

## · 论著 ·

## 危重患者高浓度静脉补钾的安全性和疗效研究

何清 王菁华 刘亚林 唐普贤 常志刚 杜立清 黄秀峰

**【摘要】** 目的 探讨高浓度钾微量泵入治疗危重患者低钾血症的安全性及有效性。方法 128 例合并低钾血症的危重患者〔内生肌酐清除率(CCr) $>0.5$  ml/s 且每小时尿量 $>50$  ml〕被随机分为治疗组和对照组,各 64 例。治疗组和对照组补钾浓度分别为 1 208 mmol/L(相当于质量分数为 9%的 KCl 溶液)、201 mmol/L(相当于 1.5%的 KCl 溶液),补钾速度相同。均进行严密监测与血钾浓度监测,血钾正常时停止补钾。结果 治疗组和对照组补钾时间比较差异无统计学意义〔(15.55 $\pm$ 3.22)h 比 (14.18 $\pm$ 4.93)h,  $P>0.05$ 〕;治疗组补钾的液体量明显低于对照组〔(124.36 $\pm$ 25.79)ml 比 (680.83 $\pm$ 236.70)ml,  $P<0.01$ 〕。两组治疗过程中均未发生明显血流动力学变化、高钾血症或急性心功能不全。两组患者肾功能是否正常对补钾时间无明显影响。补钾前血钾浓度与补钾量有一定相关性(相关系数  $r=-0.259$ ,  $P<0.01$ )。结论 高浓度钾微量泵入治疗危重患者低钾血症可以在短时间内纠正低钾血症,是安全有效的。肾功能轻度异常但无少尿及无尿的患者也可以在严密监测下高浓度补钾。

**【关键词】** 危重病; 高浓度钾; 微量泵; 低钾血症

**Study on safety and efficacy of concentrated potassium chloride infusions in critically ill patients with hypokalemia** HE Qing\*, WANG Jing-hua, LIU Ya-lin, TANG Pu-xian, CHANG Zhi-gang, DU Li-qing, HUANG Xiu-feng. \* Department of Intensive Care Unit, Beijing Hospital, Ministry of Health, Beijing 100730, China

**【Abstract】** **Objective** To explore the safety and clinical efficacy of intravenous infusion of concentrated potassium chloride using micropumps in critically ill patients with hypokalemia. **Methods** One hundred and twenty-eight critically ill patients with hypokalemia, the endogenous creatinine clearance rate over 0.5 ml/second and the urine output over 50 ml/hour were randomly divided into the therapy group ( $n=64$ ) and the control group ( $n=64$ ). Patients in therapy group received 1 208 mmol/L (9%) KCl, while those in the control group received 201 mmol/L (1.5%) potassium chloride, intravenously with the aid of a micropump, with hourly equal quantity of KCl in both groups. Patients in both groups were monitored strictly, and the potassium infusion was stopped whenever the serum potassium exceeded or equal to 3.5 mmol/L. **Results** It took (15.55 $\pm$ 3.22) hours and (14.18 $\pm$ 4.93) hours for the therapy group and the control group to correct the hypokalemia respectively, and there was no significant difference ( $P>0.05$ ). Potassium infusion brought larger amount of fluid in the control group than the therapy group [(124.36 $\pm$ 25.79) ml vs. (680.83 $\pm$ 236.70) ml,  $P<0.01$ ]. All patients tolerated the infusion without evidence of hemodynamic change, hyperkalemia or acute heart dysfunction. For all the patients, renal function did not throw significant influence on the potassium infusion time. An inverse correlation was observed between preinfusion potassium concentration and the quantity of potassium infused ( $r = -0.259$ ,  $P < 0.01$ ). **Conclusion** Under meticulous monitoring, it is safe and effective to infuse concentrated potassium for the critically ill patients with hypokalemia. This strategy can also be followed in patients with mild renal dysfunction but without oliguria or anuria under careful monitoring.

**【Key words】** critically ill; concentrated potassium; micropump; hypokalemia

钾是维持细胞代谢和功能的主要阳离子,对维持细胞的正常代谢、细胞内液的渗透压和酸碱平衡、神经肌肉组织的兴奋性、心肌的正常功能等有重要意义。体内钾总含量的 98% 分布在细胞内,2% 在细胞外,但后者的轻微变化对机体可产生较大影响。对于危重患者来说,轻度或中度的低钾血症也可能会

作者单位:100730 北京,卫生部北京医院 ICU(何清,王菁华,刘亚林,唐普贤,常志刚);064000 河北唐山,河北省丰润县人民医院 ICU(杜立清);034100 山西原平,山西省原平市铁路医院(黄秀峰)

作者简介:何清(1969-),男(汉族),四川省人,医学硕士,主治医师,Email:heqing@medmail.com.cn.

