

围术期自体输血

广西医科大学第一附属医院麻醉科
刘敬臣

输血存在的两大问题

* 血源性传染病和输血反应

我国乙肝病毒（HBV）感染人数达1.1亿，占总人口9%；90%丙肝由输血传播，输血后丙肝发病率高达10%-20%，特殊人群中丙肝病毒（HCV）携带者达70%；我国HIV感染者已超过84万，实际数？

* 血源不足与滥用

我国年用血量超过1300吨，其中外科用血约占70%，临床不必要的输血占50%。

输血原则

安全、有效、节约

无血外科的概念

目的：减少异体输血



术前准备、手术技术

麻醉、输血科管理

掌握输血指征

- * 输血指征:

必须开始输血的时机: Hb/Hct 和 综合判断

- * 10/30 规则:

Hb=10g/dl; Hct=30 %

一般情况下, 出手术室、出院时达到了这个标准就不必继续输血

- * 过度输血:

在任何时候当输血使得 $Hct \geq 36\%$ 时, 就认为是过度输血

美国输血指征

- * 6g/dl: <50岁, 无心脏病和术后并发症
- * 8g/dl: 稳定性的心脏病, 失血300ml
- * 10g/dl: 老年人, 术后有并发症, 心肺代偿差

Robertie: Int Anesthesiol Clin 28: 197-204, 1990

- * 11g/dl (Hct33%) : 重危病人, 强调维持适当的血容量比输血更重要

Czer and Shoemaker: Optimal hematocrit value in critically ill postoperative patients. Surg Gynecol Obstet 147: 363-368, 1978

卫计委（卫生部）输血指南（2000年）

-  **Hb > 100g/L** **不必输血**
-  **Hb < 70g /L** **应考虑输入浓缩红细胞**
-  **Hb 70~100g/L** **根据病人代偿能力、一般情况和其它脏器器质性病变**

围术期自体输血的种类

* 储存式

- * 术前自体血储存（Preoperative Autologous Donation PAD）
- * 急性等容血液稀释
(Acute Normovolemic Hemodilution ANH)
(Intraoperative Autologous Donation)
- * 急性高容稀释
(Acute Hypervolemic Hemodilution AHH)

