

一次性使用输血器管路弹性对输液泵输注精度的影响

高鹏¹, 罗奇志², 魏良¹, 原莉莉², 曾庆玲², 李永勤¹

1. 第三军医大学生物医学工程学院, 重庆 400038; 2. 第三军医大学西南医院烧伤研究所, 重庆 400038

【摘要】目的:研究一次性使用输血器管路弹性对输液泵输注精度的影响,探讨提高输液泵输注精度的办法。**方法:**选取市场常见的6种一次性使用输血器各4套,利用螺旋进法测量各输血器管路的弹性系数。利用晶体和胶体作为测试液体对每种输血器在输注速度设置为50、100、200、400 mL/h时的实际输注量进行测量,采用晶体测试时连续测量12 h,采用胶体测试时测量1 h,所有测试均在室温25℃下重复两轮。利用测试结果计算输注相对误差,并分析输注相对误差与弹性系数、设置速度、输注时间的关系。**结果:**输血器管路弹性系数均值在1.64~3.75 N/mm之间。测试液体为晶体时各输血器输注相对误差均值介于-25.39%~9.93%之间,各输血器输注相对误差均值与弹性系数之间的相关系数为-0.934($P=0.006$);输注时间对输注相对误差无显著影响($P=0.624$),不同测量时间下设置速度对输注相对误差有显著影响($P=0.000$),弹性系数对输注相对误差有显著影响($P=0.000$);各输血器输注相对误差与设置速度的相关系数分别为-0.993($P=0.007$)、-0.940($P=0.060$)、-0.954($P=0.046$)、-0.981($P=0.019$)、-0.698($P=0.302$)、-0.953($P=0.047$);各输血器输注相对误差与输注时间的关系系数分别为-0.950($P=0.000$)、-0.799($P=0.002$)、-0.777($P=0.003$)、-0.414($P=0.181$)、-0.917($P=0.000$)、-0.677($P=0.016$);经逐步回归得回归方程:输注相对误差=0.464-0.001×设置速度-0.149×弹性系数,回归效果检验的 $F=696.908$ ($P=0.000$)。测试液体为胶体时各输血器输注相对误差均值介于-24.04%~10.49%之间,各输血器输注相对误差均值与弹性系数之间的相关系数为-0.918($P=0.010$);弹性系数对输注相对误差有显著影响($P=0.000$),设置速度对输注相对误差有显著影响($P=0.000$);各输血器输注相对误差与设置速度的相关系数分别为-0.967($P=0.033$)、-0.919($P=0.081$)、-0.945($P=0.055$)、-0.970($P=0.030$)、-0.710($P=0.290$)、-0.964($P=0.036$);经逐步回归得回归方程:输注相对误差=0.459-0.001×设置速度-0.137×弹性系数,回归效果检验的 $F=42.628$ ($P=0.000$)。**结论:**一次性使用输血器在输液泵上使用,影响输注精度的最主要因素是输血器的管路弹性,弹性系数增大输注相对误差减小。此外,输液泵设置速度也会影响输注精度,设置速度增大时输注相对误差减小,输注时间对输注精度影响不显著但部分输血器二者之间呈负相关。

【关键词】一次性使用输血器;输液泵;液体复苏;输注相对误差;弹性系数

【中图分类号】R472

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2018)01-0083-06

Effects of elasticity of disposable blood transfusion set on precision of infusion pump

GAO Peng¹, LUO Qizhi², WEI Liang¹, YUAN Lili², ZENG Qingling², LI Yongqin¹

1. School of Biomedical Engineering, Third Military Medical University, Chongqing 400038, China; 2. Burn Research Institute, Southwest Hospital Affiliated to Third Military Medical University, Chongqing 400038, China

