

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2017.13.009

富氢盐水对高压电烧伤大鼠微循环内红细胞流速及组织病理损伤的影响 *

魏 伟 邵洪波 邢 亮 冯建科 张庆富[△] 堵亚茹

(河北医科大学第一医院烧伤整形科 河北 石家庄 050030)

摘要 目的:探讨富氢盐水对高压电烧伤大鼠微循环内红细胞流速及组织病理损伤的影响。**方法:**80 只大鼠随机分为四组,分别为烧伤组、治疗组、对照组和阳性对照组,治疗组烧伤后给予富氢盐水治疗,阳性对照组给予罂粟碱溶液治疗。每组分三个亚组用于血气分析,肺组织形态学观察和红细胞流动速度检测。**结果:**治疗组和阳性对照组大鼠肺组织湿干重比均显著低于烧伤组($P<0.05$),治疗组和阳性对照组大鼠肺组织湿干重比差异不显著($t=0.585, P>0.05$)。治疗组和阳性对照组大鼠生存时间均显著高于烧伤组($P<0.05$),治疗组和阳性对照组大鼠生存时间差异不显著($t=0.448, P>0.05$)。治疗组和阳性对照组氧分压均显著高于烧伤组($P<0.05$);治疗组和阳性对照组氧分压差异不显著($t=0.424, P>0.05$)。治疗组和阳性对照组二氧化碳分压均显著低于烧伤组($P<0.05$);治疗组和阳性对照组二氧化碳分压差异不显著($t=1.285, P>0.05$)。治疗组和阳性对照组大鼠红细胞流动速度分压均显著高于烧伤组($P<0.05$);治疗组和阳性对照组之间大鼠红细胞流动速度差异不显著($P>0.05$)。**结论:**富氢盐水能够促进烧伤大鼠微循环内红细胞的流动,改善微循环,恢复受损肺组织,在高压电烧伤患者的治疗方面具有较好的应用前景。

关键词:富氢盐水;高压电烧伤大鼠;红细胞流速;组织病理损伤

中图分类号:R-33;R644 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2017)13-2435-05

Effect of Hydrogen Rich Saline on the Blood Flow Velocity and Tissue Pathological Damage of Rats with High Voltage Electric Burn*

WEI Wei, SHAO Hong-bo, XING Liang, FENG Jian-ke, ZHANG Qing-fu[△], DU Ya-ru

(Department of empyrosis and shape, First Accessory Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang, Hebei, 050030, China)

ABSTRACT Objective: To investigate the effect of hydrogen rich saline on blood flow velocity and tissue pathological damage of rats with high voltage electric burn. **Methods:** 80 Wistar rats were randomly divided into four groups, respectively for the burn group, treatment group, control group and positive control group. Treatment group was given hydrogen rich saline, the positive control group was given papaverine solution. Each group was divided into three subgroups for blood gas analysis, lung tissue observation and measure of red blood cell flow velocity detection. **Results:** The ratio of wet to dry of lung tissue in treatment group and positive control group was significantly lower than that of the burn group ($P<0.05$), and the difference between treatment group and positive control group was not significant ($t=0.585, P>0.05$). The survival time of the treatment group and the positive control group were significantly higher than that of the burn group ($P<0.05$), and the difference of survival time between the two groups of treatment group and the positive control group was not significant ($t=0.448, P>0.05$). The oxygen partial pressure of the treatment group and the positive control group were significantly higher than that of the burn group ($P<0.05$); the difference of the oxygen partial pressure between the treatment group and the positive control group was not significant ($P>0.05, t=0.424$). The carbon dioxide partial pressure in the treatment group and the positive control group was significantly lower than that of the burn group ($P<0.05$); the difference of the carbon dioxide partial pressure between the treatment group and the positive control group was not significant ($t=1.285, P>0.05$). The flow velocity of red blood cells in the treatment group and the positive control group were significantly higher than that of the burn group ($P<0.05$); the difference of the red blood cell flow velocity between the treatment group and the positive control group was not significantly different ($P>0.05$). **Conclusion:** Hydrogen rich saline can promote the flow of red blood cells in the microcirculation, improve microcirculation, restore damaged lung tissue, and have a good prospect in the treatment of patients with high voltage electric burn.

