

第十六期体外循环学习班 座谈和交流

阜外医院体外循环科

吉冰洋

科室副主任，硕士研究生导师

电子邮箱：jibingyang@fuwai.com

移动电话：13801251767、15699870953（工作）

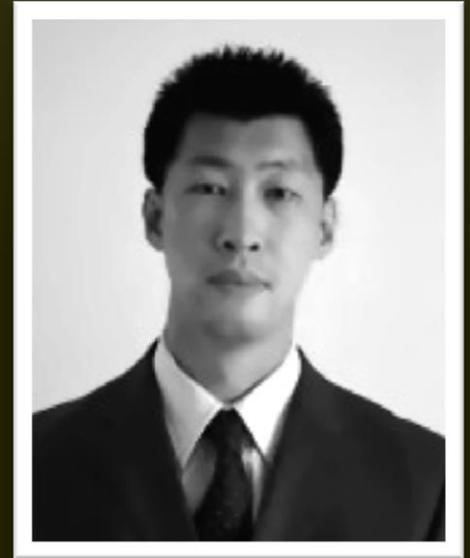
座机：010-88398285

温馨提示：请大家将手机调成振动模式，如需接电话请到本教室外，万分感谢您给予的配合。

个人简介

学历和工作经历:

- 1991, 09 — 1996, 07 中国医科大学临床医学 学士。
- 2001, 09 — 2004, 07 中国协和医科大学麻醉学 (体外循环) 硕士。
- 1996, 09 — 2001, 11 住院医师 阜外医院体外循环科。
- 2001, 12 — 2005, 04 主治医师 阜外医院体外循环科。
- 2005, 04 — 2007, 10 访问学者 小儿心外科和人造器官研究室
美国宾州大学Hershey医学中心。
- 2007, 10 — 2008, 11 主治医师 安贞医院体外循环科。
- 2008, 11 — 2010, 3 副主任医师 安贞医院体外循环科。
- 2010, 3 — 现今 副主任医师 阜外医院体外循环科。



杂志编委、兼职审稿人和负责课题:

迄今为止发表超过110篇文章，其中Medline索引超过60篇，SCI索引为50篇，2009年成为中国体外循环杂志、印度体外循环杂志编委和审稿人，2006年成为中华医学杂志CMJ（英文版）和ASAIO杂志（北美人造器官杂志）Artificial Organs杂志（国际人造器官杂志）和Perfusion杂志以及International journal of Artificial Organs。作为课题主要负责人分别参与三项国家级项目：一项国家863课题（移植器官供体保护）和973课题（与北大合作心衰机制的研究和预防）和一项国家自然科学基金。研究方向和目前主持和关注：深低温停循环脑保护机制的研究和CPB中器官保护以及mini体外循环以及迷你心肌保护液和血液保护的临床研究等。

广而告之：招收访问学者

- 条件：最好从事过体外循环、相关麻醉或心外科工作。
- 有一定的英文文献阅读能力。
- 最好有一定的英文写作能力。
- 具有良好的学习能力，吃苦耐劳的品质和团队意识。
- 为期一年。
- 发表2篇SCI文章，两篇核心期刊。
- 能独立完成课题标书的撰写。

联系方式

吉冰洋

电子邮箱：jibingyang@fuwai.com

移动电话：13801251767、15699870953（工作）

座机：010-88398285

研究生团队：You are Welcome



本次讲座交流内容

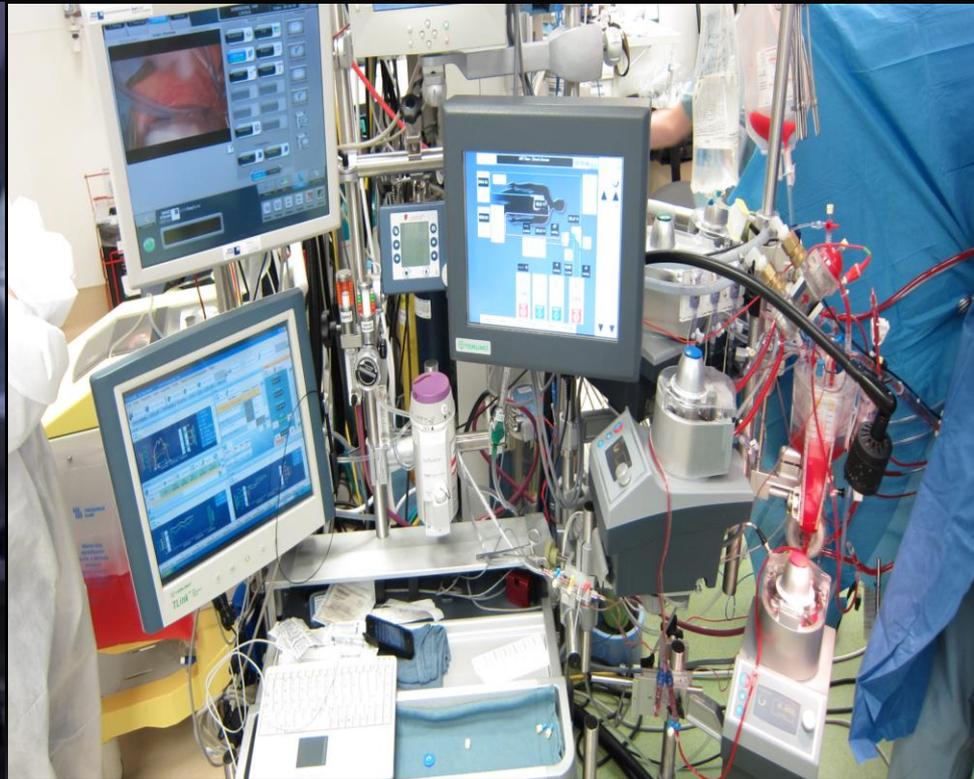
1. CPB 中的血气监测和管理。
2. 简介我们临床CPB的科研工作。
作。
3. 简介我的科研团队的工作。

体



*what we should know
what we need to know
what we do not know*

监测有多重要 (Pilot VS Perfusionist)



1.CPB 中的血气监测和管理

(血气是CPB中最基本监测)