Abstract: Objective To discuss the effect of elasticity of disposable blood transfusion set on precision of infusion pump, and investigate the method to improve the precision of infusion pump using disposable blood transfusion set. **Methods** Four sets of each 6 kinds of disposable blood transfusion sets were selected, and the elastic coefficient of each disposable blood transfusion set was measured. Under room temperature of 25℃, each disposable blood transfusion set was tested twice with the infusion rate of 50, 100, 200, 400 mL/h for 12 h (using crystal as testing fluid) and 1 h (using colloid as testing fluid), respectively, and the actual infusion rate was recorded per hour. The infusion relative error was calculated and the relationships between infusion relative error and elastic coefficient, setting infusion rate and infusion time were analyzed. **Results** The mean value of elastic coefficients of disposable blood transfusion set ranged from 1.64 N/mm to 3.75 N/mm. When crystal was used as testing fluid, the mean value of infusion relative error ranged from -25.39% to 9.93%. The correlation coefficient between elastic coefficient and infusion relative error was -0.934 ($P=0.006$). The effects of infusion time on infusion relative error were trivial ($P=0.624$).

【收稿日期】2017-07-17

【基金项目】陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院军事医学与战创伤救治临床新技术计划(SWH2016YSCXZD-11)

【作者简介】高鹏, 硕士, 技师, 主要从事生物医学电子与信息技术研究, E-mail: gaopeng_xs@163.com

【通信作者】李永勤, 博士, 教授, 主要从事生物医学信号检测处理、现代医学仪器关键技术研究, E-mail: leeoken@gmail.com

However, both setting infusion rate and elastic coefficient had significant effects on infusion relative error ($P=0.000, 0.000$). The correlation coefficients of each disposable blood transfusion set between infusion relative error and setting infusion rate were $-0.993, -0.940, -0.954, -0.981, -0.698$ and -0.953 , respectively ($P=0.007, 0.060, 0.046, 0.019, 0.302, 0.047$, respectively); the correlation coefficients between infusion relative error and infusion time were $-0.950, -0.799, -0.777, -0.414, -0.917$ and -0.677 , respectively ($P=0.000, 0.002, 0.003, 0.181, 0.000, 0.016$, respectively). Based on the above mentioned data, the obtained regression equation was as follow: infusion relative error= $0.464-0.001\times$ setting infusion rate $-0.149\times$ elastic coefficient, of this regression, $F=696.908$ ($P=0.000$). When colloid was used as testing fluid, the mean value of infusion relative error ranged from -24.04% to 10.49% , and the correlation coefficient between infusion relative error and elastic coefficient was -0.918 ($P=0.010$). Both elastic coefficient and setting infusion rate had remarkable effects on infusion relative error ($P=0.000, 0.000$). With colloid as testing fluid, the correlation coefficient of each disposable blood transfusion set between infusion relative error and infusion time were $-0.967, -0.919, -0.945, -0.970, -0.710$ and -0.964 , respectively ($P=0.033, 0.081, 0.055, 0.030, 0.290, 0.036$, respectively), and the obtained regression equation was as follow: infusion relative error= $0.459-0.001\times$ setting infusion rate $-0.137\times$ elastic coefficient, of this regression, $F=42.628$ ($P=0.000$). **Conclusion** When the disposable blood transfusion set was used on infusion pump, the most important factor affecting infusion precision is the elasticity of the transfusion set. With the increase of elastic coefficient, the infusion relative error was decreased. In addition, infusion precision is also affected by setting infusion rate, and the infusion relative error was declined with the increase of setting infusion rate. The infusion time had no significant effect on infusion accuracy but the infusion relative error of some the blood transfusion sets are negatively correlated with infusion time.

