· 论著 ·

不同通气方式对重度蒸汽吸入伤犬呼吸力学及气体交换的影响

李国辉 郭光华 徐昌政 曹勇 吴燮卿

【摘要】 **目的** 研究常规机械通气(CMV)、高频喷射通气(HFJV)和高频双向喷射通气(HFTJV)对重度蒸汽吸入伤犬呼吸力学和气体交换的影响。 **方法** 9 只犬,重度蒸汽吸入性损伤,分别在上述三种条件下检测呼吸力学、循环和血气等各种参数。 **结果** (1)三种通气方式下呼吸系统总阻力(Rrs)、肺阻力(R_L)均显著高于对照值($P<0.01$),呼吸总顺应性(Crs)、肺顺应性(C_L)均显著低于对照值($P<0.05$),但三者之间比较,Rrs、R_L、Crs、C_L 的变化差异均无显著性意义。(2)CMV 和 HFJV 均引起 CO_2 潴留,HFTJV 比 HFJV 显著增加 CO_2 排出(VCO_2, $P<0.01$)。(3)三种通气方式的功能残气量(FRC)和 PaO_2 均无明显变化。 **结论** 三种通气方式均能克服气道阻力辅助呼吸,但不能使伤后高气道阻力和低肺顺应性恢复正常。CMV 的通气效率类似于 HFJV,而 HFTJV 的通气效率则优于 HFJV。

【关键词】 吸入伤; 呼吸力学; 气体交换

The effects of different patterns of mechanical ventilation on the respiratory mechanics and gas exchange in dogs severely injured by steam inhalation

LI Guohui, GUO Guanghua, XU Changzheng, et al. Department of Burns, The First Affiliated Hospital, Jiangxi Medical College, Nanchang 33006, P. R. China

【Abstract】 **Objective** To study the effects of conventional mechanical ventilation (CMV), high - frequency jet ventilation (HFJV) and high - frequency two - way jet ventilation (HFTJV) on the respiratory mechanics and gas exchange in dogs inflicted with severely by steam inhalation injury. **Methods** Nine mongrel dogs inflicted by steam inhalation to severe inhalation injury were served as the model. Indices of respiratory mechanics, hemodynamics and blood gas analysis were monitored respectively with the above three patterns of mechanical ventilation. **Results** (1) Total respiratory resistance (Rrs) and resistance of lungs (R_L) were evidently higher with the ventilations than those in control ($P<0.01$). And total respiratory compliance (Crs) and compliance of lungs (C_L) were obviously lower with the ventilations than those in control ($P<0.05$) but with no significant differences among the changes of Rrs, R_L, Crs and C_L. (2) Carbon dioxide (CO_2) retention could be induced by CMV and HFJV. HFTJV was much more effective than HFJV in enhancing the expiration of CO_2 ($P<0.01$). (3) There was no remarkable difference in functional residual capacity (FRC) and PaO2 between dogs with three patterns of ventilation. **Conclusion** All these three patterns of ventilation could overcome the respiratory resistance and help respiration, but they couldnt correct the high airway resistance and low compliance of lungs already established postburn. The efficiency of CMV was similar to that by HFJV, but that of HFTJV was much better than that of HFJV.

【Key words】 Inhalation injury; Respiratory mechanics; Gas exchange

本文主要观察比较常规机械通气(CMV)、高频喷射通气(HFJV)和高频双向喷射通气(HFTJV)对重度蒸气吸入伤犬呼吸力学的影响。

材 料 与 方 法

1. 动物准备:健康杂种犬 9 只,体重(14.04 ± 2.08)kg,雌雄不拘。3% 戊巴比妥钠静脉滴注麻醉(30 mg/kg),用琥珀酰胆碱维持肌肉松弛。经口插入 F 40 气管导管置于声门下 15 cm 处,其外侧置一内径 2 mm 的塑料管至声门下 20 cm 处,以测量气道压力。经食道球囊记录食道压,以此近似代表胸膜腔内压。从左颈外静脉插入 Swan - Ganz 漂浮导管置肺动脉,以测定心输出量(CO)。

