi je ovplyvnený :
 - koncentráciou hemoglobínu,
 - stupňom saturácie
 - faktormi ovplyvňujúcimi disociačnú krivku hemoglobínu

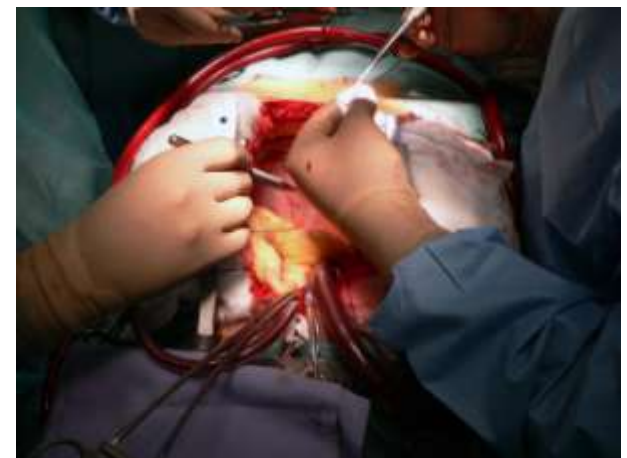
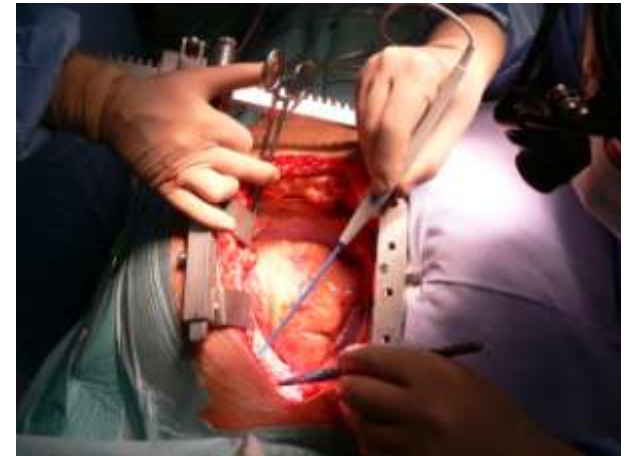




Ochrana myokardu

Podstatou ochrany myokardu je zníženie jeho metabolických nárokov, redukcia spotreby kyslíka a zachovanie energetických substrátov pre postischemickú fázu

- Metódy ochrany myokardu sú kardioplegické a nekardioplegické
- Kardioplegické zastavenie srdca je štandardný spôsob ochrany myokardu v koronárnej chirurgii
- Rozoznávame kryštalickú alebo krvnú kardioplégiu
- Hlavným iónom v roztoku je kálium





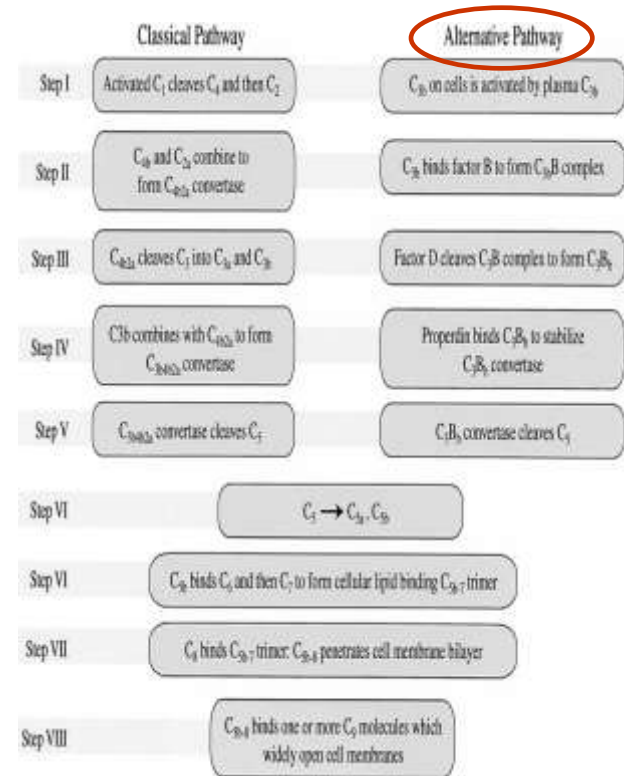
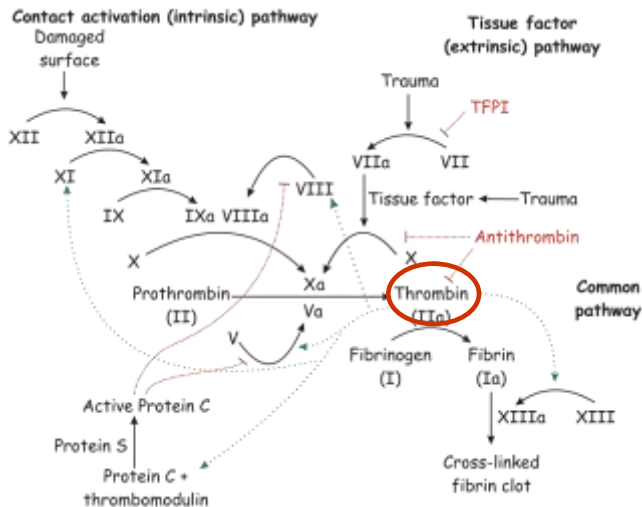
Patofyziologické aspekty mimotelového obehu

