



超滤在体外循环中的应用

• 全国体外循环青年论坛 •

赵 举：北京阜外医院

沈 佳：上海儿童医学中心

刘建华：河南省胸科医院

陈 凤：南京儿童医院

彭润生：上海中山医院

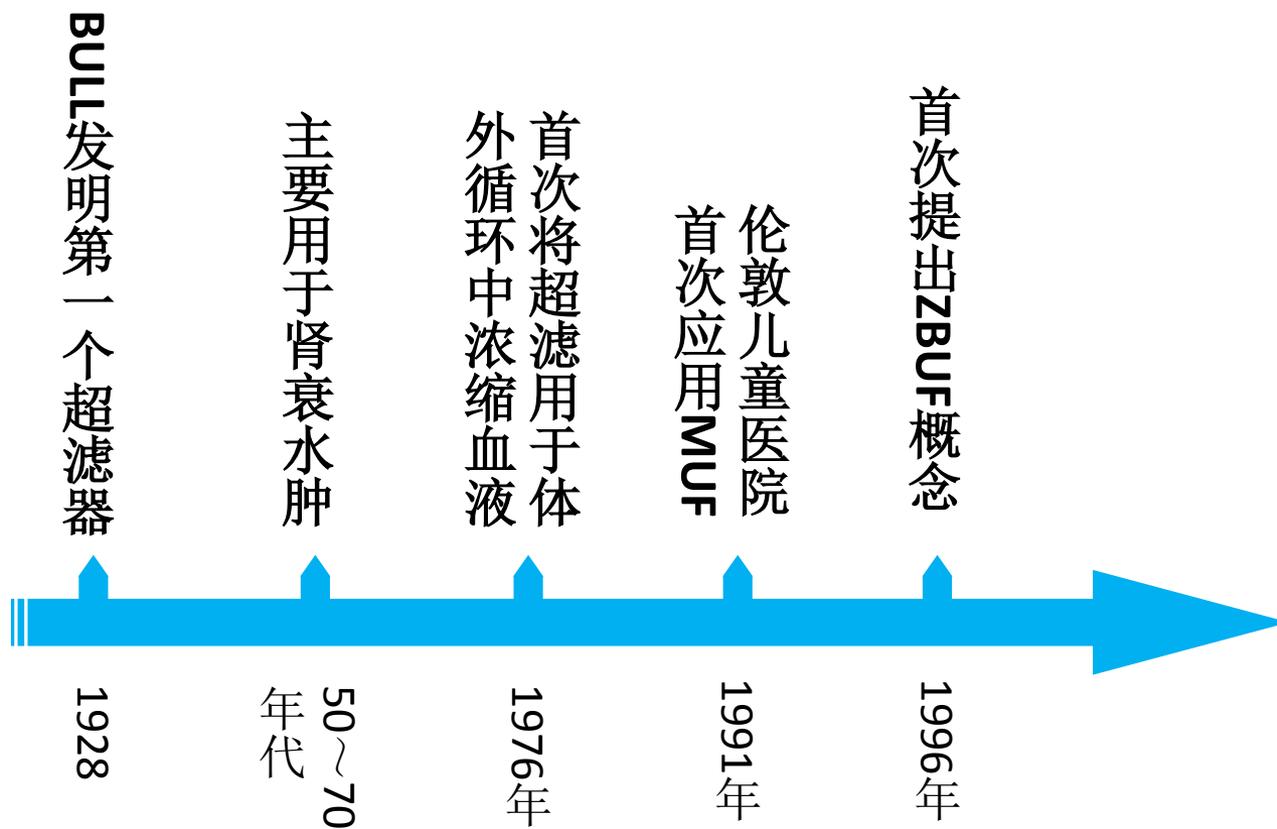
郭 震：上海市胸科医院

什么是超滤

- 模仿肾小球滤过原理
- 在半透膜两侧建立压力梯度，利用跨膜压差滤出液体
- 孔径：1~3nm
- 滤除分子量：<20000
- 基本成分相当于原尿



什么是超滤



什么是超滤

- 常规超滤（Conventional UF, CUF）
- 改良超滤（Modified UF, MUF）
- 预充液超滤（Prime UF, PUF）
- 平衡超滤（Zero Balanced UF, ZBUF）



讨论内容

- MUF的不同方法及改良

——赵举

- ZBUF在成人和儿童中的应用

——沈佳

- MUF在成人CPB中的应用

——刘建华

- 预充液超滤是否必要？

——陈凤

- 超滤对药物浓度的影响



MUF的不同方法及改良

赵 举

北京阜外医院

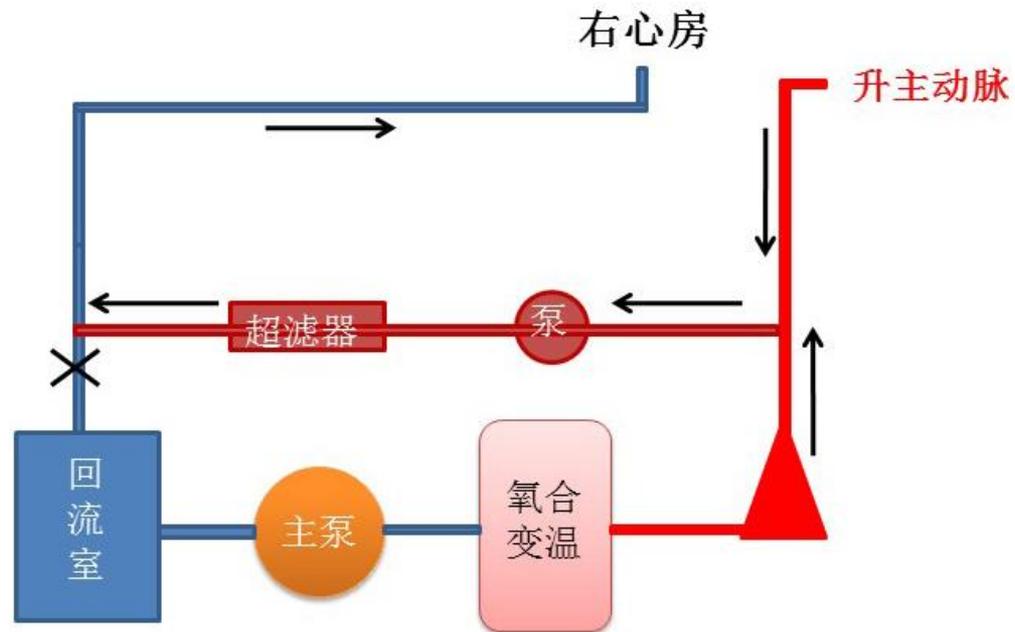
MUF的意义

- 短时间滤出多余水份，浓缩血液，提高HCT、COP和凝血因子的浓度
- 改善左室收缩功能和舒张顺应性，减少血管活性药物的使用
- 减轻炎症反应及ET-1，改善肺功能和肺血管阻力，改善重要脏器的灌注和功能
- DHCA后，改善脑组织的氧利用
- 剩余机血的处理
- 减少库血使用