第一部分

- 体外循环的监测包含的范畴。
- 体外循环过程中监测设备的进展。

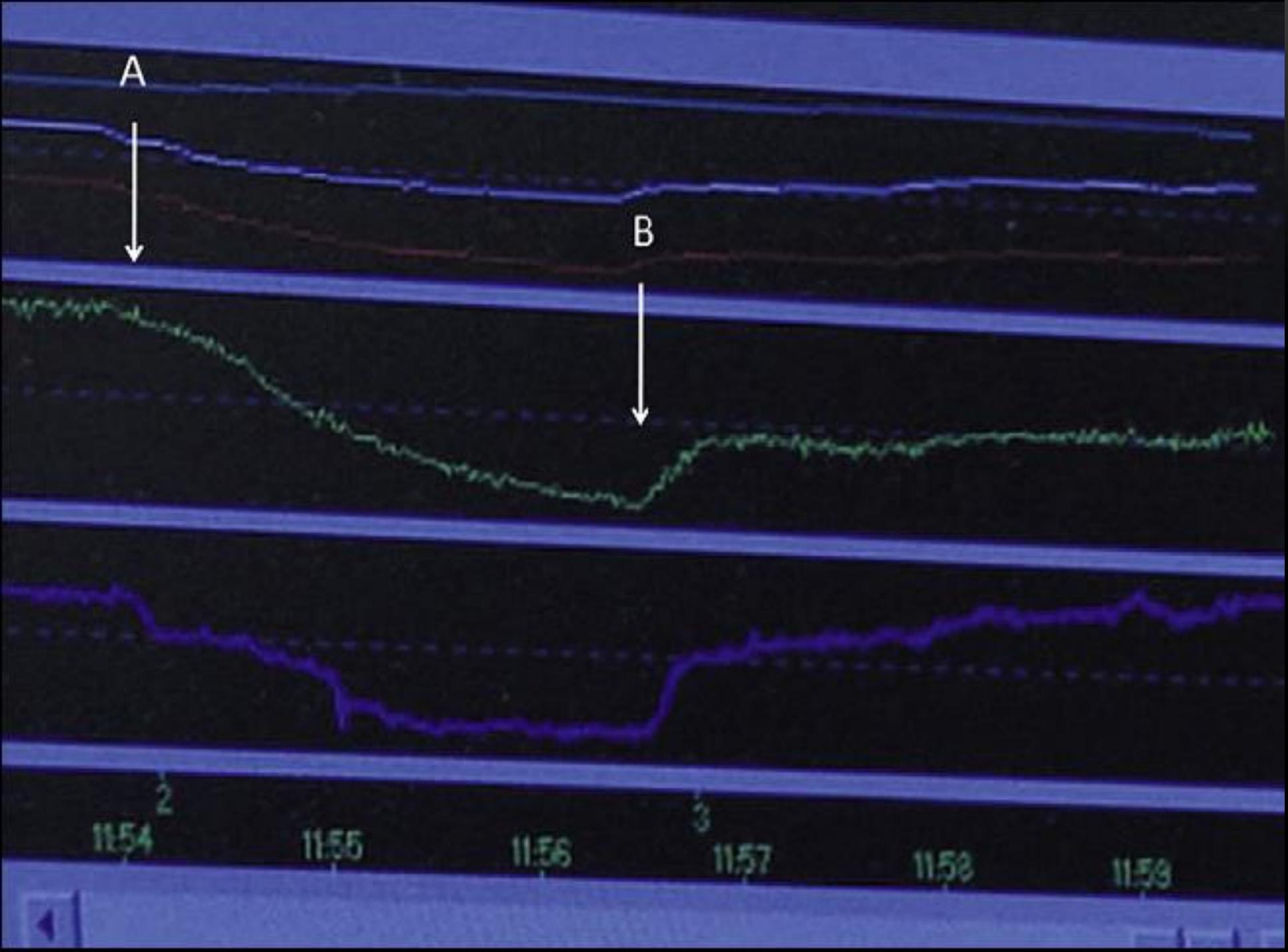
CPB 中的监测

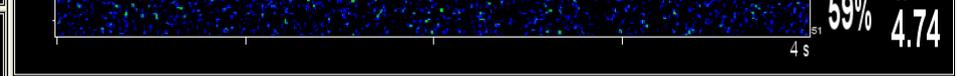
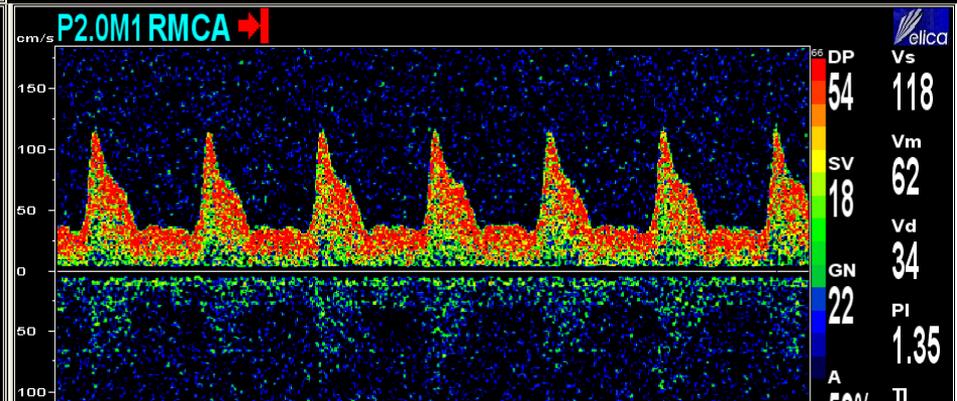
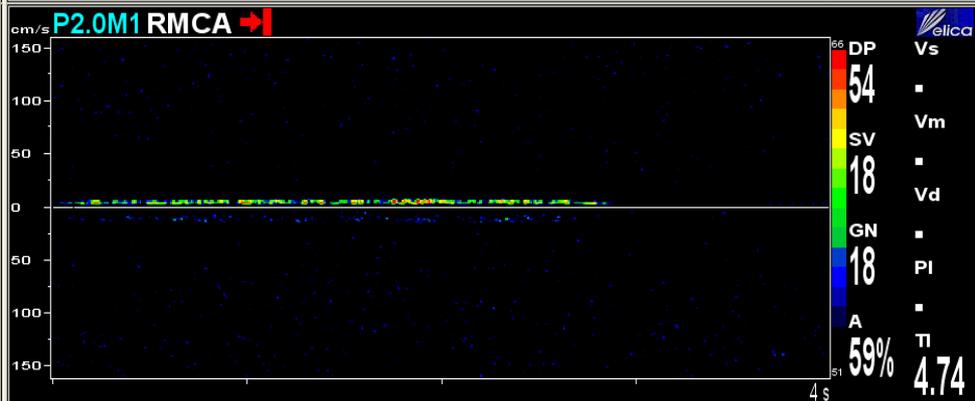
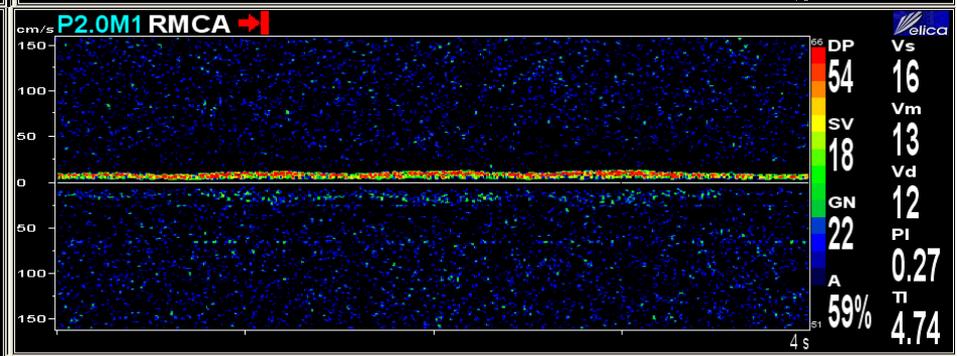
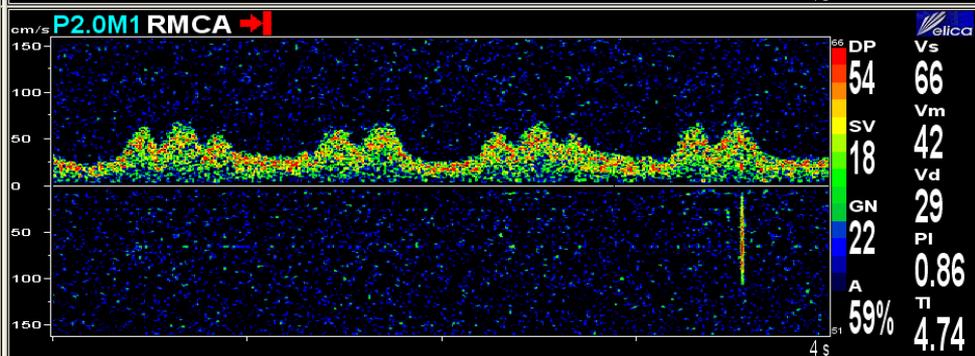
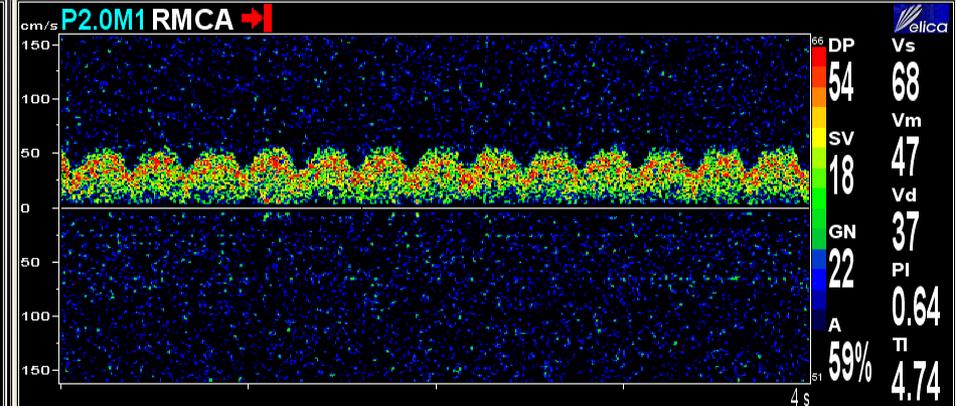
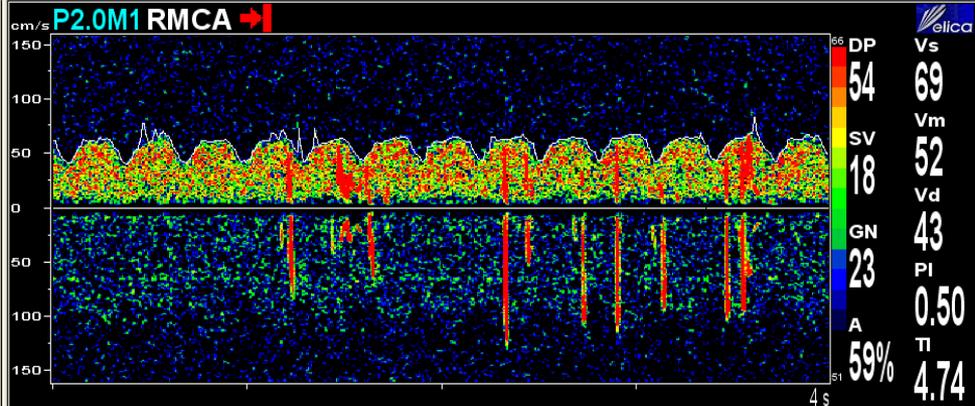
- 血液动力学
- 血气
- 灌注流量
- 温度
- 安全监测（泵压、气泡、液面报警）
- 尿量
- ACT
- 动静脉的血氧饱和度

传统意义上的体外循环监测

非传统意义的监测

- **NIRS 近红外光谱脑氧饱和度仪（无创）。**
- **TCD脑血流多普勒（无创）。**
- **脑电图和肢体诱发电位。**
- **CDI500持续动脉血气监测。**
- **EDAC持续动脉管路的微气栓监测。**
- **动脉端超声波流量计。**
- **凝血方面的监测（肝素浓度，TEG）。**





Stop

Continue

Recording

Patient ID 4 lpm cont 40

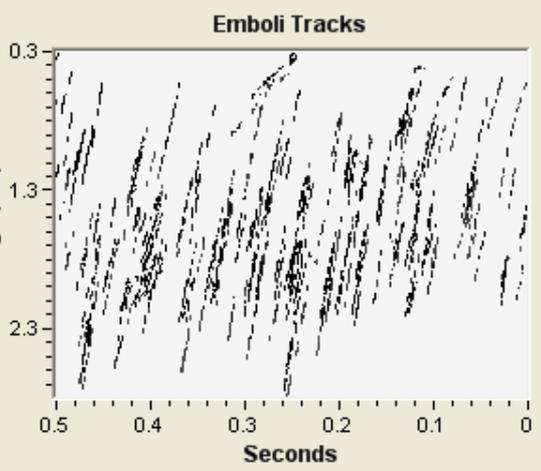
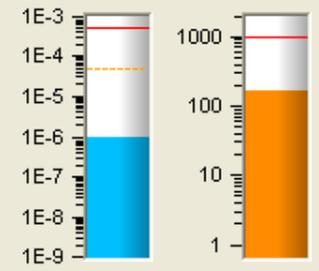
Speed 0.1 2

File Position in minutes 0:00 0:50 1:40 2:30 3:23



Summary Channel 1 Channel 2 Channel 3 Measurement Configuration

Channel 1 - EDAC Channel



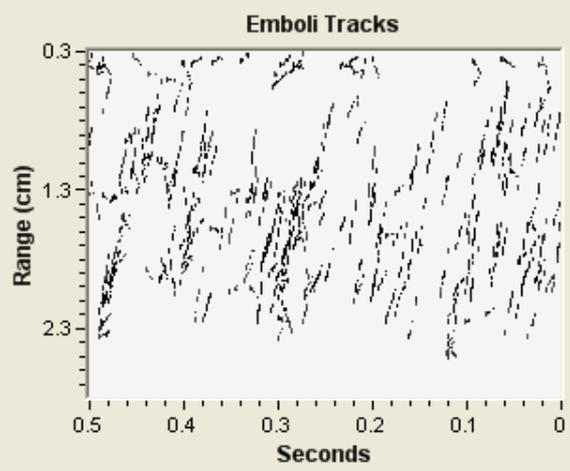
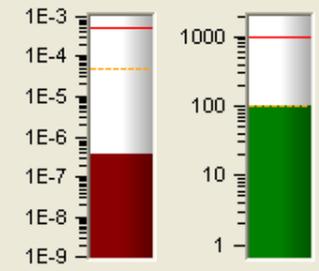
cc / Sec. **7E-7** Emboli / Sec. **92.9**

Average

cc **7E-5** Emboli **8267**

Total

Channel 3 - EDAC Channel



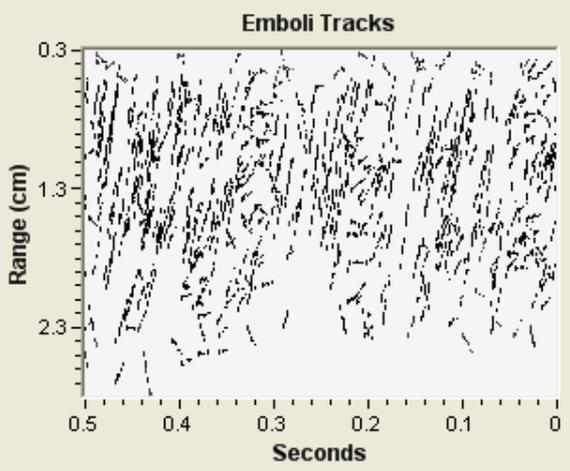
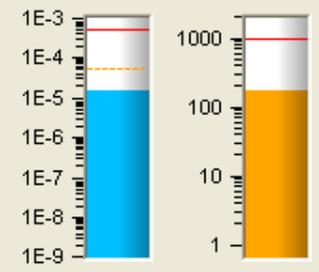
cc / Sec. **2E+5** Emboli / Sec. **74.5**

