

# 急性等容血液稀释自体血回输对老年骨科手术患者脑电双谱指数与肌松效应的影响

尹磊<sup>1</sup>, 徐佳明<sup>2</sup>, 吴敬医<sup>3</sup>, 段立双<sup>2</sup>, 卫含伟<sup>2</sup>, 金孝岷<sup>3</sup>, 郭建荣<sup>1</sup>

<sup>1</sup>无锡市第二人民医院麻醉科, 无锡 214000, 江苏;

<sup>2</sup>海军军医大学附属公利医院麻醉科, 上海 200135; <sup>3</sup>皖南医学院附属弋矶山医院重症医学科, 芜湖 241001, 安徽

**摘要** 目的: 观察急性等容血液稀释 (ANH) 自体血回输对老年骨科手术患者脑电双谱指数与肌松效应的影响, 探究含有麻醉药成分的自体血回输对术后麻醉苏醒质量及安全性的影响。方法: 择期骨科手术患者 40 例, 年龄 65 ~ 75 岁, 体质量 55 ~ 80 kg, ASA I ~ II 级, 预计术中出血量  $\geq 600$  mL。患者随机分为 2 组 ( $n = 20$ ): A 组为进行 ANH 组, 在麻醉诱导平稳后实施 ANH, 血细胞比容 (Hct) 目标值 28% ~ 30%; B 组为对照组, 即术中常规补液, 不进行 ANH。手术毕回输自体血时 ( $T_1$ )、回输 10 min ( $T_2$ )、20 min ( $T_3$ )、30 min ( $T_4$ )、40 min ( $T_5$ )、50 min ( $T_6$ )、60 min ( $T_7$ ) 各时点观测两组患者脑电双频指数 (BIS)、四个成串刺激 (TOF 值) 及丙泊酚、顺式阿曲库铵的血浆药物浓度变化; 观察并记录术前 ( $T_0$ ) 及  $T_7$  时点血气变化, 观察患者拔除气管导管的时间以及苏醒质量。结果: A 组 BIS 值在术后  $T_6$ 、 $T_7$  时点明显低于 B 组 ( $P < 0.05$ ), A 组 TOF 值在  $T_5$ 、 $T_6$ 、 $T_7$  时点明显低于 B 组 ( $P < 0.05$ ); A 组与 B 组术后丙泊酚、顺式阿曲库铵的血药浓度组间比较差异无显著性 ( $P > 0.05$ ); A 组在术后  $T_7$  时点乳酸 (Lac) 值明显高于 B 组 ( $P < 0.05$ ); A 组拔除气管导管的时间明显长

于 B 组 ( $P < 0.05$ ); A 组 Aldrete 评分明显低于 B 组 ( $P < 0.05$ )。结论: ANH 术后毕自体血回输可增加血浆中麻醉药物浓度, 加深患者的麻醉深度, 增强肌松效应, 使老年患者呼吸功能恢复和拔管时间延迟。

**关键词** 急性等容血液稀释; 脑电双谱指数; 肌松效应; 血药浓度; 自体血回输

中图分类号: R614; R457.1; R816.8

文献标志码: A

文章编号: 1009-2501(2021)10-1153-06

doi: 10.12092/j.issn.1009-2501.2021.10.007

急性等容血液稀释 (ANH) 作为一种血液保护方法已在临床广为应用, 主要应用于术中出血量多或可能发生急性大失血的手术, 在减少术中用血的同时<sup>[1]</sup>, 可改善微循环, 增加组织器官的氧供<sup>[2]</sup>。目前多数 ANH 患者在血流动力学明显波动时或主要操作完成后即开始回输自体血, 术中平稳患者也会将自体血携至麻醉复苏室输注。与未进行 ANH 自体输血者比较, 部分术毕回输自体血患者会出现麻醉深度加深、肌松恢复不佳, 苏醒和拔管延迟等现象。本文拟通过观察中等程度 ANH 术毕自体血回输对老年骨科患者麻醉深度、肌松效应和血药浓度的影响, 为选择适宜的自体血回输时机和麻醉合理用药提供依据。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 本研究已获本院医学伦理委员会批准 (2018 公利医院伦理字第 gIII-26), 并与患

2021-07-03 收稿 2021-09-06 修回

上海市卫生健康委员会科研项目 (202040474); 上海市浦东新区卫生系统重点学科群建设项目 (PWZxq2017-10)