Key words: Hydrogen rich saline; High pressure electric burn rats; Red blood cell flow velocity; Tissue pathological damage

Chinese Library Classification(CLC): R-33; R644 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2017)13-2435-05

前言

近年来,随着各类大功率电器的应用增加,日常生活中人们与高压电接触的风险日益增加,尤其是误触高压电造成的烧

* 基金项目:河北省 2015 年度医学科学研究重点计划项目(20150197)

作者简介:魏伟(1982-),男,主治医师,硕士研究生,研究方向:高压电烧伤微循环研究, E-mail: wewdoctor@sina.cn

[△] 通讯作者:张庆富,男,教授,主任医师,博士研究生导师

(收稿日期:2016-05-27 接受日期:2016-06-21)

伤对患者的健康造成严重威胁,甚至危及生命。严重的烧伤会给机体微循环造成极大负面影响,多数患者会出现红细胞变形能力降低、发生瘀滞、聚集等现象;白细胞贴壁,毛细血管嵌塞,微血栓形成等,进而造成微循环阻力升高,血管中液体也因此渗出至创面、组织间隙,从而引起机体有效循环血量的减少,最终增加患者发生休克及器官功能损伤的风险^[1-3]。尽管近年来随着临床治疗措施的进步,直接死于烧伤的病人逐渐较少,但休克这一烧伤后的主要并发症仍然严重威胁着烧伤病人的生命和健康,因此采取有效措施降低烧伤病人发生休克的风险,对于改善烧伤病人预后具有积极意义。而烧伤后休克发生的实质是由于多种因素共同作用所引发的组织血液灌流和氧供不足,进而使组织细胞发生缺氧性损害^[4,5]。因此,对烧伤后休克的预防实际就是要采取措施提高患者微循环灌注,增大组织血流,保证充足的氧供,从而降低缺氧缺血性损伤的发生率^[6,7]。对此,临床常用措施是通过大量补充体液,补足循环血量,但这种方式对机体微循环障碍的改善作用有限^[8]。有研究发现氢气能够特异性的中和氧自由基,抑制炎症反应,在多种氧化应激动物疾病治疗中发挥积极作用。为此,本研究探讨了富氢盐水对高压电烧伤大鼠微循环内红细胞流速及组织病理损伤的影响,旨在为临床改善烧伤患者的预后提供更多的参考。

1 材料与方法

1.1 仪器及药物

正置荧光显微镜 +NIS-ELEMENT 软件 (美国 ZEISS 公司),ABL7788 血气分析仪(丹麦雷度公司),5 mL 注射器,动静脉套管,75%酒精,戊巴比妥钠,罂粟碱。

1.2 富氢盐水的配制

在 0.4MPa 大气压下将氢气溶入 250 mL 的软袋生理盐水中,经 4 h 达到过饱和状态,然后将袋内气体抽出,在相同条件下注入氢气 4 h 达到过饱和状态,即得富氢盐水,采用气相色谱检测,浓度达 0.6 mmol/L。

1.3 高压电烧伤大鼠模型的制备^[9]

将大鼠仰卧位固定在实验台,以 75%酒精对大鼠腹部正中皮肤进行消毒,继而以 40 mg/kg 的 1%戊巴比妥钠腹腔注射麻醉。麻醉后清水打湿大鼠左上肢、右下肢及胸部皮毛,之后用两个 1 cm² 的电极板固定在左上肢的电流入口处及右下肢电流出口处的外侧被毛区。左上肢电极板接升压器输入端,右下肢电极板连接升压器输出端。与 380 V 电源接通后,开启调压器,调节额定电压至 2 kV,对大鼠进行 3 s 的电击。电击时可见大鼠周身抽搐、肌肉痉挛,固定电极板的局部皮肤发生凹陷,且可见皮肤碳化固缩,部分大鼠可见创口裂开,造成肌肉、骨骼、血管暴露,严重者肢体断裂、脱落。对照组采用无高压电流通过,余下过程与模型组相同。

1.4 动物分组

240 只大鼠随机分为四组,分别为高压电烧伤实验组(腹腔注射生理盐水,简称实验组)、高压电烧伤富氢盐水治疗组(腹腔注射富氢盐水,简称治疗组)、假高压电烧伤组(单纯腹腔注射生理盐水,不通电,简称空白对照组)、高压电烧伤罂粟碱治疗组(腹腔注射罂粟碱溶液,简称阳性对照组)。每组随机分为 3 个亚组,12 只用于烧伤休克后 24 h 肺组织干湿重比检测,病理观察

