DOI:10.16016/j.1000-5404.1994.04.017

环境压力对大鼠冲击伤伤情的影响

杨志焕 尹友国 李晓炎 翁格文 刘大维 (第三军医大学野战外科研究所) 630042

提 要 文中介绍了不同环境压力(53.99 kPa、61.33 kPa和96.60 kPa)对大鼠冲击伤伤情的影响。冲击波超压峰值为190.40 kPa,正压持续时间为10 ms,结果表明随着环境气压降低,冲击波所引起的大鼠死亡率明显增加,肺损伤程度明显加重。伤后6 h时53.99 kPa、61.33 kPa和96.60 kPa暴露组的死亡率分别36.8%、25%和0%,肺出血面积分别为653.21±652.25 mm^2、313.50±357.25 mm^2和63.75±69.01 mm^2,肺体指数分别为1.505%±0.77%、1.31%±0.65%和0.93%±0.21%。结果揭示环境气压降低可降低动物对冲击波的耐受性,使死亡率增加,肺损伤程度加重。

关键词 冲击伤;环境压;死亡率;损伤程度;大鼠

中图法分类号 R642

冲击伤是核武器和常规武器战争中常见的一种损伤。既往冲击伤的研究主要探讨常压环境下冲击伤的量效关系和致伤机理等,有关不同环境气压,特别是低气压条件下冲击伤的研究报道甚少。本研究的目的旨在探讨低气压环境下冲击伤的损伤特点,从而为其早期救治提供一定的依据。

1 材料和方法

1.1 实验动物和分组

Wistar系大鼠70只,雌雄兼有,体重90~211 g。实验分成如下4组:Ⅰ组为环境压力53.99 kPa(相当于海拔5000 m的大气压)冲击组,20只;Ⅱ组为环境压力61.33 kPa(相当于海拔4000 m的大气压)冲击组,20只;Ⅲ组为环境压力96.60 kPa(相当于重庆地区常压)冲击组,20只;Ⅳ组为环境压力53.99 kPa不给予冲击致伤组,10只。动物分组详见表1。

表1 实验动物分组

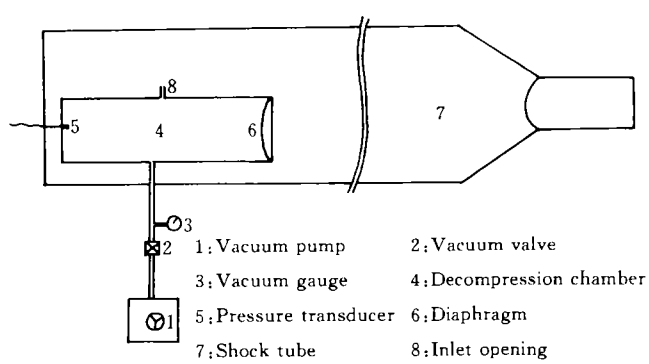
Tab 1 Grouping of experimental animals

Group	No. of animals	Body weight (mean± s ·g)	ΔP (kPa)	A-duration (ms)	P_1 (kPa)
Ⅰ	20	150.30±29.08	190.40	10	53.99
Ⅱ	20	150.60±14.87	190.40	10	61.33
Ⅲ	20	138.55±20.95	190.40	10	96.60
Ⅳ	10	142.80±21.30	…	…	53.99

Note: ΔP representing overpressure of blast wave;
P_1 representing ambient pressure.