* 回收式（Blood Salvage BS）

- * 术中对自体血回收及回输
- * 术后对自体血回收及回输

应当首选自体血

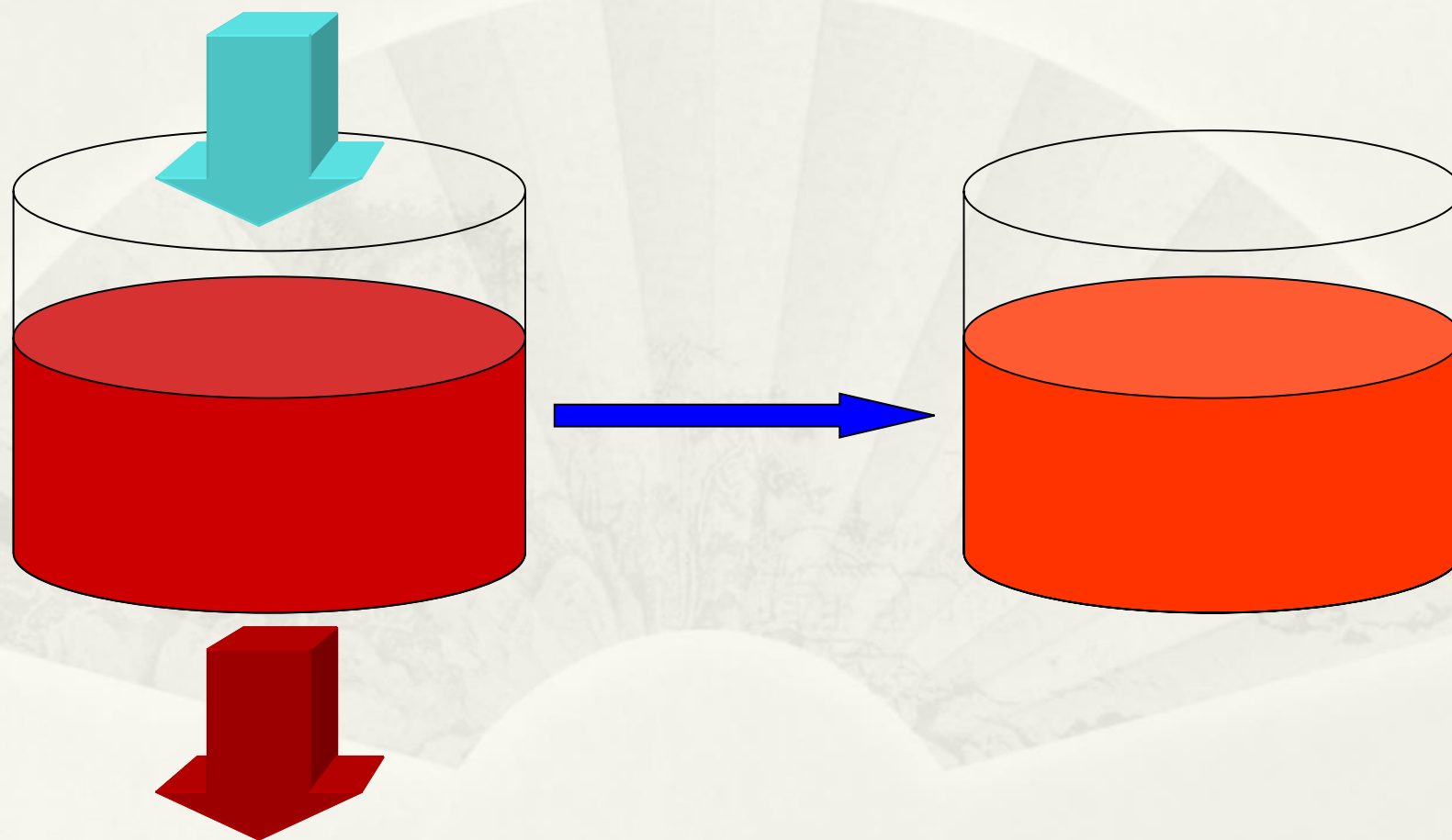
- * 避免血源传播性疾病
- * 避免输血的免疫反应
- * 降低对库血的需要量
- * 已备好或及时回收自体血，有利于挽救
- * 血液质量高功能好

一、急性等容血液稀释

急性等容量血液稀释 (acute normovolaemic haemodilution, ANH) :

在麻醉后、手术主要出血步骤开始前进行采血，同时补充等效容量的晶体或胶体液，使血液稀释，从而减少失血时红细胞的丢失，同时又得到相当数量的自体血。在手术中需要时再将采得的自体血回输,以达到不输或少输异体血的目的。

ANH示意图



（一）ANH的分类

- * 急性**有限度**的等容血液稀释（acute limited normovolaemic haemodilution）：Hct稀释至28%左右
- * 急性**极度**等容血液稀释（acute extreme normovolaemic haemodilution）：Hct稀释至20%左右
- * **扩大性**急性等容血液稀释（augmented acute normovolaemic haemodilution）：用具有携氧能力的红细胞代用品（游离血红蛋白）作为稀释液。

也有根据HCT被稀释的值将其分为

轻度ANH: $\text{HCT} \geq 30\%$)

中度ANH: $20\% < \text{HCT} < 30\%$

重度ANH: $\text{HCT} \leq 20\%$

(二) ANH 对生理功能的影响

- ① 对氧代谢的影响
- ② 对重要脏器功能的影响
- ③ 对凝血功能的影响
- ④ 对血管与组织间液平衡的影响

1、ANH对氧代谢的影响

血液稀释前（全麻状态下）

男性，60kg, 血液稀释前Hb14g/dL, FiO_2 50%

$$\begin{aligned}\text{氧含量 (CaO}_2\text{)} &= \text{Hb} \times 1.36 \times \text{SaO}_2 + \text{PaO}_2 \times 0.003 \\ &= 14 \times 1.36 \times 100\% + 200 \times 0.003 \\ &= 19.04 + 0.6 = 19.64 \text{ ml / 100 ml 血} \\ &= 0.1964 \text{ ml / 1 ml 血}\end{aligned}$$

$$\text{氧输送 (DO}_2\text{)} = \text{CaO}_2 \times \text{CO} = 0.1964 \times 4000 = 785 \text{ ml}$$

氧耗量 (VO_2) : 静息状态下, 成人4ml/kg, 小儿6ml/kg

$$= [\text{Hb} \times 1.36 \times (\text{SaO}_2 - \text{SvO}_2) + (\text{PaO}_2 - \text{PvO}_2) \times 0.003] \times \text{CO}$$