及血气分析;12 只用于烧伤后连续微循环观察;36 只用于烧伤后生存时间观察。

1.5 观察项目

(1)微循环观察:参照 Gray 法制备大鼠脊斜肌活体微循环观察标本,37℃Kreb's 液连续滴注维持标本稳定,分别在烧伤前(T0)及烧伤后 10 分钟(T1),30 分钟(T2),60 分钟(T3),120 分钟(T4)和 240 分钟(T5)用正置荧光显微镜选择口径在 30-50 μm 的脊斜肌三级微动脉进行观察,记录微循环状态和红细胞流动速度。(2)肺组织病理观察及血气分析:在大鼠烧伤休克 24h 后采集颈动脉血用于血气分析;脱臼法处死动物,取右上肺以福尔马林固定,包埋,切片,脱蜡后,HE 染色后在 400 倍镜下观察肺部病理变化;另取 300-500 mg 左下肺组织,测定肺组织湿干重比(湿组织质量 / 干组织质量 × 100%)。(3)各组大鼠经液体复苏后,缝合伤口,正常饲养,记录各组大鼠生存时间。

1.6 统计学处理

采用 SPSS 19.0 进行数据处理,计数资料采用卡方检验,计量资料采用均值 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用 t 检验,均以 P<0.05 表示差异显著。

2 结果

2.1 各组烧伤前后肺组织湿干重比值及生存情况的比较

烧伤组肺组织湿干重比值显著高于对照组($t=2.953, P<0.05$);治疗组和阳性对照组大鼠肺组织湿干重比均显著低于烧伤组($P<0.05$),治疗组和阳性对照组大鼠肺组织湿干重比差异不显著($t=0.585, P>0.05$)。烧伤组大鼠生存时间显著较对照组显著缩短($t=19.153, P<0.05$);治疗组和阳性对照组大鼠生存时间均显著高于烧伤组($P<0.05$),治疗组和阳性对照组大鼠生存时间差异不显著($t=0.448, P>0.05$)。详见表 1。

2.2 各组血气分析结果的比较

烧伤组氧分压显著低于对照组($t=5.844, P<0.05$);治疗组和阳性对照组氧分压均显著高于烧伤组($P<0.05$);治疗组和阳性对照组氧分压差异不显著($t=0.424, P>0.05$)。烧伤组二氧化碳分压显著高于对照组($t=2.916, P<0.05$);治疗组和阳性对照组二氧化碳分压均显著低于烧伤组($P<0.05$);治疗组和阳性对照组二氧化碳分压差异不显著($t=1.285, P>0.05$)。烧伤组乳酸含量显著高于对照组($t=8.890, P<0.05$);治疗组和阳性对照组乳酸含量均显著低于烧伤组($P<0.05$);治疗组和阳性对照组乳酸含量差异不显著($t=0.589, P>0.05$)。详见表 2。

2.3 各组大鼠红细胞流速的比较

烧伤前,各组大鼠红细胞流动速度差异无统计学意义($P>0.05$);烧伤后各时间点,烧伤组大鼠红细胞流速均较对照组显著偏低($P<0.05$);治疗组和阳性对照组大鼠红细胞流动速度分压均显著高于烧伤组($P<0.05$);治疗组和阳性对照组之间大鼠红细胞流动速度差异不显著($P>0.05$)。详见表 3。

2.4 各组大鼠组织病理学比较

如图 1 所示,对照组大鼠肺组织结构正常,而烧伤组大鼠肺组织结构破坏,可见组织充血、水肿,肺泡壁显著增厚,中性粒细胞大量浸润;而治疗组和阳性对照组大鼠肺组织仅可见少量的炎性细胞浸润,其他与对照组基本一致。

表 1 各组烧伤前后肺组织湿干重比值及生存情况的比较

Table 1 Comparison of the wet/dry weight ratio of lung tissue and survival after burn injury between different groups