尹磊, 男, 硕士, 主治医师, 研究方向: 麻醉的基础与临床。

Tel: 15190365996 E-mail: ranleiyin@163.com

郭建荣, 通信作者, 男, 博士, 博士后, 教授, 主任医师, 博士生导师, 研究方向: 麻醉的基础与临床。

Tel: 13671834826 E-mail: jianrguo@126.com

者签署知情同意书。择期髋关节和脊柱手术 40 例,年龄 65 ~ 75 岁,体质量 55 ~ 80 kg,ASA 分级 I 或 II 级,预计术中出血量  $\geq 600$  mL。患者无血液系统疾病、无贫血(血红蛋白(Hb)  $\geq 110$  g/L、红细胞压积(Hct)  $\geq 35\%$ ),所有患者营养状况良好,血常规正常,无肝肾功能异常,心功能 1 ~ 2 级,排除重症肌无力、低蛋白血症、精神异常等疾病。患者随机分为两组,A 组为中度 ANH 组,B 组为不行 ANH 的对照组。

**1.2 方法** 所有患者术前禁食 6 h、禁饮 2 h,无术前用药。入室后常规监测血压(BP)、心电图(ECG)、心跳(HR)、血氧饱和度(SpO<sub>2</sub>),连接脑电双频指数(BIS)、肌松监测(TOF)(Organon Teknika 公司,荷兰)监测仪,在局麻下行右颈内静脉穿刺置管用于测压和输液输血,桡动脉穿刺置管用于监测血流动力学和采血。所有患者由同一组骨科医生实施手术。麻醉诱导:咪达唑仑 0.05 mg/kg、丙泊酚血浆靶控浓度 3  $\mu$ g/mL(批号:19105050;B. Baun melsungen AG)、舒芬太尼 0.5  $\mu$ g/kg、顺式阿曲库铵 0.2 mg/kg(批号:190709AK;江苏恒瑞医药股份有限公司),TOF 值降为 0 时,行气管插管机械通气,设置 VT 8 ~ 10 mL/kg,通气频率 12 ~ 15 次/min,PEEP 为 1:2,调整通气参数,维持 P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub> 35 ~ 45 mm Hg。麻醉维持:TCI 泵注丙泊酚血浆靶控浓度为 2.5  $\mu$ g/mL,微量泵持续泵注瑞芬太尼 0.2  $\mu$ g  $\cdot$  kg<sup>-1</sup>  $\cdot$  min<sup>-1</sup>、顺苯磺酸阿曲库铵 2  $\mu$ g  $\cdot$  kg<sup>-1</sup>  $\cdot$  min<sup>-1</sup>,BIS 值维持在 40 ~ 55 之间。手术结束后停止泵注麻醉药物。监测并保持鼻咽部温度不低于 35  $^{\circ}$ C。麻醉诱导平稳后,经桡动脉按 200 mL/10 min 速度采集血液,用 ACD 储血袋贮存于室温下,同时经深静脉导管输注等量 6% 中分子量羟乙基淀粉 130/0.4。采血量根据公式:采血

量 = 预计血容量(EBV)  $\times 2 \times (\text{Hct}_{\text{实际}} - \text{Hct}_{\text{设定}}) / (\text{Hct}_{\text{实际}} + \text{Hct}_{\text{设定}})$ 。EBV 为预测体内血容量,按体质量计,男性 70 mL/kg,女性 60 mL/kg。 $\text{Hct}_{\text{实际}}$  为患者术前血气分析测得红细胞压积, $\text{Hct}_{\text{设定}}$  为稀释后设定的红细胞压积,本研究的设定 Hct 28% ~ 30%。术中维持循环稳定,患者自主呼吸恢复后不予新斯的明和阿托品进行拮抗。患者咳嗽反射恢复,VT > 5 mL/kg,RR 在 14 ~ 20 次/分,拔除气管导管。