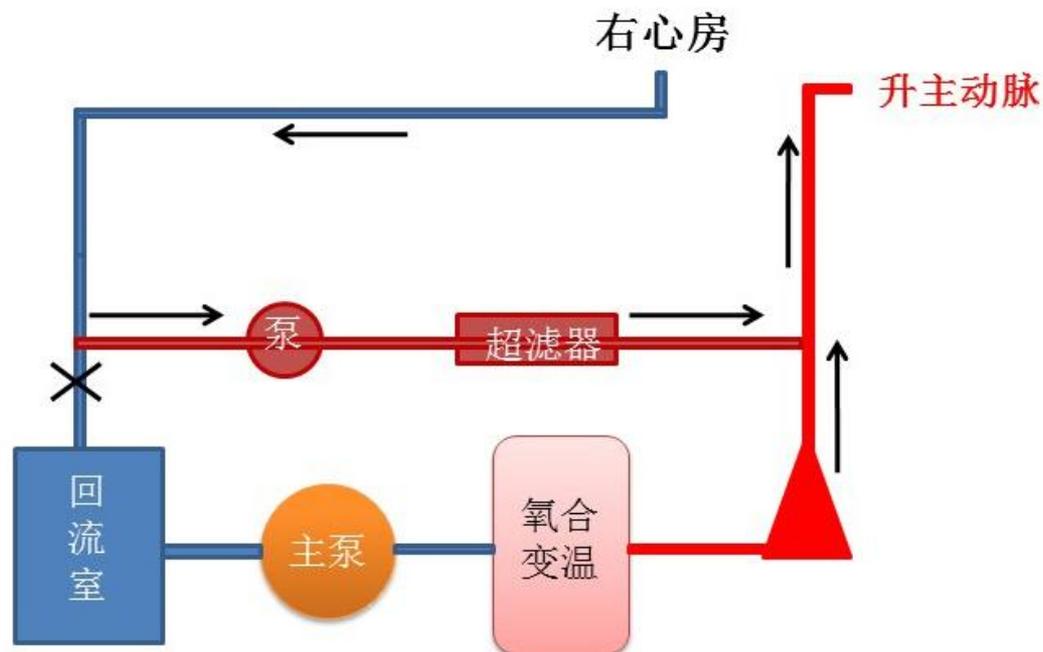
经典MUF

动脉 → → 超滤器 → → 静脉



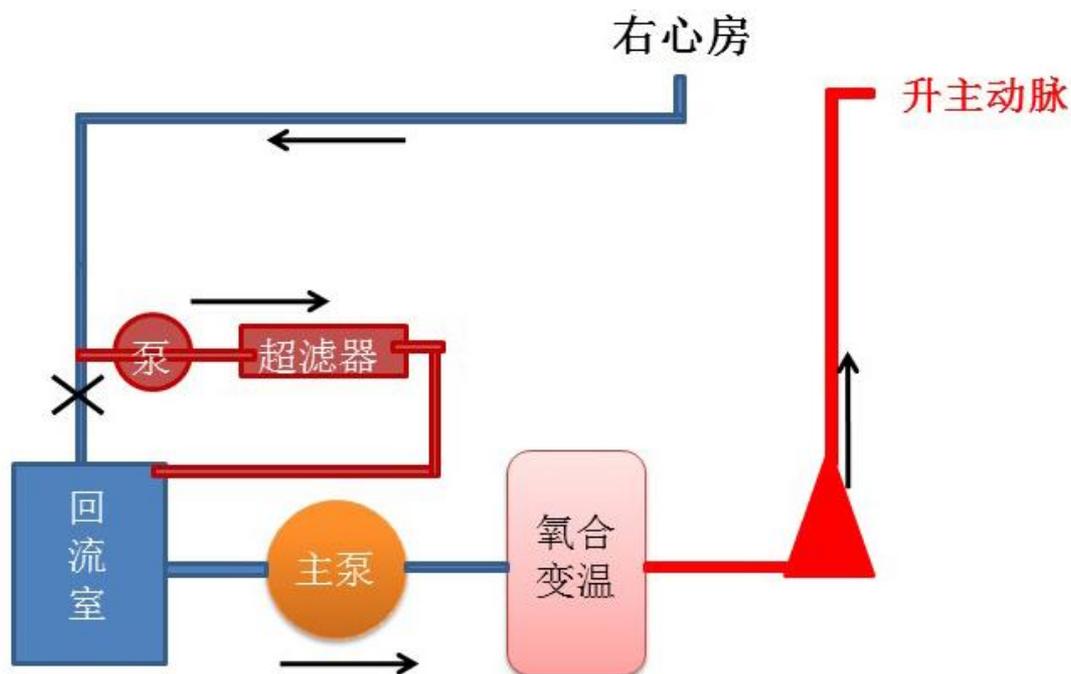
MUF改良1

静脉 → → 超滤器 → → 动脉



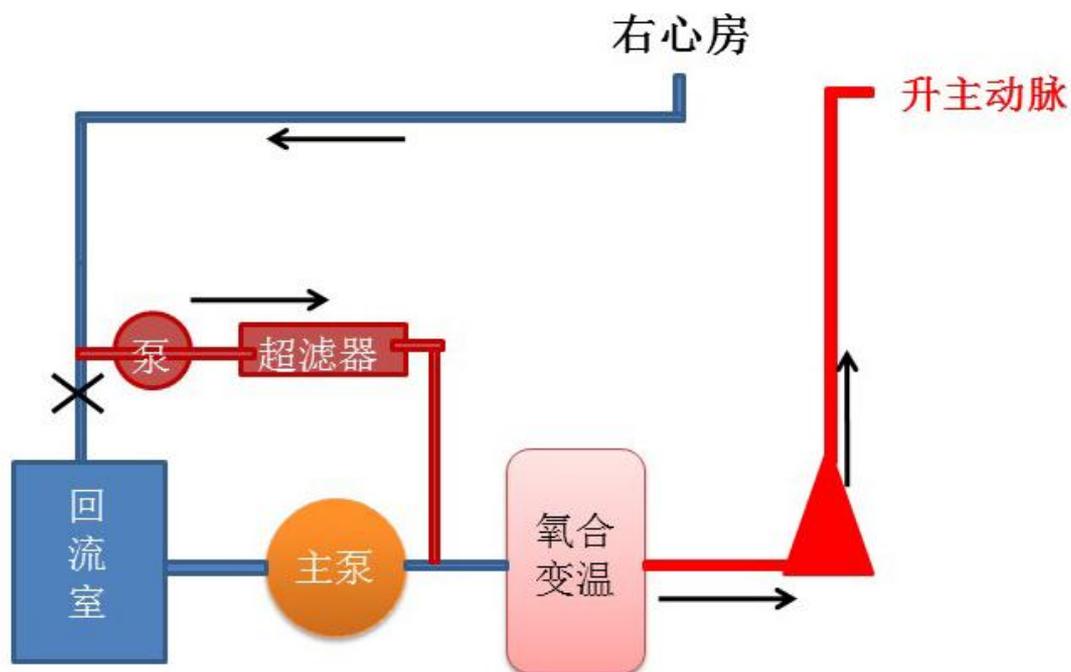
MUF改良2

静脉 → → 超滤器 → → 回流室



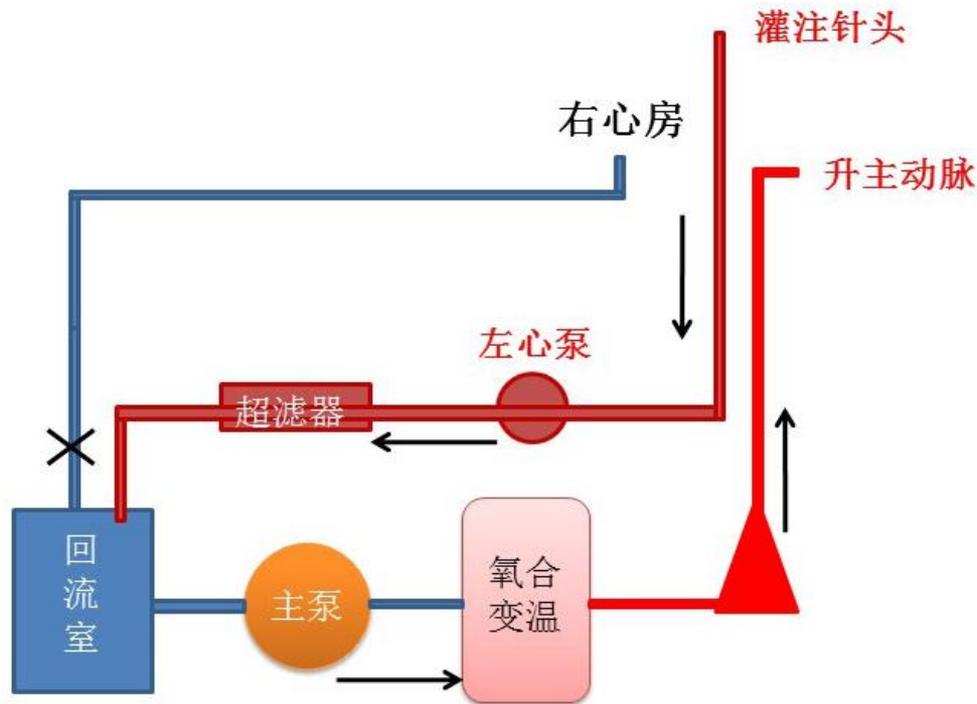
MUF改良3

静脉 → → 超滤器 → → 氧合器前



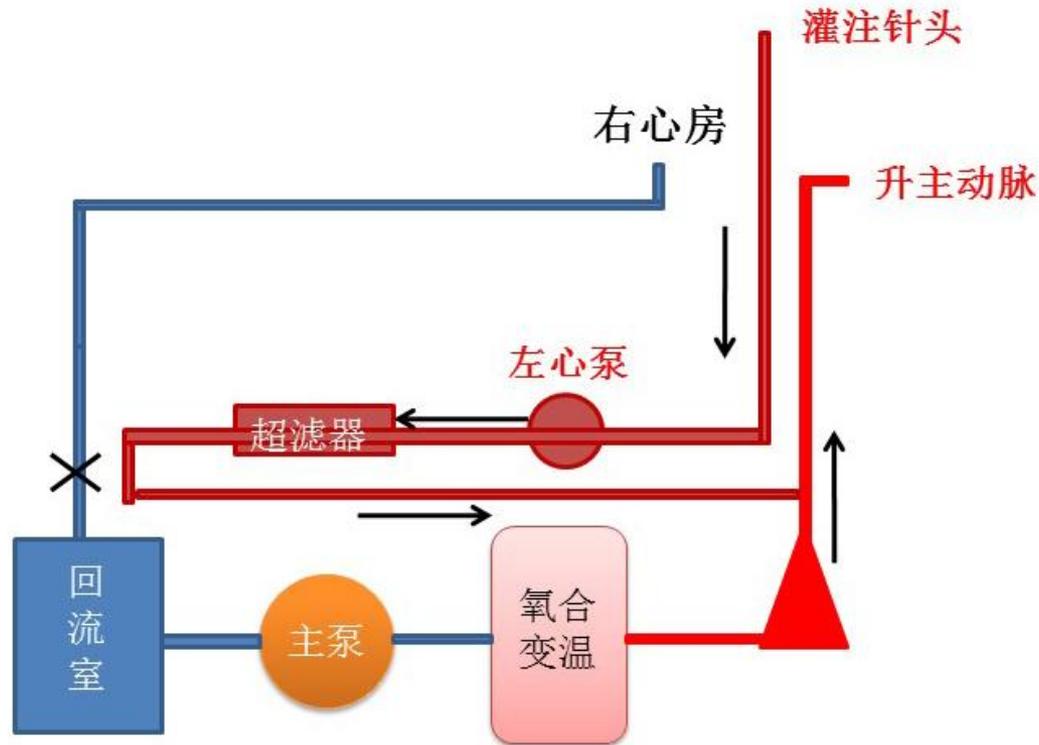
MUF改良4

左心 → → 超滤器 → → 回流室



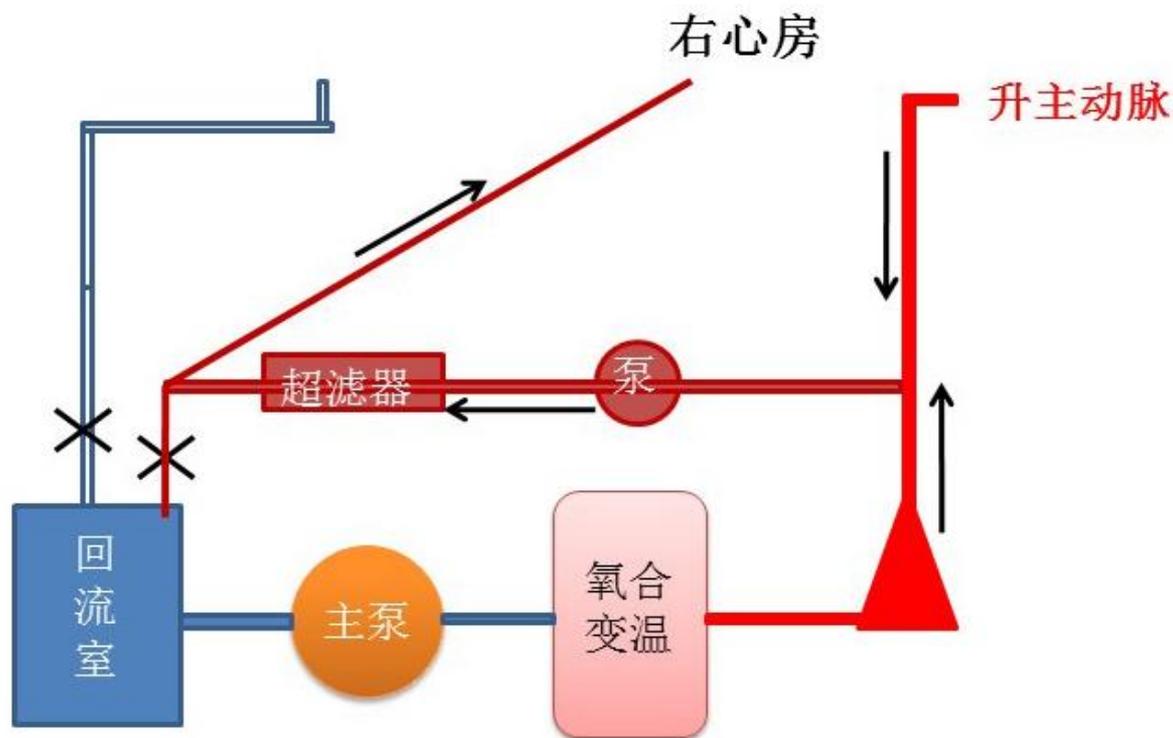
MUF改良5

左心 → 超滤器 → 动脉滤器



MUF改良5

动脉 → → 超滤器 → → 灌注小辫 → → 右心房



MUF 适应症

- 低体重
- CPB时间长 (>3小时)
- 病情复杂、手术难度大的心脏手术
- 大体重儿童？
- 节约用血？
- 成人？

MUF 需要考虑的问题

- 是否可兼顾术中超滤
- 是否可兼顾剩余机血的处理
- 避免体温的变化
- 避免气栓
- 左向右分流

那种连接方式最好？ ？ ？



两种MUF方式的临床质量分析

沈佳

上海儿童医学中心

全球小儿灌注调查：2011年

Table 9. Types of ultrafiltration by region.*

	NA (n = 89) (%)	CSA (n = 14) (%)	Asia (n = 10) (%)	OA (n = 5) (%)	EU (n = 28) (%)	Total (n = 146) (%)
Never	1	14	10	0	4	3
Pre-CPB	51	36	60	100	25	47
A-V MUF	69	50	60	100	43	62
V-V MUF	8	14	20	0	7	9
Post-CPB	21	21	30	20	11	20
During CPB	89	79	80	100	79	86

*Percentage does not add up to 100%.

NA, North America; CSA, Central and South America; OA, Oceania; EU, European Union; CPB, cardiopulmonary bypass; A-V MUF, arterial-venous modified ultrafiltration; V-V MUF, venous-venous modified ultrafiltration.