Groups	Ratio of drying and wetting Weight of lung tissue	Survival time(h)	24 h-Survival rate(%)	48 h-Survival rate(%)
Control group(n=36)	4.01± 0.37	103.2± 9.5	36/36	36/36
Burn group(n=36)	4.91± 0.37	22.9± 3.9	18/36	2/36
Treatment group(n=36)	4.33± 0.41	33.7± 4.2	36/36	18/6
Positive-control group(n=36)	4.21± 0.29	35.1± 6.4	36/36	25/6
t/x ²	t ₁ =2.953	t ₁ =19.153	x ² ₁ =4.001	x ² ₁ =12.001
	t ₂ =2.572	t ₂ =4.616	x ² ₂ =4.001	x ² ₂ =4.001
	t ₃ =3.647	t ₃ =3.987	x ² ₃ =4.001	x ² ₃ =2.401
	t ₄ =0.585	t ₄ =0.448	x ² ₄ =0.00	x ² ₄ =0.341
P	P ₁ <0.05	P ₁ <0.05	P ₁ <0.05	P ₁ <0.05
	P ₂ <0.05	P ₂ <0.05	P ₂ <0.05	P ₂ <0.05
	P ₃ <0.05	P ₃ <0.05	P ₃ <0.05	P ₃ <0.05
	P ₄ >0.05	P ₄ >0.05	P ₄ >0.05	P ₄ >0.05

Notes: t₁/x²₁, P₁ indicated the difference between control group and burn group; t₂/x²₂, P₂ indicated the difference between burn group and treatment group; t₃/x²₃, P₃ indicated the difference between positive-control group and burn group; t₄/x²₄, P₄ indicated the difference between positive-control group and treatment group.

表 2 各组大鼠血气分析结果的比较

Table 2 Comparison of the blood gas analysis results between different groups

Groups	PO ₂ (mmHg)	PCO ₂ (mmHg)	Lactic acid content(g/L)
Control group(n=12)	108.6± 6.5	34.6± 2.5	0.83± 0.32
Burn group(n=12)	77.5± 11.3	43.9± 7.4	4.71± 1.02
Treatment group(n=12)	94.8± 8.6	36.5± 3.1	2.42± 0.41
Positive-control group(n=12)	97.4± 12.3	34.2± 4.3	2.27± 0.47
t	t ₁ =5.844	t ₁ =2.916	t ₁ =8.890
	t ₂ =2.984	t ₂ =2.259	t ₂ =5.103
	t ₃ =2.918	t ₃ =2.961	t ₃ =5.322
	t ₄ =0.424	t ₄ =1.285	t ₄ =0.589
P	P ₁ <0.05	P ₁ <0.05	P ₁ <0.05
	P ₂ <0.05	P ₂ <0.05	P ₂ <0.05
	P ₃ <0.05	P ₃ <0.05	P ₃ <0.05
	P ₄ >0.05	P ₄ >0.05	P ₄ >0.05

Notes: t₁/x²₁, P₁ indicated the difference between control group and burn group; t₂/x²₂, P₂ indicated the difference between burn group and treatment group; t₃/x²₃, P₃ indicated the difference between positive-control group and burn group; t₄/x²₄, P₄ indicated the difference between positive-control group and treatment group.

3 讨论

研究表明烧伤性休克往往对机体全身微循环造成影响,且患者在休克代偿期就会有大量红细胞的聚集,进而导致微循环紊乱,乳酸等有害物质大量堆积对重要器官组织造成损伤,对患者后期康复造成不利影响^[10,11]。因此,探讨合理的治疗措施改善烧伤患者微循环对于改善患者预后具有积极意义。罂粟碱是一种鸦片类生物碱,临床常用作血管扩张药物,其对血管有非特异性松弛作用,能够改善血管痉挛,增加组织血流量,改善微循环。为此,本研究以其作为阳性对照药物^[12-15]。研究表明氢气

能够依靠其还原作用清除机体活性氧,抑制炎症介质释放,继而改善微循环,但关于其对高压电烧伤大鼠微循环及病理损伤的影响报道较少^[16-19]。因此,本研究旨在通过构建大鼠高压电烧伤模型,分析富氢盐水的作用,为临床更好的治疗高压电烧伤奠定基础。

本研究表明烧伤会引起机体肺组织湿干重升高,富氢盐水和罂粟碱能够降低因烧伤造成的机体肺组织湿干重升高。此外,本研究发现烧伤会显著缩短大鼠生存时间,富氢盐水和罂粟碱可有效延长烧伤大鼠的生存时间。上述结果一方面说明表明烧伤会导致机体肺水肿及缩短生存时间,主要是由于烧伤