Keywords: disposable blood transfusion set; infusion pump; fluid resuscitation; infusion relative error; elastic coefficient

前言

创伤、烧伤休克早期救治需要进行液体复苏以维持正常血容量和组织器官氧供,进而防止休克发生^[1-2]。液体复苏过程中需要对患者进行输液及输血,而且输液/血量、输注时间均比普通患者大或长^[3-4],除此之外,液体复苏时的输注速度变化范围也比较大,输注速度一般在 $100\sim 400\text{ mL/h}$,平均速度为 200 mL/h ,危重情况下输注速度会更高^[5]。液体复苏对补液精度要求较高,补液不及时或者补液量不恰当均会造成继发病发病率和死亡率的提高^[6],补液不足会导致休克难以纠正,而过量补液会导致肺水肿、心肌水肿、腹腔间室综合征、多器官紊乱等继发疾病^[7],最终并发多器官功能衰竭,因此精确控制液体、血液补充量对于创伤、烧伤休克患者的复苏十分关键。为精确控制液体输入,临床上采用输液泵进行补液。输液泵是一种能够精准控制输注速度、保证液体/血液准确安全地进入患者体内的一种仪器,通常由电子和机械装置组成^[8],它能够有效提高补液、输血的效率和质量^[9-10],是精确控制输液、输血的重要保障。传统的输液泵采用完全挤压方式工作,只能输液,若用于输血会有溶血风险,而近年出现的新型输液泵则兼备输血与输液功能^[11]。目前临床上多使用新型输液泵通过一次性使用输血器进行输液和输血^[12]。其工作原理是通过蠕动指半挤压输血器管路,每挤压1个周期输出一定量液体,通过控制挤压频率及挤压深度达到控制输注速度的目的^[13]。可以看出,影响输液泵输注精度的因素主要为挤压频率和挤压深度。挤压频率与设置输注速度

相关,而挤压深度与泵管弹性相关,泵管弹性直接影响挤压深度从而影响输注精度。实际应用中可通过校准输液泵对泵管的挤压深度来保证输注精度,但输血器管路弹性是非线性变化的,校准后只能保证校准速度附近的精度。

国内市场上输血器质量参差不齐,对输注精度影响较大^[14],而且输注相对误差会随着输注时间而积累,将严重影响患者的实际补液量,给临床应用带来巨大风险。目前还未有针对输血器管路弹性对输液泵输注精度影响的研究。本研究就国内市场上常见的6种输血器在输液泵上进行测试,研究输血器管路弹性对输液泵输注精度的影响,分析并探讨采用一次性输血器时提高输液泵输注精度的办法。

1 材料与方法

1.1 输血器

选取国内市场上常见的6种一次性使用输血器各4套,品牌分别用A、B、C、D、E、F表示。

1.2 输液泵

选择深圳圣诺公司生产的输液泵,该泵采用蠕动半挤压方式,兼备输液和输血功能。每种输血器测试前均重新校准输液泵,校准参数均为校准速度 200 mL/h 、校准总液量 10 mL 、管路规格 20 滴/mL 。

1.3 测试液体

临床上创伤、烧伤休克患者除补充晶体溶液外,还需补充胶体溶液,因此实验中使用晶体和胶体进行测试。晶体采用生理盐水,胶体采用上海羽朵生物科技有限公司的小牛血浆。

1.4 测试方法

1.4.1 输血器管路弹性测试 在输血器管路内充满生理盐水的情况下,利用螺丝旋进挤压管路,每旋进1圈(0.8 mm)记录1次压力。采用应变片悬梁式压力传感器测量压力,测量5次,最后对压力求均值并计算出弹性系数。

1.4.2 输注相对误差测试 为避免温度的影响,在室温25℃下,利用晶体和胶体作为测试液体,对每种输血器在输注速度设置为50、100、200、400 mL/h时的实际输注量进行测量。由于临床上晶体输注量大,血液输注量较少^[15],采用晶体测试时连续测量12 h,采用胶体血浆测试时测量1 h。所有测试重复两轮,最后测量测试液体密度并称量换算成液体体积。