Aktívne možno ovplyvňovať a mať pod kontrolou nasledovné fyziologické funkcie organizmu:

- prietok krvi a systémový perfúzny tlak / DO_2 , laktát, BE /
- výmenu dýchacích plynov / pO_2 , pCO_2 , pH /
- hematokrit a mineralogram / ionizované Ca^{2+} /
- teplotu pacienta / VO_2 , OER /



- Následkom týchto reakcií dochádza k aktivácii :
 - hemokoagulácie
 - fibrinolýzy
 - komplementu ,
 - kalikreín - kinínového systému
 - endotelu, neutrofilov a monocytov



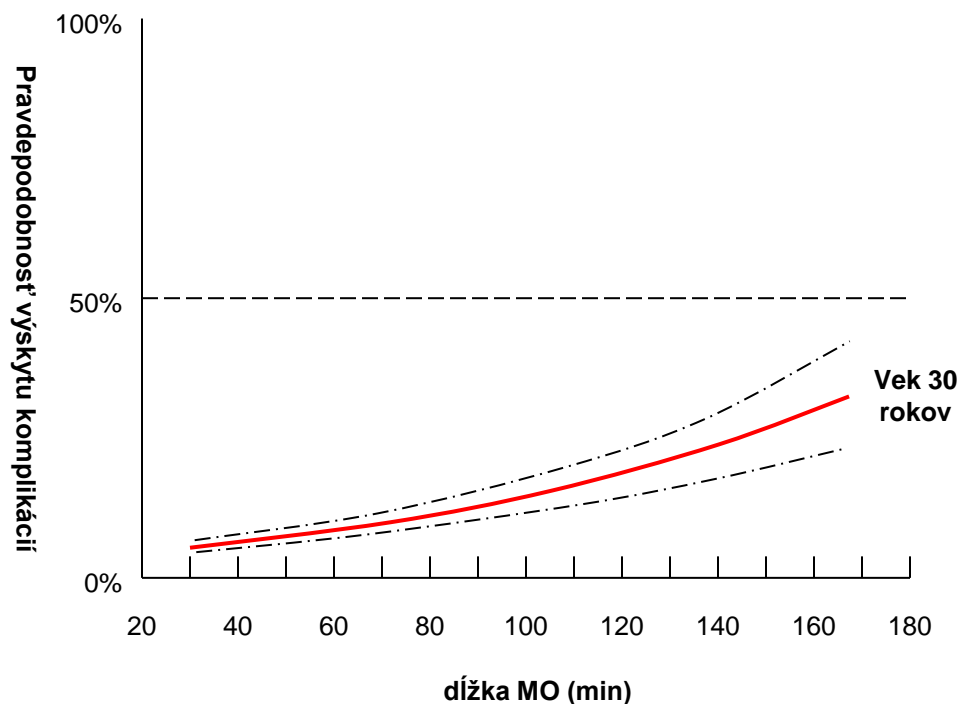
Dostupné na <http://cardiacsurgery.ctsnetbooks.org/>,



- ❑ Tieto patofyziologické deje sa klinicky prejavujú v pooperačnom období u všetkých nemocných operovaných v MO ako reperfúzny syndróm.
- ❑ Jeho súčasťou je nešpecifická systémová zápalovú reakciu organizmu /SIRS/
- ❑ Sú prítomné regionálne poruchy mikrocirkulácie, ktoré sú nezávislé od fyziologických potrieb organizmu.
- ❑ Poškodenie endotelu spôsobuje tzv. capillary leak syndróm
- ❑ SIRS môže klinicky prebiehať „ len “ od určitých laboratórnych zmien až po obraz multiorgánového zlyhávania.



