

复方氯化钠注射液替代生理盐水在自体血液回收式输血患者中的应用效果

孟繁君 杨秀莲 马倩 柳婷婷 闵红星
宁夏医科大学总医院 宁夏银川 750001

摘要：目的 探究复方氯化钠注射液在术中自体血液回收式输血患者中的应用效果。方法 选择 2022 年 5 月至 2023 年 12 月在我院采用自体血液回收式输血的 56 例患者作为研究对象，根据使用洗涤液的不同随机分为两组：生理盐水组（S 组）和复方氯化钠注射液组（M 组）。术中采用静-吸复合麻醉，插管成功后，行机械通气后取血样送检。自手术切皮开始回收机将术野的失血全部收回。根据吸入血液的速度相应调节肝素盐水的滴速抗凝，血液回收处理结束后，采用复方氯化钠注射液洗涤去除杂质，回输前取血样检测 P50、2,3-DPG 浓度，红细胞膜 Na⁺-K⁺-ATP 酶浓度，红细胞变形指数，溶血率、pH、K⁺、Na⁺、乳酸（Lac⁻）、葡萄糖（Glu）的水平。结果 两组患者的年龄、体重、性别之间比较差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；采集时间点 1 的 S 组和 M 组患者的 2,3-DPG，Na⁺-K⁺-ATP 酶浓度，DI，溶血率和血气分析结果比较差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；采集时间点 2 的 S 组和 M 组患者的 2,3-DPG，Na⁺-K⁺-ATP 酶浓度，溶血率和 pH 的指标差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。与 S 组相比，M 组的 P50，K⁺ 和 Glu 水平升高，而 DI，Na⁺ 和 Lac⁻ 水平下降，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ）；S 组内的溶血率，pH，Na⁺，K⁺，Lac⁻，Glu 相比，差异具有统计学意义（ $P < 0.05$ ）。M 组内的 P50，2,3-DPG，Na⁺-K⁺-ATP 酶浓度，DI，pH，Lac⁻ 和 Glu 相比较，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ）。结论 自体血液回收中红细胞在复方氯化钠注射液洗涤后更接近于生理状态，相比于生理盐水作为洗涤液在回收血液输注中的临床效果更好。

关键词：红细胞；自体血液回收；动脉血气分析；复方氯化钠注射液

术中血液回收是在负压下将手术区域出血与抗凝剂混合后收集，并通过离心洗涤去除受损红细胞、抗凝剂及组织碎片，获得高压积的红细胞悬液^[1,2]。自体血回输技术能减少患者异体血用量，可以有效缓解血源紧张，并降低输血并发症及医疗费用^[3]。目前各级卫生部门与医疗机构正积极推广自体输血^[4]，但在血液回收中，因高速离心、负压吸引等操作，红细胞易受损，影响回收质量，需引起临床关注^[5]。因此，研究新技术和材料以减少红细胞损伤十分必要。

早期红细胞保护的研究主要聚焦于钙拮抗剂和抗氧化剂等物质^[6,7]。虽然这些药物在体内应用时能够部分保护红细胞的结构与功能，但在洗涤过程中无法始终保证这一效果^[8]。通常术中血液回收采用生理盐水作为洗涤液和保存介质，因其成分单一，缺少酸碱平衡缓冲成分，且未提供红细胞保存所需的能量底物，从而影响了洗涤后红细胞的功能^[8,9]。理想的洗涤液应既能在离心过程中发挥清洗作用，也能作为

红细胞的保存液。研究显示，短期内大量使用 0.9% 氯化钠注射液会引发高氯血症，从而导致代谢性酸中毒，使肾血管收缩、肾小球滤过率下降，并损害肾功能^[10]。进一步研究表明，复方氯化钠注射液洗涤后红细胞的携氧能力优于生理盐水。本研究旨在探讨复方氯化钠注射液在自体血液回收中的应用效果，以维持红细胞功能，为临床自体血液回收提供理论依据和参考。

1 资料与方法

1.1 病例入选标准

本研究选取 2022 年 5 月至 2023 年 12 月在宁夏医科大学总医院手术的 54 例患者，按随机数字表法分为对照组和实验组，各 27 例。对照组（S 组）术中用生理盐水清洗回收红细胞，实验组（M 组）用复方氯化钠注射液清洗。