研究目的

- 比较不同MUF方式的效率和MUF期间脑组织血氧参数的变化
- 提高婴幼儿改良超滤质量



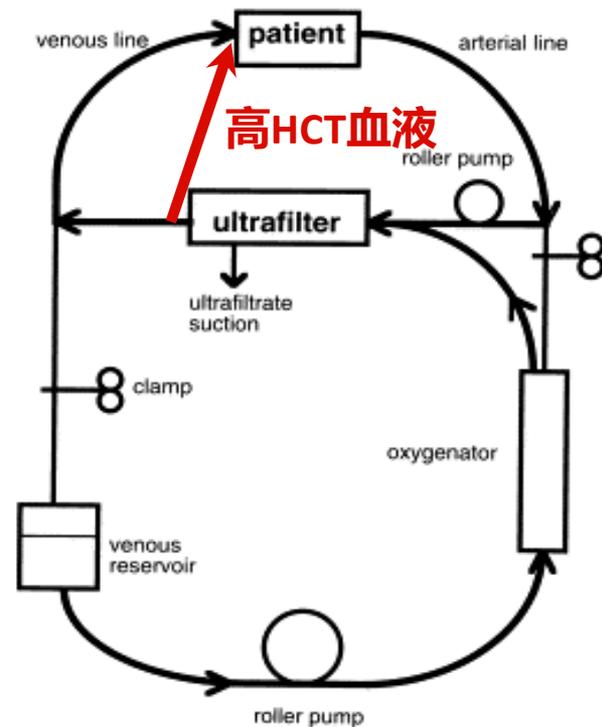
研究方法

■ tMUF组——传统方法

■ mMUF

- 2mm灌注管
- 1/4英寸静脉管道
- 回收约70ml血液
- 缩短无效MUF时间

■ 每组各20例

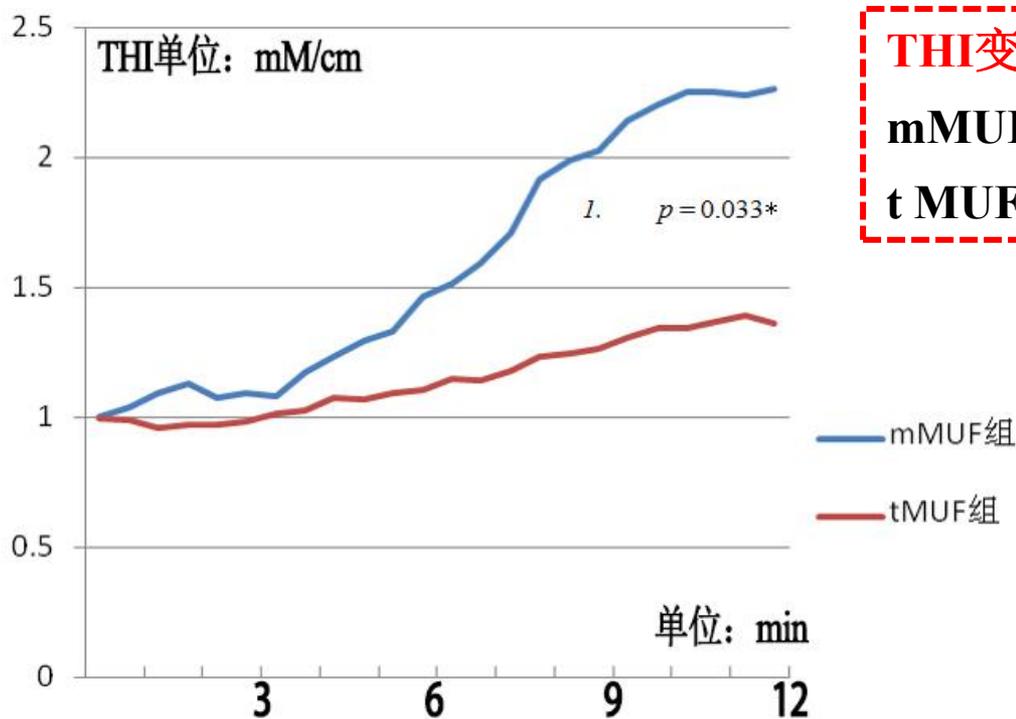


研究内容

- 脑组织氧合指数 (TOI)
- 脑组织血红蛋白浓度指数 (THI)
- 氧合血红蛋白变化量 ($\Delta\text{O}_2\text{Hb}$)
- 临床指标: MAP、CVP、HCT等指标

研究结果

MUF期间脑血红蛋白浓度指数THI变化情况



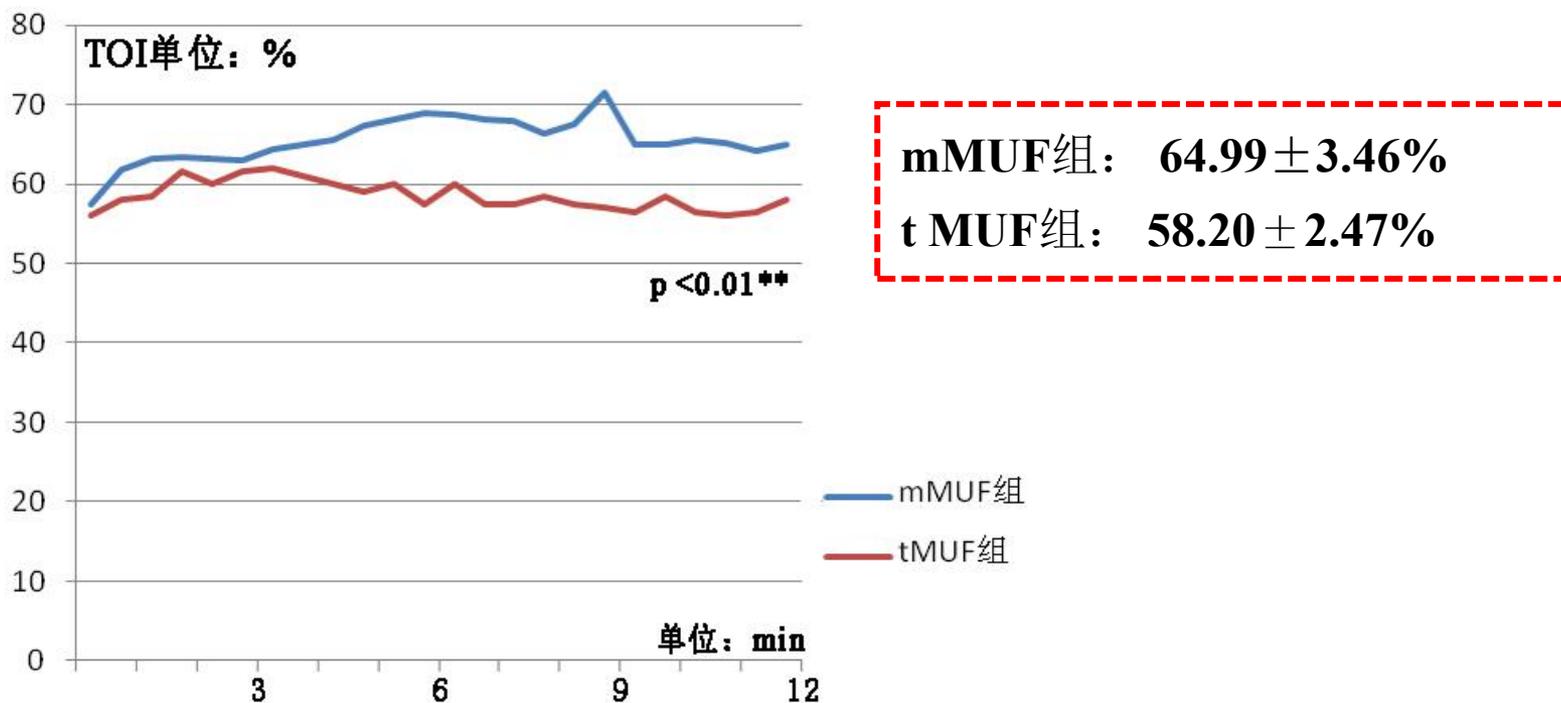
THI变化幅度为:

mMUF组: 0.91 ± 0.60 mM/cm

tMUF组: 0.46 ± 0.30 mM/cm

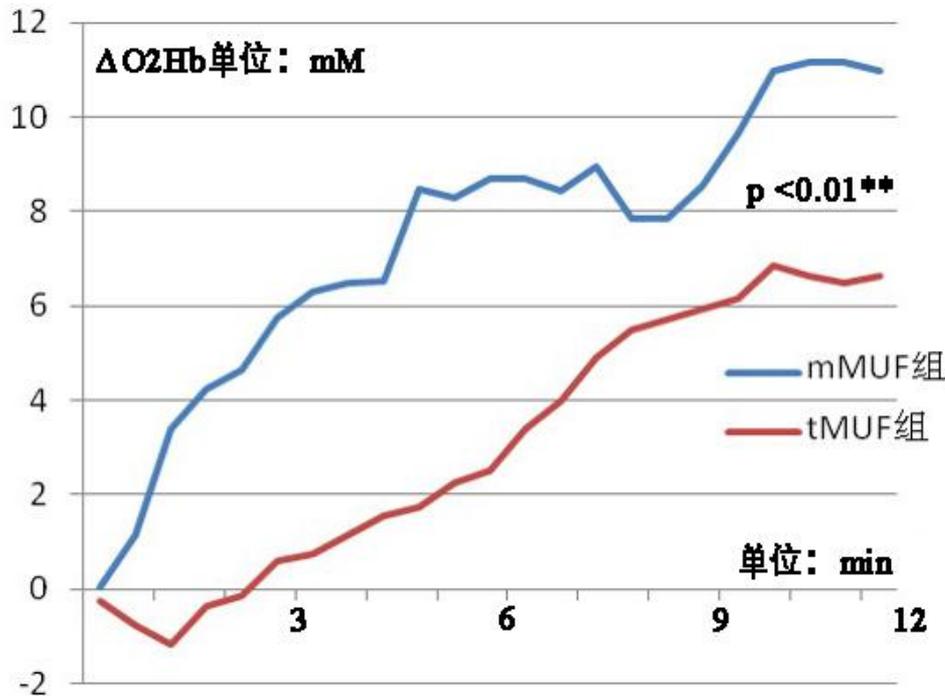
研究结果

MUF期间脑组织氧合指数TOI



研究结果

MUF期间脑组织 ΔO_2Hb 变化情况



ΔO₂Hb变化幅度为:

tMUF 组上升 3.31 ± 2.83 mM

mMUF 组上升 7.42 ± 2.94 mM

有效MUF时间:

mMUF组: 开始即刻

tMUF组: 开始2.5min后

研究结果

两组患者MUF后HCT的变化

	超 滤 前	超 滤 后	<i>P</i> 值
tMUF组	24.16 ± 2.52	31.81 ± 2.51	P = 0.005
mMUF组	24.88 ± 1.57	36.86 ± 1.79	P = 0.004
P值	P = 0.51	P = 0.001	