1.5 统计学处理

使用SPSS 22.0统计软件,计算输血器管路弹性系数、输注相对误差。测试液体为晶体时分别对输血器输注相对误差与弹性系数、设置速度、输注时间进行Pearson相关性分析,对输注相对误差与设置速度、输注时间、弹性系数进行多元线性回归分析,对输血器间输注相对误差采用有协变量(弹性系数)的重复测量设计方差分析。测试液体为胶体时分别对各输血器输注相对误差与弹性系数、设置速度进行Pearson相关性分析,对输注相对误差与设置速度、弹性系数进行多元线性回归分析,对各输血器输注误差进行协方差分析。 $P<0.05$ 表明差异具统计学意义。其中输注相对误差计算公式为:

$$\text{输注相对误差} = \frac{\text{实际输注速度} - \text{设置速度}}{\text{设置速度}} \times 100\%$$

由该公式可知输注相对误差是有符号的,正数表明实际输注速度大于设置速度,负数表明实际输注速度小于设置速度。

2 结果

2.1 弹性测试结果

根据挤压深度与压力进行直线拟合计算出各输血器弹性系数,A~F 6种输血器管路弹性系数(单位: N/mm)分别为 3.38 ± 0.75 、 3.75 ± 0.70 、 1.78 ± 0.26 、 2.60 ± 0.69 、 1.64 ± 0.10 、 3.05 ± 0.74 ,介于1.64~3.75 N/mm之间,最大值是最小值2倍还多,差异比较大。根据所测输血器管路挤压深度与压力数据得到6种输血器管路弹性曲线如图1所示,随着挤压深度增加,挤压所需压力增幅递增。

2.2 输注相对误差测试结果

通过测试得到晶体密度为1.004 g/mL,胶体密度为1.029 g/mL,换算处理后得到测试液体为晶体和胶体时

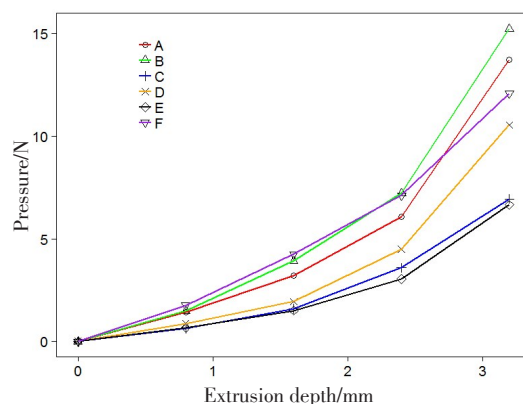


图1 6种输血器管路弹性曲线

Fig.1 Elastic curve of 6 kinds of disposable blood transfusion sets

各输血器的实际输注速度及相对误差如表1和表2所示。测试液体为晶体时12 h的数据表格太大,表2中只给出测试第1小时实际输注量及总输注相对误差。测试液体为晶体时,对各输血器输注相对误差均值与管路弹性系数进行Pearson相关性分析,得出相关系数为-0.934($P=0.006$),对各输血器两轮测试的输注相对误差求均值后进行以设置速度为分组变量、以弹性系数为协变量的重复测量方差分析,输注时间对输注相对误差无显著影响($P=0.624$),输注时间与设置速度交互作用有统计学意义($P=0.029$),输注时间与弹性系数交互作用有统计学意义($P=0.048$),不同测量时间下设置速度间对输注相对误差有显著影响($P=0.000$),协变量弹性系数对输注相对误差有显著影响($P=0.000$)。测试液体为胶体时,对各输血器输注相对误差均值与管路弹性系数进行Pearson相关性分析,得出相关系数为-0.918($P=0.010$),对各输血器两轮测试的输注相对误差求均值后进行以弹性系数为协变量、设置速度为分组的协方差分析,设置速度与弹性系数间无交互作用($P=0.053$),设置速度对输注相对误差有显著影响($P=0.000$),弹性系数对输注相对误差有显著影响($P=0.000$)。