加重病情<sup>〔1〕</sup>,需要及时纠正。危重患者常需要限制液体入量,临床上很难做到低浓度补钾。近年来,随着微量泵、血钾的快速测定和深静脉置管的发展,使危重患者高浓度静脉补钾成为可能<sup>〔2-4〕</sup>,甚至还有人静脉推注 KCl 来治疗严重低钾血症<sup>〔5〕</sup>。静脉输注高浓度钾盐有一定风险,本研究应用随机对照方法评价危重患者高浓度静脉补钾的安全性和疗效。

## 1 对象和方法

**1.1 一般资料:**选择 2005 年 1 月—2006 年 12 月本院重症加强治疗病房(ICU)收治的合并低钾血症危

重患者,纳入条件:血钾 $<3.5$  mmol/L;急性生理学  
与慢性健康状况评分系统 I (APACHE I) 评分 $\geq$   
6 分;未应用利尿剂情况下每小时尿量 $>50$  ml,且  
内生肌酐清除率(CCr,根据补钾前 24 h 内的最高血  
肌酐浓度估算) $>0.5$  ml/s。

**1.2 研究方法及观察指标:**入院时用抽取随机号  
的方法将患者分为治疗组和对照组。治疗组补钾方案:  
用生理盐水或质量分数为 5% 的葡萄糖 20 ml 加质  
量分数为 15% 的 KCl 30 ml 输入中心静脉,补钾浓  
度为 1 208 mmol/L (相当于质量分数为 9% 的 KCl  
溶液),微量泵控制输液速度为 8 ml/h。对照组补钾  
方案:用生理盐水或 5% 的葡萄糖 90 ml 加 15% 的  
KCl 10 ml 输入中心静脉,浓度为 201 mmol/L (相  
当于 1.5% 的 KCl 溶液),输液泵控制输液速度  
48 ml/h。两组患者接受治疗前测定血糖和动脉血  
气,补钾期间进行心电监护(观察心率、心律、血压及  
心电图 ST 段、T 波的改变)和中心静脉压(CVP)监  
测,记录每小时尿量,每小时抽静脉血查血钾,当血  
钾 $\geq 3.5$  mmol/L 时,治疗终止并记录补钾时间,治  
疗终止后 1 h 再查血钾。试验退出标准:连续 2 h 尿  
量 $<50$  ml 或临床怀疑高钾血症。

**1.3 统计学处理:**采用 SPSS 11.5 统计软件。数据  
以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,计量资料经正态性检  
验均为非正态分布,选用非参数检验,计数资料选用  
 $\chi^2$  检验,相关性分析采用 Spearman 秩相关, $P<$   
0.05 为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 一般资料:**符合研究要求的患者共计 136 例,  
其中治疗组因死亡失访 2 例,死亡原因均为失血性  
休克,另有 1 例因连续 2 h 尿量 $<50$  ml 退出试验;  
对照组因死亡失访 2 例,死亡原因分别是真菌血症  
和肝功能衰竭,另有 3 例因连续 2 h 尿量 $<50$  ml 退  
出试验。最终 128 例患者纳入本研究,其中男 77 例,  
女 51 例;年龄 18~94 岁,平均(55.91 $\pm$ 19.93)岁;

APACHE I 评分 6~30 分,平均(14.8 $\pm$ 5.17)分;  
合并肾功能不全 48 例。两组一般资料(表 1)比较差  
异均无统计学意义( $P$ 均 $>0.05$ ),有可比性。

**2.2 两组补钾情况比较及肾功能对补钾时间的影  
响(表 2,表 3):**治疗组补钾时间与对照组比较差异  
无统计学意义( $P>0.05$ );因两组补钾速度相同,所  
以总补钾量差异无统计学意义,但治疗组补钾所需  
液体量明显少于对照组( $P<0.01$ )。本组患者 CCr $>$   
0.5 ml/s,肾功能是否正常对补钾时间无明显影响。

表 2 两组患者补钾前血钾浓度、补钾  
时间和补钾液体量的比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	补钾前血钾浓度 (mmol/L)	补钾时间 (h)	补钾液体量 (ml)
对照组	64	3.10 $\pm$ 0.27	14.18 $\pm$ 4.93	680.83 $\pm$ 236.70
治疗组	64	3.08 $\pm$ 0.25	15.55 $\pm$ 3.22	124.36 $\pm$ 25.79*