1.2 麻醉方法

所有患者均采用静吸复合麻醉的方式，患者进入手术室

后，建立外周静脉通路并行桡动脉穿刺，连接多参数监护仪，监测血压、心率等指标。麻醉前扩容晶体液（8mL/kg），给予1mg盐酸戊乙奎醚。快速诱导下经口明视气管插管，插管成功后进行机械通气，参数：氧流量2.0L/min，呼吸频率12次/min，潮气量6~8mL/kg。通过深静脉穿刺置入三腔导管监测中心静脉压及补液。

1.3 血液回收

自手术切皮开始，收回术野的全部失血。依据吸入血液的速度调节肝素盐水的滴速（2.5万单位/500mL），抗凝血经过滤装置过滤后，以5000r/min的速度离心分离红细胞，采用洗涤液洗涤红细胞至清亮。回收血液洗涤完成后，即刻从回输血袋内用于术中或术后回输。

1.4 标本采集

S组洗涤红细胞时采用0.9%氯化钠注射液；复方电解质组复方氯化钠注射液组（M组）洗涤红细胞时采用复方氯化钠注射液。选择两个时间点进行观察。分别是诱导成功后（采集时间1）和回收血液洗涤完成后回输患者前（采集时间2）。一组标本使用肝素抗凝管采集，另一组标本采用血气专用注射器抽取进行血气分析。

1.5 观察指标

1.5.1 红细胞变形指数

使用血液流变仪，利用激光衍射法检测红细胞变形指数（Deformability index, DI）。

1.5.2 血气分析

本研究使用GEM3000型血气分析仪检测多项血液参数，包括酸碱度（pH）、钠离子（Na⁺）、钾离子（K⁺）、血乳酸（Lac⁻）和血糖（Glu），为临床诊断和治疗提供依据。这些参数有助于评估患者的代谢状态、离子平衡和酸碱平衡。根据血氧饱和度50%的公式计算氧分压值P50，P50作为氧解离曲线的关键指标，反映血红蛋白与氧的结合与释放能力，间接评估氧供。为更直观展示氧结合情况，使用SPSS绘制氧解离曲线，该曲线显示不同氧分压下的氧饱和度变化。利用Hill方程 $\log[Y/(100-Y)] = \log K + n \log P$ 拟合数据，分析血红蛋白合作效应，评估氧运输效率，从而更精确地

解氧解离曲线特性及其临床应用价值。

1.5.3 溶血率

在本研究中溶血率的计算采用了标准公式： $[(1-Hct) \times FHb/Hb] \times 100\%$ 。其中，FHb表示游离血红蛋白，Hct为血细胞比容，Hb则为血红蛋白浓度。溶血率是评估红细胞损伤程度的重要指标，能够反映出血液在体外操作、储存或运输过程中是否发生了明显的红细胞破坏。溶血率的提高通常意味着血液制品质量下降，因此精确测定该指标对保障临床输血安全至关重要。

1.5.4 红细胞

在红细胞功能的分析中，2,3-二磷酸甘油酸（2,3-DPG）是影响血红蛋白与氧结合能力的重要代谢物。研究中使用了双抗体夹心法对红细胞内的2,3-DPG浓度进行了检测，能够有效捕捉2,3-DPG的微量变化。此外，还通过化学比色法测量了红细胞膜上Na⁺-K⁺-ATP酶的浓度。

1.6 统计学处理

本研究的数据分析使用SPSS18.0统计软件，计数资料通过 χ^2 检验进行处理，正态分布的计量资料以均值 \pm 标准差表示，组间差异采用t检验；非正态分布的计量资料以中位数表示，组间差异使用U检验。P值小于0.05表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 患者一般资料比较

两组患者的年龄、体重、性别组间比较差异无统计学意义（P>0.05）（见表1）。

表1 两组患者一般资料比较

组别	例数	年龄（岁）	体重（kg）	性别	
				男	女
S组	27	32.49 \pm 7.92	67.9 \pm 5.83	13	14
M组	27	31.78 \pm 8.04	68.0 \pm 5.92	14	13
t/χ^2		0.635	0.311	0.130	
P		0.497	0.848	0.764	