测试液体为晶体、胶体时输血器输注相对误差随设置速度变化曲线如图2所示,可看出输注相对误差随设置速度增大而减小,弹性系数大的减小幅度大。

测试液体为晶体时输血器输注相对误差随输注时间变化趋势图如图3所示,输注相对误差在输注前3 h内变化均比较大,弹性系数大的输血器输注相对误差随输注时间变化大,线性较差。随着输注速度增高,弹性系数大的输注相对误差减小幅度越大。

测试液体为晶体时,各输血器输注相对误差分别与设置速度、输注时间进行Pearson相关性分析,结果如表3和表4。可以看出各输血器输注相对误差与设置速度之间,除了输血器B和E外均呈显著负相

表1 输注晶体时6种输血器测试第1小时实际输注速度(mL/h)

Tab.1 The first hour real infusion rate of each disposable blood transfusion set using crystal as testing fluid (mL/h)

Setting infusion rate	Real infusion rate					
	A	B	C	D	E	F
50	45.23	57.13	61.17	52.65	58.28	56.34
100	82.34	90.75	114.56	100.52	102.36	97.98
200	145.10	147.54	210.60	172.24	203.42	155.61
400	236.30	247.66	405.45	308.17	395.14	263.35

表2 输注胶体时6种输血器测试实际输注速度(mL/h)

Tab.2 The first hour real infusion rate of each disposable blood transfusion set using colloid as testing fluid (mL/h)

Setting infusion rate	Real infusion rate					
	A	B	C	D	E	F
50	46.18	55.36	61.29	55.85	55.95	54.29
100	79.74	88.82	113.35	102.57	100.62	99.12
200	146.27	148.07	213.58	179.00	203.82	159.43
400	234.42	244.23	397.01	310.66	394.77	265.40

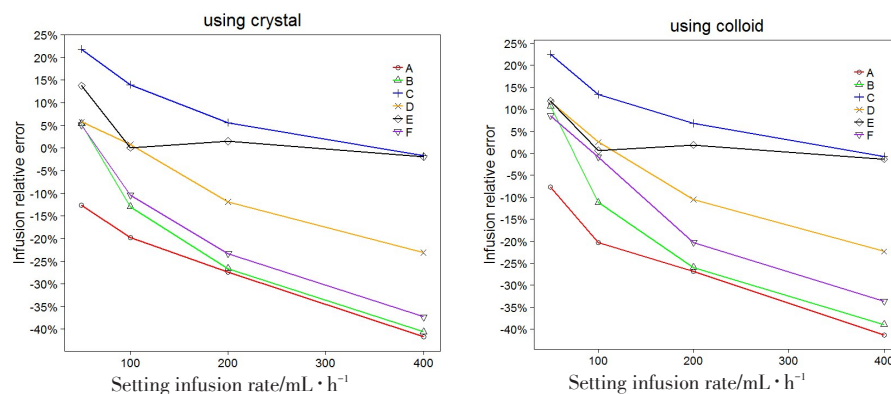


图2 6种输血器输注相对误差随设置速度变化曲线

Fig.2 Infusion relative error-setting infusion rate curve of each disposable blood transfusion set

关。此外,除输血器D外,其它输血器输注相对误差均与输注时间呈显著负相关。对输血器输注相对误差与设置速度、输注时间、弹性系数进行多元线性回归分析,在引入变量 $P=0.05$ 、剔除变量 $P=0.10$ 的水平下,经过逐步回归筛选,得如下多元回归方程:

输注相对误差 $=0.464-0.001\times$ 设置速度 $-0.149\times$ 弹性系数

该方程回归效果检验的 $F=696.908(P=0.000)$,整个方程有显著性意义,变量输注时间被剔除,方程校正决定系数为 $0.829(P=0.000)$,说明输注相对误差与设置速度、弹性系数之间存在线性回归关系。

测试液体为胶体时,对各输血器输注相对误差

与设置速度进行Pearson相关性分析,结果如表5。可以看出各输血器输注相对误差与设置速度之间,除了输血器B、C和E外均呈显著负相关。对输注相对误差与设置速度、弹性系数进行多元回归分析,在引入变量 $P=0.05$ 、剔除变量 $P=0.10$ 的水平下,经过逐步回归筛选,得如下多元回归方程:

输注相对误差 $=0.459-0.001\times$ 设置速度 $-0.137\times$ 弹性系数

该方程回归效果检验的 $F=42.628(P=0.000)$,整个方程有显著性意义,方程校正决定系数为 $0.784(P=0.000)$,说明输注相对误差与设置速度、弹性系数之间存在线性回归关系。

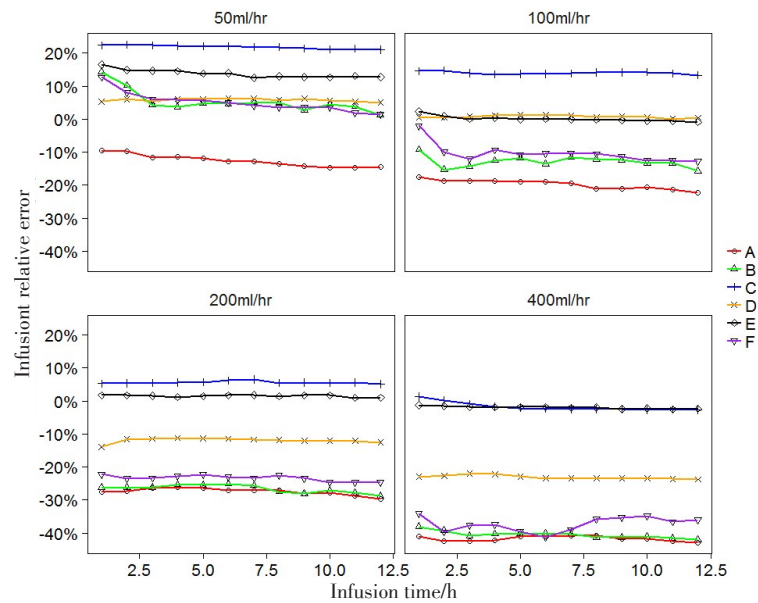


图 3 6种输血器输注误差随输注时间变化的趋势图

Fig.3 Infusion relative error–infusion time curve of each disposable blood transfusion set

表 3 测试液体为晶体时输注相对误差与设置速度相关性分析结果($n=4$)

Tab.3 Correlation analysis result between infusion relative error and setting infusion rate with crystal as testing fluid ($n=4$)

Parameters	A	B	C	D	E	F
Correlation coefficient	-0.993	-0.940	-0.954	-0.981	-0.698	-0.953
<i>P</i> value	0.007	0.060	0.046	0.019	0.302	0.047

表 4 测试液体为晶体时输注相对误差与输注时间相关性分析结果($n=12$)

Tab.4 Correlation analysis result between infusion relative error and infusion time with crystal as testing fluid ($n=12$)

Parameters	A	B	C	D	E	F
Correlation coefficient	-0.950	-0.799	-0.777	-0.414	-0.917	-0.677
<i>P</i> value	0.000	0.002	0.003	0.181	0.000	0.016

表 5 测试液体为胶体时输注相对误差与设置速度相关性分析结果($n=4$)

Tab.5 Correlation analysis result between infusion relative error and setting infusion rate with colloid as testing fluid ($n=4$)

Parameters	A	B	C	D	E	F
Correlation coefficient	-0.967	-0.919	-0.945	-0.970	-0.710	-0.964
<i>P</i> value	0.033	0.081	0.055	0.030	0.290	0.036

3 讨论

无论测试液体为晶体还是胶体,多元回归分析与 Pearson 相关性分析表明输注相对误差与输血器管路弹性系数、设置速度均相关。相关性分析结果表明,输血器管路弹性系数与输注相对误差呈显著负相关,而输注相对误差是有符号的,输注相对误差并不是越小越好,结合图 2 可以看出,弹性系数小的输血器总输注相