P < 0.05为具有统计学差异, *P* < 0.01为具有显著统计学差异

讨论

- 2011年全球调查：71%的中心使用
- 动脉-静脉改良超滤（A-V MUF）为主
- mMUF模式效率更高

明显缩短血液达到最佳携氧能力的时间
快速有效偿还氧债，改善术后心肺功能

文献报道：只有HCT达到30%以上
血液的携氧能力才能达到最佳状态

讨论

■ mMUF模式质量更高

- 超滤初初始阶段 ΔO_2Hb 即为正值，并快速升高
- 高HCT高携氧能力的血液弥补动脉-静脉分流现象

A-V-MUF “左向右”分流在 MUF早期可能引起CPB术后心排量低下的重症、低体重患儿血流动力学的波动



讨论

■ 节约用血

- 术毕可回收静脉管道内血液约70ml
- 相当于5Kg体重婴儿全身血容量的20%
- mMUF组超滤结束后的HCT达到35以上
- 减轻经济负担

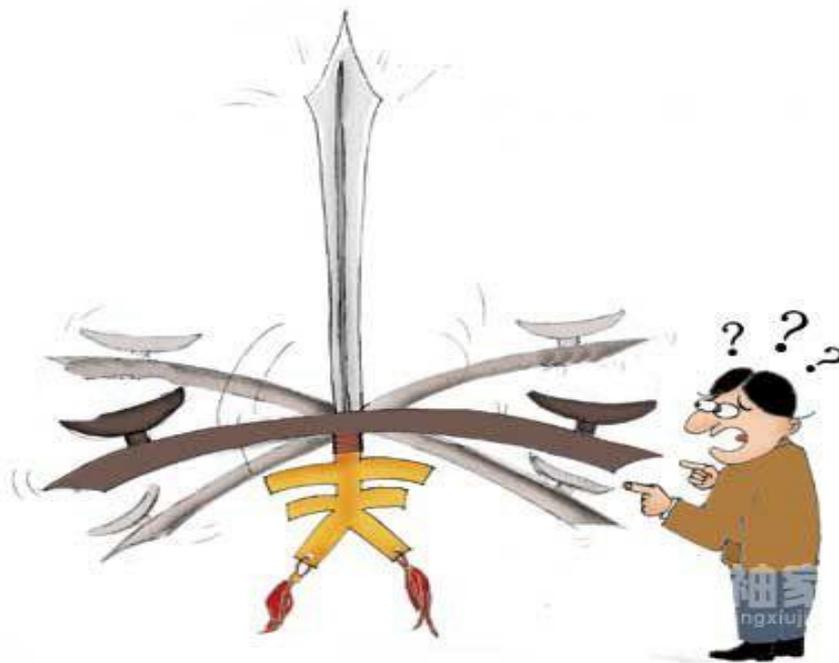


MUF在成人体外循环中的应用

刘建华

河南省胸科医院

体外循环是一把双刃剑



改良超滤应用于成人体外循环手术？



改良超滤应用于成人体外循环

- CPB后迅速滤出体内多余水分
- 减轻组织器官水肿
- 浓缩血液
- 改善血流动力学
- 减少库血使用
- 滤除炎性介质，减轻炎性反应

我们对于成人改良超滤的体会

T. 体会
Tiouva

体会

- 50例瓣膜置换术患者
- 随机分为两组
- 实验组采用改良超滤技术
动脉-微栓-泵-超滤器-静脉
- 对照组采用常规超滤
复温时开始超滤



体会

两组患者各个时段的HCT的比较

组别	术前	术中	术后 20min	术后 24h
实验组	39.52 ± 5.53	26.63 ± 6.87	34.65 ± 6.31	37.44 ± 6.85
对照组	41.75 ± 6.47	24.95 ± 5.47	28.77 ± 4.84	35.46 ± 4.98
P 值	0.685	0.473	0.036	0.384

两组患者各个时段的血小板计数的比较

组别	术前	术中	术后 20min	术后 24h
实验组	246 ± 87	197 ± 56	169 ± 46	177 ± 51
对照组	235 ± 76	188 ± 66	163 ± 51	172 ± 49
P 值	0.032	0.027	0.018	0.015



体会

术后参数比较

组别	呼吸机辅助时间 (h)	围术期用血量 (ml)	术后24h引流量 (ml)	ICU停留时间 (h)
实验组	17.5±5.62	269.3±28.77	389.5±17.36	36.3±2.57
对照组	22.7±8.54	451.5±36.52	524.6±23.24	38.5±3.49
P值	0.037	0.001	0.005	0.367

- 更有效的浓缩血液，提高患者的血细胞压积
- 提高COP，减轻组织水肿
- 促进患者术后心、肺等重要脏器的功能恢复
- 减少术后渗血和围手术期用血

思考

- MUF在成人与儿童中的使用有何不同？
- 残余机血的处理，哪一个更好？

超滤、洗涤回输、直接回输、丢弃

成人CPB需要改良超滤吗？



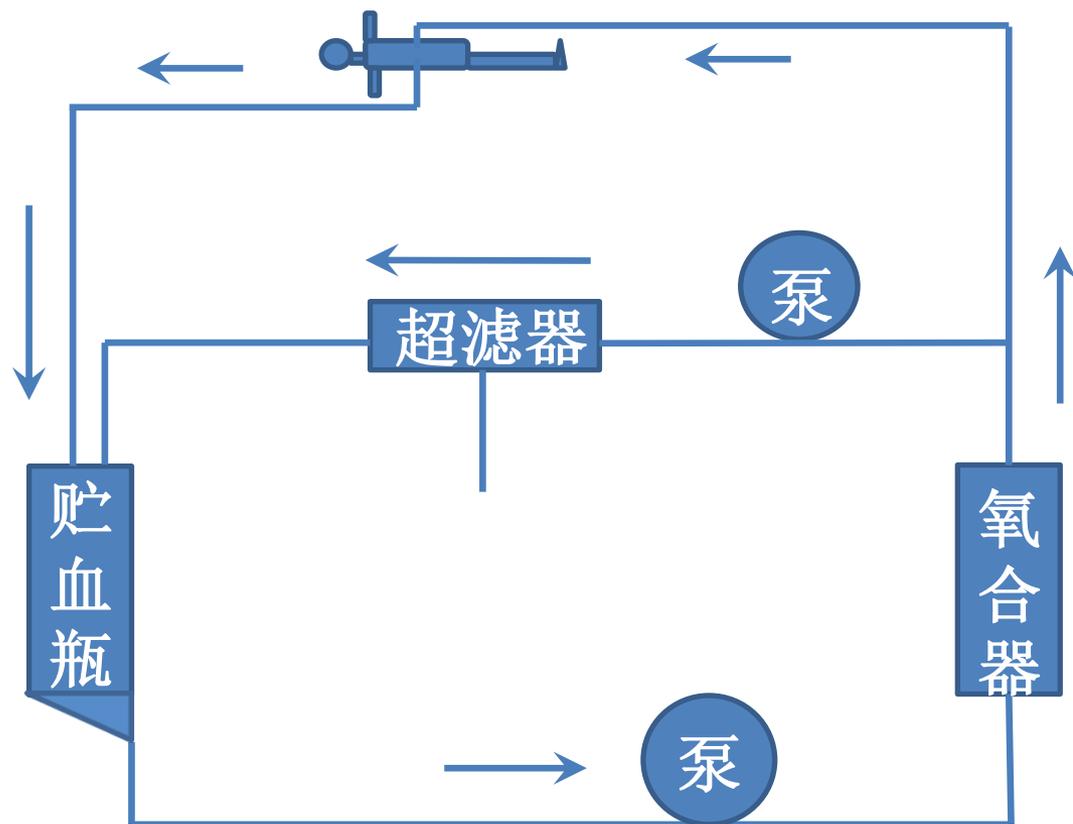


ZBUF在成人和儿童中的应用

沈佳

上海儿童医学中心

零平衡超滤法



主泵流量=机体灌注流量+超滤流量

平衡、稀释性超滤操作要点

- 目的：净化血液
- 时机：CPB过程中
- 流量：100-300ml/min
- 限制条件：贮血瓶液平面
- 主要目的：减轻CPB炎性反应

CPB引起的炎症反应

全身炎症反应包括整个机体中：

- 多个体液级联系统的激活
- 血液细胞成分的激活
- 内皮细胞的激活

ZBUF 在SCMC的临床应用

- 可应用于所有手术
- 根据转流后第一个COP结果决定液体
 - >10kg 选用人工胶体
 - <10kg 选用晶体液
- BUF超滤量30~50ml/kg
- 必须及时、按时复查ABG及COP、钾、血糖

不同超滤方法的比较

	CUF组	BUF 组	MUF 组	B+M 组
年龄(岁)	2.1±1.1	2.4±1.1	2.2±1.5	2.2±1.3
体重(公斤)	11.0±1.9	11.1±1.7	10.8±2.2	9.7±2.2
转流时间(分)	62.4±23.2	58.5±22.2	67.3±20.5	68.9±22.0
阻断时间(分)	34.3±14.4	42.6±21.7	40.8±16.1	42.5±14.2
诊断				
室间隔缺损	13	14	13	14
法洛四联症	7	6	7	6

