

Obsah

Poděkování	12
Předmluva	13
Seznam použitých zkratk	14
Úvod	17
1 Historie mimotělního oběhu	19
1.1 Úvod	19
1.2 Krevní čerpadla	19
1.3 Způsoby okysličování krve – oxygenátory	21
1.3.1 Kontrolovaná zkřížená cirkulace	21
1.3.2 Heterogenní biologické oxygenátory	23
1.3.3 Bublinové oxygenátory	23
1.3.4 Diskové oxygenátory	24
1.3.5 Membránové oxygenátory	24
1.4 Antikoagulace během mimotělního oběhu	26
2 Základní součásti systému pro mimotělní oběh	27
2.1 Úvod	27
2.2 Žilní (venózní, odvodná) kanyla/kanyly	27
2.3 Tepenná (arteriální, přívodná, aortální, femorální) kanyla	29
2.4 Žilní (venózní) a tepenná (arteriální) linka MO (hadicové sety a spojky – konektory)	32
2.5 Pumpy (čerpadla) pro vedení MO	34
2.5.1 Rotační válečková pumpa	34
2.5.2 Centrifugální (odstředivé) pumpy	38
2.5.2.1 Budoucnost centrifugálních pump	43
2.5.3 Peristaltická krevní pumpa	43
2.6 Okysličovací zařízení – oxygenátor + výměník tepla	43
2.6.1 Bublinové oxygenátory	43
2.6.2 Membránové oxygenátory	44
2.6.2.1 Konfigurace oxygenátorů z dutých vláken	46
2.6.2.2 Měření efektivity výměny plynů a její kritéria	46
2.6.2.3 Měření výkonnosti oxygenátoru sledováním koncentrace kyslíku v krvi	47
2.6.2.4 Měření výkonnosti oxygenátoru přímým sledováním koncentrace kyslíku v plynech	47
2.6.2.5 Požadavky na „ideální“ oxygenátor	47
2.6.2.6 Kritéria pro porovnávání oxygenátorů – výměna plynů a průtoky krve	48

	2.6.2.7	Porovnávání oxygenátorů na základě zhodnocení efektivity výměny plynů	49
	2.6.2.8	Volba vhodného oxygenátoru	50
	2.6.2.9	Oxygenátor jako příčina kritické situace během mimotělního oběhu	50
	2.6.2.10	Chladové protilátky	50
	2.6.2.11	Zdroje plynů, směšovače plynů, průtok plynů, filtrace plynů	51
	2.6.2.12	Výměníky tepla a tepelné jednotky	52
2.7		Tepenné (arteriální) filtry, odstraňovače bublin (bubbletraps), filtry primární náplně (pre-bypass filters)	53
	2.7.1	Arteriální filtry (AF)	53
	2.7.2	Odstraňovače bublin (bubbletraps)	55
	2.7.3	Filtry primární náplně (prebypass filters)	55
	2.7.4	Leukocytární (leukodepleční) filtry	56
2.8		Žilní (venózní) a kardiotoický rezervoár; otevřený a uzavřený okruh MO; odsávání krve z operačního pole (koronární, kardiotoický sání)	56
	2.8.1	Žilní (venózní) rezervoár	56
	2.8.2	Kardiotoický rezervoár; odsávání z operačního pole (koronární sání); cell saver	58
	2.8.3	Dekomprese srdce – ventování	60
	2.8.4	Přídavná zařízení	62
	2.8.4.1	Hemokoncentrátory	62
	2.8.4.2	Zařízení pro aplikaci krevní kardioplegie	64
3		Fyziologie a patofyziologie mimotělního oběhu	69
3.1		Úvod	69
3.2		Okysličování (oxygenace) a výměna plynů během MO	70
	3.2.1	Disociační křivka oxyhemoglobinu	71
	3.2.2	Spotřeba kyslíku během MO	71
	3.2.3	Monitorování úrovně okysličení během MO	72
3.3		Perfuze; průtoky a tlaky během mimotělního oběhu; mechanická omezení mimotělního oběhu	72
	3.3.1	Průtok během mimotělního oběhu	72
	3.3.2	Mechanické faktory ovlivňující průtok během mimotělního oběhu	73
	3.3.2.1	Žilní část systému MO	73
	3.3.2.2	Tepenná část systému MO	74
	3.3.2.3	Oxygenátor	74
	3.3.2.4	Krevní pumpy	75
	3.3.3	Systémový – perfuzní tlak (mean arterial pressure – MAP)	76
3.4		Hypotermie	78
	3.4.1	Důvody, které vedly k zavedení hypotermie; fyziologie hypotermie	78