2.2 采集时间1组间各指标变化

采集时间点1的S组和M组患者的2,3-DPG，Na⁺-K⁺-ATP酶浓度，DI，溶血率和血气分析结果比较差异无统计学意义（P>0.05）。

表 2 采集时间 1 组间各指标比较

组别	S 组	M 组	t	P
P50(mmHg)	32.58 ± 5.12	31.66 ± 4.17	-1.791	0.084
2,3-DPG(nmol/L)	2057.52 ± 408.51	1921.34 ± 562.88	-0.801	0.491
Na ⁺ -K ⁺ -ATP 酶浓度 (μ molPi/gHb/hour)	8.41 ± 3.22	8.27 ± 3.58	-0.563	0.586
DI	0.85 ± 0.07	0.84 ± 0.12	-0.768	0.461
溶血率 (%)	0.06 ± 0.04	0.07 ± 0.06	0.003	0.98
pH	7.38 ± 0.05	7.37 ± 0.04	0.133	0.467
Na ⁺ (mmol/L)	138.21 ± 1.86	137.45 ± 3.72	-0.53	0.56
K ⁺ (mmol/L)	4.20 ± 0.58	4.32 ± 0.35	-0.04	0.97
Lac ⁻ (mmol/L)	1.33 ± 0.12	1.27 ± 0.26	1.52	0.16
Glu(mmol/L)	7.27 ± 1.32	7.25 ± 1.46	0.77	0.46

2.3 采集时间 2 间各指标变化

采集时间点 2 的 S 组和 M 组患者的 2,3-DPG, Na⁺-K⁺-ATP 酶浓度, 溶血率和 pH 的指标差异无统计学意义 (P>0.05)。与 S 组相比, M 组的 P50, K⁺ 和 Glu 水平水平升高, 而 DI, Na⁺ 和 Lac⁻ 水平下降, 差异有统计学意义 (P<0.05)。

表 3 采集时间 2 组间各指标比较

组别	S 组	M 组	t	P
P50(mmHg)	26.21 ± 3.18	35.36 ± 3.17	-7.700	0.001
2,3-DPG(nmol/L)	2301.38 ± 436.77	2016.33 ± 406.89	2.213	0.039
Na ⁺ -K ⁺ -ATP 酶浓度 (μ molPi/gHb/hour)	10.92 ± 3.85	8.71 ± 3.38	2.191	0.036
DI	0.83 ± 0.05	0.75 ± 0.06	-2.561	0.013
溶血率 (%)	0.51 ± 0.12	0.50 ± 0.18	-0.05	0.97
pH	7.64 ± 0.07	7.67 ± 0.10	0.053	0.079
Na ⁺ (mmol/L)	151.18 ± 2.21	143.76 ± 2.39	13.05	0.001
K ⁺ (mmol/L)	0.48 ± 0.15	4.51 ± 0.27	34.93	0.001
Lac ⁻ (mmol/L)	0.49 ± 0.82	0.26 ± 0.17	-5.62	0.004
Glu (mmol/L)	0.40 ± 0.01	27.15 ± 0.04	84.72	0.001

2.4 各组内不同采集时间的各指标变化

S 组内不同采集时间点的 P50, 2,3-DPG, Na⁺-K⁺-ATP 酶浓度和 DI 比较, 差异无统计学意义 (P>0.05), 而溶血率, pH, Na⁺, K⁺, Lac⁻, Glu 相比, 差异具有统计学意义 (P<0.05)。M 组内的 Na⁺ 和 K⁺ 相比较, 差异无统计学意义 (P>0.05), 而 P50, 2,3-DPG, Na⁺-K⁺-ATP 酶浓度, DI, pH, Lac⁻ 和 Glu 相比较, 差异有统计学意义 (P<0.05)。

表 4 各组内不同采集时间的指标比较

组别	S 组内 *		M 组内 **		t1*, t2**	P1*, P2**
	采集时间 1	采集时间 2	采集时间 1	采集时间 2		
P50(mmHg)	32.58 ± 5.12	26.21 ± 3.18	31.66 ± 4.17	35.36 ± 3.17	-1.251, 4.146	0.211, 0.001
2,3-DPG (nmol/L)	2057.52 ± 408.51	2301.38 ± 436.77	1921.34 ± 562.88	2016.33 ± 406.89	1.341, -6.514	0.215, 0.001
Na ⁺ -K ⁺ -ATP 酶浓度 (μ molPi/gHb/hour)	8.41 ± 3.22	10.92 ± 3.85	8.27 ± 3.58	8.71 ± 3.38	0.842, -3.187	0.411, 0.002
DI	0.85 ± 0.07	0.83 ± 0.05	0.84 ± 0.12	0.75 ± 0.06	0.614, 3.162	0.527, 0.021
溶血率 (%)	0.06 ± 0.04	0.51 ± 0.12	0.07 ± 0.06	0.50 ± 0.18	-6.13, -5.12	0.001, 0.001
pH	7.38 ± 0.05	7.64 ± 0.07	7.37 ± 0.04	7.67 ± 0.10	-3.15, -2.23	0.034, 0.041
Na ⁺ (mmol/L)	138.21 ± 1.86	151.18 ± 2.21	137.45 ± 3.72	143.76 ± 2.39	-15.32, -2.91	0.001, 0.34
K ⁺ (mmol/L)	4.20 ± 0.58	0.48 ± 0.15	4.32 ± 0.35	4.51 ± 0.27	33.15, 0.72,	0.001, 0.48
Lac ⁻ (mmol/L)	1.33 ± 0.12	0.49 ± 0.82	1.27 ± 0.26	0.26 ± 0.17	7.81, 10.13	0.002, 0.001
Glu(mmol/L)	7.27 ± 1.32	0.40 ± 0.01	7.25 ± 1.46	27.15 ± 0.04	19.43, -32.15	0.002, 0.001