儿中心数据

血球压积比较

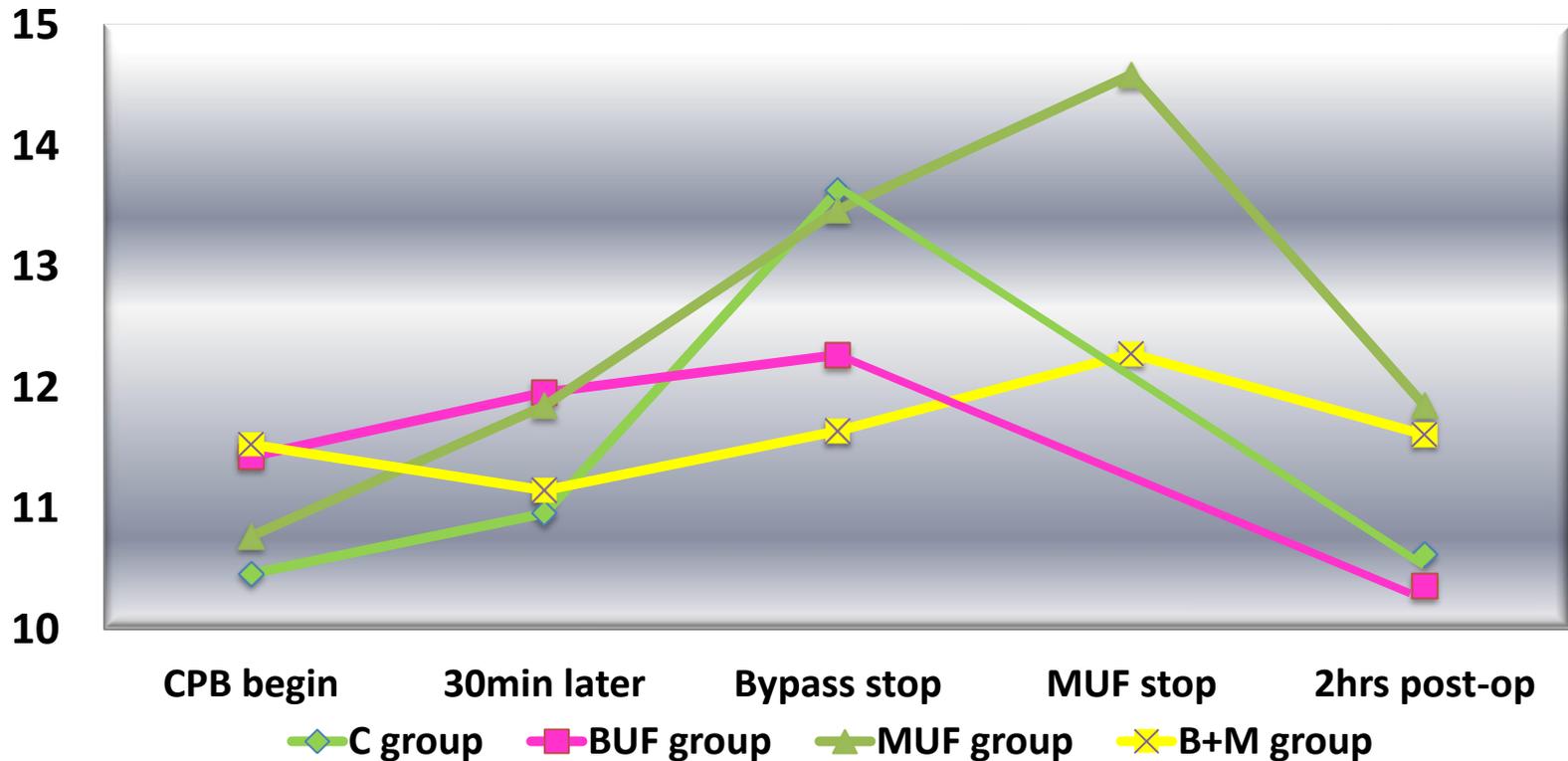
改良超滤组

▶ $24.11 \pm 2.89\%$ → $33.71 \pm 1.70\%$

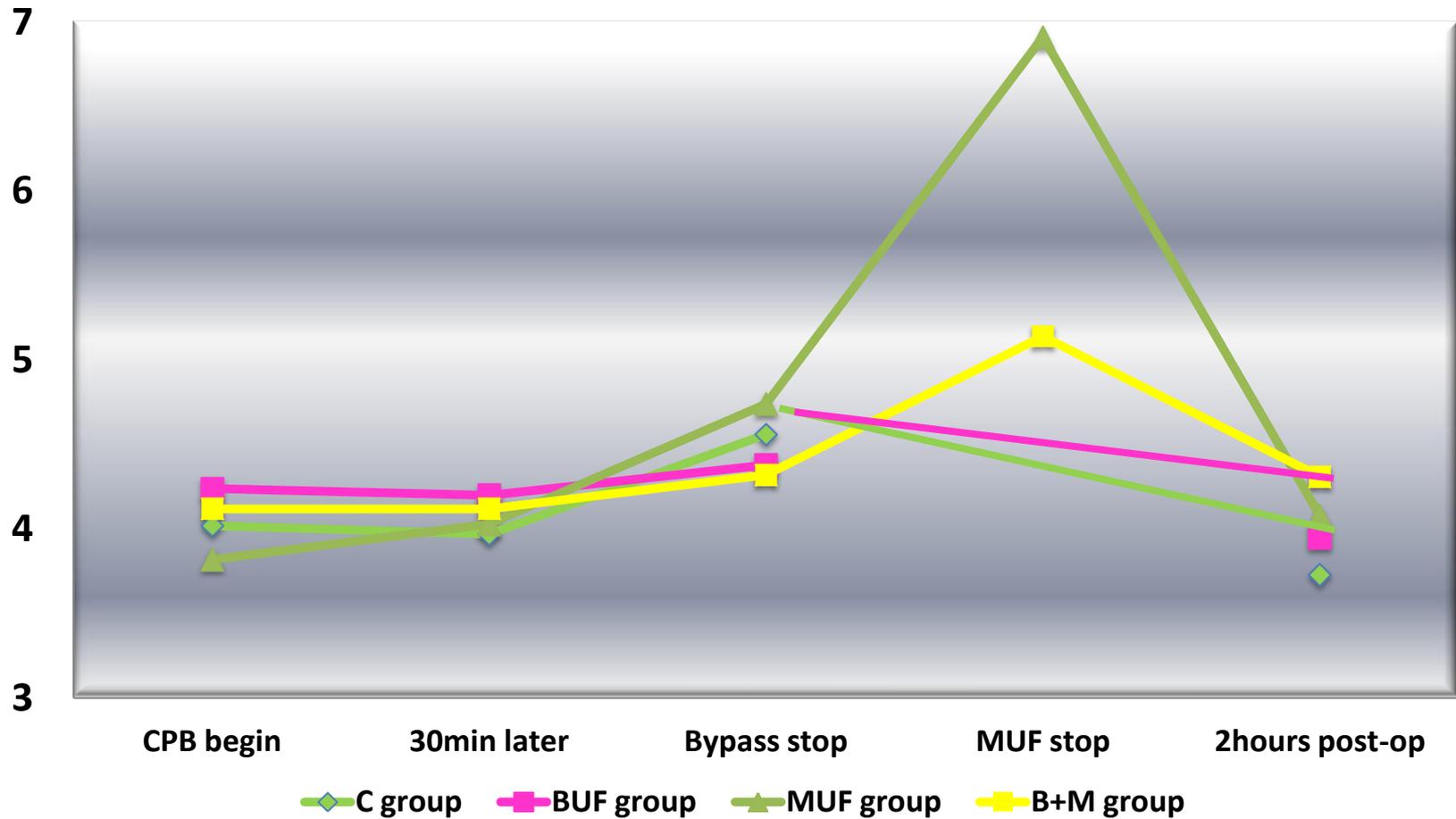
平衡+改良组

▶ $23.75 \pm 2.66\%$ → $34.29 \pm 2.14\%$

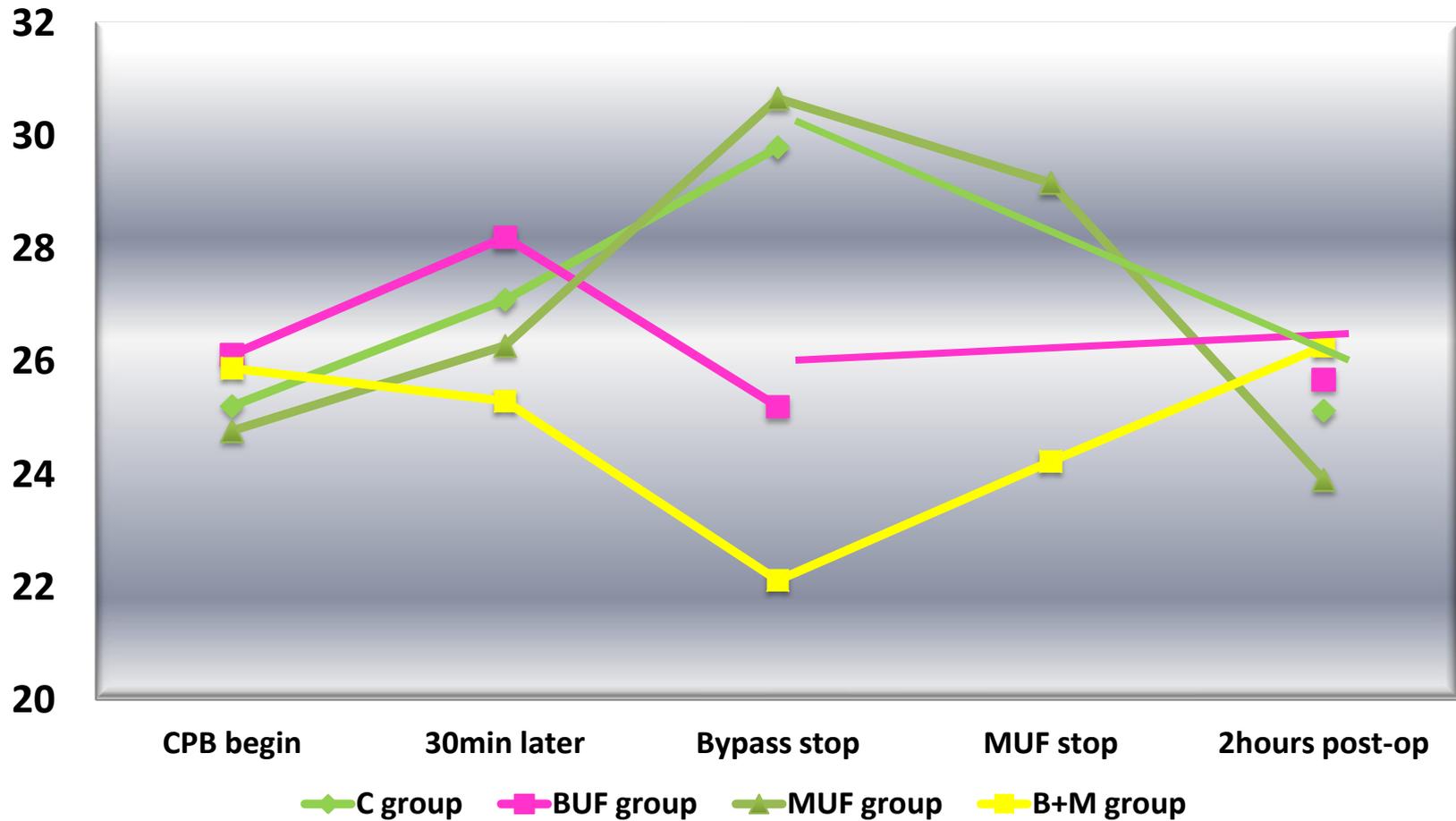
肿瘤坏死因子/TNF



白介素-8/IL-8



选择素-E/E-selectin



结论

超滤滤出：
炎症反应介质和水

- ▶ 平衡超滤法降低炎症介质的聚集
- ▶ 改良超滤法增加血液实质的浓集
- ▶ 平衡超滤和改良超滤应联合使用

ZBUF的讨论

- 等量添加液体种类的选择
- BZUF的液体量和超滤时间和时机
- 血糖、电解质等物质的变化
- 胶渗压的变化
- 炎症因子水平的变化

ZBUF的现状

“目前没有明确的证据来证明其有效性
其目前的临床研究存在较大的争议”

I Ib(a)类证据

2011年美国胸外科医师协会和心血管麻醉医师协会血液保护临床实践指南

SPECIAL REPORT: STS WORKFORCE ON EVIDENCE BASED SURGERY

