

体外循环中水、电解质紊乱和纠正

阜外医院体外循环科

李景文



内容提要

- ◎ 体外循环水代谢紊乱和纠正
- ◎ 体外循环中电解质代谢紊乱和纠正

钾离子紊乱和纠正

钙离子紊乱和纠正

钠离子紊乱和纠正

镁离子紊乱和纠正

第一部分

体外循环水代谢紊乱和纠正

“水肿”

水代谢的一般知识

- ◆ 体液容量、分布
- ◆ 水与溶质的运动
- ◆ 水的交换

体液的容量及其分布（一）

- ◆ 新生儿水占体重75%
- ◆ 一般成年男性水占体重60%
- ◆ 女性体内水占体重50%
- ◆ 极度肥胖和老年人水占体重40-45%

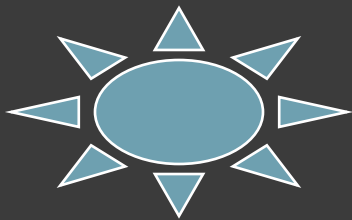
体液容量及其分布（二）

- **细胞内液 (ICF)**: 在成人约占体重40%，即2/3的水在细胞内
- **细胞外液 (ECF)**: 约占体重20%，即1/3的水在细胞外
 - ◆ 间质-淋巴液: 约占体重15%
 - ◆ 血管内液: 即血浆占5%。
 - ◆ 脑脊液、关节囊液及胃肠分泌液占1-2%

体外循环中的水的紊乱和纠正

- ◆ CPB中水肿的发生

- ◆ CPB中水代谢的管理



体外循环引发机体水肿的严重表现

主要是各个主要器官的间质水肿。

- ◆脑水肿：CNS并发症
- ◆肺水肿：呼吸功能不全
- ◆腹水：循环难以维持
- ◆肾功能受影响
- ◆肢体水肿等

水肿的原因：

主要是体外循环引起的**SIRS**

还包括：

- ◆ 外科手术不满意
- ◆ 体外循环预充不合理
- ◆ 体外循环引起急性肾功能不全
- ◆ 长时间体外循环转流

体外循环中水肿的发病机制

- ◆ 毛细血管静水压力过高
- ◆ 毛细血管通透性增高
- ◆ 肾脏排尿减少
- ◆ 血浆胶体渗透压降低
- ◆ 缺氧、低钠血症

(一) 毛细血管静水压力过高

- ◆ **回流障碍**: 静脉引流管扭折、阻塞、插管过细或插管过深
- ◆ **心功能不全**: 术中缺氧、机械损伤或心肌保护不当
- ◆ **微循环淤积**: 炎性介质释放、药物

(二) 肾脏排尿减少

- ◆ 机制：有效滤过压=肾小球毛细血管血压 - (血浆胶渗透压+肾小囊内压)
- ◆ 灌注压下降
- ◆ 胶渗透压过高
- ◆ 囊内压增高
- ◆ ADH分泌增多
- ◆ 醛固酮分泌增多

(三) 血浆胶体渗透压降低

- ◆ 预充不当、血液稀释
- ◆ 机械性破坏、异物、低温引起蛋白变性
- ◆ 血管通透性增加，蛋白重分布

(四) 毛细血管通透性增高

- ◆ FDP ↑
- ◆ 补体
- ◆ PGE ↑
- ◆ 组织胺、激肽
- ◆ 中性粒细胞弹性蛋白酶

(五) 缺氧、低钠血症

- ◆ 低温时血红蛋白氧离曲线左移，血液氧释放能力降低
- ◆ 冷刺激使血液流经动静脉短路，乳酸不断增加
- ◆ 血液与异物接触产生内毒素，影响ATP产生， Na^+-K^+ ATP酶运转失灵，细胞内钠增多，钾减少，易引起细胞水肿