对误差均值越接近 0。因此,建议在选择输血器时应当选择管路弹性系数小,也就是比较柔软的输血器,或者是选择输液泵专用泵管。从表 3 和表 5 相关性分析结果看出,所测输血器设置速度与输注相对误差,除弹性系数最大的输血器 B 和弹性系数最小的两种输血器 C、E 外均显著线性相关,结合图 2 可看出输注相对误差均随设置速度增大而减小,但弹性系数最大的输注相对误差绝对值要比弹性系数最小的大 5 倍左右。建议在

不同输注速度下校正输液泵,记录相应的校正值,这需要厂家工程师或医学工程科计量质控人员的协助^[16]。在输注过程中根据设置速度调整输液泵的校正值以补偿速度变化带来的误差。

多元回归分析表明输注时间与输注相对误差相关性不显著,但结合表4相关性分析结果来看,除弹性系数较大输血器D外,其它输血器输注相对误差均随输注时间增长而减小且呈显著相关,结合图3可以看出输注相对误差会随输液时间的增长而波动。因此,也需要注意输液时间过长而影响输血器在输液泵上使用时的精度。临床使用时,应该根据输血器弹性每隔一定时间更换或移动一次夹在输液泵中的输血器管路。

综上所述,一次性使用输血器的弹性系数、输液泵的设置速度会显著影响输注相对误差,而输注时间对输注相对误差影响不显著。相关性分析中,弹性系数与输注相对误差显著负相关,设置速度、输注时间与输注相对误差均呈负相关,但部分输血器相关性不显著。多元线性回归分析中,输注相对误差与设置速度、弹性系数所建立回归方程具有统计学意义。可以看出弹性系数与设置速度是影响输注相对误差的主要因素,输注时间对输注相对误差的影响不显著,但部分输血器二者之间具有相关性。输血器的选择对于输注精度来说非常重要,输血器管路弹性系数对输血器在输液泵上使用时的输注精度有显著影响,而国家发布的《一次性输血器》标准GB8369-2005中并没有规定输血器弹性相关的指标^[17],使得各个厂家生产的产品弹性各不相同,因而在输液泵上使用精度也各不相同。随着一次性使用输血器在输液泵的使用越来越广泛,很有必要对输血器的弹性做出规定。本研究的不足之处是由于测试周期长、测试液体需求量大,而小牛血浆不易获取、易变质,临床上血液也不像晶体那样连续长时间大量补充^[15],所以测试液为胶体时每种设置速度仅测试1 h且只测试了两轮。