2. 通气条件:使用电动呼吸机(上海医疗机械四厂,SC - Ⅱ型)行 CMV,通气频率为 14 次/min,峰值气道压≤12 cmH_2O。HFJV 和 HFTJV 均由程控双向喷射呼吸机(南昌飞机制造公司生产)实现。在气管导管进出气导管上连接流率传感器(Fleisch 型),以测定呼吸气体流率。不同通气方式呼吸的气量均

基金项目:国家自然科学基金资助项目

作者单位:330006 南昌,江西医学院第一附属医院烧伤科(李国辉、郭光华、曹勇、吴燮卿);南京市第一医院(徐昌政)

以流率积分法测定。HFJV 的潮气量(V_T)为喷射气量与卷气量之和。HFJV 的频率 100 次/min,吸呼比(I/E)为 1:2,调整驱压使呼气末 CO_2 分压($PetCO_2$)等于(4.67 ±0.40)kPa。HFTJV 反喷驱动压约为正喷的 1/2。

3. 生理指标测量:(1)测量呼吸气体压力(P)、流率(V)、心率(HR)、平均动脉压(MAP)、心输出量(CO)、功能残气量(FRC)、二氧化碳排出量(VCO_2)及血气分析各参数。(2)肺顺应性(C_L)、肺阻力(R_L)和呼吸系统总阻力(Rrs)利用曲线拟合法[1]。每分钟肺泡通气量(V_A)根据标准公式计算。

4. 实验步骤:9 只犬均采用自身前后对照方法。待动物准备结束后,施行 HFJV 稳定 20 min 后测定各有关生理变量值作为对照值。接着中断人工通气,以压力为 49 kPa、温度 102 ℃的蒸汽经气管导管灌入肺内 5 s 致伤。伤后 1 h,按照随机方法交替进行 CMV、HFJV、HFTJV,每一种通气方式均通气 30 min 后测定各有关生理变量值,实验结束时快速放血处死动物,取出右肺组织以备病理学检查。

5. 统计分析:结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示,实验数据用方差分析,并进行 q 值法处理。

结 果

1. 不同通气方式对致伤犬呼吸循环动力学的影响:CMV、HFJV 和 HFTJV 方式下的 Rrs、R_L 显著高于对照值($P<0.05$),CrS、C_L 则显著低于对照值($P<0.05$),但三者之间的差异无显著性意义;3 种通气方式下的平均气道压(Paw)、平均动脉压(MAP)均接近于对照值;心率(HR)显著变慢($P<0.01$);CMV 时的吸气峰压(PIP)比对照值和 HFJV 时显著升高($P<0.05$),CO 显著减少($P<0.05$,表 1)。

2. 不同通气方式对致伤犬肺容量及血气的影响:不同方式比较表明,CMV 的潮气量(V_T)最大,HFJV 的次之,HFTJV 的最小,而 CMV 肺泡通气量(V_A)最小,HFJV 和 HFTJV 的 V_A 相近;三种通气方式的 FRC 均十分接近。CMV 与 HFJV 的 VCO_2 接近对照值水平,但 $PaCO_2$ 明显升高($P<0.05$),PaO_2

表 1 不同通气方式对致伤犬呼吸循环动力学参数的影响($\bar{x} \pm s$)

Tab 1 Effects of different patterns of ventilation on respiratory and hemodynamic indices of burned dogs($\bar{x} \pm s$)