(六) 心内畸形矫正不满意

- ◎ 主要是流出道疏通不满意，可引起左或右心功能障碍，出现体循环淤血水肿或肺水肿。

体外循环水代谢的管理

- ◆ 积极预防CPB中的水肿
- ◆ 胶体预充
- ◆ 组织有效灌注
- ◆ 肾脏排水利尿
- ◆ 减轻炎症反应
- ◆ 维持酸碱平衡的稳定
- ◆ 滤水

(一) 积极预防CPB中的水肿

- ◆ 探视病人，及时发现异常情况
- ◆ 管道系统的选用
- ◆ 合理的预充计划
 - ◆ 稀释度不宜过大
 - ◆ 补充一定量的胶体：婴幼儿、营养状况差者

预充原则：

- ◎ 血红蛋白浓度、胶体渗透压是关键
- ◎ 危重人群：老年患者（**65**岁以上）、低蛋白血症、婴幼儿
- ◎ 15kg以下患儿（含新生儿）：库血+白蛋白（或FFP）

(二) 胶体预充

- ◆常用的胶体种类:
- ◆血浆：紫绀、凝血机制差
- ◆白蛋白：20%A1b10g = 200ml 血浆
- ◆血定安、贺斯？
- ◆右旋糖酐、706代血浆
- ◆氟化物（人造血）：携氧能力强；排泄慢、价格昂贵

(三) 保证组织有效灌注

- ◆ 提高灌注流量
- ◆ 积极补充液体 - 过敏、出血等
- ◆ 改善心功能: CVP, LAP
- ◆ 及时调整插管或消除管道阻塞

(四) 肾脏排水利尿

◆ 提高灌注压

◆ 速尿:

◆ 甘露醇:

(五) 减少炎症反应

- ◆ 良好的体外循环设备
- ◆ 避免术中过度血液吸引
- ◆ 皮质激素
- ◆ 白细胞过滤器等

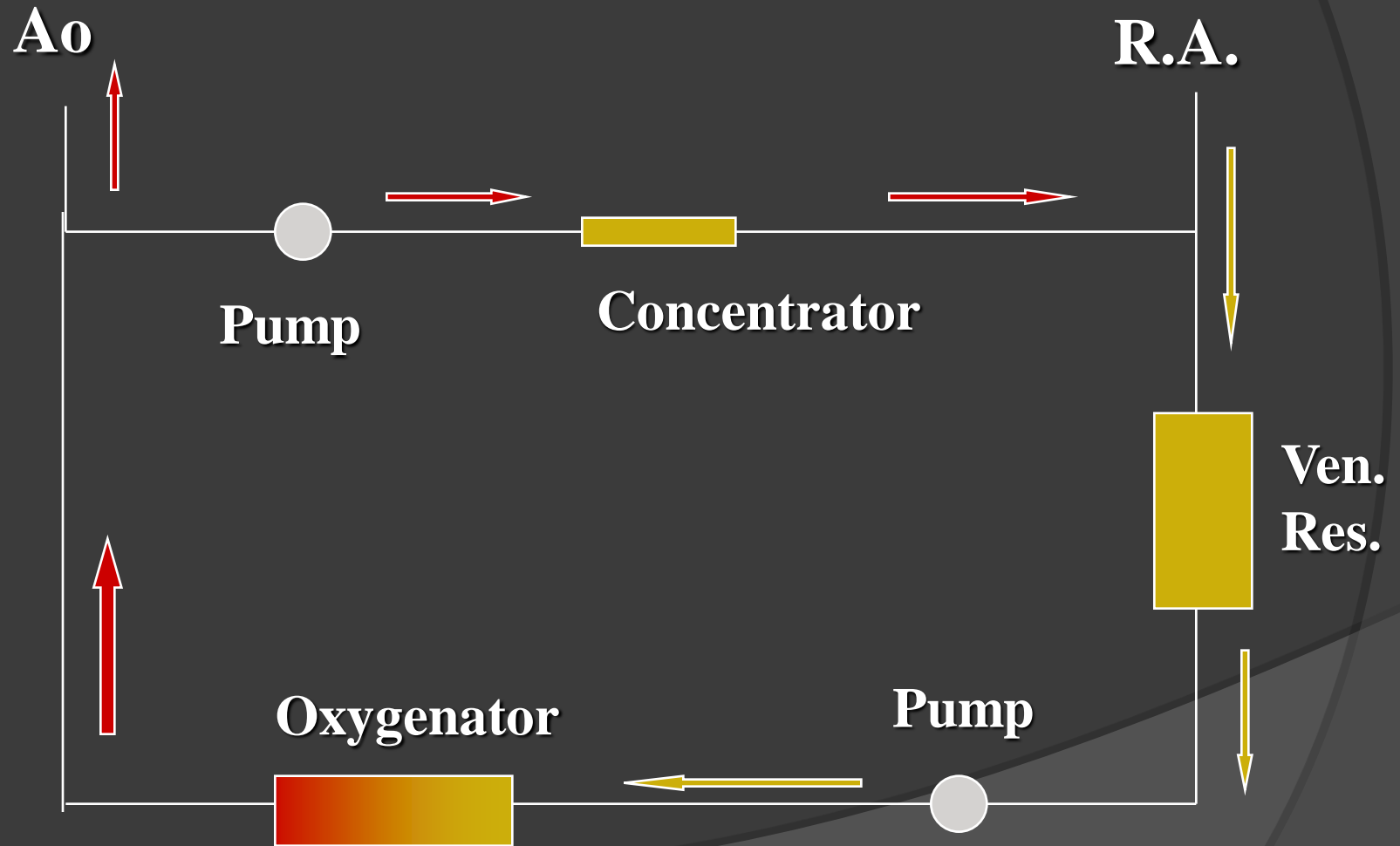
(六) 维持酸碱平衡的稳定

- ◆ 监测血气，及时纠酸
- ◆ 慎用葡萄糖液：血糖利用障碍；低钠、低氯血症
- ◆ 应用乳酸林格氏液：乳酸盐的缓冲作用；电解质成分和血浆形似

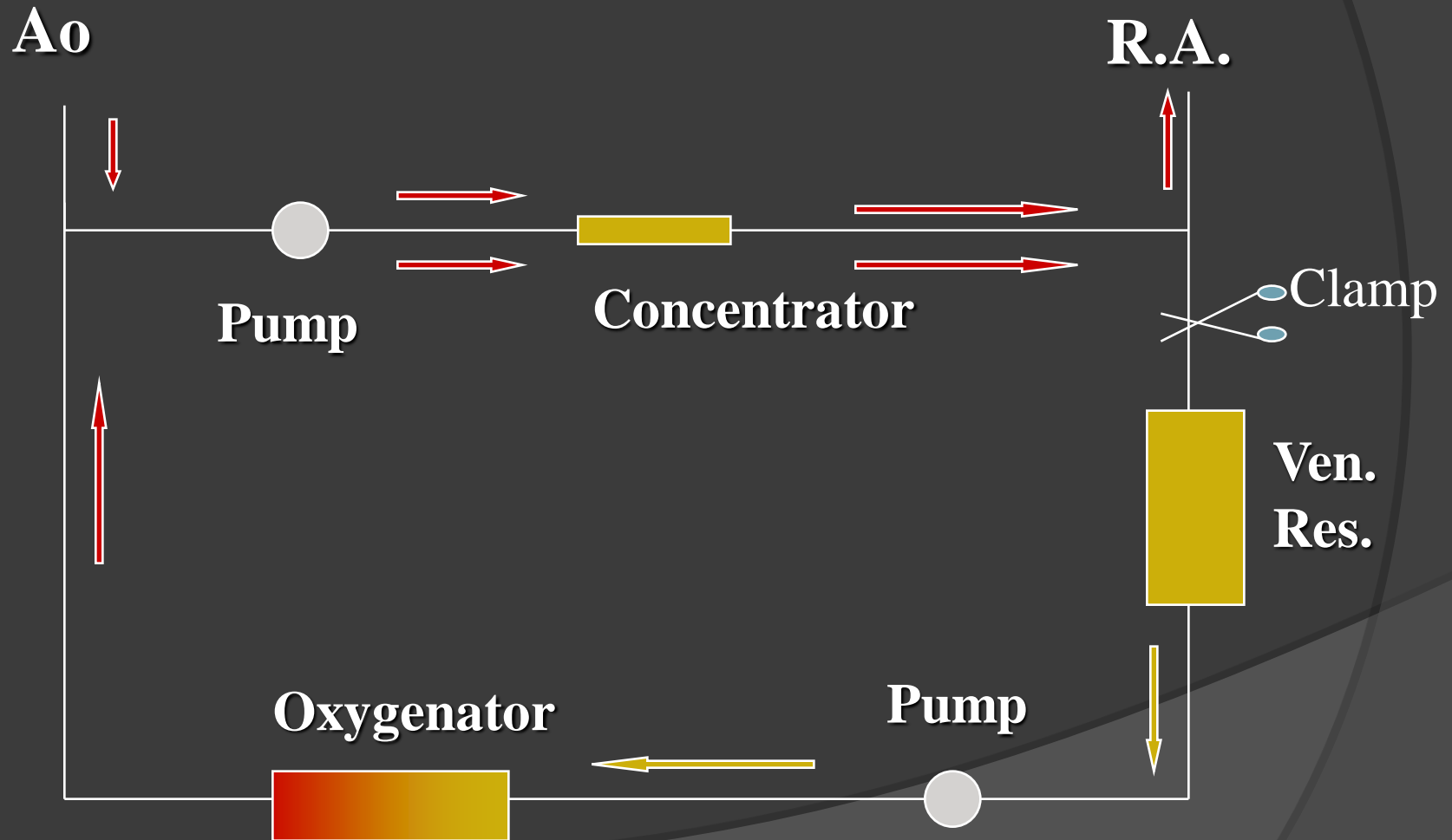
(七) 滤水器的应用

- ◆ 原理
- ◆ 滤出液成分
- ◆ 意义
- ◆ 不利之处
- ◆ 目前临床应用方法

Technique: During ECC



Technique: During MUF



MUF的优点

- ◆ 体外循环后有效滤除体内水分，15-20分钟。
- ◆ 此装置在术中及术后均可使用。
- ◆ 可有效改善体外循环后血流动力学。
- ◆ 避免因小体重患儿术中液面难维持而无法进行超滤
- ◆ 节约库血预充

MUF缺点：

- ◆ 耗时
- ◆ 对机体温度的影响
- ◆ 是一项新技术

炎性介质