Average

cc **2E+7** Emboli **6631**

Total

Channel 2 - EDAC Channel



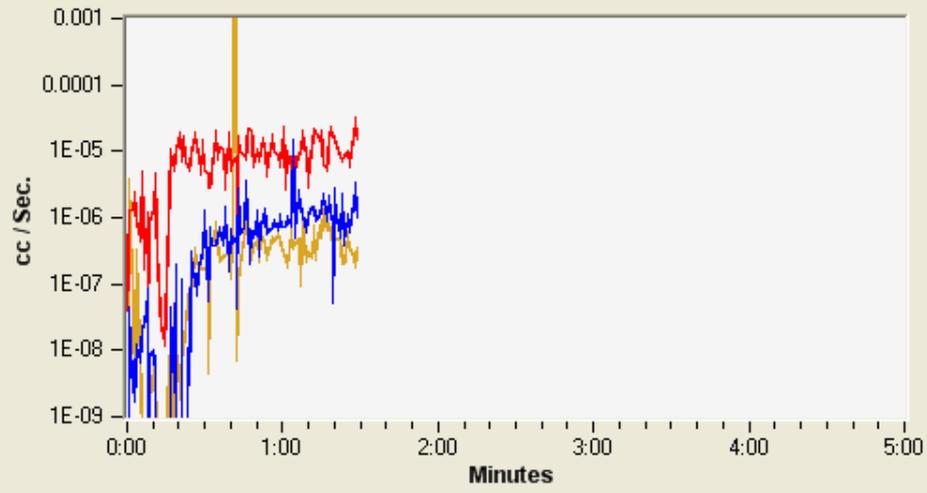
cc / Sec. **9E-6** Emboli / Sec. **148.4**