多伴有大量热力被吸入呼吸到和肺部而造成损伤,从而引起毛细血管通透性增加而造成肺水肿,此外烧伤后发生的低蛋白血症、脓毒症均会造成肺水肿,肺水肿患者呼吸循环功能下降,严重

重者呼吸循环衰竭而死亡。同时本研究说明富氢盐水与罂粟碱可改善烧伤所致的肺水肿,并延长机体的生存时间,其作用机理在下文中讨论。

表 3 各组大鼠不同时间点红细胞流动速度的比较

Table 3 Comparison of the flow velocity of red blood cells at different time points between different groups

Groups	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Control group(n=12)	3127± 171	3133± 149	3152± 161	3174± 151	3041± 132	3037± 143
Burn group(n=12)	3198± 201	2357± 163	2681± 134	2652± 162	2441± 109	2308± 128
Treatment group(n=12)	3092± 192	2801± 154	3158± 192	3196± 173	2971± 118	2913± 145
Positive-control group(n=12)	3087± 181	2794± 151	3171± 201	3215± 211	2948± 104	2893± 174
t	t ¹ =0.659	t ¹ =8.607	t ¹ =5.508	t ¹ =5.774	t ¹ =8.585	t ¹ =9.304
	t ₂ =0.934	t ₂ =4.851	t ₂ =4.991	t ₂ =5.622	t ₂ =8.082	t ₂ =7.662
	t ₃ =1.005	t ₃ =4.818	t ₃ =4.968	t ₃ =5.184	t ₃ =8.243	t ₃ =6.634
	t ₄ =0.046	t ₄ =0.083	t ₄ =0.115	t ₄ =0.171	t ₄ =0.358	t ₄ =0.216
P	P ¹ >0.05	P ¹ <0.05	P ¹ <0.05	P ¹ <0.05	P ¹ <0.05	P ¹ <0.05
	P ₂ >0.05	P ₂ <0.05	P ₂ <0.05	P ₂ <0.05	P ₂ <0.05	P ₂ <0.05
	P ₃ >0.05	P ₃ <0.05	P ₃ <0.05	P ₃ <0.05	P ₃ <0.05	P ₃ <0.05
	P ₄ >0.05	P ₄ >0.05	P ₄ >0.05	P ₄ >0.05	P ₄ >0.05	P ₄ >0.05

Notes: t₁/x²₁, P₁ indicated the difference between control group and burn group; t₂/x²₂, P₂ indicated the difference between burn group and treatment group; t₃/x²₃, P₃ indicated the difference between positive-control group and burn group; t₄/x²₄, P₄ indicated the difference between positive-control group and treatment group.

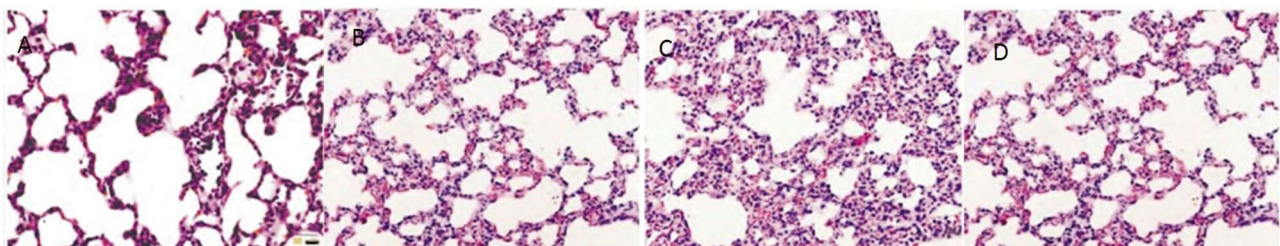


图 1 各组大鼠肺组织 H.E 染色观察(A:对照组;B:治疗组;C:烧伤组;D:阳性对照组)

Fig.1 H.E staining of lung tissue of rats in each group (A: Control group; B: Treatment group; C:Burn group; D:Postive control group)