- ◎ 大多数炎性介质的分子量是6,800 to 35,000 daltons.
- ◎ 目前市场上进口血液过滤器的通透膜孔径是55,000 - 65,000 daltons.

二、体外循环中电解质代谢紊乱与纠正

体液电解质的组成

- ◆ 血浆：阳离子(50%) - 主要为 Na^+ 、 K^+ 、钙离子、镁离子；阴离子(50%) - Cl^- 、 HCO_3^- 、磷酸氢根、硫酸根
- ◆ 组织间液：无蛋白质，电解质成分与血浆同
- ◆ 细胞内液：阳离子 - 主要为 K^+ 、钙离子、镁离子、 Na^+ ；阴离子 - 主要为磷酸氢根、 Pr^-

电解质的生理功能

- ◆ 维持体液的渗透压和酸碱平衡
- ◆ 维持神经、肌肉、心肌细胞的静息电位，参与其动作电位的形成
- ◆ 参与新陈代谢等生理活动

体外循环中钾代谢异常

正常钾代谢

- ◆ **分布**: 98% 在细胞内; 2% 在细胞外
- ◆ **含量**: 正常血浆和细胞外液中如低于 3.5mmol/L 为低钾血症, 高于 5.5mmol/L 为高钾血症.
- ◆ **代谢**: 从消化道吸收, 从汗、尿、粪排泄