2011 Update to The Society of Thoracic Surgeons
and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists
Blood Conservation Clinical Practice Guidelines*



ZBUF在各单位的应用情况？



预充液超滤是否必要？

陈 凤

南京儿童医院

背景

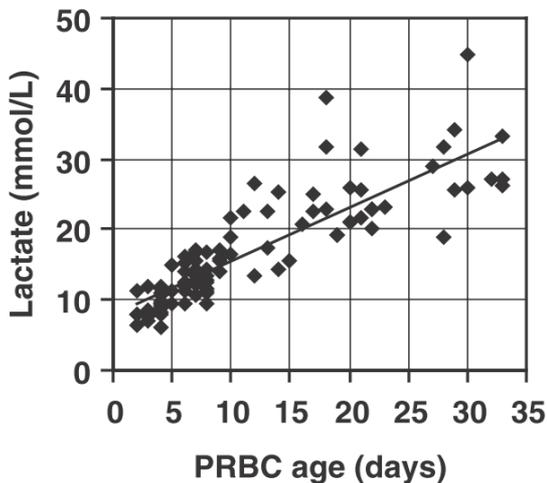
- 库血保养液为ACD保养液
 - 主要成分为无水葡萄糖，枸橼酸三钠，枸橼酸
 - 高糖，酸性
- 随着保存时间延长，理化指标明显改变
 - 缺氧、红细胞破坏、Na-K泵失功能、葡萄糖代谢
 - 低温、低Ph、低钙、高钾，高乳酸，高血糖
 - 低PO₂、高PCO₂
- 婴幼儿库血用量占预充量的比例大
对内环境影响明显

背景

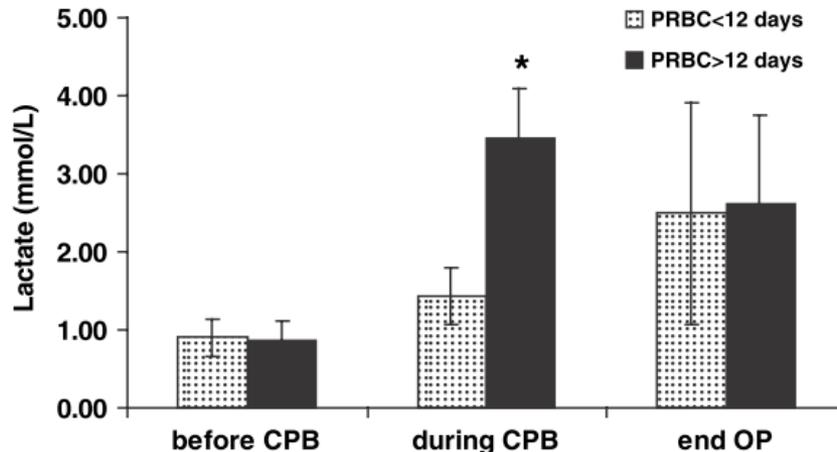
《Effects of fresh versus old stored blood in the priming solution on whole blood lactate levels during paediatric cardiac surgery》