**1.3 监测指标** 分别于术毕回输自体血时(T<sub>1</sub>)、回输 10 min(T<sub>2</sub>)、20 min(T<sub>3</sub>)、30 min(T<sub>4</sub>)、40 min(T<sub>5</sub>)、50 min(T<sub>6</sub>)、60 min(T<sub>7</sub>) 时间点观察 BIS 和 TOF 值的变化并记录;两组患者术前 T<sub>0</sub> 和 T<sub>7</sub> 自吸空气检测动脉血气;记录两组患者在术毕至患者拔除气管导管的时间,根据 Aldrete 评分表评估患者苏醒情况。建立液质联用方法(LC-MS/MS),考察方法特异性、标准曲线与线性范围、残留、定量下限(LLOQ)以及精密度和准确度,检测术毕 T<sub>1</sub> ~ T<sub>7</sub> 各时间点血浆丙泊酚及顺式阿曲库铵的血浆药物浓度。

**1.4 统计学处理** 采用 SPSS 26.0 统计软件进行数据处理。正态分布的计量资料以均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,两组间比较采用独立样本 *t* 检验和配对 *t* 检验,多组间比较采用重复测量的方差分析;计数资料采用例数表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 两组患者一般资料比较** 两组患者在体质量、年龄、性别、ASA 分级、手术类别、Hct、总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、血红蛋白(Hb)比较差异无统计学意义(*P* > 0.05)。见 Tab.1。

Tab.1 Comparison of baseline data between two groups ( $\bar{x} \pm s$ , *n* = 20)

Item	Group A	Group B	<i>t</i> / $\chi^2$	<i>P</i>
Weight (kg)	62.35 $\pm$ 7.72	61.93 $\pm$ 8.15	0.143	0.887
Age (yr)	65 $\pm$ 7	66 $\pm$ 6	-0.751	0.459
Gender (M/F)	8/12	9/11	0.102	0.749
ASA grade (I/II)	2/18	3/17	0.000	1.000
Surgery type (hip/spine)	4/16	5/15	0.143	0.705
Hct (%)	42.54 $\pm$ 3.41	39.95 $\pm$ 3.54	1.996	0.056
TP (g/L)	65.79 $\pm$ 5.00	64.81 $\pm$ 3.97	0.582	0.565
ALB (g/L)	39.89 $\pm$ 2.52	38.60 $\pm$ 2.57	1.358	0.186
Hb (g/L)	139.57 $\pm$ 11.97	137.00 $\pm$ 11.22	0.597	0.555

**2.2 两组患者术中液体出入量的资料比较** A 组和 B 组患者术毕尿量的比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 两组患者术毕吸引器瓶中的血量比较

差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); A 组总的输液量与 B 组比较明显增多 ( $P < 0.05$ )。见 Tab.2。

**Tab.2 Comparison of intraoperative fluid volume between two groups ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n = 20$ , mL)**

Volume	Group A	Group B	<i>t</i>	<i>P</i>
Urine	711.43 ± 91.72	736.00 ± 80.16	-0.770	0.448
Bleeding	403.57 ± 93.69	443.33 ± 119.32	-0.993	0.330
Total infusion	2514.29 ± 339.36	1980.00 ± 360.95	4.099	0.000
ANH blood collection	950.00 ± 159.32	-		

**2.3 两组患者在不同时间点上 BIS、TOF 值的比较** A 组在  $T_6$ 、 $T_7$  时点的 BIS 值明显低于 B 组 ( $P < 0.05$ );  $T_1 \sim T_5$  各时间点, A 组 BIS 值与 B 组比较无显著性差异 ( $P > 0.05$ ); 两组的 TOF 值在  $T_5$ 、 $T_6$ 、 $T_7$

时点, A 组明显低于 B 组 ( $P < 0.05$ );  $T_2 \sim T_4$  各时点, A 组患者 TOF 值与 B 组比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见 Tab.3。

**Tab.3 Comparison of BIS and TOF value between two groups ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n = 20$ )**

Item	Group	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$T_6$	$T_7$
BIS	A	41.92 ± 2.17	55.62 ± 8.10	66.23 ± 7.19	73.15 ± 7.93	76.85 ± 9.02	79.31 ± 7.09	81.46 ± 6.28
	B	42.53 ± 4.39	57.47 ± 8.18	68.47 ± 5.88	76.47 ± 7.31	80.73 ± 5.26	87.07 ± 4.23	91.33 ± 4.24
		$F = 0.206$	$F = 0.360$	$F = 0.820$	$F = 1.324$	$F = 2.008$	$F = 12.765$	$F = 24.354$
		$P = 0.653$	$P = 0.554$	$P = 0.374$	$P = 0.260$	$P = 0.168$	$P = 0.001$	$P = 0.000$
TOF	A	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	3.00 ± 2.15	9.92 ± 5.14	18.46 ± 7.11	28.69 ± 20.63	42.54 ± 22.64
	B	0.00 ± 0.00	4.20 ± 2.72	8.93 ± 3.71	20.13 ± 3.42	35.27 ± 8.16	55.80 ± 18.82	76.73 ± 10.81
		-	$F = 1.411$	$F = 1.108$	$F = 1.809$	$F = 4.683$	$F = 13.222$	$F = 27.192$
		-	$P = 0.246$	$P = 0.302$	$P = 0.190$	$P = 0.040$	$P = 0.001$	$P = 0.000$