注:与对照组比较,\* $P<0.01$

表 3 肾功能对补钾时间的影响( $\bar{x}\pm s$ )

肾功能	例数	补钾前血钾(mmol/L)	补钾时间(h)
正常	80	3.13 $\pm$ 0.22	15.28 $\pm$ 4.11
不全	48	3.04 $\pm$ 0.30	14.17 $\pm$ 4.31

**2.3 两组并发症比较:**两组治疗后血钾在 3.5~  
4.5 mmol/L。两组治疗过程中均未发生明显血流动  
力学变化或高钾血症心电图特征(T 波高尖、QRS  
波群增宽等)。对照组有 5 例、治疗组有 3 例在补钾  
期间新出现了心律失常,为一过性室性期前收缩,均  
自行缓解;对照组有 1 例出现快速性心房颤动,经注  
射抗心律失常药物后控制,无血流动力学变化。两组  
均未发生高钾血症(包括停止补钾后 1 h)和急性心  
功能不全。两组的 CVP 变化差异无统计学意义。

**2.5 补钾前血钾与补钾量的相关性分析(图 1):**补  
钾前血钾浓度与补钾量的秩相关分析表明,补钾前  
血钾与补钾量之间呈直线相关性,显示有统计学意  
义(相关系数 $r=-0.259$ , $P=0.003$ )。

表 1 两组患者一般资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄 ( $\bar{x}\pm s$ ,岁)	APACHE I 评分 ( $\bar{x}\pm s$ ,分)	动脉血 pH 值 ( $\bar{x}\pm s$ )	动脉血 HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ( $\bar{x}\pm s$ ,mmol/L)	血糖 ( $\bar{x}\pm s$ ,mmol/L)		
		男	女							
对照组	64	34	30	54.28 $\pm$ 18.44	14.61 $\pm$ 5.33	7.43 $\pm$ 0.14	27.34 $\pm$ 7.11	9.83 $\pm$ 7.45		
治疗组	64	43	21	57.53 $\pm$ 21.33	14.98 $\pm$ 5.04	7.47 $\pm$ 0.15	24.54 $\pm$ 8.32	12.81 $\pm$ 6.53		
组别	例数	肾功能不全		原发病(例)						
		例数	CCr( $\bar{x}\pm s$ ,ml/s)	全麻大手术后	多发性创伤	感染性疾病	脑血管疾病	重症急性胰腺炎	器官移植	其他
对照组	64	25	0.69 $\pm$ 0.09	30	13	3	10	2	3	3
治疗组	64	23	0.69 $\pm$ 0.16	23	8	9	5	5	4	10

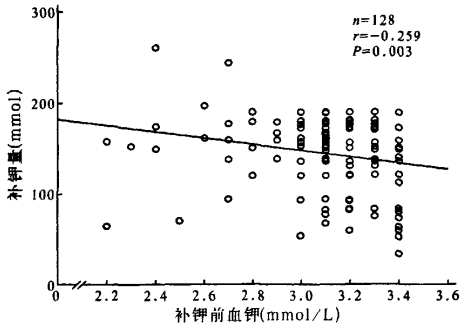


图 1 补钾前血钾与补钾量的相关回归分布散点图

### 3 讨论

传统观念认为静脉补充钾有浓度和速度的限制, 输液中含钾量不宜超过 40 mmol/L, 补钾速度应控制在 20 mmol/h 以下<sup>[6]</sup>。在 ICU 中经常会遇到合并低钾血症的危重患者, 他们的治疗用药品种多, 而且经常需要调整用药的种类和剂量, 有时还需限制液体输入量和速度, 按照传统方法静脉补钾常很难实施。近年来国内外都有一些高浓度补钾的研究报道<sup>[1-4]</sup>, 浓度在 40~1 341 mmol/L (相当于 3%~10% 的 KCl 溶液)。