Klinická korelácia patofyziologických dejov v pooperačnom období



Vzťah doby trvania MO k pravdepodobnosti poškodenia organizmu ako dôsledok jeho použitia



Centrálny nervový systém

- **Komplikácie CNS sú najčastejšou nekardiálnou príčinou pooperačnej morbidity a mortality u pacientov po mimotelovom obehu !**
- V súvislosti s mimotelovým obehom možno hovoriť o poruche CNS ak špecifická symptomatológia pretrváva po operácii viac ako 24 hodín.
- Pomerne častým, ale nie závažným nálezom sú poruchy kognitívnych funkcií
- Delirantné stavy, sú vážnejšou komplikáciou , môžu mať až charakter psychózy
- Najväžnejšou komplikáciou sú cievne mozgové príhody, ktoré môžu vzniknúť už v priebehu operácie, čo je asi 70%, alebo pooperačne 30% prípadov

LONSKÝ, V. Mímotělní oběh v klinické praxi.1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2004,214 s.





Poruchy hemokoagulačného systému

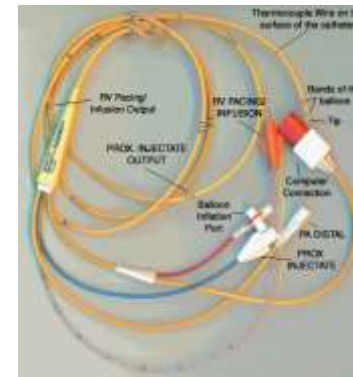
- Príčiny sú multifaktoriálne / **medikácia, komorbidity, operačná trauma, MO** /
- Aktivácia trombínu a trombocytov, hypotermia a hemodilúcia sú považované za príčinu krvácivých komplikácií po operačnom výkone v súvislosti s MO
- Krvácanie má často charakter život ohrozujúceho krvácania / **NovoSeven** /
- Dôležité odlíšiť chirurgické a hypokoagulačné krvácanie / **49% - 51%** /
- Tromboelastometria





Kardiovaskulárny systém

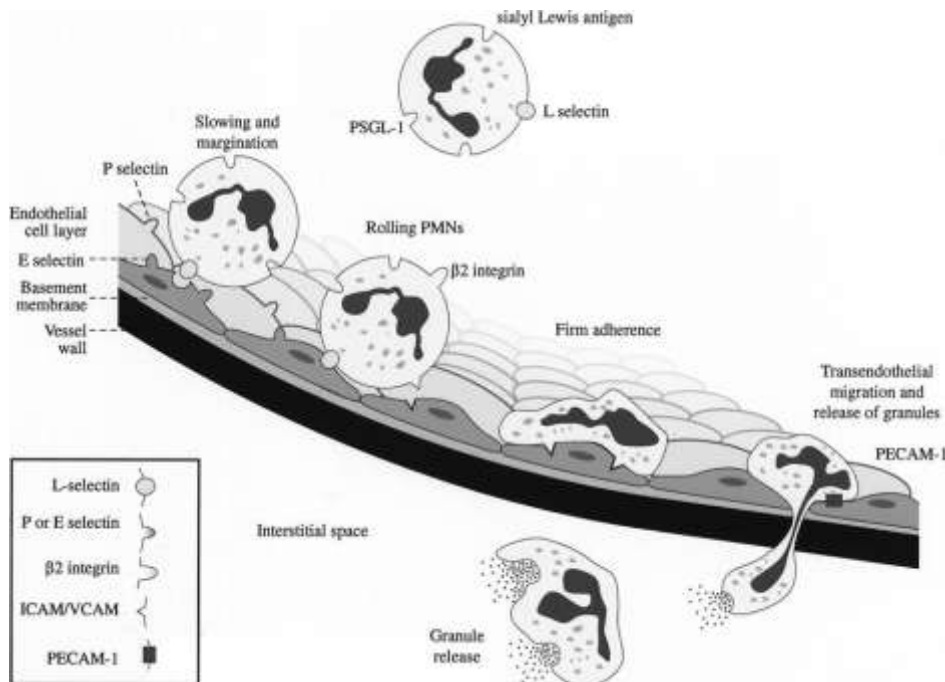
- Myokard je druhým vulnerabilným orgánom z hľadiska možného poškodenia počas mimotelového obehu.
- Príčinou sú
 - nedokonalá ochrana myokardu
 - ischemicko - reperfúznym poškodením
 - mikoroembolizácie do koronárnych artérii.
- Následkom týchto mechanizmov je znížená kontraktilita myokardu, ktorá je buď reverzibilná / omráčený myokard / alebo ireverzibilná / apoptóza, nekróza /.
- Klinicky sa poškodenie myokardu prejavuje ako **Low cardiac output** sy