3.4.2	Udržování acidobazické rovnováhy organismu během hypotermie; funkce CNS	79
3.4.2.1	„pH-stat“ (na aktuální teplotu korigovaný způsob udržování acidobazické rovnováhy) ...	80
3.4.2.2	„alpha – stat“ (na aktuální teplotu nekorigovaný způsob udržování acidobazické rovnováhy) ...	81
3.4.3	Změny ve funkci některých orgánů během hypotermie ..	82
3.4.3.1	Srdce	82
3.4.3.2	Plíce	82
3.4.3.3	Ledviny	82
3.4.3.4	Játra	83
3.4.3.5	Metabolismus glukózy	83
3.4.3.6	Reakce organismu na hypotermii a hypotermický MO	83
3.4.4	Změny centrální a periferní teploty během hypotermického mimotělního oběhu	84
3.4.5	Monitorování tělesné teploty během mimotělního oběhu	86
3.5	Hemodiluce; náplň systému pro mimotělní oběh (priming)	87
3.5.1	Viskozita krve; průtok krve tkáněmi během mimotělního oběhu	88
3.5.2	Předoperační výpočet stupně hemodiluce	89
3.5.3	Druhy náplň systému pro mimotělní oběh	90
3.5.3.1	Krystaloidní roztoky	90
3.5.3.2	Albumin (+ krystaloidní roztok)	91
3.5.3.3	Syntetický koloidní roztok (+ krystaloidní roztok)	92
3.5.3.4	Další aditiva přidávaná do náplně pro MO	93
3.6	Reakce krve na styk s umělým povrchem systému pro mimotělní oběh; nespecifická systémová zánětlivá reakce organismu	94
3.6.1	Humorální odpověď	95
3.6.2	Buněčná odpověď	97
3.6.1.1	Neutrofilly	97
3.6.1.2	Trombocyty	98
3.6.1.3	Erytrocyty	100
3.7	Změny ve funkci některých orgánů během mimotělního oběhu ..	101
3.7.1	Endokrinní systém	101
3.7.1.1	ADH (antidiuretický hormon) – vazopresin ...	101
3.7.1.2	Katecholaminy – adrenalin, noradrenalin	102
3.7.1.3	Kortizol	102
3.7.1.4	Renin – angiotenzin – aldosteron	102
3.7.1.5	Hormony štítné žlázy	103
3.7.1.6	Inzulin	103
3.7.2	Játra	104
3.7.3	Plíce	105
3.7.3.1	Akutní bronchospasmus jako reakce na mimotělní oběh	106