CPB中低钾的原因

- ◆ 血液稀释：术前低血钾；常温不停跳手术
- ◆ 补充不足：渗透性利尿剂排出，普通吸引器丢弃大量血液，却未及时补充钾
- ◆ 尿失去过多：长期心衰；术中应用利尿剂；血糖[↑]
- ◆ 异常转移：碱中毒；低温

CPB中低钾的不利影响



- ◆ 复苏困难，心律失常
 - ◆ 兴奋性增高
 - ◆ 自律性增强
 - ◆ 传导性减慢
- ◆ 血压偏低: 血管对儿茶酚胺的反应性降低
- ◆ 抑制糖原、蛋白质的合成
- ◆ 代谢性碱中毒的发生

诊断标准

- ◆ **血气**：成人 $<3.5\text{mmol/L}$ ； 婴幼儿 $<3.0\text{mmol/L}$
- ◆ **心电图**：仅作为参考标准。T波低平，出现明显的U波，以及S-T段压低为低钾的特征性表现。

低血钾的预防和纠正

- ◆ 术前加强认识
- ◆ 术中重复监测后考虑补钾
- ◆ 根据尿量，监测血气补钾
- ◆ 尽量不在预充液中加入钾（尤其是婴幼儿）

补钾方法

- ◆ 补钾时机
- ◆ 补K⁺量=0.3×患者体重(kg)×(预纠正钾浓度-实际的钾浓度)，以血气判断纠正效果
(15%KCL, 1ml=2mEq)
- ◆ CPB中补钾速度与临床补钾不同
- ◆ 补钾效果不明显应考虑缺镁

体外循环中高钾血症的原因及处理

高钾血症的原因

- ◆ 假性高钾：标本；时机
- ◆ 肾排钾减少：原发或继发肾功能不全
- ◆ 内分泌异常：糖尿病，胰岛素分泌障碍
- ◆ 酸中毒：钾转移
- ◆ 血液破坏：长时间CPB；过度血液吸引
- ◆ 摄入过多：心肌停跳液；库血

高钾血症的不利影响

- ◆ 轻度高钾可增加心肌兴奋性，利于复苏
- ◆ 复苏困难，严重高钾可引起心室纤颤和心搏骤停
- ◆ 代谢性酸中毒

体外循环中高钾血症诊断标准

- ◆ 成年人 $>6.0\text{mmol/L}$
- ◆ 婴幼儿 $>5.5\text{mmol/L}$

高钾血症的预防

- ◆ 一次性注射器抽标本；检测时间应快；补钾后间隔一段时间再抽标本
- ◆ 婴幼儿如需库血预充，尽量使用新鲜血液
- ◆ 减轻血液破坏
- ◆ 保持酸碱平衡的稳定
- ◆ 心肌保护液灌注过多，应及时监测血钾

高钾血症的纠正

- ◆ 不能终止体外循环
- ◆ 葡萄糖-胰岛素疗法（5%的葡萄糖100ml加4-6单位的胰岛素）
- ◆ 人工肾滤水
- ◆ 10%葡萄糖酸钙1-2g
- ◆ 5%碳酸氢钠 50-100ml

CPB中低血钙及处理

一、正常钙代谢

- 1 分布和含量：99%以磷酸盐形式沉积于骨骼中，其它存在于液体中，正常血液浓度 $2.25-2.55\text{mmol/l}$
- 2 存在形式：蛋白结合钙、可扩散结合钙、离子钙 $1.02-1.26\text{mmol/l}$ （具有生理效应）