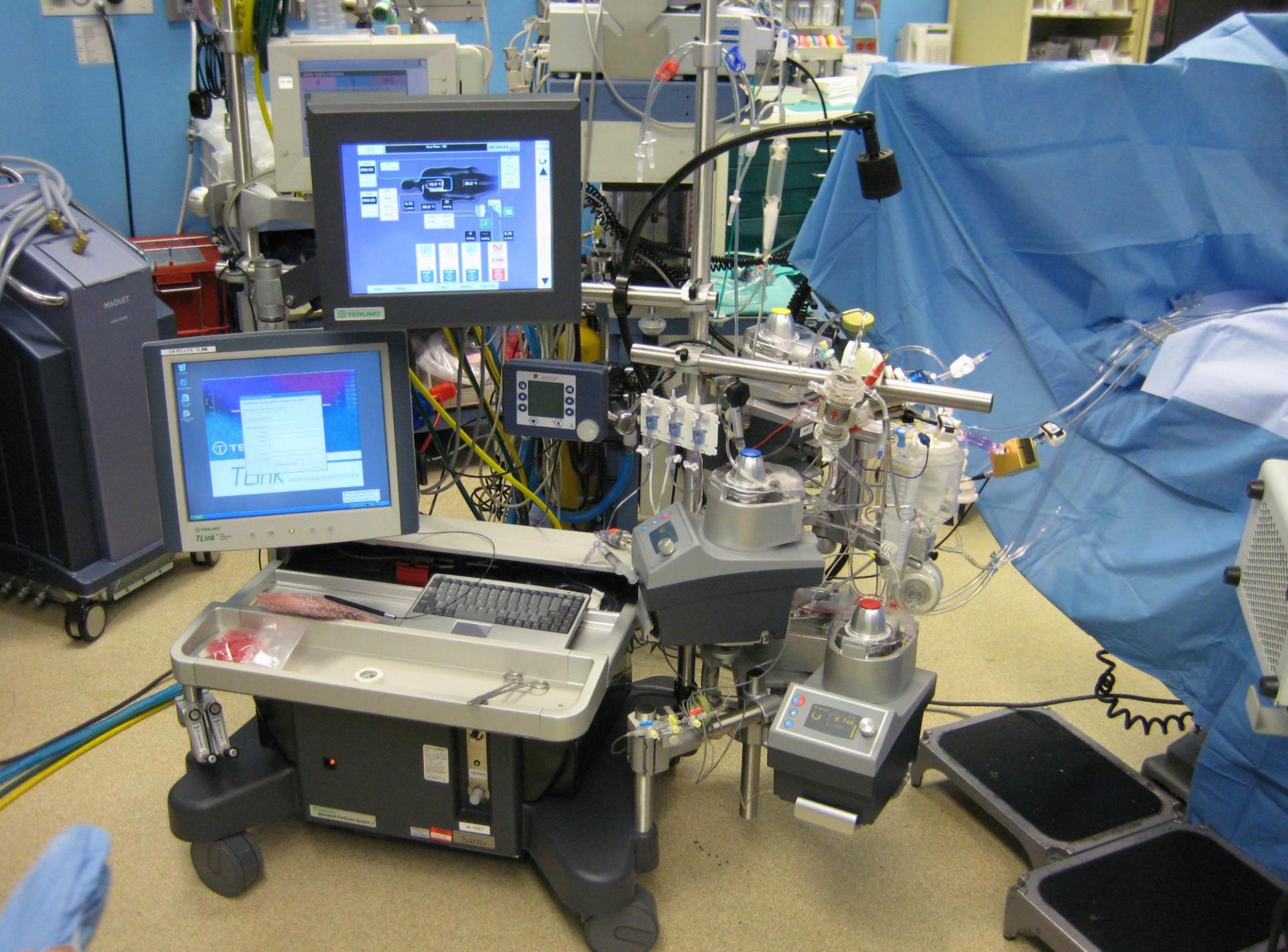
Average

cc **8E-4** Emboli **13213**

Total

Volume History



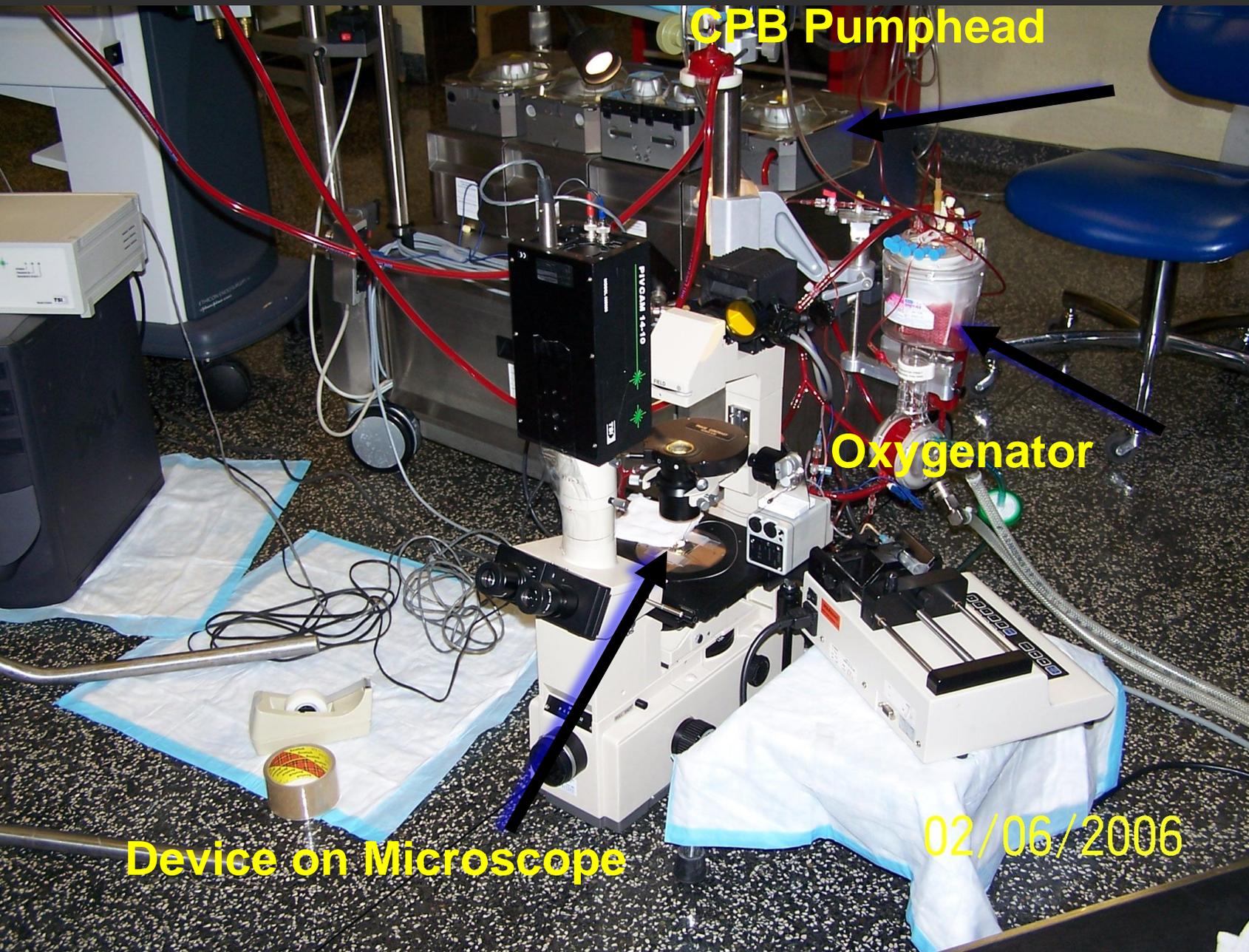


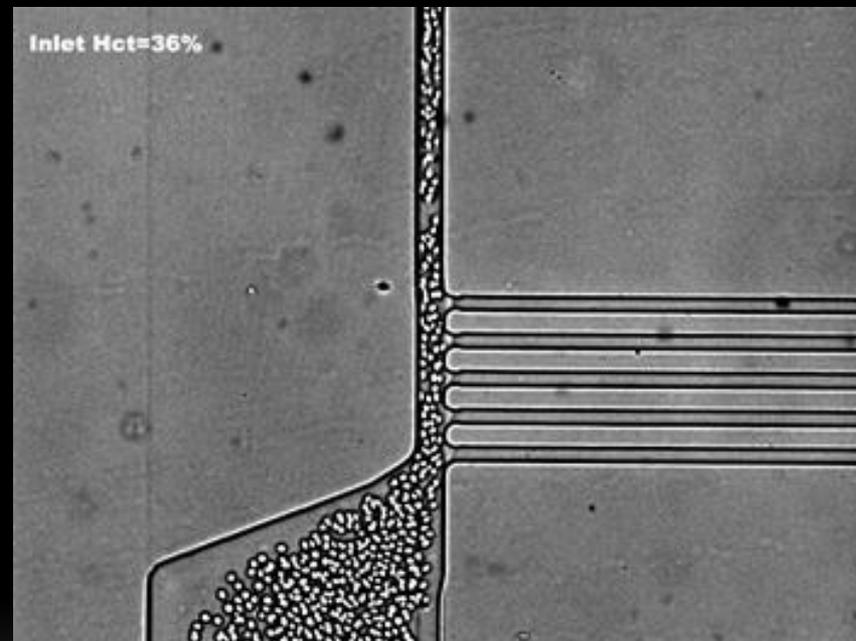
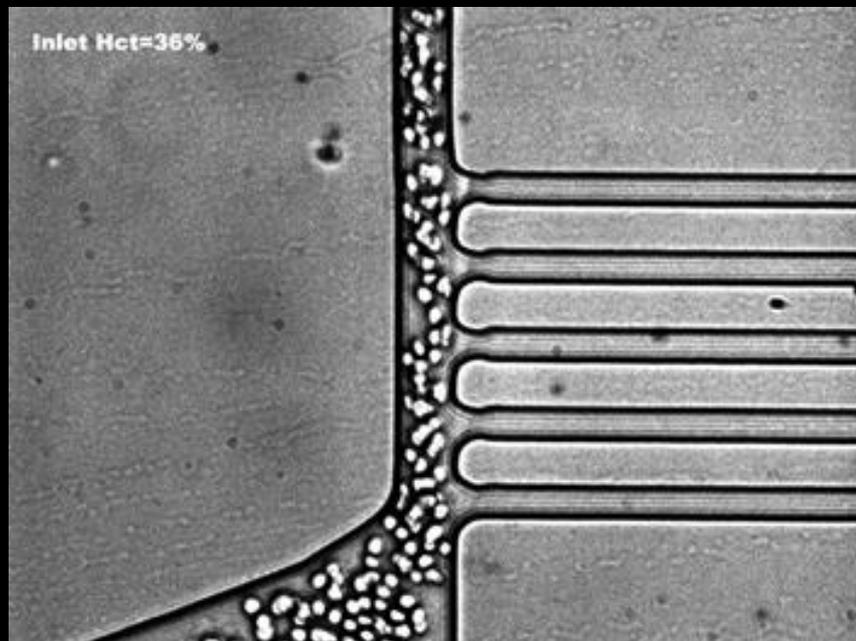
CPB Pumphead

Oxygenator

Device on Microscope

02/06/2006





体外循环中监测的发展趋势



第二部分

- 血气的相关知识。
- 体外循环中的血气管理。

血气所监测的内容和正常范围：

- 包括的内容：
 - pH / PaCO₂ / PaO₂ / HCO₃ / O₂sat / BE
- 正常的范围：
 - pH - 7.35 - 7.45
 - PaCO₂ - 35-45 mmHg
 - PaO₂ - 80-100 mmHg
 - HCO₃ - 21-27
 - O₂sat - 95-100%
 - BE - +/-3 mEq/L

血气内容扩展的简要介绍

- 酸碱平衡
- 氧合参数
- 电解质变化
- 血液稀释度(HCT)
- 渗透压(COP)
 - 氧代谢
 - 血糖

血气监测的目的

- 判断膜肺的有效的工作状态。(氧合和CO₂排出)
- 有效的维持CPB过程中相对稳定的内环境。根据检测的结果制定相应的治疗策略。
- 通气方面的指标校正。
- 血液稀释的状态。
- 改善酸碱状态。
- 酸碱失衡可能影响离子变化。调节离子失衡。
- 血糖的调整。
- 氧代谢。(乳酸)

酸碱平衡指标及意义

pH

AB SB

BE

PaCO₂

PH值

- $\text{PH} = 6.1 + \log[\text{HCO}_3^-] / 0.03 \text{PaCO}_2$
- 正常值： 7.35-7.45
- 耐受值： 6.80-7.80
- PH升高： 失代偿碱中毒
- PH降低： 失代偿酸中毒
- PH正常： 正常、代偿性/混合性

PaCO₂

- **定义**：溶于动脉血中的CO₂产生的张力
- **正常值**：33-47mmHg，平均40mmHg
- **意义**： PaCO₂↑，提示CO₂潴留，呼酸
PaCO₂ ↓，肺过度通气，呼碱
代谢性酸、碱中毒时，机体的代偿调节可使PaCO₂ ↓ 或↑。
CPB中丧失肺功能的调节，通过通气量来调节。

SB和AB

- **SB**: 标态下的血浆 $[\text{HCO}_3^-]$ 含量, 排除呼吸因素的影响。
- **AB**: 实际状态下的血浆 $[\text{HCO}_3^-]$ 含量, 受呼吸和代谢的双重影响。
- **正常**: $\text{SB}=\text{AB}$ (22-27mm/L, 24mm/L)。
- **异常**: 代酸 $\text{SB}\downarrow\text{AB}\downarrow$; 代碱 $\text{SB}\uparrow\text{AB}\uparrow$;
 $\text{AB}>\text{SB}$ 提示 CO_2 潴留, 反之, CO_2 排出过多。

碱剩余 (BE)

- 定义: 标态下, 1L全血/血浆中和到PH为7.4所需酸或碱的mmol/L, 正常 0 ± 3 , 不受呼吸因素影响
- 意义: 代酸时, BE负值增加
代碱时, BE负值减少

氧合参数

- P_{O_2} (P_{aO_2} P_{vO_2})
- S_{O_2} (S_{aO_2} S_{vO_2})
- P_{aO_2}/F_{iO_2} (氧合指数 <200)
- $AaDO_2$ (肺泡氧分压 PAO_2 --动脉氧分压 PaO_2)

PO₂

- 定义：溶解于血中氧产生的张力。
- PaO₂：正常值80- 100mmHg,新生儿为40—70mmHg，影响因素：FiO₂和P_AO₂。
- PvO₂：正常35—45mmHg，间接反应机体氧供求，CPB中反应上下腔静脉血。

如何看待并行循环期间的PO₂(“氧杀手”)?

紫绀患者的通氧:低FiO₂开始(防“氧反常”)

S02

- 氧容量：100血液中HB为氧充分饱和时的最大带氧量。取决于HB的质和量。
- 氧含量：100血液实际的带氧量，包括HB结合的氧和极少量溶于血中的氧。取决于氧分压和氧容量。
- S02 = (氧含量 - 溶解的氧) / 氧容量 × 100%，主要取决与PO2(FiO2)

S_O2

- SaO₂:正常>95%，反应人工肺的氧合功能。
- SvO₂:正常75%左右，混合静脉血氧饱和度，间接反应氧供与氧耗。
- 影响因素: PO₂、HCT、H⁺、温度、2, 3-DPG, 符合氧解离曲线。

影响SvO₂的因素（氧供/耗）

- **升高**：低温；麻醉；外周血管阻力增高，动静脉短路；氧供（流量、吸入氧浓度）增加；利用障碍；O₂释放障碍。
- **降低**：灌注不足/低心排；氧合不良；HCT过低；复温，酸中毒。

CPB中， SvO₂应维持多少？临床中如何考察 SvO₂？

1.连续S_vO₂监测（动态）

2.复温、深低温/低流量、选择性脑灌注\停循环CPB的S_vO₂(SjvO₂)应用。

酸碱平衡调节系统

(一) 体液缓冲系统

- 碳酸氢盐缓冲系：胞外： $\text{NaHCO}_3/\text{H}_2\text{CO}_3$
胞内： $\text{KHCO}_3/\text{H}_2\text{CO}_3$
- 非碳酸氢盐缓冲系：
 - 磷酸盐： $\text{HPO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4^-$
 - 蛋白质： PR^-/HPR
 - 血红蛋白： $\text{Hb}^-/\text{HHb}, \text{HbO}_2^-/\text{HHbO}_2$

(二) 肺调节

- 通过改变CO₂的排出量调节H₂CO₃浓度。
- 调节方式：
 - 1、呼吸运动的中枢调节
 - 2、呼吸运动的外周调节

(三) 肾调节

- 近端肾小管泌H⁺作用（H⁺-Na⁺交换）。
- 远端肾小管泌H⁺作用（H⁺-ATP泵）。
- HCO₃⁻重吸收。
- NH₄⁺的排泄。

CPB中血气特点

- 影响因素多：流量、人工通气与氧合、血液稀释、术前状态等。
- 全麻状态，患者无主观症状。
- CPB中，自身肺作用消失，肾发挥作用较晚。机体自身调节主要依赖血液缓冲。
- 酸性物质增加（外源性和内源性）。
- 温度影响血气。
- 急性，可控性好，一般短时间内易纠正

何时监测

- 何时测定血气？
- 深低温/选择性脑灌注时，采血困难，氧供与氧耗的判断？（NIRS，颈内静脉氧饱和度仪， SVO_2 ）
- ICU拔管：胸片、血气、血流动力学、清醒程度

第三部分

- 温度对血气的影响。
- 两种血气管理模式的优缺点。

温度对血气影响

PH稳态和 α 稳态

定义:

- 血气定义: $T=37^{\circ}\text{C}$, $\text{pH}=7.40$, $\text{PaCO}_2=40$
细胞生存的环境----内环境
- 温度对 CO_2 及 O_2 溶解度有影响
- CPB有温度的变化, 恒温动物-变温动物

PH稳态

- PH稳态：不论温度如何变化，保持相应温度下PH为7.40，PaCO₂：40mmHg。
- 理论基础：变温动物，低温时CO₂溶解度的变化及强调细胞外PH值。

PH的温度校正

- PH: $+0.0147/^\circ\text{C}$
- P_{CO_2} : $-4.4\% \times P_{37\text{CO}_2}/^\circ\text{C}$
- P_{O_2} : $-7.2\% \times P_{37\text{O}_2}/^\circ\text{C}$

$^\circ\text{C} \downarrow$ 溶解度 \uparrow , 分压值 \downarrow

温度对血气影响

温度	pH	pCO2	pO2	Hct	K+	Ca	BE	Lac	Hco3	Tco2	Glu
37	7.38	43.9	208	21	3.9	0.66	0.8	2.2	26	27	166
20	7.65	22.8	109	20	3.8	0.63	1.0	1.9	27	28.8	167

PH稳态

- 优点：
 - 1、增加氧分压差，利于供氧。
 - 2、降低氧离曲线左移副作用。
- 缺点：
 - 1、要温度校正，管理复杂。
 - 2、没有考虑细胞内环境随温度的变化。
 - 3、脑血管扩张，CBF自我调节破坏。直接受MAP和泵流量调节，有脑奢灌之嫌。