3.7.4	Ledviny	106
3.7.4.1	Monitorování funkce ledvin během mimotělního oběhu	108
3.7.5	Centrální nervový systém (CNS)	108
3.7.5.1	Příčiny mozkových dysfunkcí v souvislosti s použitím mimotělního oběhu	109
3.8	Bezpečná doba trvání mimotělního oběhu	111
3.9	Ochrana myokardu během srdečního výkonu	112
3.9.1	Ochrana myokardu pomocí kardioplegie	112
3.9.1.1	Krystalická kardioplegie	112
3.9.1.2	Krevní kardioplegie	114
3.9.2	Jiné způsoby ochrany myokardu	114
3.10	Infekční komplikace v souvislosti s použitím mimotělního oběhu	115
4	Vedení mimotělního oběhu	117
4.1	Úvod	117
4.2	Příprava k perfuzi	117
4.2.1	Typ operačního výkonu; dokumentace nemocného; předoperační výpočty	117
4.2.2	Dokumentace	118
4.2.2.1	Záznam o vedení mimotělního oběhu	118
4.2.2.2	Pre-Bypass Checklist	120
4.2.3	Příprava přístroje pro MO	120
4.2.4	Antikoagulace během MO; heparin	122
4.2.4.1	Podání heparinu	123
4.2.4.2	Kontrola účinku heparinu – ACT (activated clotting time)	123
4.2.4.3	Stanovení koncentrace heparinu v séru	124
4.2.4.4	Adekvátní antikoagulace během mimotělního oběhu	124
4.2.4.5	Snížená senzitivita nemocného k heparinu – heparin resistance	125
4.3	Zahájení mimotělního oběhu	126
4.3.1	Příčiny vysokého tlaku v tepenné lince	126
4.3.2	Příčiny nedostatečného žilního návratu	127
4.3.3	Kontrolní kroky po zahájení MO	128
4.4	Vedení mimotělního oběhu	128
4.4.1	Monitorování během MO	128
4.4.2	Hypotenze během MO	129
4.4.3	Hypertenze během MO	130
4.4.4	Uzávěr aorty svorkou – klampáž aorty	130
4.4.5	Podání kardioplegie	130
4.4.6	Dekomprese srdce – ventování	131
4.4.7	Odsávání krve z operačního pole během MO (koronární sání, sání do pumpy, kardiotoomické sání, apod.)	131

4.5	Ukončení perfuze	132
4.5.1	Problematické situace, které mohou nastat bezprostředně po skončení MO	133
4.5.1.1	Vazodilatace a hypotenze	133
4.5.1.2	Vazokonstrikce a hypertenze	133
4.5.1.3	Akutní hypoxemie	133
4.5.1.4	Náhlé zhroucení oběhu	134
4.5.2	Manipulace se zbylou krví z MO	134
4.5.3	Podání protaminu	135
4.6	Kritické situace a nehody během MO a jejich řešení	136
4.6.1	Masivní vzduchová embolizace	137
4.6.1.1	Postup při masivní vzduchové embolizaci [B 38]	137
4.6.2	Trombóza oxygenátoru	138
4.6.3	Porucha funkce oxygenátoru	139
4.6.3.1	Známky průniku vody do krve (netěsnost výměníku tepla)	139
4.6.3.2	Postup při výměně oxygenátoru	140
4.6.4	Porucha přívodu elektrické energie a mechanické problémy	141
4.7	Bezpečnost MO	141
4.8	Možnosti podpory selhávajícího oběhu	142
4.8.1	Intraaortální balonková kontrapulzace (IABP)	142
4.9	Mechanické srdeční podpory (centrifugální pumpa)	144
5	Méně obvyklé a speciální způsoby vedení mimotělního oběhu	145
5.1	Pulzní perfuze	145
5.1.1	Mimotělní oběh s kontrapulzací předoperačně zavedenou	146
5.2	Mimotělní oběh v normotermii	146
5.2.1	Současné názory na vedení MO v normotermii	147
5.2.1.1	Metabolismus léků	147
5.2.1.2	Periferní cévní rezistence	148
5.2.1.3	Celková zánětlivá reakce	148
5.2.1.4	Funkce CNS	148
5.2.1.5	Koagulační systém	149
5.2.1.6	Plicní funkce	149
5.2.1.7	Ledvinné funkce	149
5.2.1.8	Metabolismus glukózy	150
5.2.1.9	Metabolismus kalia	150
5.2.1.0	Perfuze splanchnické oblasti	150
5.2.2	Poznámky k vedení MO v normotermii	151
5.3	Mimotělní oběh s asistovaným žilním návratem	151
5.3.1	Podtlakově asistovaný žilní návrat (VAVD – vacuum assisted venous drainage)	152
5.3.1.1	Práce se systémem	153
5.3.1.2	Současné zkušenosti s VAVD	154