3 讨论

接受手术治疗的患者，其循环血量可通过临床输血实现增加，同时其自身的红细胞携氧能力、组织氧供能力也能够随之有效提升，因而自体输血的质量会受到回收红细胞质量、回收红细胞利用率的直接而密切影响。对患者自体血液进行回收，可在最大程度上实现术野失血的回收，并将这些血液及时有效地回输至患者体内，其中涵盖术野血液的回收、红细胞的洗涤、回输之前红细胞的贮存等环节，红细胞在各个环节均会受到不同程度的损伤。就当前而言，临床洗涤红细胞以生理盐水为主要的办法，根据前期相关研究成果可知，生理盐水的洗涤会在不同程度损伤红细胞的ATP酶活性、免疫黏附能力、理化性能等^[8]。本文研究开展期间应用的复方氯化钠注射液（氯化钠0.85%、氯化钾0.03%、氯化钙0.033%，辅料为稀盐酸，葡萄糖1%和注射用水）具有与机体生理环境更为趋近的理化特性，其中包含的葡萄糖成分可为红细胞的代谢过程提供充足的能量。

作为支持红细胞形态、结构、功能均得以正常维持的膜结合酶种类之一，红细胞膜ATP酶所含的Na⁺-K⁺-ATP酶参与了细胞内部、细胞外部K⁺与Na⁺的主动跨膜转运过程。ATP酶的活力会随机体缺氧状态的持续而降低，红细胞离子膜转运障碍、能量代谢紊乱等情况因此产生。因而红细胞能量代谢状态、功能有否出现损伤，衡量的关键指标在于ATP酶的活力程度。本文开展的研究实验结果表明，观察组与对照组位于采集时间点1的Na⁺-K⁺-ATP酶浓度差异不具有统计学上的意义。观察组与对照组位于采集时间点2的Na⁺-K⁺-ATP酶浓度差异具有统计学上的意义，显示了复方氯化钠注射液能够对红细胞Na⁺-K⁺-ATP酶浓度的提升发挥促进作用，可能的成因有二，一是该注射液更接近人体内部环境的离子构成，并且能够有效保护经历回收、分离、洗涤等环节的红细胞；二是阳离子泵活动可受到复方电解质溶液所含阳离子的影响而主动产生，实现平衡状态的正常维持。

2,3-DPG是红细胞糖酵解途径中一个名为2,3-二磷酸甘油酸旁路的分支途径的中间产物。红细胞内部的Pi、pH值、ATP/ADP均会对2,3-DPG的含量构成影响。研究显示，2,3-DPG在调节Hb对O₂的结合能力上扮演重要角色，具体而言，血红蛋白与氧的结合强度与红细胞内2,3-DPG的浓度呈负相关。这一调控作用的潜在机理可能涉及2,3-DPG

与血红蛋白链间形成盐键，或是通过提升细胞内H⁺浓度，借助波尔效应减弱Hb对氧气的亲和力。此外，2,3-DPG不仅是ATP的主要能量储存形式之一，还是调节血红蛋白运输氧气能力的核心因素。在机体面临慢性缺氧、贫血等状况时，糖酵解过程会加强，导致红细胞内2,3-DPG水平上升，O₂的释放量增加，有助于缓解组织的缺氧状况。本文开展的研究实验结果表明，观察组与对照组位于采集时间点1的2,3-DPG浓度差异不具有统计学上的意义。观察组在采集时间点2的2,3-DPG浓度明显高于对照组的2,3-DPG浓度，对照组内的2,3-DPG浓度差异不具有统计学上的意义，而观察组内部在采集时间点2的2,3-DPG浓度呈现明显的增长状态，这一变化提示，红细胞膜上Na⁺-K⁺-ATP酶浓度的提升可能导致了ATP/ADP比值的增加，进而促进2,3-DPG的合成，促进细胞内H⁺浓度的提升。这一连串反应降低了Hb对O₂的亲和力，使得氧释放水平得以随之提升。