≈ 180~200ml (全麻状态下)

$$\text{氧摄取率 (O}_2\text{ER)} = \text{VO}_2 / \text{DO}_2 = 25\% \text{ (正常22~32\%)}$$

血液稀释后（全麻状态下）

$$\begin{aligned}\text{氧含量 (CaO}_2\text{)} &= \text{Hb} \times 1.36 \times \text{SaO}_2 + \text{PaO}_2 \times 0.003 \\ &= 8 \times 1.36 \times 100\% + 200 \times 0.003 \\ &= 10.88 + 0.6 = 11.48 \text{ml} / 100 \text{ml血} \\ &= 0.1148 \text{ml} / 1 \text{ml血}\end{aligned}$$

$$\text{氧输送 (DO}_2\text{)} = \text{CaO}_2 \times \text{CO} = 0.1148 \times 5000 = 570 \text{ml}$$

为稀释前**72.6%**

氧耗量 (VO₂)

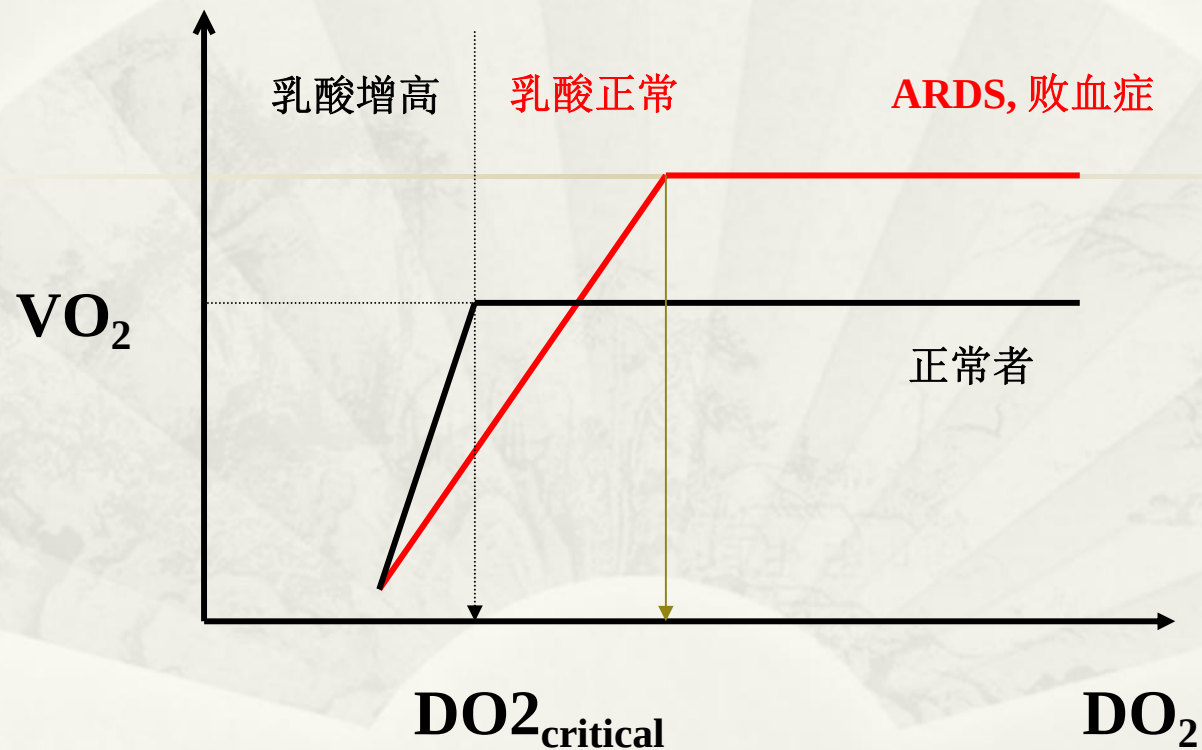
$$\text{氧摄取率 (O}_2\text{ER)} = \text{VO}_2 / \text{DO}_2 = 180 / 570 = \textbf{32\%}$$

ANH时Hb的临界值问题

DO_2 在一定范围内降低时， VO_2 可通过相应机制代偿（见后述），维持正常的氧耗。

当 DO_2 降低超过临界值时， $VO_2 \downarrow$ ，乳酸 $\uparrow$

机体的在正常时和异常时的氧供需关系 (非) 依赖性



DO₂临界值为多少？

犬: 10 mL/kg/min), 2.5 ~4.1 g/dL (18% ~ 26%)

猪: 9~13 mL, 3.0 ~4.6 g/dL (29% to 54%)

人 ?