**2.4 两组患者各时间点丙泊酚、顺式阿曲库铵的血浆药物浓度** 在  $T_1$  时间点, A 组丙泊酚药物浓度明显低于 B 组 ( $P < 0.05$ ), A 组在  $T_2 \sim T_7$  时点丙泊酚的药物浓度与 B 组比较差异无统计学意义

( $P > 0.05$ ); A 组在  $T_1 \sim T_7$  时点顺式阿曲库铵的药物浓度与 B 组比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见 Tab.4。

**Tab.4 Comparison of blood concentrations of propofol and cisatracurium between two groups at different time points ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n = 20$ , ng/mL)**

Item	Group	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$T_6$	$T_7$
Propofol	A	1941.57 ± 530.07	713.12 ± 229.63	646.09 ± 198.03	598.43 ± 193.79	579.68 ± 189.84	578.55 ± 207.15	522.06 ± 152.55
	B	2952.13 ± 1050.68	1116.34 ± 652.86	767.72 ± 212.17	730.64 ± 204.52	630.12 ± 161.64	547.88 ± 229.82	482.87 ± 187.97
		$F = 6.637$	$F = 3.055$	$F = 1.581$	$F = 1.982$	$F = 0.368$	$F = 0.088$	$F = 0.236$
		$P = 0.020$	$P = 0.100$	$P = 0.227$	$P = 0.178$	$P = 0.552$	$P = 0.770$	$P = 0.634$
Cisatracurium	A	1017.02 ± 184.22	857.68 ± 179.00	779.01 ± 182.95	698.66 ± 131.13	665.60 ± 126.60	630.66 ± 117.86	582.25 ± 97.48
	B	1107.71 ± 244.47	903.44 ± 190.94	827.71 ± 167.38	747.13 ± 158.24	686.69 ± 180.44	632.11 ± 166.38	566.61 ± 163.30
		$F = 0.790$	$F = 0.287$	$F = 0.333$	$F = 0.501$	$F = 0.075$	$F = 0.000$	$F = 0.069$
		$P = 0.387$	$P = 0.599$	$P = 0.572$	$P = 0.489$	$P = 0.788$	$P = 0.983$	$P = 0.796$

**2.5 两组患者血气分析指标的比较** 两组  $P_aO_2$ 、 $P_aCO_2$ 、pH 值、Lac 数值在  $T_0$  时点比较, 无明显差异; 在  $T_7$  时点 A 组 Lac 值明显高于 B 组 ( $P < 0.05$ )。见 Tab.5。

**2.6 两组患者术后苏醒程度的比较** A 组拔除气管导管的时间比 B 组明显延长 ( $P < 0.05$ ); Aldrete 评分 A 组评分低于 B 组 ( $P < 0.05$ )。见 Tab.6。

Tab.5 Comparison of  $P_aO_2$ ,  $P_aCO_2$ , pH and lactic acid value between two groups ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n = 20$ )

Item	Group	$T_0$	$T_7$
$P_aO_2$ (mmHg)	A	$74.06 \pm 7.86$	$72.28 \pm 12.06$
	B	$75.79 \pm 8.58$	$73.83 \pm 9.79$
		$t = -1.051$	$t = 0.351$
		$P = 0.303$	$P = 0.728$
$P_aCO_2$ (mmHg)	A	$38.48 \pm 4.85$	$42.71 \pm 4.18$
	B	$38.85 \pm 3.28$	$43.34 \pm 3.65$
		$t = -0.244$	$t = -0.422$
		$P = 0.810$	$P = 0.676$
pH value	A	$7.425 \pm 0.34$	$7.349 \pm 0.42$
	B	$7.421 \pm 0.34$	$7.361 \pm 0.30$
		$t = 0.295$	$t = -0.884$
		$P = 0.770$	$P = 0.385$
Lac (mmol/L)	A	$0.96 \pm 0.31$	$2.92 \pm 1.38$
	B	$0.99 \pm 0.45$	$1.78 \pm 1.04$
		$t = -0.214$	$t = 2.494$
		$P = 0.832$	$P = 0.019$