细胞生存环境（细胞内液）

保持电化学中性
代谢废物要排出

α 稳态理论基础

- 细胞内最佳PH及电化学中性（ H^+ / OH^- 恒定）



- 细胞内外恒定PH差值($K=0.6$)

细胞外 $pH = pN + K$ ， K 为恒定偏碱性

- 细胞外 pH 和细胞内 pN 随温度改变同步变化。

- 组氨酸在各种蛋白质中含量丰富，其分子中的 α 咪唑基解离常数恒定，其 pH 变化与中性水近似。

(一) 对CBF的影响

- PH稳态: 破坏脑血流的自身调节, CO₂增加, 脑血管扩张, 脑组织奢灌, CBF受压力和流量影响。
- α 稳态: 保护脑血流自身调节, 脑血流与CMRO₂匹配。
- 深度低温下, 脑血管麻痹, 二者影响均不大。

(二) 细胞生活环境的影响

- α 稳态: 维持细胞内外恒定PH差, 利于细胞内中性环境的维持, 有利代谢废物排出。稳定机体酶活性。
- PH稳态: 不具 α 稳态上述特点。

(三) 氧代谢的影响

- α 稳态和 PH稳态对HbO₂向组织供氧的影响。 (PaO₂=100-250mmHg)
- 当PaO₂>250mmHg时，二者差别可能不大。
- α 稳态 时由于酶活性稳定，机体利用氧能力较PH稳态时好。

(四) 其它

- α 稳态：收缩压、EF增高，室颤域值稳定。稳定红细胞体积，减少血液破坏。
- PH稳态：与上述作用相反。

临床应用

- 早期（20年内），盲目追求PH稳态，氧合器吹入5%CO₂。
- 80年代开始，中低温以上CPB， α 稳态始广泛应用，方便。
- DHCA(T<22 °C)，PH稳态+ α 稳态联合应用。
- 完善监测，远期大样本临床随访。

第四部分

- CPB中的灌注好与坏的标准是什么？

体外循环中的可控因素

- **流量**

- 组织灌注
- 灌注压

- **压力**

血液的粘滞度
血管的顺应性

- **红细胞压积**

- 携氧能力

- **气体交换**

- 最佳的 PaO_2s
- 最佳的 PaCO_2s

动脉流量

- 计算方式
 - 体重 (kg)
 - 体表面积 (m^2)
- 体重：
 - 成人：30-70 ml/kg
- 体表面积：
 - 1.6 -3.2 L/ m^2
- 体重指数：

这样一个宽泛的范围：我们如何选择最佳的流量？而相当多的体外循环的所谓的标准已经建立，矛盾的认识：今天如何解决这样的问题？

动脉流量 文献回顾:

- 在37°C 推荐的流量为2.2 L/m² Kirklin (Cardiac Surgery 1993, pg 80)
- 乳酸生成增加: 当流量 < 1.6 L/m²
Clowes, Surgery 44;200-225:1958
Diesh, Surgery 42;67-72:1957

动脉流量：

- CPB的流量是基于非麻醉的正常人，流量为 $2.4 - 3.2 \text{ L/m}^2/\text{min}$.
- 因此在麻醉状态下的动脉流量应明显低于正常人在生理状态下的情况。

动脉流量

- Historically in the 1950's was established as the standard flow rate of $2.4 \text{ L/m}^2/\text{min}$.
- 目前的标准流量（成人）： $2.0 - 2.4 \text{ L/m}^2/\text{min}$.
- 然而，斯坦福大学使用低流量技术，也没有发现明显的神经系统并发症。 $1.0 - 1.2 \text{ L/m}^2/\text{min}$.

动脉流量的相关因素

✦ 氧供 (Hgb/Hct)

✦ 氧耗 (VO_2)

✦ 体温

✦ 麻醉深度

✦ 压力

✦ 灌注的重要器官

✦ 心, 脑, 肾

✦ 血液破坏。

✦ 第三间隙。

✦ 术野血液的丢失。

氧耗和年龄相关

婴幼儿

VO₂

- 1 -3 weeks old 7.6 ml O₂/kg/min
- 2 months 9.0 ml O₂/kg/min

成人

4.0 ml O₂/kg/min

- 250 ml O₂/min 100-130 ml O₂/min/m²
 - * 这些数据都是在非麻醉的正常情况下测定。
-

氧耗(VO_2)：麻醉和体温

Condition	(VO_2)
• 37°C 非麻醉	= 4 ml/kg/min
• 37°C 麻醉	= 2-3 ml/kg/min
• 28°C 麻醉*	= 1-2 ml/kg/min

*患者的氧耗降低7% per 1°C.

动脉流量

哪些因素决定灌注是否足够？

- ✦ 静脉的 PvO_2 and SvO_2
- ✦ 乳酸水平
- ✦ ΔPCO_2
- ✦ 系统动脉压

静脉的 PVO_2 和 SVO_2

- 对于灌注的优劣： PvO_2 和 SvO_2 是不是好的指标？

氧耗 ($\dot{V}O_2$)

Fick Equation

$$\dot{V}O_2 = Q(CaO_2 - CvO_2) = \text{mL/min}$$

自从70年代初就开始利用上面的公示来计算 SvO_2 , $\dot{V}O_2$, Q .

混合静脉血氧饱和度 (SvO_2)

- 然而, PvO_2 或者 SvO_2 并不意味着细胞内的氧合是满意的。
- 如果末梢的毛细血管没有灌注, 而没有进行足够的交换, 那么你可以看到 PvO_2 或 SvO_2 的假象— 而相应产生动静脉的短路和分流而加重组织缺氧。
- 因此 PvO_2 or SvO_2 可以作为辅助的指标, 但是并非在所有情况下都于组织灌注的优劣相关。

乳酸 (LACTATE)

- Is serum Lactate a good marker of adequacy of perfusion?

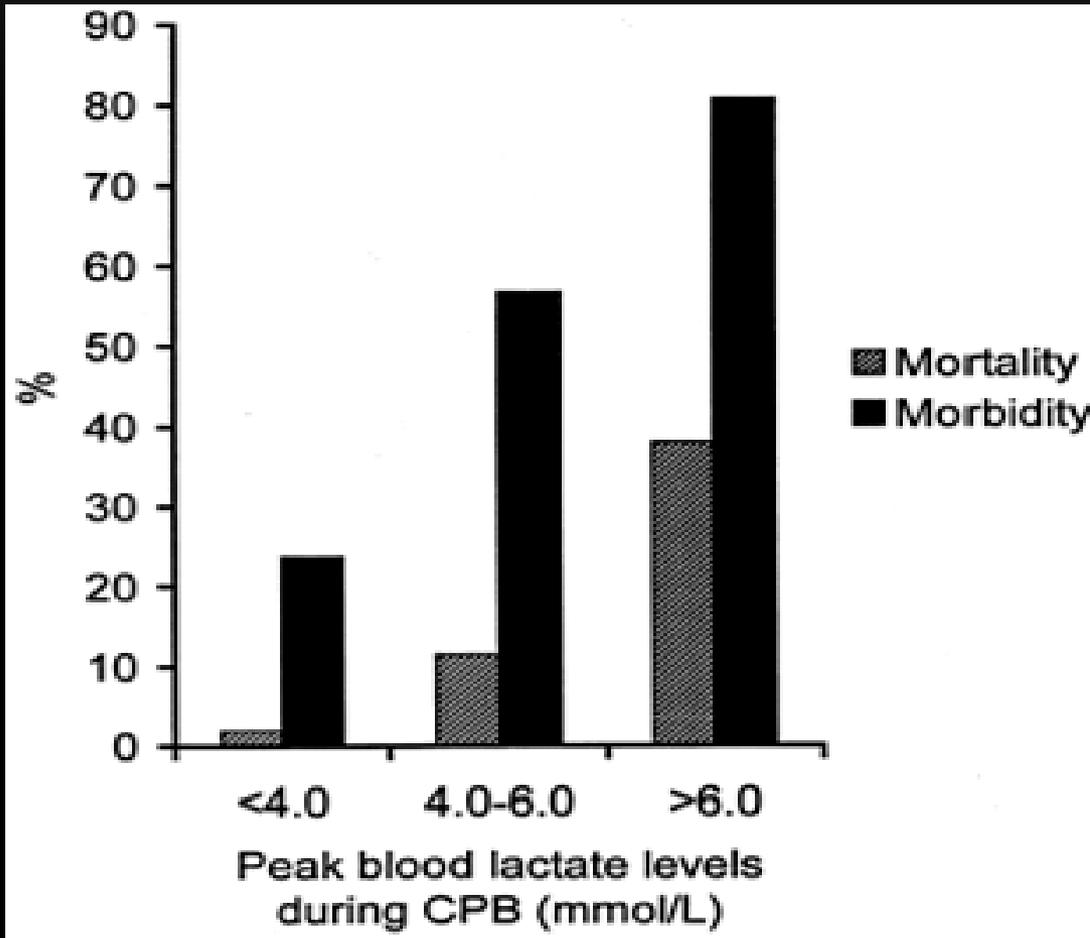
LACTATE

- 乳酸水平的升高是能有效反应代谢性酸中毒：系统存在低灌注和缺氧。
- 表明氧的供需之间存在着不平衡

乳酸的来源

- 乳酸是由细胞内的丙酮酸在无氧酵解的情况下产生的
- 因此,那么对A型的乳酸血症中的乳酸水平是与总体的氧债和低灌注的程度密切相关。

LACTATE AND OUTCOMES ADULT PATIENTS



如果CPB过程中血中乳酸水平 >4.0 mmol/L是术后死亡率升高的独立因素而且是由于在CPB过程中发生了低灌注过程。

血浆的乳酸水平在婴幼儿中的结果

Post-CPB (ICU) in Children

Lactate (mmol/l)

Mean (range)

2.8 (0.6-19.6)

10.6 (2.1-22.4)

9.8 (2.1-19.6)

9.0 (1.0-22.4)

Status

Survived

Died

Multiorgan failure

Neurological

complications

n

215

18

10

23

结论: 术后病死率和死亡率和高水平的乳酸明显正相关。

乳酸监测的问题

Problems

- 乳酸释放到血中是需要一定的过程，基本上要比实际病例过程发生的要滞后。(Perfusion 17;167-173:2002).
- 监测术中的乳酸变化需要更加先进的仪器设备。
- 乳酸/丙酮酸 (LA/PVA) 比例可能作为更加科学准确的实验室检查，但是需要在实验室完成。

LACTATE

- CPB中的组织低灌注下的乳酸酸中毒：其可以表现为正常的血气。
- CPB过程中高水平的乳酸可以作为组织氧供不足的指标。

LACTATE

- 在无氧酵解的情况下, 氧化磷酸化的无法进行, ATP 的产生来源于丙酮酸代谢成lactate.
- 无氧糖酵解导致系统氧供和组织耗氧间的不平衡导致A 型的乳酸酸中毒.
- 正常的lactate/pyruvate ratio (10:1) 那么在无氧酵解下这个比值升高。

LACTATE

- 在非搏动的CPB过程中，尽管氧供是充足的情况下，系统的微血管调控紊乱，导致外周动静脉短路开放以致乳酸水平升高。
- CPB中的极度的血液稀释，低温，低流量的CPB，过分的神经体液激活都与乳酸酸中毒有着密切的关系。

公式和定义

$$CaO_2 = (SaO_2 \times Hgb \times 1.34) + (PaO_2 \times 0.003)$$

$$CvO_2 = (SvO_2 \times Hgb \times 1.34) + (PvO_2 \times 0.003)$$

$$DO_2 = CI \times CaO_2 \times 10$$

$$VO_2 = CI \times (CaO_2 - CvO_2) \times 10$$

$$\Delta PCO_2 = PvCO_2 - PaCO_2$$

A-V PCO_2 梯度(ΔPCO_2)

- 是否动静脉血气中的 PCO_2 梯度(ΔPCO_2) 可以明确存在灌注不足的情况吗?