研究1: 清醒、静息状态下

10.7 mL/kg/min) 还未达到临界值! 5 g/dL

研究2: 9.9ml→7.3ml (Hb 4.8g/dL),未见氧供不足

个案: 84岁病人麻醉状态下

DO₂临界值为4.9ml/kg/min (4g/dL)

ANH时氧代谢的代偿机制：

1.增加心排血量和心指数：当Hct降至20%~25%时，
CO可增加16%~50%

原因：①血液稀释→血粘度↓→总外周阻力↓
→后负荷↓→CO ↑

②血粘度↓→静脉回流↑→前负荷↑→CO ↑

③贫血→心率↑→CO ↑

2.血粘度↓→微循环改善→各组织间灌注更均匀一致
→改善氧合。

3.ANH→氧解离曲线右移→组织氧摄取率↑

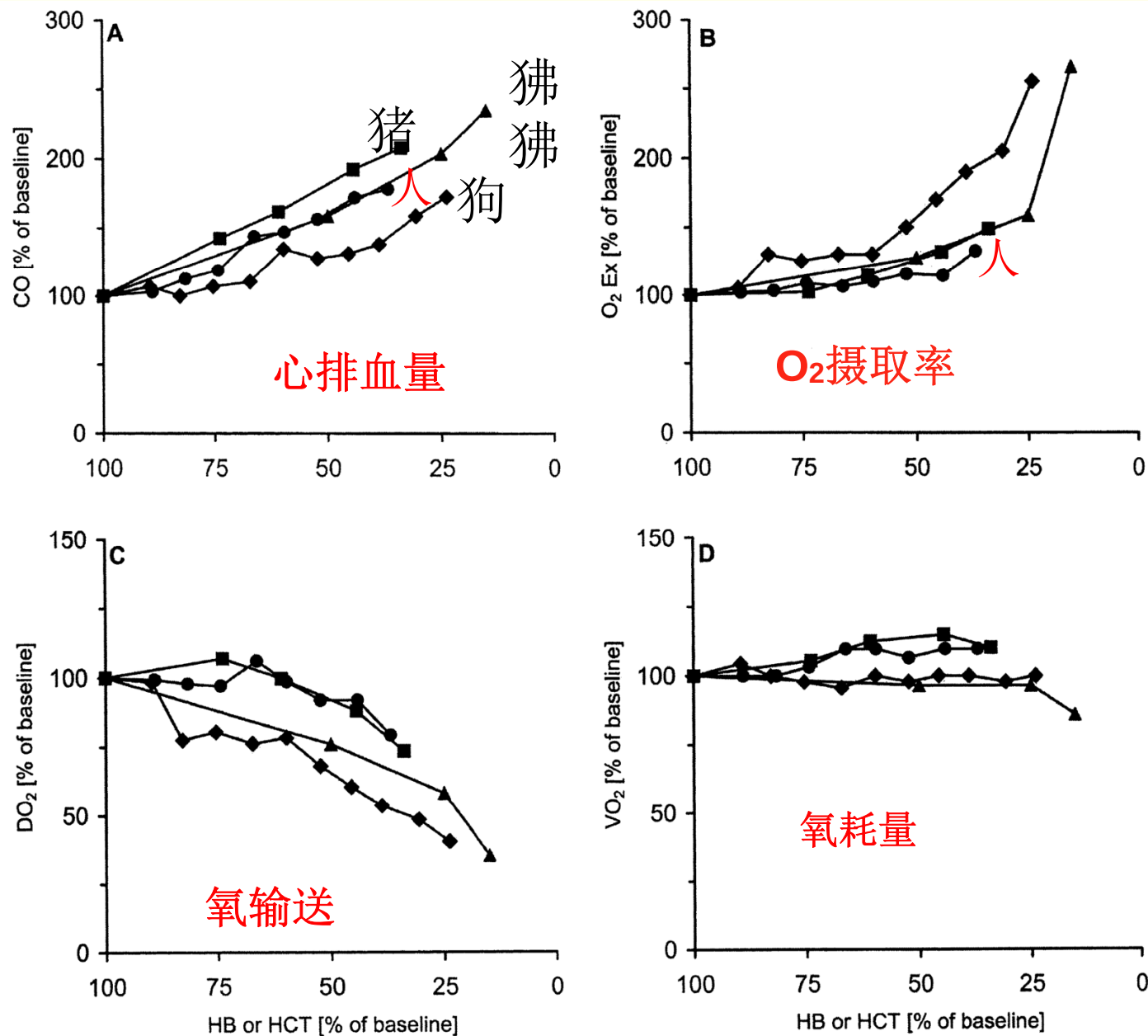


Fig 1. Relative changes of (A) cardiac output (CO, % of baseline), (B) O₂ extraction (O₂-Ex, % of baseline), (C) O₂ delivery (DO₂, % of baseline), and (D) O₂ consumption (VO₂, % of baseline) during progressive ANH in pigs (■), dogs (◆), baboons (▲), and man (●). Note that the combined increases of CO and O₂ extraction allow maintenance of VO₂ even at very low hemoglobin levels. (Modified according to Moss et al,⁹⁴ Weiskopf et al,¹³ van der Linden et al,²⁴ and van Woerkens et al.³⁸)

血液稀释→Hb↓→血氧含量↓

- * Hct>20%, Hb>70g/L: 组织供氧不变
- * Hb<50~70g/L: 氧供↓, 氧摄取率↑→混合静脉氧张力↓, 氧饱和度↓→HR↑, ST-T改变
- * 有文献推荐: 麻醉后的健康患者可以在Hb降到60g/L再输血, 在此限度内患者循环稳定, 没有缺氧现象