对高浓度快速静脉补钾安全性的怀疑主要在于可能发生高钾血症及致命性心律失常。实验研究表明, 导致致命性室性心律失常的血钾值并不取决于钾输入的量, 而取决于瞬时通过心脏的血钾浓度<sup>[7]</sup>。但过去静脉滴注无法将输注量控制在持续微量水平<sup>[8]</sup>, 为了避免短时间内输入过多钾盐, 所以要严格限制输注液内钾的浓度, 目前用微量泵输注钾溶液, 可保证持续恒定微量注入, 使高浓度钾不断被循环血流稀释。以每搏量 60 ml、心率 75 次/min 者来说, 经过中心静脉用微量泵以 8 ml/h 泵入浓度 1 208 mmol/L 的 KCl 溶液, 那么每搏前输入上腔静脉的 KCl 为 2.15 μmol (1.8 μl), 经过湍流的迅速混合作用之后, 心房内的血钾浓度最高升高 35.8 μmol/L。所以我们认为静脉补钾安全性的关键是速度而不是浓度, 补钾速度与心律失常的发生及其他补钾副反应的关系更为密切<sup>[7,9]</sup>。本研究中对照组和治疗组的补钾浓度不同, 而补钾速度同为 9.7 mmol/h, 远远低于张畔等<sup>[3]</sup>和 Hamill 等<sup>[10]</sup>报道的 40 mmol/h, 应属安全范围。其中对 64 例危重患者高浓度补钾结果显示, 在心电监护及实验室检查结果的随访下, 用微量泵控制速度进行高浓度静脉补钾是安全有效的, 而且能有效控制液体量的增加, 有利于老年人、高血容量或心功能不全

患者的液体控制或药物调整。本组中有一部分患者的肾功能减退, 容易发生高血钾, 因此补钾要尤为慎重。但是我们的研究显示, 微量泵补高浓度钾对于 CCr>0.5 ml/s、非少尿的患者还是安全有效的, 而且能够有效控制液体入量。临床上判断缺钾的程度很难, 因血钾浓度并不总是反映体内总钾含量, 血 pH 值、儿茶酚胺、血糖等都会影响钾的跨细胞膜转运。本研究中发现补钾前血钾浓度与补钾量虽然有一定的相关性, 但相关性较低, 这说明临床上根据血钾测定结果来计算补钾量的方法不是很实用。

本研究还发现, 经过等量补钾后, 血钾较低的患者血钾升高幅度较大, 与文献<sup>[1]</sup>报告的结果相同; 对于同一位患者来说, 补钾初期血钾的升高呈现先快后慢的趋势; 另外, 试验结束后, 次日复查血钾往往有一定程度的降低, 还需要继续补钾。可能的原因: 一方面是由于静脉输注的钾要达到细胞内外平衡需要 15 h 甚至更长时间; 另一方面与肾脏持续排钾或肾外丢失有关。有研究发现患者补钾后, 肾脏排钾量增加<sup>[10]</sup>。

尽管我们的研究显示高浓度快速静脉补钾治疗危重患者的低钾血症是安全有效的, 但是仍应注意总体缺钾量、肾功能、血 pH 值、经过肾脏或胃肠道钾的丢失、影响钾代谢的药物 (利尿剂、碳酸氢盐、糖或胰岛素等) 及非静脉途径钾摄入的情况等, 所以补钾时要注重个体化, 并严密监测血钾变化的趋势。

### 参考文献

- [1] Kruse J A, Carlson R W. Rapid correction of hypokalemia using concentrated intravenous potassium chloride infusions [J]. Arch Intern Med, 1990, 150(3): 613-617.
- [2] 胡颖红, 魏丹宏, 沈富女, 等. 高浓度静脉补钾的临床探讨 [J]. 急诊医学, 1997, 6(1): 25-28.
- [3] 张畔, 高红梅. 深静脉补钾救治严重低钾血症 9 例临床分析 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2002, 9(2): 91.
- [4] 杨欣悦, 樊楚明. 高浓度钾盐深静脉微量泵输注治疗严重低钾血症 [J]. 内科急重症杂志, 2004, 10(3): 177-178.
- [5] 张永凤, 梁衍舜. 静脉推注氯化钾抢救危重低钾血症患者 19 例临床观察 [J]. 中原医刊, 2003, 30(11): 10-11.
- [6] 吴肇汉. 外科患者的体液失调 [M] // 吴在德, 吴肇汉. 外科学. 6 版. 北京: 人民卫生出版社, 2004: 22-36.
- [7] 俞恒锡, 董宗俊, 宋建东. 家兔经动脉补钾的研究 [J]. 中华实验外科杂志, 1994, 11(4): 225-227.
- [8] 郑秀萍, 潘新丽. 静脉快速补钾治疗重度低钾血症 1 例 [J]. 中国危重病急救医学, 2001, 13(11): 702.
- [9] 金龙玉, 刘建新, 黄雷, 等. 体外循环术后低钾血症的高浓度静脉补钾治疗 [J]. 中国医师杂志, 2003, 5(5): 603-605.
- [10] Hamill R J, Robinson L M, Wexler H R, et al. Efficacy and safety of potassium infusion therapy in hypokalemic critically ill patients [J]. Crit Care Med, 1991, 19(5): 694-699.

(收稿日期: 2007-06-13 修回日期: 2008-05-03)

(本文编辑: 李银平)