5.3.2	Kineticky asistovaný žilní návrat (KAVD – kinetic assisted venous drainage)	154
5.4	Mimotočelní oběh vedený pomocí centrifugální pumpy	155
5.5	Mimotočelní oběh při výkonech na hrudní aortě	156
5.5.1	Vzestupná aorta a aortální oblouk	156
5.5.1.1	Ochrana CNS pomocí zástavy oběhu v hluboké hypotermii	158
5.5.1.2	Ochrana CNS pomocí anterográdní perfuze mozku	159
5.5.1.3	Ochrana CNS pomocí retrográdní perfuze mozku	160
5.5.2	Sestupná aorta	162
5.5.2.1	Levo-levý bypass (LS – arteria femoralis)	162
5.5.2.2	Femoro-femorální mimotočelní oběh (částečný oběh dolní polovinou těla)	164
5.6	Kompletní femoro-femorální (axilo-femorální) mimotočelní oběh ..	165
6	Jiné indikace k použití mimotočelního oběhu	167
6.1	Úvod	167
6.2	Ohřívání kriticky podchlazených nemocných	167
6.3	Resuscitace nemocných s těžkou dechovou nedostatečností	168
6.3.1	Mimotočelní membránová oxygenace u dospělých (ECMO)	169
6.3.1.1	Veno-venózní ECMO	169
6.3.1.2	Veno-arteriální ECMO	170
6.4	Izolovaná perfuze končetin cytostatiky při maligních onemocněních	171
6.5	Mimotočelní oběh při jiných chirurgických výkonech	172
7	Mimotočelní oběh při některých komplikujících stavech	173
7.1	Mimotočelní oběh v těhotenství	173
7.2	Mimotočelní oběh u některých hematologických poruch	174
7.2.1	Poruchy vázané na erytrocyty	174
7.2.1.1	Chladové protilátky (také viz kapitola 2.6.2.10)	174
7.2.1.2	Ostatní choroby spojené s erytrocyty	175
7.2.2	Poruchy vázané na trombocyty	176
7.2.2.1	Heparinem indukovaná trombocytopenie (HIT)	176
7.2.2.2	Trombocytémie (zmnožení trombocytů)	178
8	Současné možnosti ovlivnění negativních dopadů MO na organismus	179
8.1	Úvod	179
8.2	Operace bez použití MO	179
8.3	Odstraňování aktivovaných leukocytů (leukofiltrace)	180
8.4	Podání kortikosteroidů	180
8.5	Podání aprotininu	180
8.6	Podání inhibitorů fosfodiesterázy	181
8.7	Podání dopexaminu	181

8.8	Podání antagonistů H ₂ receptorů	181
8.9	Podání ACE inhibitorů	181
8.10	Ošetření povrchu systému MO hemokompatibilním povrchem ..	182
8.10.1	Carmeda Bioactive Surface® (CBAS), Medtronic Inc. ...	182
8.10.2	Duraflo II®, Baxter (Jostra)	182
8.10.3	BioLine Coating®, Jostra	182
8.10.4	AOThel®, AOT (artificial organ technology)	183
8.10.5	Corline®, Corline Systems AB	183
8.10.6	3M	183
8.10.7	Rheoparin®, Medos	183
8.10.8	Trilium Bio – passive Surface = TBS®, Avacor (Medtronic)	183
8.10.9	SMAR _x T™, Cobe	183
8.10.10	Mimesys, Sorin Biomedica	184
8.10.11	Xcoating, Terumo	184
Literatura		185
Rejstřík		213