P50是衡量血红蛋白与氧气结合能力的关键临床参数。本研究所得的结果表明，两组患者在红细胞洗涤后，其P50值相较于洗涤前显著提升，表明洗涤后的红细胞具有增强的氧运输能力。这一变化可能归因于洗涤过程中清除了部分衰老红细胞，而剩余的年轻红细胞展现出更高的P50值。同时，血乳酸浓度是衡量红细胞糖酵解活跃度的指标，而溶血率则反映了血液保存期间红细胞膜的受损程度。本研究还发现，使用复方氯化钠注射液洗涤的红细胞，其溶血率和乳酸浓度均明显下降，这提示复方氯化钠注射液对回收的红细胞具有显著的保护效应。这种保护作用可能源于注射液中的葡萄糖成分、该注射液使回收血液的钾离子和钠离子浓度UI机体内部的生理环境更为趋近。

总体而言，本文经过研究实验，验证了复方氯化钠注射液作为洗涤液进行血液回收操作，呈现的临床效果明显优于生理盐水，且红细胞在被回收之后，处于复方电解质溶液内环境时，有利于携氧能力与机体生理状态更为接近。本文研究尚存在一定局限：（1）属于小样本、体外研究的类型；（2）缺乏形态学指标来全面评估红细胞损伤情况，难以全面、充分地评价复方氯化钠注射液对红细胞的保护效果。研究结果显示，相较于生理盐水，复方氯化钠注射液作为洗涤液在回收红细胞的洗涤和贮存中表现出更优效果，对于回收红细胞质量的提高具有明显的促进效用。

参考文献：

- [1] 王颖, 王焯, 支延康. 颅颌面畸形矫形术中回收式自体输血患者异体输血合理性研究及大量输血预防性护理效果 [J]. 组织工程与重建外科杂志, 2023, 19(6): 553-7.
- [2] 杨亚利, 姚翔燕, 李慧蕴, 李陈茜, 李宁, 孟星, 张加强. 自体富血小板血浆分离-回输术用于胸腰椎板切除术患者血液保护的价值 [J]. 中华麻醉学杂志, 2023, 43(12): 1478-81.
- [3] 帅君, 蒋玉婷, 高宗艳, 高敏. 血液回收技术在腹腔大出血并腹膜后血肿手术中的应用价值分析 [J]. 现代诊断与治疗, 2023, 34(14): 2147-9.
- [4] 王辉, 张进进, 陈立力, 邢颜超. 体外生产红细胞：进展与挑战 [J]. 协和医学杂志, 2024, 15(1): 166-71.
- [5] 方进龙, 涂远艳, 汪志勇, 井然, 潘彦. 探讨回收式自体输血在出血高危剖宫产术中的应用效果 [J]. 系统医学, 2023, 8(23): 64-6,70.
- [6] Diakite S A, Ndour P A, Brousse V, Gay F, Roussel C, Biligui S, Dussiot M, Prendki V, Lopera-Mesa T M, Traore K, Konate D, Doumbia S, Cros J, Dokmak S, Fairhurst R M, Diakite M, Buffet P A. Stage-dependent fate of Plasmodium falciparum-infected red blood cells in the spleen and sickle-cell trait-related protection against malaria [J]. Malar J, 2016, 15(1): 482.
- [7] 张芍药, 王艳琴, 周林苹. 输注不同配比冰冻血浆与红细胞对严重多发伤后 HS 患者凝血功能和预后的影响 [J]. 检验医学与临床, 2024, 21(3): 329-32,37.
- [8] 郑井滨, 张丽, 姚美辰, 李静旗, 王雅卿, 毕聪玺. 添加液去白洗涤红细胞在保存中的质量观察 [J]. 临床输血与检验, 2020, 22(2): 122.
- [9] 王姣杰, 单泓, 李建斌, 别立莉, 安慧娟, 程四国. MAP 红细胞保存液与生理盐水混悬洗涤红细胞的临床疗效比较 [J]. 安徽医学, 2018, 39(3): 321-3.
- [10] 马琴, 王顺, 王诗涵. 危重症患者高氯血症对急性肾损伤影响的 Meta 分析 [J]. 临床肾脏病杂志, 2023, 23(7): 548-56.

作者简介：

孟繁君 (1985—), 女, 汉族, 在职研究生, 医学检验。