Pľúca

- Mimotelový obeh predstavuje pre pľúcne tkanivo mimoriadnu záťaž
- Pľúca sú odpojené od ventilácie, pretože ich funkciu preberá oxygenátor.
- Klinicky sa tieto zmeny manifestujú symptómami ALI a ARDS
- Vyššie riziko je u pacientov s chronickou bronchitídou, emphyzémom pľúc, obezitou, svalovou slabosťou a chronickým srdcovým zlyhávaním





Gastrointestinálny trakt

- Perfúzia splachníka počas mimotelového obehu nie je výrazne znížená pokiaľ je dodržaný vypočítaný prietok
- Vyššie riziko slizničných ulcerácií, gastroparézy a pooperačného paralytický ileua, hlavne u pacientov v pokročilom veku
- Klinicky prejavujúca sa akútna pankreatitída po MO sa vyvíja asi u 1% pacientov, 30 % má transitórne a asymtomatické zvýšené amylázu a lipázu
- Hemoragická pankreatitída je zriedkavá, ale vždy fatálna
- Ľahko zvýšené hepatálne enzýmy a bilirubín u 10 -20 % pacientov
- Pretrvávajúci ikterus je prediktorom zvýšenej morbidity a mortality



Obličky

- Určitému stupňu poškodenia obličiek v súvislosti s MO sa nedá vyhnúť.
- Klinicky a laboratórne poškodenie obličiek prejavuje poklesom diurézy, eleváciou kreatinínu a proteinúriou
- Rizikové predoperačné faktory predisponujúce k renálnemu zlyhaniu :
 - kongestívne srdcové zlyhávanie
 - chronické renálne zlyhávanie
 - diabetes melitus
 - vek nad 70 rokov
 - dĺžka operačného výkonu
 - stupeň anémie pri hemodilúcii
- **Operačný výkon bez sledovania diurézy nemožno uskutočniť !**





Poruchy vnútorného prostredia

- KO – anémia, trombocytopenia,
- Biochémia - hypoproteinémia, hypoalbuminémia, hyperglykémia, pokles Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^-
- Znížená hladina koagulačných faktorov, imunoglobulínov
- Acidobáza – kombinované metabolické acidózy, vrátane laktátovej



ASTRUP - 5 195µL Vzorek #: 6661 30.5.2011 17:27
ID pacienta:

Acido-bazický status		Hodnoty elektrolytů	
pH	7,360	pK ⁺	4,7 mmol/L
pH(T)	7,360	pNa ⁺	137 mmol/L
pCO ₂	4,53 kPa	cCa ²⁺	0,96 mmol/L
pCO ₂ (T)	4,53 kPa	cCa ²⁺ (7.4).c	0,94 mmol/L
pO ₂	3,94 kPa	pCl ⁻	111 mmol/L
pO ₂ (T)	3,94 kPa	Hodnoty metabolů	
Hodnoty oximetrie		cGlu	6,2 mmol/L
sO ₂	52,8 %	cLac	1,5 mmol/L
dHb	8,9 g/dL	Vypočítané hodnoty	
Hct.c	27,5 %	cHCO ₃ -(F).c	18,7 mmol/L
FO ₂ Hb	1,6 %	cHCO ₃ -(F).at.c	19,2 mmol/L
FO ₂ Hb	51,3 %	cBase(B).c	-5,6 mmol/L
FHb	45,9 %	cBase(Ecf).c	-5,8 mmol/L
FltHb	1,2 %	pAnion Gap.c	7,1 mmol/L



Je možné eliminovať negatíva MO ?

- Operovať bez mimotelového obehu / OPCAB , mininvazívne výkony - MIDCAB, robotická chirurgia /
- Redukcia povrchu hadíc a oxygenátora mimotelového obehu / miniECC /
- Vývoj biokompatibilných materiálov
- Použitie rekuperačných techník / cell saver /
- Odstránenie leukocytov po spustení MO / leukofiltrácia /



Záver

- Znalosť fyziologie a patofyziologie mimotelového obehu je alfou a omegou celé peroperačnej péče.

Robert Wagner: Kardioanestézie a perioperačná péče v kardiochirurgii, Grada 2009, str. 14

- Napriek výraznému technickému pokroku v aplikácii mimotelového obehu predstavuje táto metóda stále „oficiálne“ schválený pokus na pacientovi

7. Konferencia ČSMO 15.-17. květen 2008, Martinice

Ďakujem za pozornosť !