- * **ANH的安全界限:Hb60g/L或HCT 0.20**

2、ANH对重要脏器功能的影响

☆脑 ANH→脑血流↑，血粘度↓，微循环改善

●Hct=30%时脑组织灌注最佳

●保持血液二氧化碳张力正常→脑血管自动调节功能使脑血流基本不变，或仅略有↑

●ANH时脑的氧供首先得到满足，即使Hb稀释至50g/L，也未测出大脑氧耗的改变

●<7g/dL, 认知功能下降，反应迟钝

●脊髓损伤时ANH可能加重病情。

●颅内病变的病人实施ANH须慎重：脑血流↑→颅内压↑

☆心脏

Hct>20%: 心肌内外层血流比无影响

Hct<10%: 左心室内外层血流比显著↓→心肌缺血
心脏病人(尤其冠脉狭窄及老年患者)施行ANH
需谨慎。

☆肝肾

- ANH → 血液粘稠度 ↓、血容量 ↑ → 微循环改善 → 肝肾最大发挥其代偿作用
- 轻至中度ANH → 肾脏组织氧合及血流灌注基本不变
- 重度ANH → 肾血流 ↓

3、ANH对凝血功能的影响

- * 血液稀释→血小板↓，凝血因子↓
- * 胶体液可粘附在血小板表面→粘附与凝集↓→血小板功能↓

右旋糖酐>羟乙基淀粉

影响为暂时性：用量<1500ml/d 对凝血、纤溶系统无影响。

新一代改良明胶液（血定安、海脉素）：无抗栓作用，对凝血功能影响很小，用量可达5~10L/d

*一般认为：

Plt $> 50 \times 10^9/L$

其他凝血因子不低于正常水平的20%~30%，

血浆纤维蛋白原（Fib） $> 0.75g/L$

即能满足凝血的需要

*轻中度血液稀释：不会造成凝血功能障碍

对血栓防治起积极作用

重度血液稀释：凝血功能障碍—稀释性凝血病

4、ANH对血管和组织间液平衡的影响

- * 血液稀释→血浆白蛋白↓
- * 机体代偿性补充白蛋白：
 - 1.肝脏加速白蛋白合成，减缓其分解
 - 2.从血管内、外蛋白贮备中补充、
- * 轻中度ANH：跨毛细血管胶体渗透压梯度变化不大
- * 重度ANH：血浆蛋白浓度进一步↓→组织间质渗透压不平衡→组织水肿

(三) ANH的适应证

- * 预计手术出血量500~2000ml的患者
- * 合并有红细胞增多症的手术患者
- * 因宗教信仰不接受异体血液输入者
- * 血型罕见，术中需要输血者等
- * 血源紧张时，需要手术者