【参考文献】

- [1] 高艳霞, 万有栋, 袁丁, 等. 创伤性休克救治的研究进展[J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2016(19): 16-18.
GAO Y X, WAN Y D, YUAN D, et al. Research progress on treatment of traumatic shock[J]. Cardiovascular Disease Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, 2016(19): 16-18.
- [2] SÁNCHEZ-SÁNCHEZ M, GARCÍA-DE-LORENZO A, ASENSIO M J. First resuscitation of critical burn patients: progresses and problems[J]. Med Intensiva, 2016, 40(2): 118-124.
- [3] 韩春茂. 为什么烧伤休克液体复苏的争论这么大——证据的来源分析[J]. 实用医学杂志, 2010, 26(11): 1874-1876.
HAN C M. Why burn shock fluid resuscitation debate so big-source of evidence analysis[J]. The Journal of Practical Medicine, 2010, 26(11): 1874-1876.
- [4] 徐月亮. 限制性液体复苏治疗创伤失血性休克的临床研究[D]. 西安: 第四军医大学, 2015.
XU Y L. Clinical research of limited fluid resuscitation for the treatment of traumatic uncontrolled hemorrhagic shock[D]. Xi'an: The Fourth Military Medical University, 2015.
- [5] LUO Q Z, LI W, ZOU X, et al. Modeling fluid resuscitation by formulating infusion rate and urine output in severe thermal burn adult patients: a retrospective cohort study[J]. Bio Med Res Int, 2015, 2015: 1-8.
- [6] KLEIN M B, HAYDEN D, ELSON C, et al. The association between fluid administration and outcome following major burn: a multicenter study[J]. Ann Surg, 2007, 245(4): 622-628.
- [7] LATENSER B A. Critical care of the burn patient: the first 48 hours[J]. Crit Care Med, 2009, 37(10): 2819-2826.
- [8] 李震, 张金海, 刘传永, 等. 输液泵的研制及其发展趋势[J]. 中国医疗器械信息, 2012, 18(5): 19-21.
LI Z, ZHANG J H, LIU C Y, et al. Development of infusion pump and its development trend[J]. China Medical Device Information, 2012, 18(5): 19-21.
- [9] 柯兰兰, 陈伟飞. 输液泵在小儿烧伤休克期液体复苏中的应用[J]. 健康必读, 2012(2): 84.
KE L L, CHEN W F. Application of infusion pump in fluid resuscitation in children with burn shock[J]. Jiankang Bidu, 2012(2): 84.
- [10] 朱春丽. 急性上消化道出血时应用输液泵输血临床分析[J]. 中国当代医药, 2012(20): 23.
ZHU C L. Clinical analysis of transfusion pump in acute upper gastrointestinal bleeding[J]. China Modern Medicine, 2012(20): 23.
- [11] WILSON A M, PETERLINI M, PEDEREIRA M L, et al. Infusion pumps and red blood cell damage in transfusion therapy: an integrative revision of the academic literature[J]. Rev Lat Am Enfermagem, 2016, 24: e2785. DOI: 10.1590/1518-8345.1191.2785.
- [12] 任丽芸. 一次性输血器代替输液泵管的应用[J]. 护理研究, 2006(13): 1159.
REN L Y. Application of disposable blood transfusion instead of infusion pump tube[J]. Chinese Nursing Research, 2006(13): 1159.
- [13] 周强, 于风新, 于守谦. 新型智能输液泵流速控制方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2008, 29(10): 2163-2167.
ZOU Q, YU F X, YU S Q. Study on the flow rate control of intelligent infusion pump[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2008, 29(10): 2163-2167.
- [14] 医疗器械不良事件信息通报(2011年第4期): 关注输液泵、注射泵输注速度异常的风险[EB/OL]. [2017-02-18]. <http://www.sfda.gov.cn/WS01/CL0438/64377.html>.
Medical Device Adverse Event Information Bulletin (Issue 4, 2011): Pay attention to infusion pumps, syringe pumps risk of abnormal infusion rate[EB/OL]. [2017-02-18]. <http://www.sfda.gov.cn/WS01/CL0438/64377.html>.
- [15] 陈原兵, 李斌, 周爱国, 等. 限制性液体复苏救治在创伤失血性休克急救中的应用[J]. 湖南师范大学学报(医学版), 2015, 12(1): 135-137.
CHEN Y B, LI B, ZHOU A G, et al. The application of limited fluid resuscitation in first aid of hemorrhagic traumatic shock[J]. Journal of Hunan Normal University (Medical Sciences), 2015, 12(1): 135-137.
- [16] 郭召平, 张祖进, 李辉. 浅谈医用输液器的质量对输液泵输液精度的影响[J]. 医疗卫生装备, 2012, 33(7): 113-114.
GUO S P, ZHANG Z J, LI H. Impact analysis of infusion apparatus on precision of infusion pump[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2012, 33(7): 113-114.
- [17] GB 8369-2005. 一次性使用输血器-标准查询: 国家标准网-标准服务平台[EB/OL]. [2017-02-20]. <http://www.sps.gov.cn/page/P421/638.shtml>.
GB 8369-2005. Transfusion sets for single use - Standards query: National Standards Online- Standards service platform [EB/OL]. [2017-02-20]. <http://www.sps.gov.cn/page/P421/638.shtml>.

(编辑: 黄开颜)