A-V PCO₂ 梯度 (Δ PCO₂)

$$\Delta\text{PCO}_2 = \text{PvCO}_2 - \text{PaCO}_2$$

- ✦ Δ PCO₂ 是一个验证是否达到临界氧输送点 (critical oxygen delivery point) 的重要参数。
- ✦ 临界氧输送点: 是氧耗依赖于氧供。

A-V PCO_2 梯度 (ΔPCO_2)

- 通过实验和临床：临界氧输送点和突然升高的乳酸水平以及明显加剧的 ΔPCO_2 相关。
- 由于 CO_2 的溶解度是 O_2 20倍，那么可以将 ΔPCO_2 ，作为灌注优劣的指标

ΔPCO_2

ΔPCO_2 是一个有价值的指标在既定的CPB代谢情况下来评估灌注的好与坏。

ΔPCO_2 能帮助我们发现氧供时的变化。（代谢改变伴随温度，流量以及药物的干涉）

ΔPCO_2 合并应用 SvO_2 ，能帮助我们评估氧供的整体需求，从而来评估灌注的优劣。

比较 ΔPCO_2 和 SvO_2

- ✦ SvO_2 可以反应CPB过程中的代谢状态。
- ✦ ΔPCO_2 可以反应组织灌注的是否充足。

动脉压

- CPB过程中的血压是非常重要的临床参数.
- 最佳的灌注压是多少?
(30, 40, 50, 60, 70, 80, 100 mm Hg)

影响因素

- 血管张力
- 麻醉深度
- 血液稀释(Hgb/Hct)
- 预充液的组成(viscosity)
- 温度
- 患者的合并疾病(diabetes)
- 解剖特点:
 - 侧枝分流
 - PDA

动脉压（灌注压）

$$\text{压力} = \frac{\text{Flow}}{\text{Resistance}}$$

.

血管阻力

Poiseuille's Law

$$Q = \frac{\pi \Delta P r^4}{8 \eta l}$$

Q = flow rate (cm³/s, ml/s)

P = pressure difference (dyn/cm²)

r = radius of the vessel (cm)

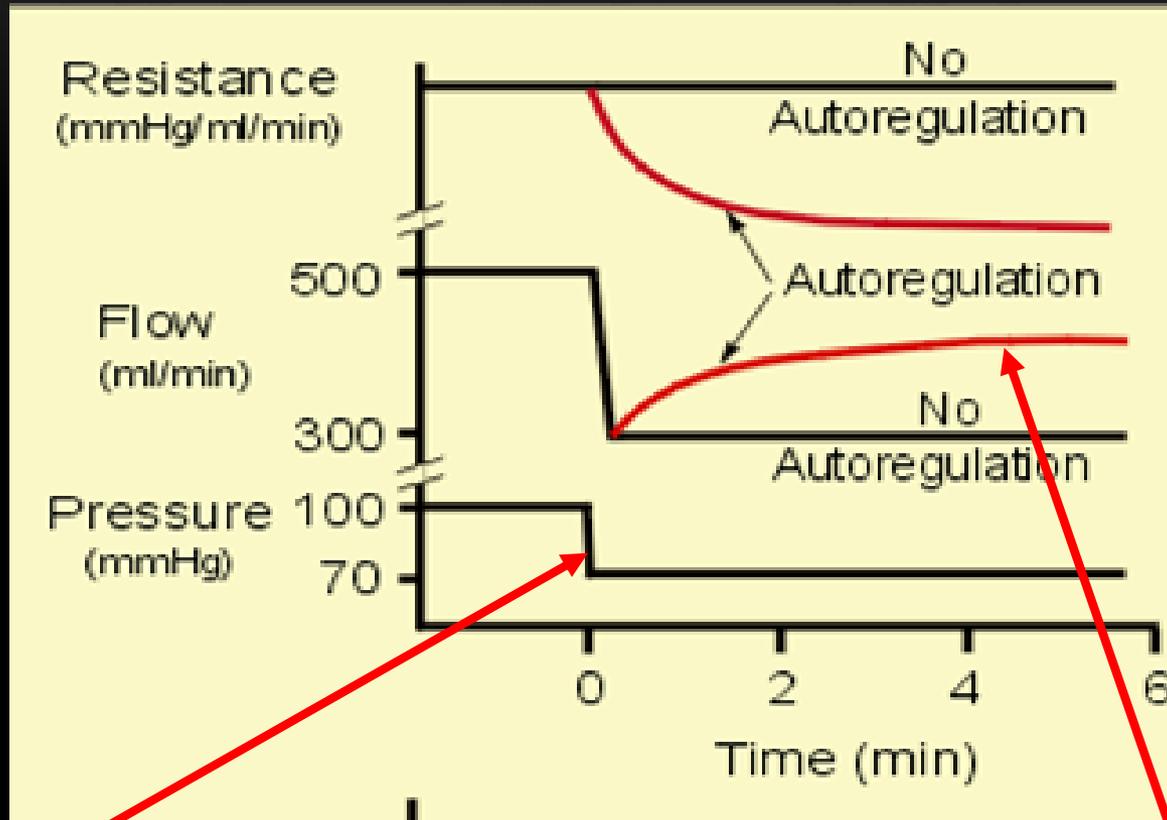
η = coefficient of blood viscosity (dyn-s/cm²)

L = length of vessel (cm)

外周血管阻力

- 血管阻力的自动调节。
- 不同的脏器的调节能力和程度不同。
- 肾脏、大脑和冠脉有着极好的自身调节能力。
 - 骨骼肌和胃肠道有着中度的调节能力。
 - 皮肤表面的调解能力最差。

正常的自动调节



CPB开始动脉压下降

血流恢复

自动调节

- 不同的文献报道的结果不同：50 – 150 mm Hg.
- 在深低温情况下某些个体的自动调节可以低于30 mm Hg.

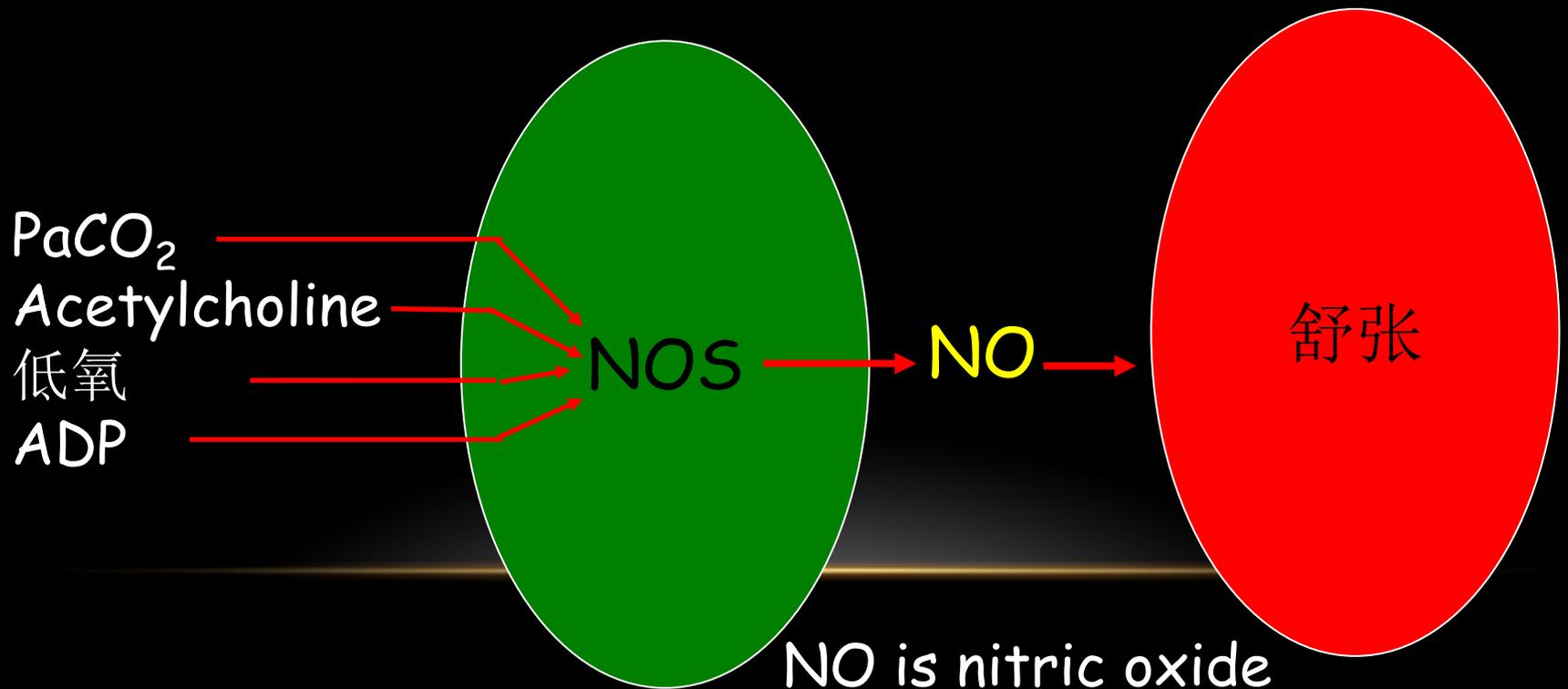
自动调节

- 那么对于一些合并有血管疾病和糖尿病的患者并不适用。
- 在糖尿病患者以及老年性，脑部疾患的患者中大脑动脉的灌注流量完全依赖于灌注压。
- 因此对于这些患者应将灌注压维持于65-80 mm Hg 来维持足够的脑血流。