Perfusion 2005; 20: 17-19

库存浓缩红细胞



围术期

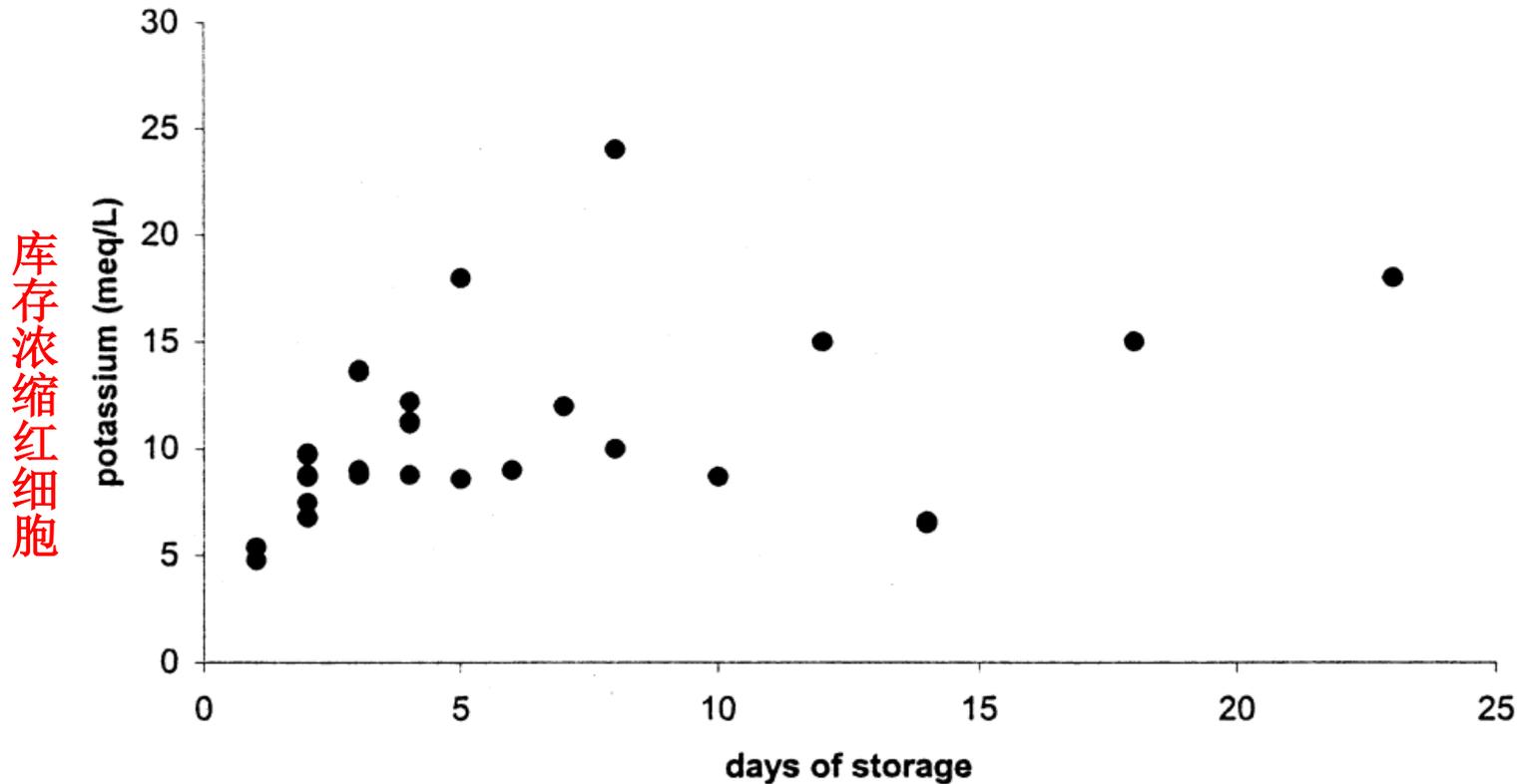


预充液

	PRBC ≤ 12 days (n = 12)	PRBC > 12 days (n = 8)	p value
Age (months)	23 ± 19	22 ± 16	0.68
Weight (kg)	7.8 ± 3.7	7.9 ± 5.2	0.21
CPB loading volume (mL)	260 ± 80	229 ± 14	0.23
Priming/PRBC volume (ratio)	3.03 ± 0.45	3.13 ± 0.63	0.70
PRBC age (days)	5.9 ± 2.3	19.1 ± 5.1	< 0.0001
Lactate (mmol/L)	8.8 ± 2.8	23.3 ± 7.6	0.0008

背景

《The metabolic effects of fresh versus old stored blood in the priming of cardiopulmonary bypass solution for pediatric patients》
J Thorac Cardiovasc Surg 2004; 127: 949-52.



背景

《The metabolic effects of fresh versus old stored blood in the priming of cardiopulmonary bypass solution for pediatric patients》
J Thorac Cardiovasc Surg 2004; 127: 949-52.

围术期内环境变化

	PRBC <5 d old					PRBC ≥5 d old				
	PRBC	Prime 0	Prime 20	CPB	PICU	PRBC	Prime 0	Prime 20	CPB	PICU
Potassium (mEq/L)	9.2 ± 2	4.9 ± 0.7	4.5 ± 0.7	3.39 ± 0.45	3.4 ± 0.84	15 ± 6.8†	5.9 ± 0.6*	4.8 ± 0.8	3.69 ± 0.38	3.8 ± 0.36
Lactate (mg/dL)	100.8 ± 26	29 ± 12	31 ± 10	31 ± 17	43 ± 50	88 ± 32	65 ± 7*	33 ± 21	33 ± 18	48 ± 28
Glucose (mg/dL)	300 ± 75	77 ± 19	82 ± 16	124 ± 25	132 ± 13	153 ± 133†	28 ± 14*	65 ± 30	120 ± 20	162 ± 45
pH	7.1 ± 0.2	7.45 ± 0.18	7.45 ± 0.1	7.44 ± 0.15	7.36 ± 0.1	6.75 ± 0.2*	7.29 ± 0.12*	7.42 ± 0.2	7.42 ± 0.1	7.38 ± 0.1
Bicarbonate (mEq/L)	22 ± 4	23.9 ± 7	24 ± 5	24 ± 6	22 ± 8	18 ± 5†	17.5 ± 2*	23 ± 2	25 ± 3	21 ± 5
CO ₂ (mm Hg)	113 ± 30	37 ± 20	35 ± 8	32 ± 4	37 ± 4	155 ± 40†	44 ± 16	37 ± 16	35 ± 8	34 ± 4

血糖单位转换：1mmol / L=18mg / dL，乳酸单位转换：1mmol / L=9mg / dL

预充液自循环20min后无明显差异

含血预充液洗涤前后变化

组别	pH	PCO ₂ (mmHg)	PO ₂ (mmHg)	K ⁺ (mmol/L)	LAC (mmol/L)	GLU (g/L)	COP (mmHg)	TNF-α (ng/L)	IL-8 (ng/L)
对照组	6.72±0.08	66.3±7.6	58.2±5.7	8.32±0.46	4.07±0.46	2.78±1.01	13.4±1.6	86.6±12.4	251±70
ZBUF组	6.65±0.07	36.3±5.4	165.0±23.0	5.06±1.37	2.48±0.22	1.29±0.39	12.5±1.2	34.4±10.6	77±27
P值	0.469	0.001	0.001	0.003	0.006	0.001	0.869	0.001	0.001

滤液量：300ml

ZBUF 时间：12min

预充及平衡补充液：复方氯化钠溶液

赵举等. 中国胸心血管外科临床杂志 2005 年 12 月第 12 卷第 6 期

含血预充液洗涤前后变化

	超滤前	超滤后	P 值
PH	6.89±0.22	7.40±0.57	0.001
BE(mmol/l)	-16.12±0.98	+0.31±2.4	0.000
钾(mmol/l)	10.33±2.13	4.27±0.93	0.000
钙(mmol/l)	0.063±0.02	0.054±0.02	0.231
血糖(mmol/l)	13.9±1.72	10.61±1.89	0.000
乳酸(mmol/l)	10.57±1.75	9.75±1.01	0.101
IL-8(pg/ml)	78.4±6.1	64.3±48.1	0.036
游离血红蛋白(mg/dL)	8.9±1.6	9.7±2.2	0.794
血球蛋白(g/dl)	9.45±1.76	9.46±0.98	0.978
血红蛋白积(%)	28.97±5.24	29.27±3.54	0.868
白细胞 (×10 ⁹ /L)	4.54±0.36	2.39±0.27	0.001

黎笔熙等. 中国体外循环杂志 2010年9月15日第8卷第3期



围术期内环境的变化

		CPB 前	CPB 5min	Ao 阻断后 5min	Ao 开放后 10min	CPB 结束
PH	实验组	7.40±0.05	7.39±0.11	7.34±0.11	7.39±0.19	7.43±0.11
	对照组	7.41±0.09	7.40±0.18	7.41±0.08	7.38±0.04	7.42±0.21
BE	实验组	1.64±0.11	2.43±0.71	2.06±0.29	3.02±0.16	2.97±0.32
	对照组	1.89±0.42	1.98±0.37	1.97±0.53	3.22±0.63	2.89±0.28
K ⁺	实验组	3.94±0.2	3.96±0.4	4.51±0.5	3.72±0.2	4.41±0.7
	对照组	4.26±0.6	5.62±0.8*	4.96±0.7*	4.42±0.4*	4.48±0.4*
Ca ²⁺	实验组	1.16±0.07	0.71±0.09	0.75±0.04	0.72±0.12	1.19±0.12
	对照组	1.18±0.06	0.69±0.08	0.81±0.06	0.79±0.09	1.19±0.10
血糖	实验组	16.9±4.9	9.7±2.8*	14.6±4.1	14.8±3.8	13.6±4.1
	对照组	15.0±3.9	15.8±4.0	14.9±3.8	15.0±5.1	14.8±5.1
乳酸	实验组	9.42±3.1	1.9±0.43	2.51±0.54	2.96±0.93	2.19±0.68
	对照组	8.95±2.7	2.1±0.39	2.48±0.25	3.04±0.52	2.99±0.54
Hb	实验组	12.9±4.6	9.03±2.61	8.05±3.11	9.43±2.84	12.43±4.3
	对照组	13.7±4.5	8.79±4.91	8.32±2.75	9.04±0.21	11.75±2.5

黎笔熙等. 中国体外循环杂志 2010年9月15日第8卷第3期

讨论

- 库血有无必要超滤？
- 单纯对库血还是整个预充液超滤？
- 超滤条件
 - FiO_2 (21~50%)、血流通气比 (1: 0.5)
 - 水箱设置温度: 36~38
 - 超滤量: 300~1000、复查血气
 - 超滤时间: 10~20min、复查血气

讨论

■ ZBUF置换液

白蛋白、勃脉力、碳酸氢钠、Ca

■ 超滤前后内环境变化

PH、PCO₂、PO₂、BE

K、HCT、Glu、Lac、Ca、COP

■ 清除库血的炎性介质和缓激肽？

■ 预充液超滤是否改善围术期临床指标？



谢谢

第二届全国体外循环青年论坛

2014年9月12-14日 山东 威海