(四) ANH的禁忌证

- 1、贫血：HCT<30%者。
- 2、低蛋白血症：血浆白蛋白<25g/L
- 3、凝血功能障碍。
- 4、老年或小儿：>70岁为相对禁忌，可能会发生重要器官缺血性损害；小儿血容量少，不宜稀释。
- 5、高颅内压：脑水肿风险↑。
- 6、重要脏器功能不全（ASA III级及以上）：如心梗、肺动脉高压、呼吸功能不全、肾功能不全等。
- 7、术中没有大出血可能的病人
- 8、血管条件差，采血困难者

(五) ANH的实施方案

采血前准备

- *签署ANH治疗同意书（术前）

- *监测项目

生命体征：心率、血压、呼吸、血氧饱和度、
氧分压、尿量等

血常规：Hb、HCT

建议：中心静脉压

如何采血

采血时机：麻醉诱导后

手术主要出血步骤开始前

采血途径：动脉（多用桡动脉）

中心静脉

周围大静脉(不推荐)

经另一静脉通道输入稀释液

纯氧吸入以保证充分氧合

采血量

- 1、估算法：成人采血500ml→HCT↓4%
- 2、按体重计算:15~20ml/kg
- 3、按公式计算：可抽血量=CV(HCT₁—HCT₂)/HCT
CV— 循环血量 (ml/kg)：男75，女65，
HCT₁—稀释前红细胞压积
HCT₂——稀释后红细胞压积
$$HCT = (HCT_1 + HCT_2) / 2$$

HCT₂为目标HCT：一般定为0.25~0.3

例如：70Kg男性， $HCT_1=40\%$ ，期望稀释到 $HCT_2=30\%$ ，采血量为：

1.按HCT下降10%计算 $=500ml \times (10\%/4\%)$
 $=1250ml$

2.按体重计算 $=70Kg \times 15 \sim 20) ml/Kg = 1050 \sim 1400ml$

3.按公式计算 $=70 \times 75 \times (40 - 30) / 35 = 1500ml$

稀释液的选择

晶体液：生理盐水、林格氏液等

胶体液：羟乙基淀粉、右旋糖酐、
海脉素、血定安等

晶：胶=2:1（1:1）

稀释液：采血量=2:1

或 采血量：晶体=1:3

《米勒麻醉学》第7版

采血量：胶体=1:1

血液保存

- * 无菌操作封口，贮存袋标注病人姓名、病区床号，住院号、采血日期、血型等内容
- * 预计6h内可回输完毕：室温下（22℃）保存
- * 预计6h内不能回输：送输血科专用储血箱保存

血液回输

- 1、回输时机：可参照卫生部输注异体红细胞指征 $HCT < 21\%$ 或 $Hb < 70g/L$ ；术中出血不多则在手术止血后回输。
- 2、回输前需按异体血输注常规仔细核对！
- 3、回输顺序：与采集时间相反，后采的先输，先采的后输。

(六) ANH的临床评价

- ☆大量研究证明了ANH的安全性及有效性
- ☆ANH在全世界范围被广泛应用于各类外科手术
- ☆在美国ANH被用作全髋置换手术的标准质量方案
- ☆ANH常与其它血液保护技术联合应用于各类外科手术：

控制性降压

术前自体血储存

术中回收自体血

改进手术操作技术减少出血

优势：

- *减少围术期血液成分丢失
- *改善微循环及重要器官的灌注
- *提供一定量的新鲜血小板及凝血因子
- *可节约同种血15%~40%，真正意义上达到不输和少输异体血的目的

ANH的临床价值

- 1.节约库存血；
- 2.提高输血安全性，无错输血型之虑，避免血源性疾病及异体输血所引起的感染、免疫抑制等并发症；
- 3.适用于因宗教信仰等原因不愿输异体血者或稀有血型者；
- 4.减轻患者经济负担；

副作用：

- 1.放血过多过快：BP↓、头晕、晕厥、低血容量性休克
- 2.输入稀释液过多过快(尤其含钠的胶体液)：心脏负荷↑→右心衰、急性肺水肿。
- 3.放血与输液不同步：脑缺血、心肌缺血等。
- 4.低蛋白血症。
- 5.血浆胶体渗透压改变：脑水肿、肺水肿。
- 6.过敏反应:低分子右旋糖酐、羟乙基淀粉等稀释液的致敏可能。
- 7.采血和回输过程中有血液污染的可能。