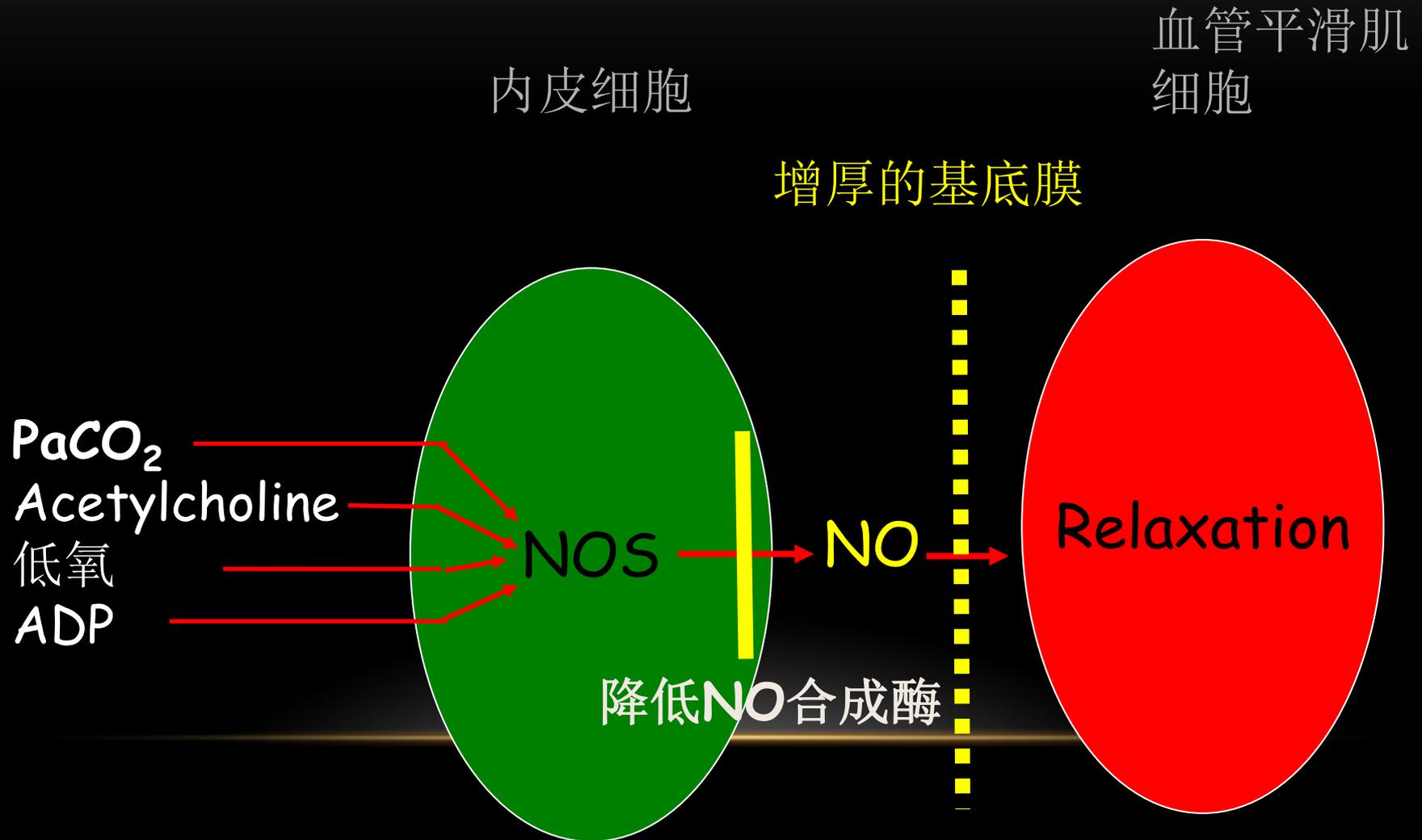
正常的血管舒张收缩。

血管内皮细胞

血管平滑肌细胞



糖尿病患者的血管舒缩

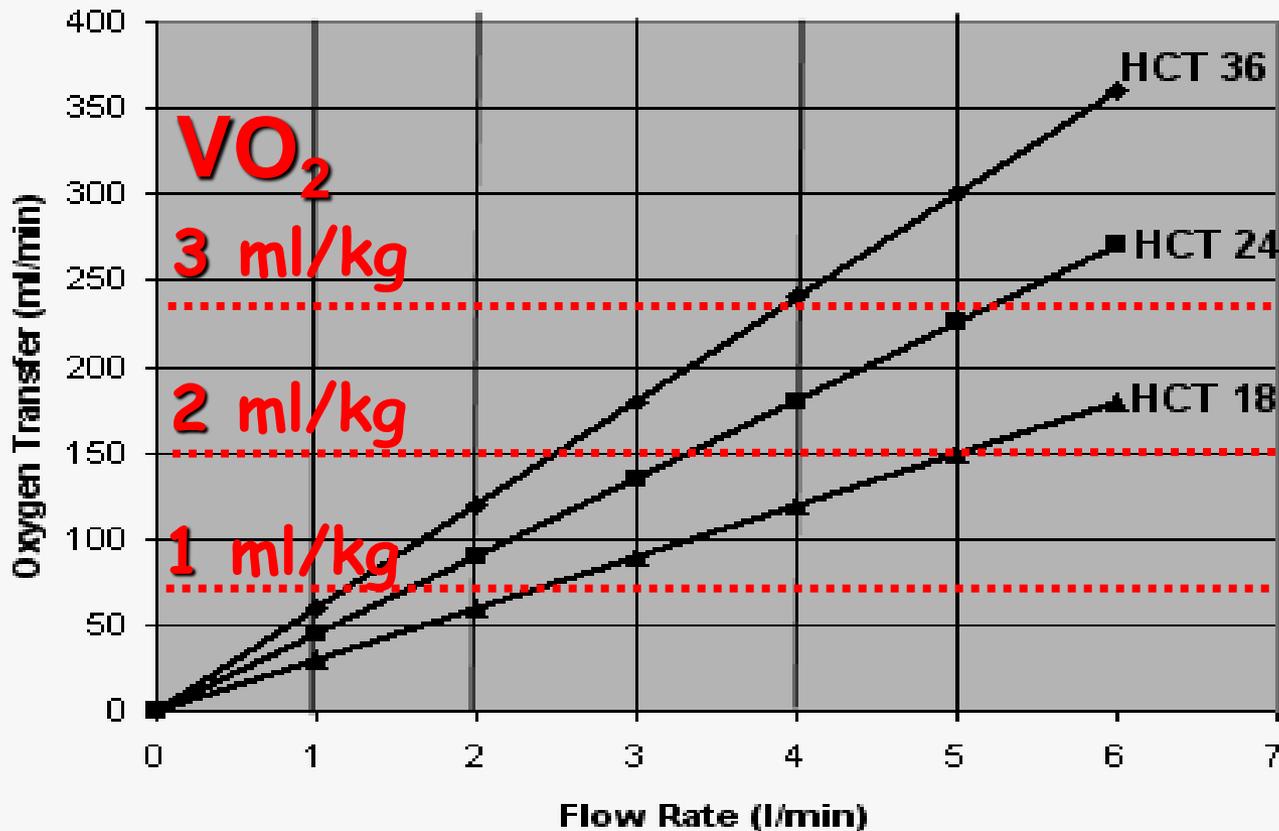


动脉压

- 动脉压和和流量之间的关系密不可分。
- 对于大脑尤其是糖尿病患者的大脑，压力应该作为独立的判断灌注是否足够的指标。

DO₂ (氧供)和Hct

Relationship: Oxygen Transfer and Hemoglobin and Flow rate (Capiox SX18)



通过增加流量DO₂，
Hct-VO₂需求

HCT

- 因此，hct 和动脉流量与 DO_2 成正相关。
- 最佳的HCT? 如果HCT低的话，提高流量可以增加一定的氧供来弥补。

PaO₂

- 最佳的PaO₂
- 血液中的氧含量主要依赖于HCT和血红蛋白的饱和度。
- 一旦，血红蛋白饱和，正常情况下的 PO₂ 在120 mm Hg,那么增加 PO₂ 对于提高氧含量的作用微乎其微.
- **What hasn't been proven is if high PaO₂'s induce pathological changes during CPB.**

PaCO_2

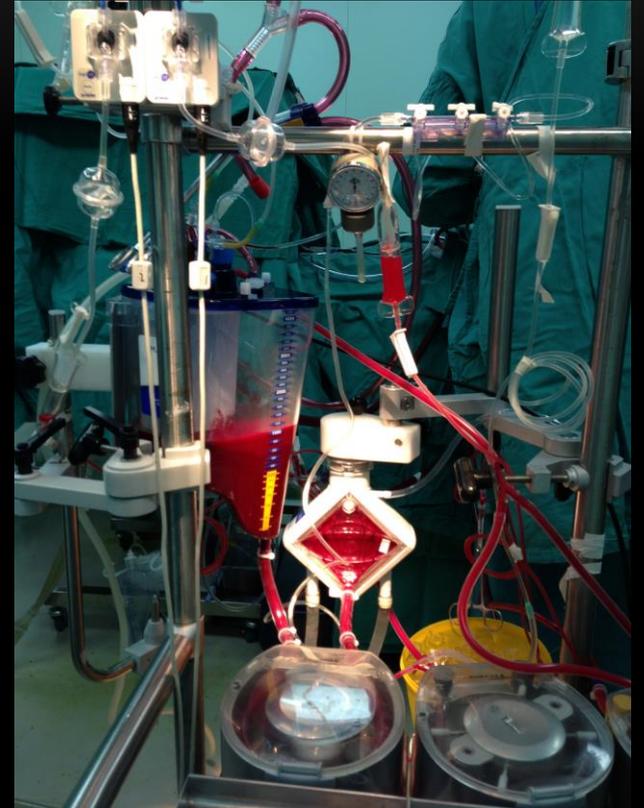
- PaCO_2 's 对于 pH, HCO_3^- , 血红蛋白饱和度脑循环有着显著的作用。
- 目前的数据表明在CPB过程中, 维持 PaCO_2 在一个生理范围35-40 mm Hg是重要的.