此外,本研究结果发现富氢盐水和罂粟碱能够使烧伤大鼠二氧化碳分压显著降低,同时能够降低烧伤大鼠乳酸含量。这说明富氢盐水能够改善因烧伤造成的大鼠肺功能受损,其原因可能是其较强的抗氧化作用能够有效抑制烧伤产生的大量氧自由基对肺组织的氧化及因此而形成的炎症损伤。这与 Fang 等认为富氢盐水对烫伤造成肺损伤具有较好的保护作用基本相符^[20]。而通过 H.E 染色病理组织观察也发现治疗组和阳性对照组大鼠肺组织炎性浸润明显减轻,肺组织结构与对照组基本一致,与上述结果相互佐证。

此外,本研究发现在烧伤后各组大鼠微循环内红细胞流动速度均显著降低,但治疗组和阳性对照组在烧伤后 30 分钟即可开始逐渐升高,这说明富氢盐水能够显著改善烧伤大鼠微循环,促进血液流动,有利于降低组织缺氧缺血性损伤发生的风险。

综合上述分析,我们认为富氢盐水能够促进烧伤大鼠微循环内红细胞的流动,改善微循环,恢复受损肺组织,在高压电烧伤患者的治疗方面具有较好的应用前景。

参考文献(References)

[1] 周日兴,李叶扬,李昱,等.319 例老年烧伤患者的死亡危险因素分析

及预测[J].中华烧伤杂志,2014,30(5): 447-449

Zhou Ri-xing, Li Ye-yang, Li Gang, et al. Analysis and prediction of the risk factors of death in 319 elderly patients with burn [J]. Chin J Burns, 2014, 30(5): 447-449

[2] 张庆富,周慧敏,王车江,等.高压电烧伤对兔心脏微循环的影响[J].中华烧伤杂志,2012,28(3): 173-177

Zhang Qing-fu, Zhou Hui-min, Wang Che-jiang, et al. Influence of high-voltage electric burn on the microcirculation of heart in rabbit [J]. Chin J Burns, 2012, 28(3): 173-177

[3] 袁文周.切痂、削痂植皮术对Ⅲ° 关节烧伤患者局部微循环的影响及疗效观察[J].广西医学,2014,36(12): 1769-1771

Yuan Wen-zhou. Impact of Different Skin Grafting Methods on Local Microcirculation and Efficacy in Patients with Severe Joint Burn[J]. Guangxi Medical Journal, 2014, 36(12): 1769-1771

[4] 蒋建辉.烧伤性休克的临床疗效观察[J].中国实用医药,2010,05(20): 119-120

Jiang Jian-hui. Clinical observation of the clinical effect of burn shock [J]. China Prac Med, 2010, 05(20): 119-120