ANH的争议与局限性

- * 临床有效性及安全性仍存在争议
- * ANH可减少输血率和输血量，但不减少出血量
- * 在出血量较大时仍不能取代输异体血
- * 花费一定人力、物力、财力，效益/价格不高
- * 不提倡在外科手术中常规应用ANH
- * 大量出血需与RBC回收技术结合方能达到节血效果。

二、回收式自体输血

- * 指用血液回收装置，将患者体腔积血、手术失血及术后引流血液进行回收、抗凝、滤过、洗涤等处理，然后回输给患者。
- * 可回收手术野失血量的 50-70%
- * 生理盐水洗涤的压积红细胞（ Hct 40-65% ）
- * 洗除了90%以上的血浆成分、血小板、细胞碎屑、游离Hb和活性物质（激活的凝血物质、血小板、补体，以及FDPs等）

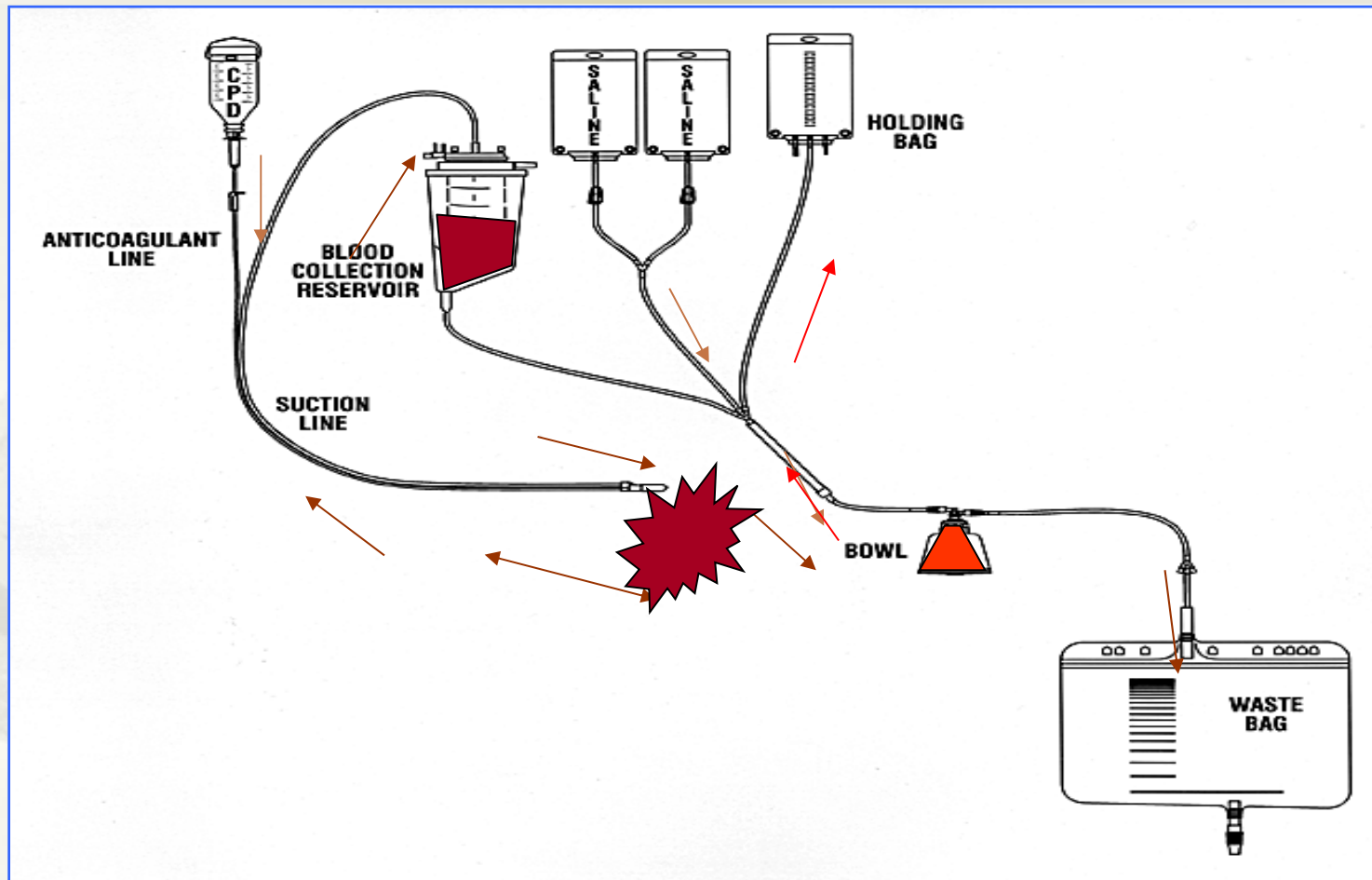
回收式自体输血适应证

- ◆ 心血管手术、矫形手术、器官移植和其他失血较多的手术患者；
- ◆ 胸腔外伤性出血患者；
- ◆ 突发性体腔内大出血，如动脉瘤破裂、肠系膜血管破裂、宫外孕、脾破裂等；
- ◆ 无严重内脏疾病，无感染性发热或菌血症。

回收式自体输血禁忌证

- ① 血液流出血管外超过6小时，或超过4小时的开放性创伤。
- ② 怀疑流出的血液被细菌、粪便、胆汁、胃肠道内容物、羊水（剖宫产术）或毒液污染。
- ③ 怀疑流出的血液含有癌细胞（恶性肿瘤）。
- ④ 流出的血液严重溶血。
- ⑤ 伤口感染、菌血症或败血症。

Cell Washing



洗涤红细胞特点与优点

- * 红细胞回收率： $\geq 95\%$ ；
- * 回收后血球压积： $> 50\%$ 。
- * 抗凝剂清除率： $> 98\%$ 。
- * 破碎细胞、游离血红蛋白、炎症因子等有害物质清除率 $> 98\%$ 。
- * 能迅速、及时地抢救病人
- * 红细胞质量高，2-3DPG，渗透脆性指数
- * 副作用小，(高钾、酸中毒、游离Hb及活性物质等)
- * 降低净失血量

回收式自体输血的缺点

- * 溶血—影响RBC回收率(负压过大)
- * 凝血障碍—稀释+丢失