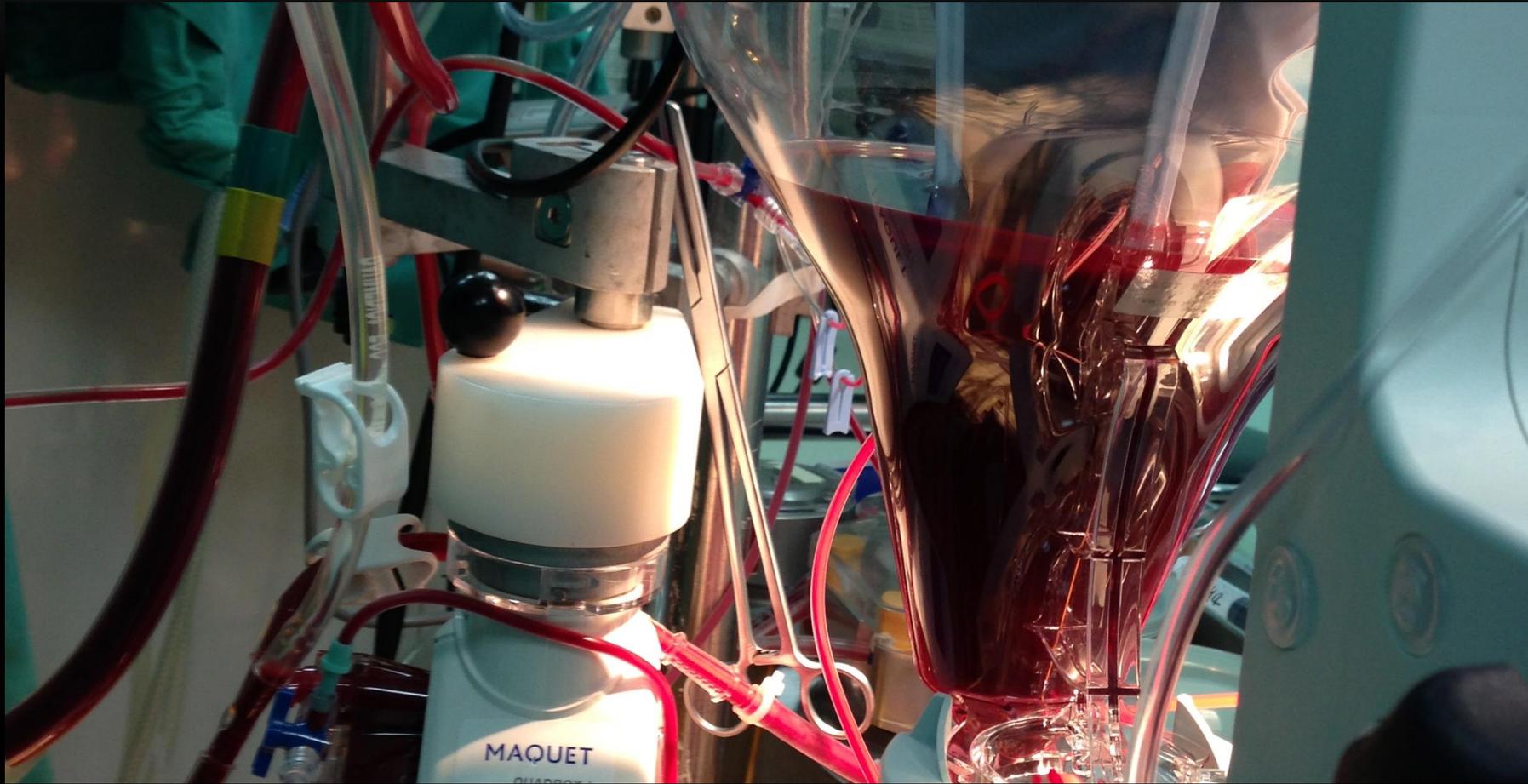
结论

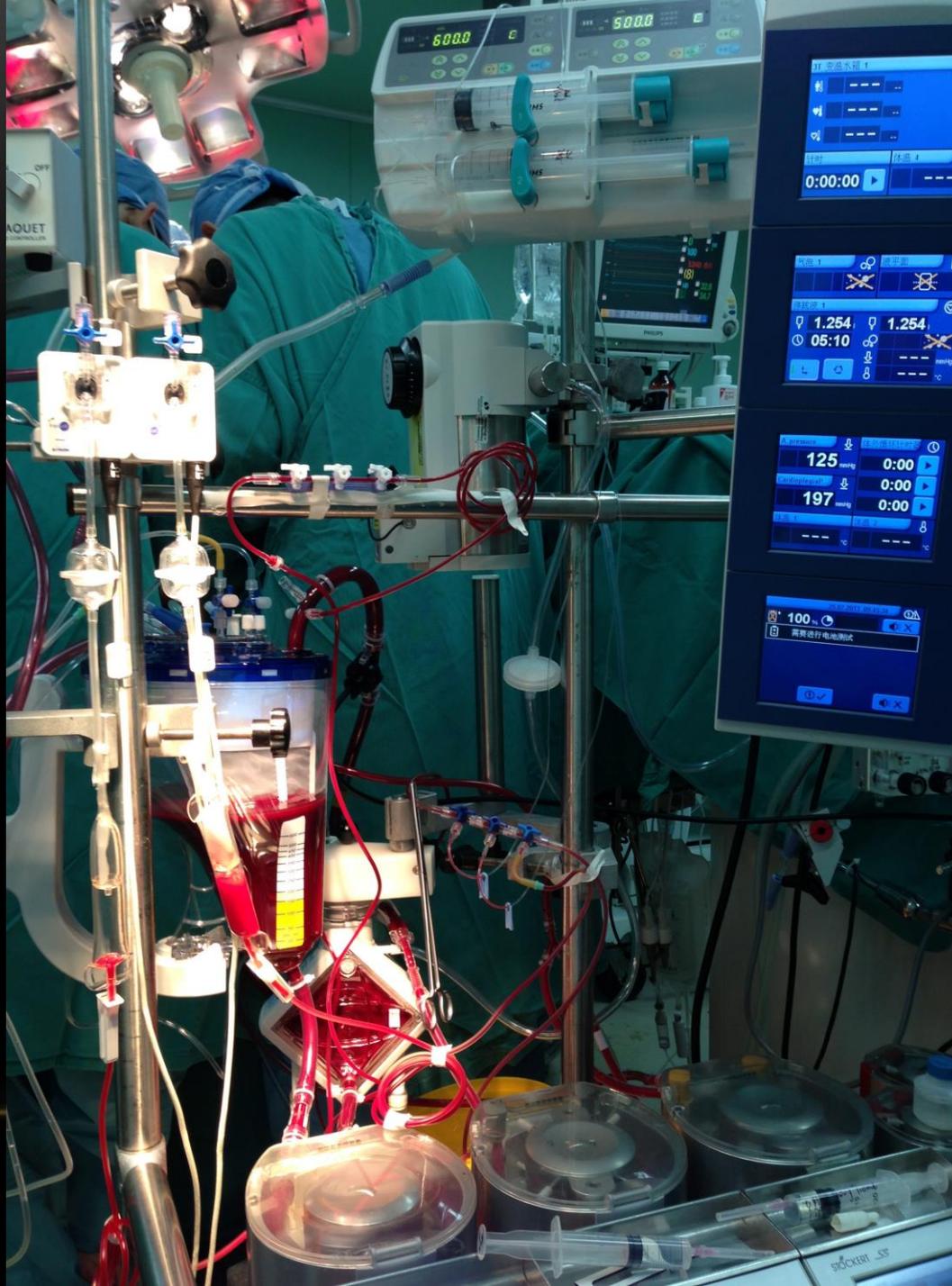
- 流量
- 1.8 L/min/m² 常规成人患者
- 2.4 L/min/m² 婴幼儿患者
- ?? 老年患者
- 压力
- ≥ 50 mmHg 在糖尿病患者中灌注压应该更高一些。
- **HCT**
 - 21-24%,可能对于老年患者应该更高一些。
- **PaO₂** >120 mm Hg
- **PaCO₂** 35- 40 mm Hg

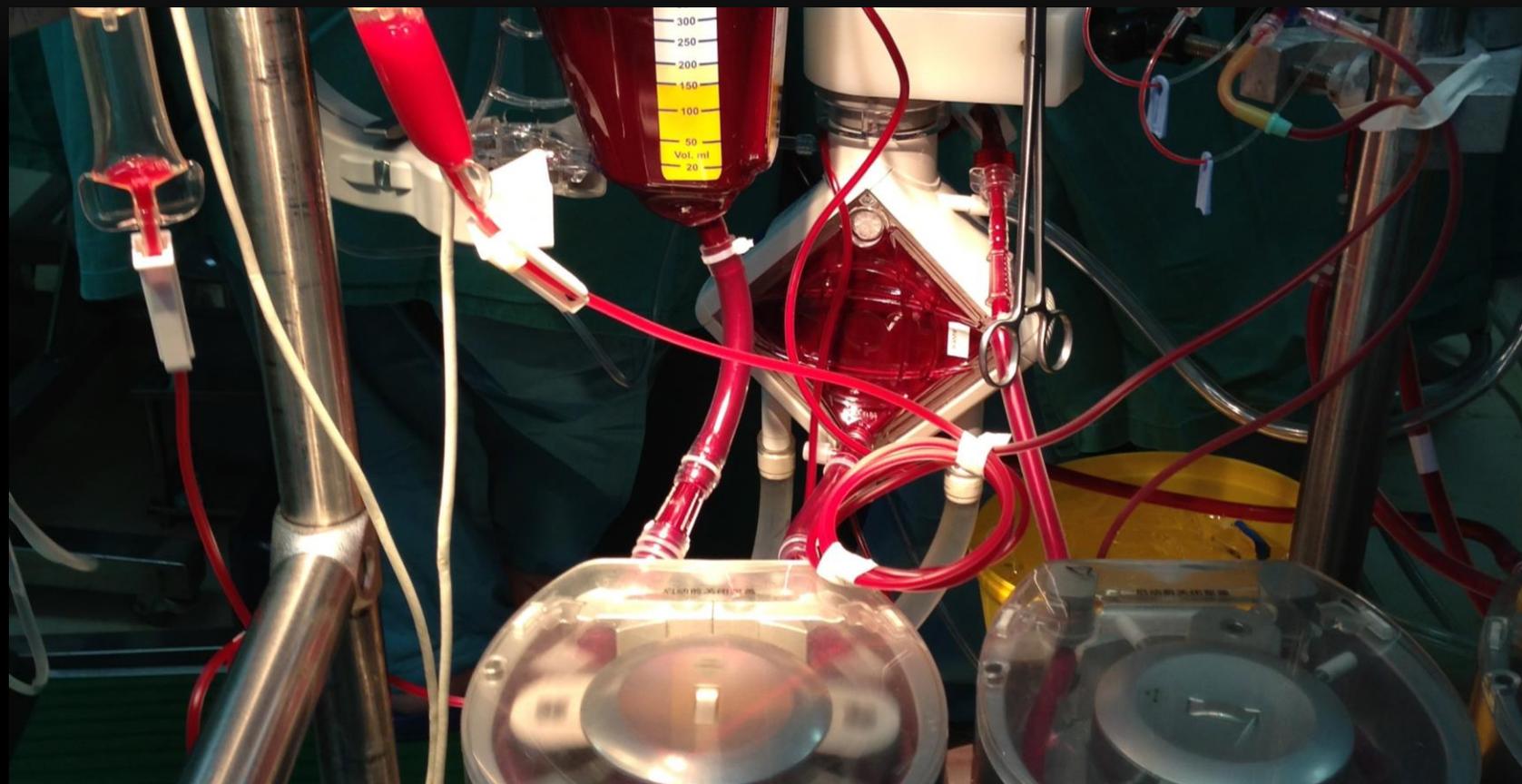
临床开展的体外循环技术

- 微创手术的股股转流。(胸腔镜技术)
- Mi你CPB技术
- 复合多角度血液保护措施的临床应用。
- Mini—Cardioplegia











Thank you for your attention