Tab.6 Comparison of extubation time and Aldrete score between two groups ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n = 20$ )

Group	Extubation time	Aldrete score
A	$51.57 \pm 10.23$	$7.36 \pm 1.01$
B	$35.67 \pm 7.10$	$8.87 \pm 0.83$
	$t = 4.894$	$t = -4.406$
	$P = 0.000$	$P = 0.000$

### 3 讨论

麻醉深度是反映麻醉药物对大脑皮层功能的抑制程度,麻醉深度过深,可导致呼吸循环抑制、苏醒延迟、神经功能损伤、术后谵妄等不良反应<sup>[3-5]</sup>,麻醉深度不够,可以导致术中知晓、心理障碍、循环系统剧烈波动和炎症因子大量释放等<sup>[6-7]</sup>。术后肌松残余可引起患者呼吸功能减弱,进而引起拔管延迟,增加患者烦躁、恶心呕吐、内环境紊乱、呼吸道梗阻、低氧血症、呼吸衰竭等严重并发症的发生<sup>[8-9]</sup>。有研究表明<sup>[10-12]</sup>,麻醉术后恢复期肌松药物的残余发生率为3.5%~88%。因此 ANH 术后自体血回输后对麻醉深度和肌松效应的影响研究显得更加重要。

在临床实践中,ANH 血液回输的时机一般选择在血流动力学明显波动时或主要操作完成后进行,术中平稳患者也会将自体血携至麻醉复苏室输注。本研究中结果表明,A 组 BIS 值在术后  $T_0$ 、

$T_7$  时间点明显低于 B 组,其余时点升幅相对低。导致术后麻醉深度加深的可能原因:丙泊酚的蛋白结合率高达 97%,血液稀释后血浆蛋白浓度下降,具备药物活性的游离型增加<sup>[13]</sup>,游离药物更容易通过血管内皮进入外周组织,导致丙泊酚的分布容积增大以及消除半衰期延长<sup>[14]</sup>,游离丙泊酚储存于外周室。术前采集的自体血中白蛋白浓度高于血浆中的白蛋白浓度,随着自体血的回输,血液成分发生改变,血管内白蛋白浓度的逐渐升高,胶体压升高,外周室液体进入血浆,导致血浆与外周室游离药物平衡打破,血浆中游离药物相对外周室的浓度降低,外周室的游离药物由于浓度差加速返回血浆。采集的自体血中含有一定量的药物浓度,输注后一定程度上增加了血浆的药物浓度。上述综合因素导致血浆总的药物量和游离药物浓度占比增加。本研究中,除  $T_1$  时间点两组丙泊酚的药物浓度因稀释而下降外,其余时点组间比较差异无统计学意义,稀释后容量的增加导致药物浓度的下降,同时自体血输入后导致总药物浓度的增加,两者相互抵消,使得药物浓度变化与对照组比较差异无统计学意义,然而药理效应与药物在血液中的游离部分直接相关,因此导致 BIS 降低、意识恢复不佳。

肌松残余一直是术后患者苏醒延迟的主要原因。有资料显示<sup>[15-16]</sup>,长效非去极化神经肌肉阻断药术后残存,可导致肺部并发症以及误吸的发

生。本研究 A 组 TOF 值在术后 T<sub>5</sub>、T<sub>6</sub>、T<sub>7</sub> 时点明显低于 B 组,其余时间点增长缓慢。其原因分析:血液稀释后分布容积增加,消除半衰期延长<sup>[17-18]</sup>。随着自体血的回输,血浆中白蛋白浓度的逐渐升高,胶体渗透压升高,更多外周室的游离药物由于浓度差返回血浆。顺式阿曲库铵的蛋白结合率仅为 38%,自体血中大部分药物为游离药物,回输后增加了血浆中游离药物浓度,导致顺式阿曲库铵游离药物占比增加,药物效应增加。顺式阿曲库铵主要经过 Hofmann 和血中酯酶代谢,影响 Hofmann 代谢的主要因素为体温和 pH 值。有研究表明<sup>[19-20]</sup>,pH 值的降低,可以增加非去极化肌松药物阻滞时间,肌松恢复时间延长。本研究中,血气分析中 A 组 pH 值在 T<sub>7</sub> 时点低于 B 组,A 组乳酸的含量在 T<sub>7</sub> 时点明显高于 B 组,其主要原因为肌松恢复不佳,导致无氧代谢增加,其结果又增加了非去极化肌松药物阻滞时间,同时稀释后血中酯酶浓度降低,其代谢也相应降低,使得肌松恢复欠佳,导致其拔管时间延长。上述综合因素导致肌松恢复延迟。