指标	犬数	对照值	CMV	HFJV	HFTJV
PIP(kPa)	9	0.66 ±0.12	0.89 ±0.09 *#	0.68 ±0.17	0.70 ±0.18
Paw(kPa)	9	0.32 ±0.05	0.44 ±0.10	0.35 ±0.01	0.34 ±0.08
Rrs($kPa \cdot s \cdot L^{-1}$)	9	0.35 ±0.18	0.94 ±0.50##	0.97 ±0.53##	0.86 ±0.36##
R_L($kPa \cdot s \cdot L^{-1}$)	9	0.42 ±0.15	0.89 ±0.45##	0.94 ±0.44##	0.82 ±0.38##
Crs(L/kPa)	9	0.16 ±0.04	0.12 ±0.05#	0.13 ±0.05#	0.14 ±0.05#
C_L(L/kPa)	9	0.19 ±0.07	0.13 ±0.06#	0.13 ±0.05#	0.16 ±0.06#
MAP(kPa)	9	11.15 ±2.17	10.62 ±0.99	11.03 ±1.83	10.92 ±3.56
HR(beats/min)	9	143.11 ±19.64	84.89 ±23.10##	82.11 ±18.00##	84.67 ±21.29##
CO($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$)	9	145.40 ±43.00	96.30 ±12.00 *#	119.70 ±62.00#	97.60 ±39.00#

注:与 HFJV 比较,* $P<0.05$;与对照值比较,# $P<0.05$,## $P<0.01$

表 2 不同通气方式对致伤犬肺容量及血气的影响($\bar{x} \pm s$)

Tab 2 Effects of different patterns of ventilation on pulmonary volume and blood gas analysis of burned dogs($\bar{x} \pm s$)

指标	犬数	对照值	CMV	HFJV	HFTJV
V_T(ml)	9	103.7 ± 32	162.6 ±20 **	94.7 ±34	85.6 ±26 *
V_A(ml)	9	1 433 ± 256	969 ±228 *	1 198 ±236	1 100 ±282
FRC (ml)	9	467 ±66	427 ±55	433 ±56	444 ±56
VCO_2($ml \cdot min^{-1} \cdot kg$)	9	4.82 ±0.52	4.83 ±0.63	4.90 ±0.65	6.32 ±130 **
$PaCO_2$(kPa)	9	5.60 ±0.38	7.45 ±0.68#	7.05 ±1.37#	5.99 ±0.90 **
PaO_2(kPa)	9	10.65 ±0.65	9.20 ±2.13	9.33 ±2.18	9.44 ±1.98
pH	9	7.27 ±0.06	7.11 ±0.07	7.17 ±0.07	7.18 ±0.09

注:与 HFJV 比较,* $P<0.05$,** $P<0.01$;与对照值比较,# $P<0.05$

无显著变化；HFTJV 时可使 VCO_2 显著增加，$PaCO_2$ 减低，接近对照水平，PaO_2 和 pH 值保持恒定（表 2）。

讨　论

以往在机械通气过程中对呼吸力学监测重视不够。本实验以蒸汽造成犬重度吸入性损伤后进行 CMV、HFJV 和 HFTJV 的比较研究，结果表明，三种通气方式下 Rrs、R_L 及 Crs、C_L 均无显著差异，但三者与对照组比较，均表明为 Rrs、R_L 显著升高和 Crs、C_L 显著降低。说明在蒸汽吸入性损伤早期进行不同方式通气，虽然均可以克服气道阻力辅助呼吸，但并不能恢复伤后高气道阻力、低肺顺应状态，这可能与伤后气管或支气管广泛痉挛以及肺微血管通透性增加所导致的严重肺水肿有关。实验结果还表明，与 HFJV 比较，CMV 时的吸气峰压显著升高，心输出量则显著降低，后者是因 CMV 时胸腔内压增大而影响静脉回流的结果。