[5] Duan Xun-hong, Yu Dong-qi, Yu Chang-long, et al. Henoch-Schon-

- lein purpura following high-voltage electric burn injury: A case report and review of the literature [J]. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 2016, 11(2): 540-542
- [6] Vivo C, Galeiras R, del Caz, Ma D P. Initial evaluation and management of the critical burn patient [J]. *Medicina Intensiva*, 2016, 40(1): 49-59
- [7] 李延辉. 烧伤休克延迟复苏治疗的临床研究[J]. *河北医学*, 2013, 19(8): 1215-1217
Li Yan-hui. Clinical study on delayed resuscitation of burn shock[J]. *Hebei Medicine*, 2013, 19(8): 1215-1217
- [8] 苏卫国, 王平丽, 牛希华, 等. 持续性静脉-静脉血液滤过对烧伤休克延迟复苏的疗效分析[J]. *中国全科医学*, 2014, 17(5): 591-593
Su Wei-guo, Wang Ping-li, Niu Xi-hua, et al. Continuous Veno-venous Haemofiltration in Delayed Resuscitation of Burn Shock: Analysis of Therapeutic Effects[J]. *Chinese General Practice*, 2014, 17(5): 591-593
- [9] 张庆富, 刘鹏, 周慧敏, 等. 高压电烧伤大鼠血清内皮素 1 与一氧化氮变化及乌司他丁的干预作用 [J]. *中华烧伤杂志*, 2012, 28(3): 190-192
Zhang Qing-fu, Liu Peng, Zhou Hui-min, et al. Variation of serum endothelin 1 and nitric oxide of high voltage electric burn rat and the intervention effect of ulinastatin[J]. *Chin J Burns*, 2012, 28(3): 190-192
- [10] 庞天舒, 丁国平, 阙日升, 等. 急危重症氧化应激及微循环障碍的研究进展[J]. *中华急诊医学杂志*, 2013, 22(5): 553-555
Pang Tian-shu, Ding Guo-ping, Que Ri-sheng, et al. Research Progress on oxidative stress and microcirculation disturbance in acute critical illness[J]. *Chinese Journal of Emergency Medicine*, 2013, 22(5): 553-555
- [11] 马伟, 刘群, 李林, 等. 重症烧伤患者休克期乳酸清除率的观察[J]. *中华烧伤杂志*, 2009, 25(3): 187-188
Ma Wei, Liu Qun, Li Lin, et al. Observation of the rate of lactic acid clearance in the shock stage of severe burn patients[J]. *Chin J Burns*, 2009, 25(3): 187-188
- [12] 李栋梁, 李庆霞, 彭代智, 等. 蛋白胶-罂粟碱复合体对肉芽创面镇痛效果观察[J]. *中华烧伤杂志*, 2009, 25(5): 381-382
Li Dong-liang, Li Qing-xia, Peng Dai-zhi, et al. Observation of analgesic effect of fibrin glue - papaverine complex on granulation[J]. *Chin J Burns*, 2009, 25(5): 381-382
- [13] 姜翠蕾, 李卫卫. 罂粟碱注射液在烧伤整形中的临床疗效观察[J]. *中国保健营养(中旬刊)*, 2014, 24(4): 2375
Jiang Cui-lei, Li Wei-wei. Observation of the clinical efficacy of papaverine injection applied in plastic surgery and burns [J]. *China Health and Nutrition*, 2014, 24(4): 2375
- [14] 李栋梁, 朱玉. 蛋白胶-罂粟碱复合物在肉芽创面刃厚植皮术中的疗效观察[J]. *中华创伤杂志*, 2010, 26(6): 540-541
Li Dong-liang, Zhu Yu. Observation of the curative effect of fibrin glue - papaverine compound in granulation of blade thick skin grafting[J]. *Chin J Burns*, 2010, 26(6): 540-541
- [15] 刘绪文, 孙云廷. 罂粟碱的临床及药理作用研究进展[J]. *中国药物与临床*, 2006, 6(9): 697-699
Liu Xu-wen, Sun Yun-ting. Research Progress of clinical and pharmacological effects of papaverine [J]. *Chinese Remedies and Clinics*, 2006, 6(9): 697-699
- [16] 杜遵民, 贾海鹏, 刘静等. 富氢生理盐水对非控制性失血性休克大鼠血浆炎症和氧化损伤因子的影响[J]. *中华实验外科杂志*, 2013, 30(11): 2455
Du Zun-min, Jia Hai-peng, Liu Jing, et al. Effects of hydrogen rich saline on plasma inflammatory and oxidative damage factors in uncontrolled hemorrhagic shock in rats[J]. *Chinese Journal of Experimental Surgery*, 2013, 30(11): 2455
- [17] 施东靖, 吴莉, 喻文立, 等. 氢气细胞保护作用机制的研究进展[J]. *山东医药*, 2015, (26): 97-99
Shi Dong-jing, Wu Li, Yu Wen-li, et al. Research Progress on the mechanism of cell protection of hydrogen[J]. *Shandong Medical Journal*, 2015, (26): 97-99
- [18] 应佑国, 何建. 饱和氢气生理盐水对油酸致急性肺损伤大鼠肺的保护作用[J]. *中国急救医学*, 2011, 31(5): 426-429
Ying You-guo, He Jian. Protective effect of hydrogen - rich saline on lung injury induced by oleic acid in rats [J]. *Chin J Crit Care Med*, 2011, 31(5): 426-429
- [19] 韩焕芝, 陈红光, 谢克亮, 等. 氢气治疗疾病的相关机制[J]. *中国中西医结合外科杂志*, 2012, 18(1): 102-104
Han Huan-zhi, Chen Hong-guang, Xie Ke-liang, et al. Mechanism of hydrogen treating diseases[J]. *Chinese Journal Of Surgery of Integrated Traditional and Western Medicine*, 2012, 18(1): 102-104
- [20] Fang Y, Fu XJ, Gu C, et al. Hydrogen-rich saline protects against acute lung injury induced by extensive burn in rat model [J]. *Burn Care Res*, 2011, 32(3): 82-91