正常钙生理作用

二、生理作用：

a. 成骨

b. 调节细胞功能的信使（骨骼肌兴奋-收缩偶联；代谢；分泌；神经元兴奋性）

c. 酶活性调节

d. 凝血过程

正常钙代谢

三、 摄取、排泄和调节：成人日需0.5-1.0g，小儿多些由小肠吸收20%经尿、80%经粪排泄，受甲状旁腺、降钙素、维生素D₃调节，结合钙和离子钙可相互转化

CPB中低血钙的原因

- ◆ 血液稀释
- ◆ 碱中毒: 蛋白结合钙的比例增多
- ◆ 枸橼酸过多: 输入 (库血、血浆) 过多, 或降解减慢, 导致其与钙结合增多
- ◆ 其他: 大量心外吸引使得血液丢失

低钙血症的影响

- ◎ 心血管系统的抑制：
- ◎ 表现为：钙离子小于 0.66mmol/l ，体外循环阻力下降，心肌收缩减弱，进而出现低血压。

体外循环中补钙特点

- ◆ **诊断标准**: $<1.15\sim 1.25\text{mmol/l}$
- ◆ **积极补钙**: 库血、血浆预充时, 因枸橼酸和钙离子结合, 血钙降低。每200ml库血补钙0.5g
- ◆ 心脏复跳后5-10分钟, 常规补钙, 增加血管张力和心肌收缩力

高钠血症

- ◎ 血钠水平高于 145mmol/L 称之为高钠血症
- ◎ 高钠血症原因：对抗酸中毒滴注过多碳酸氢钠、血糖水平过度增高。
- ◎ 高钠血症危害：脑出血、术后高渗性昏迷、严重心功能不全

高钠血症的处理

- ◎ 切忌盲目加入碳酸氢钠
- ◎ 出现高钠血症加入等渗置换液以清除血中高钠水平，有较好效果，但同时需配备血液超滤器以滤除体内多余水分。

低钠血症

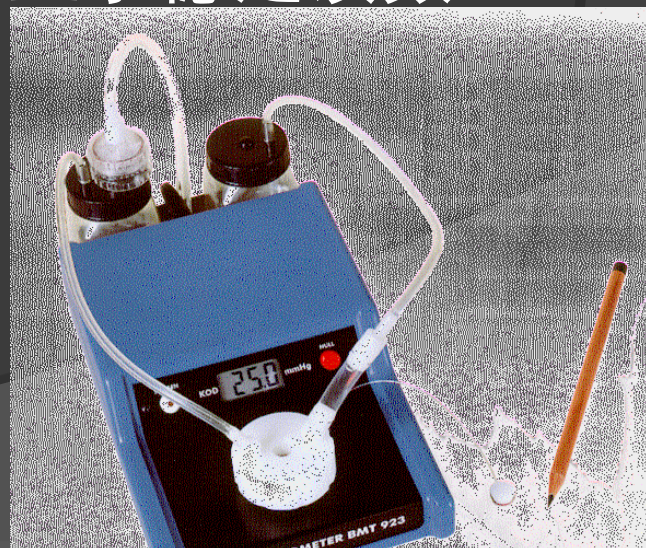
- ◎ 血钠低于135mmol/L
- ◎ 原因：HTK液可引起低钠血症
- ◎ 措施以预防为主，将HTK液尽量吸净，减少入血

CPB中血镁的变化

- 一、血镁正常含量 $0.75-1.25\text{mmol/l}$
- 二、生理作用：镁是数百种酶系统的辅因子
- 三、常规预充： 0.6ml/kg 或 0.5mEq/L
(10%硫酸镁)
- 四、注意给药时机（镁可使小动脉、微动脉扩张，外周阻力降低和动脉血压下降）

全血胶体渗透压

- ◎ 无需预热
- ◎ 显示为00.0
- ◎ 按压“pump”，清除样本室盐水
- ◎ 加入血样约100ul，15秒后再次按压“pump”，吸清血样
- ◎ 再次加入血样本100ul，30秒后显示稳定读数
- ◎ 重复检测几次取平均数
- ◎ 测完盐水冲洗样本室
- ◎ 测定范围99mmHg
- ◎ 误差 $\pm 0.2\text{mmHg}$



Questions? 谢
谢