- * 丢失蛋白—不可避免
- * 血液污染—外伤后濒临死亡的大出血
- * 肿瘤细胞的播撒

回收式自体输血的并发症

1、回收血综合征

少部分病人在回输自体血后发生**血压下降**、术中或术后伤口**弥漫性出血**、呼吸道阻力上升、肺顺应性与动脉**氧分压下降**、呼气末**二氧化碳分压升高**和**肺水肿**等**类似ARDS**的表现,还有带状核细胞升高及**全身性水肿**等。

原因：回收过程激活的血小板可粘附在回收机的离心碗壁上,形成沉淀,并继续作用于后来的血小板和白细胞。被激活的血小板及白细胞可释放出多种细胞因子及氧自由基 (ROS)。

,

2、肾功能不全

游离血红蛋白所致

3、凝血功能障碍

4、其他并发症

(1) 空气栓塞

(2) 感染

(3) 回收血中含有异常成分（如嗜铬细胞瘤）
或异物（如骨水泥）致相关并发症

(4) 脂肪、微聚物栓塞。

回收式自体输血液注意事项

- *当回收的浓缩红细胞量小于2000ml时
仅补充血浆代用品
- *当回收的浓缩红细胞量大于2000ml时
超过2000ml的部分补以等量新鲜冰冻血浆
- *当回收的浓缩红细胞量大于3000ml时，或血小板计数低于 $50 \times 10^9/L$ 时补充适量的血小板

自体血回收知情同意问题

- 1.建议自体回收的理由（优点）
- 2.并发症（缺点、风险）
- 3.经济问题
- 4.特殊情况：如恶性肿瘤意外大出血无异体血时

大量自体回输术后应密切观察：

- 1.循环、呼吸功能（回收血综合征、肺栓塞）
- 2.凝血功能
- 3.尿液量与颜色（有无肾功能不全及溶血）
- 4.有无全身感染。

小 结

- * 尽可能不输异体血、提高术前Hb水平
- * 掌握输血指征：Hb或Hct、心肺等器官功能状态
- * 最好的血液是：自体血（应鼓励应用）
- * 围术期自体输血主要方法：
 - 储存式（术前自体血储存、ANH）、回收式
 - 术中最常用：ANH和回收式
 - ANH最简单常用，但节血效果有限；回收式自体输血节血效果明显，但可能有严重并发症，必须认真告知，要严密观察，积极防治。

谢谢大家!