Nieman[2] 对烟雾吸入性损伤犬进行了 CMV 和 HFJV 的比较研究，结果表明，HFJV 能降低肺泡－动脉氧分压差和静脉分流，从而改善氧合作用，但同时也引起 $PaCO_2$ 相对升高。国内不少学者也注意到 HFJV 克服气道阻力的能力不如 CMV，如遇到气道阻力升高、肺顺应性降低的病理条件下，易造成 CO_2 潴留。针对这一问题，笔者提出了在正向喷射的间歇（即呼气期）进行管内反向喷射的一种新型通气方式－HFTJV，并证实其具有 CO_2 排除作用。本实验结果 HFTJV 的 VCO_2 比 HFJV 非常显著增加，$PaCO_2$ 比 HFJV 非常显著降低，PaO_2 与 HFJV 相近。HFTJV 增加 CO_2 排出的主要机制是：（1）加快呼气流速，加强呼气涡流的速度[3]。（2）减少解剖死腔和生理死腔[4]。实验结果表明，CMV 的通气效率类似于 HFJV，而 HFTJV 的通气效率则优于 HFJV。至于临床结果是否如此，有待进一步研究。

参　考　文　献

1　张立藩. 犬油酸呼吸窘迫综合症模型的肺力学改变. 第四军医大学学报, 1990, 11: 278－279.

2　Nieman GF. Comparison of high－freguency jet to conventional mechanical ventilation in the tratment of severe smoke inhalation injury Burns, 1994, 20: 157－160.

3　张旭辉. 吸入性损伤犬高频喷射道气呼吸气流与 CO_2 排出关系的初步探讨. 江西医学院报, 1994, 34: 1－3.

4　吴学裕. 解剖和生理腔变化在高频双向喷射通气中的意义. 中国应用生理杂志, 1995, 11: 64－67.

（收稿日期：1999－12－10）
（编辑：刘志远）

· 病例报告 ·

治愈幼儿 80% Ⅲ度烧伤一例

柴宏亮　张金海　徐连营　张志权　李自红　贯利桃

患儿男，6 岁。因鞭炮燃烧棉衣着火致躯干和四肢烧伤，半小时后入院。入院时患儿面色发绀、烦躁、烦渴、全身寒颤。查体：心音弱，心率 140 次/min，呼吸音粗，体温 35.6℃，血压无法测量，无尿。患儿眉毛和头发部分烧焦，全身除肩以上皮肤，其余均被烧伤，呈皮革样变及焦痂形成，无触痛，躯干和四肢均可见树枝样静脉网。入院诊断：（1）Ⅲ度烧伤 80% TBSA；（2）低血容量休克。

患儿入院后急行右颈外静脉切开，快速补液抗休克。输入液体 2 000 ml 时，患儿逐渐安静，面色转红，导出酱油色尿约 200 ml。在休克期中通过颈外静脉插管，密切监视中心静脉压的变化及各项有关血液化验检查，合理分配液体，兼顾纠正水、电解质平衡，碱化尿液。加强利尿，保护肾脏功能，血红蛋白尿在入院 48 h 后好转。静脉滴注甲氰咪呱，患儿平稳度过休克期。休克期后，患儿体温逐渐升高，波动范围 37.5 ～39 ℃，部分焦痂下有液化，在全身应用大剂量有效抗生素的基础上，于伤后 6 d 手术切除右下肢、会阴部、下腹部约 20% 的焦痂及坏死组织，创面采用患儿父亲大张同种异体皮打孔、小皮片皮嵌植封闭。经 10 次手术切痂并采用大张异种或异体皮及小片自体皮嵌植创面，共输新鲜全血 1 600 ml。在此过程中，患儿多次出现脓毒血症表现，因条件有限，无法行血培养，创面分泌物细菌培养 6 次均为革兰阴性杆菌，仅对丁胺卡那霉素敏感。经全面分析选用全身大剂量有效抗生素及局部抗生素应用，有效地控制了感染，保证了植皮区皮片的成活和爬行。后期，每日用 0.1% 新洁尔灭进行浸浴，对保护清洁创面、积极引流起到了良好的作用。鼓励患儿口服饮食为主，适当输入白蛋白制剂、能量合剂及新鲜血以补充营养，经过积极治疗，患儿住院治疗 159 d 痊愈出院。

（收稿日期：2000－01－21）
（编辑：张　宁）

作者单位：732750　兰州，解放军第五一三医院烧伤科