综上所述,ANH 术后自体血回输虽然没有改变药物浓度,推测可增加血浆中游离麻醉药物浓度的占比,加深患者的麻醉深度,增强肌松效应,使老年患者呼吸功能恢复和拔管时间延迟,对此应引起重视,以策安全。

### 参 考 文 献

- [1] Barile L, Fominskiy E, Tomasso ND, et al. Acute normovolemic hemodilution reduces allogeneic red blood cell transfusion in cardiac surgery: A systematic review and meta-analysis of randomized trials [J]. *Anesth Analg*, 2017, 124(3): 743-752.
- [2] Amoroso M, Özkan Ö, Ömer Ö, et al. The effect of normovolemic and hypervolemic hemodilution on a microsurgical model: experimental study in rats [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2015, 136(3): 512-519.
- [3] Zorrilla-Vaca A, Healy RJ, Wu CL, et al. Relation between bispectral index measurements of anesthetic depth and postoperative mortality: A meta-analysis of observational studies [J]. *Can J Anaesth*, 2017, 64(6): 597-607.
- [4] Short TG, Campbell D, Frampton C, et al. Anaesthetic depth and complications after major surgery: an international, randomised controlled trial [J]. *Lancet*, 2019, 394(10212): 1907-1914.
- [5] Lewis SR, Pritchard MW, Fawcett LJ, et al. Bispectral index for improving intraoperative awareness and early postoperative recovery in adults [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2019, 9(9): CD003843.
- [6] Hou BJ, Du Y, Gu SX, et al. General anesthesia combined with epidural anesthesia maintaining appropriate anesthesia depth may protect excessive production of inflammatory cytokines and stress hormones in colon cancer patients during and after surgery [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98(30): e16610.
- [7] Lin XF, Yong CYK, Mok MUS, et al. Survey of neuromuscular monitoring and assessment of postoperative residual neuromuscular block in a postoperative anaesthetic care unit [J]. *Singapore Med J*, 2020, 61(11): 591-597.
- [8] Lu X, Jin X, Yang S. The correlation of the depth of anesthesia and postoperative cognitive impairment: A meta-analysis based on randomized controlled trials [J]. *Clin Anesth*, 2018, 45: 55-59.
- [9] Plummer-Roberts AL, Trost C, Collins S, et al. Residual neuromuscular blockade [J]. *AANA J*, 2016, 84(1): 57-65.
- [10] 李德媛, 张晓峰, 徐美英, 等. 胸科手术患者顺阿曲库铵术后残余肌松的危险因素 [J]. *中华麻醉学杂志*, 2016, 36(5): 563-566.
- [11] Murphy GS, Szokol JW, Avram MJ, et al. Residual neuromuscular block in the elderly: incidence and clinical implications [J]. *Anesthesiology*, 2015, 123(6): 1322-1336.
- [12] Murphy GS, Szokol JW, Avram MJ, et al. Postoperative residual neuromuscular blockade is associated with impaired clinical recovery [J]. *Anesth Analg*, 2013, 117(1): 133-141.
- [13] Dahaba AA, Rinnhofer S, Wang G, et al. Influence of acute normovolaemic haemodilution on bispectral index monitoring and propofol dose requirements [J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2008, 52(6): 815-820.
- [14] 曹晖, 蒋豪, 薛张纲, 等. 急性等容量血液稀释对丙泊酚靶控输注的影响 [J]. *临床麻醉学杂志*, 2005, 32(4): 224-226.
- [15] Hunter JM. Reversal of residual neuromuscular block: complications associated with perioperative management of muscle relaxation [J]. *Br J Anaesth*, 2017, 119(1): 53-62.
- [16] 王戡, 赵晶, 尹毅青. 全麻患者术后残余肌松的危险因素 [J]. *中华麻醉学杂志*, 2018, 38(2): 133-137.
- [17] Dahaba AA, Suljevic I, Oettl K, et al. Influence of acute normovolemic hemodilution on the pharmaco-

- kinetics of cisatracurium besylate [J]. *Minerva Anesthesiol*, 2013, 79(11): 1238-1247.
- [18] Guo J, Yuan X, Zhou X, et al. Pharmacokinetics and pharmacodynamics of cisatracurium in patients undergoing surgery with two hemodilution methods [J]. *J Clin Anesth*, 2017, 38: 75-80.
- [19] Dabbagh A, Massoudi N. The effect of intraoperative Alkali treatment on recovery from atracurium-induced neuromuscular blockade in renal transplantation: A randomized trial [J]. *Anesth Pain Med*, 2017, 7(1): e42660.
- [20] Teng L. Effects of arterial carbon dioxide on recovery from rocuronium-induced neuromuscular blockade in anesthetized patients [J]. *Asian Biomed (Res Rev News)*, 2013, 7(1): 73-79.

## Effect of acute normovolemic hemodilution autologous blood transfusion on the EEG bispectral index and muscle relaxation in elderly patients undergoing orthopedic surgery

YIN Lei<sup>1</sup>, XU Jiaming<sup>2</sup>, WU Jingyi<sup>3</sup>, DUAN Lishuang<sup>2</sup>, WEI Hanwei<sup>2</sup>, JIN Xiaoju<sup>3</sup>, GUO Jianrong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Anesthesiology, Wuxi Second People's Hospital, Wuxi 214000, Jiangsu, China; <sup>2</sup>Department of Anesthesiology, Shanghai Gongli Hospital, The Naval Military Medical University, Shanghai 200135, China; <sup>3</sup>Department of Critical Medicine, The First Affiliated Hospital of Wannan Medical College, Wuhu 241001, Anhui, China

**ABSTRACT** **AIM:** To observe the effect of acute normovolemic hemodilution (ANH) autologous blood transfusion on the EEG bispectral index and muscle relaxation in elderly patients undergoing orthopedic surgery to explore the influence of autologous blood transfusion containing anesthetic components on the quality and safety of postoperative anesthesia recovery. **METHODS:** Forty patients, aged 65-75, weighing 55-80 kg, ASA grade I-II, with an estimated intraoperative blood loss of more than 600 mL, were selected for elective orthopedic surgery. The patients were randomly divided into two groups ( $n = 20$ ): group A was given acute normovolemic hemodilution (ANH), and the target value of Hct was 28%-30% after induction of anesthesia; group B was the control group which was given routine fluid infusion during operation without ANH. Bispectral index (BIS), TOF values and plasma concentrations of propofol and cisatracurium were measured at the beginning of autotransfusion ( $T_1$ ), 10 min ( $T_2$ ), 20 min ( $T_3$ ), 30 min ( $T_4$ ), 40 min ( $T_5$ ), 50 min ( $T_6$ ) and 60 min ( $T_7$ ) of autologous blood transfusion. The changes of blood gas before operation ( $T_0$ ) and at  $T_7$  time point were observed and recorded. The time of

extubation of tracheal tube and the quality of recovery were observed. **RESULTS:** The BIS value of group A was significantly lower than that of group B at  $T_6$  and  $T_7$  ( $P < 0.05$ ), and the TOF value of group A was significantly lower than that of group B at  $T_5$ ,  $T_6$  and  $T_7$  ( $P < 0.05$ ); there was no significant difference between the blood concentrations of propofol and cisatracurium between group A and group B ( $P > 0.05$ ); the lactic acid value of group A at  $T_7$  was significantly higher than that of group B ( $P < 0.05$ ); the time of tracheal extubation in group A was significantly longer than that in group B ( $P < 0.05$ ); the Aldrete score of group A was significantly lower than that of group B ( $P < 0.05$ ). **CONCLUSION:** For patients with acute normovolemic hemodilution, autologous blood transfusion after operation can deepen the depth of anesthesia, enhance muscle relaxation effect, and delay the recovery of respiratory function and extubation time in elderly patients.

**KEYWORDS** acute normovolemic hemodilution; EEG bispectral index; muscle relaxant effect; plasma drug concentration; autologous blood transfusion