1.2 致伤方法

实验动物不麻醉,清醒状态下置于减压仓内,自由体位,每次动物数为10只。用真空泵抽吸,使减压仓内气压于10~15 s内逐渐下降到53.99 kPa(Ⅰ组和Ⅳ组)和61.33 kPa(Ⅱ组),并维持此水平3 h。Ⅲ组维持在常压(96.60 kPa),不给予真空泵抽吸。然后Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组用BST-1型生物激波管致伤,冲击波超压值为190.40 kPa,正压持续时间为10 m·s^{-1}。伤后Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组继续用真空泵抽吸,维持在53.99 kPa和61.33 kPa3h,然后回到常压(96.60 kPa)环境。Ⅲ组维持在96.60 kPa常压环境。Ⅳ组在63.99 kPa维持3 h后用手术刀快速破膜恢复到常压环境。实验装置详见附图。



附图 实验装置简图

Fig Schematic diagram of experimental equipments

1.3 观察指标

1.3.1 动物存活情况:观察致伤后6 h动物的存活情况。

1.3.2 大体解剖:伤后死亡动物立即作尸检,活存动物于伤后6 h用1.5%戊巴比妥钠(30 mg/kg)腹腔麻醉处死动物,作大体解剖。主要观察肺损伤,包括肺出血和肺水肿程度,肺体指数(肺重占体重的百分数)。

1.3.3 光镜和电镜观察:大体标本照相后,对Ⅰ组和Ⅱ组部分动物采取组织块,分别固定于10%福尔马林和2.5%的戊二醛溶液中,供作光镜和电镜观察。

2 结果

冲击伤后动物的死亡率、肺出血面积和肺体指数详见表2。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　冲击伤动物的死亡率、肺出血面积和肺体指数

Tab 2　The mortality, surface area of the pulmonary hemorrhage and wet lung to body weight index in rats after exposure

Group	No. of animals	Death rate	Hemorrhage area (mean± s mm²)	Lung edema			Lung index (mean± s %)
				−	+	++	
I	19	36.84(7/19)	653.21±652.25	11	2	6	1.50±0.77
II	20	25.00(5/20)	313.50±357.25	14	2	4	1.31±0.65
III	20	0.00(0/20)	63.57± 69.01	20	0	0	0.93±0.21
IV	10	0.00(0/10)	0.70± 0.95	10	0	0	0.90±0.14

Note: −, +, ++, representing no, mild and moderate edema.

2.1　动物活存情况

I 组 20 只动物中，1 只因肺部感染于低气压维持期冲击波致伤前死亡，故剔除不列入本实验之中。其余的 19 只动物中，4 只于冲击波致伤后即刻死亡，3 只于冲击波致伤后继续减压期死亡，死亡率为 36.84%。II 组 20 只动物中，4 只于冲击波致伤后即刻死亡，1 只于冲击波致伤后继续减压期死亡，死亡率为 25%。III 组和 IV 组动物致伤后全部存活。死亡率经统计学处理，I 组与 III 组比，$P<0.01$，II 与 III 组比，$P<0.05$，I 组与 II 组比，$P>0.05$。结果表明，随着环境气压的下降，冲击伤引起的死亡率明显升高，但环境气压 53.99 kPa 组与 61.33 kPa 组比，前者虽有升高趋势，但两者间死亡率差别不显著。

2.2　大体解剖所见

大体解剖主要见不同程度的肺出血。常压组（IV 组）仅见散在的斑块状出血，随环境气压降低，肺出血程度加重，可呈小片状或弥漫性出血，以 I 组更为明显。死亡动物均有弥漫性肺出血，同时有不同程度的肺水肿，有的动物口鼻有血性泡沫液流出。由表 2 可见 I 组、II 组和 III 组的肺出血面积分别为 653.21±652.25 mm²，313.50±357.25 mm² 和 63.75±69.01 mm²，结果表明，随着环境气压降低，肺出血面积明显增加，经统计学处理，I 组与 III 组比，$P<0.01$，II 组与 III 组比，$P<0.05$，差别非常显著和显著 1，I 组与 II 组比，尽管肺出血面积有增加趋势，但统计学上差别并不显著（$P>10.05$）。单纯低气压不予冲击的 IV 组，除个别动物有少数针头大出血点外，几乎未见肺损伤。随着环境气压降低，肺水肿和肺体指数也随之增加，I 组和 II 组各有 8 例和 6 例呈现轻度到中度肺水肿。由表 2 可知，I、II 组和 III 组的肺体指数分别为 1.50%±0.77%，1.31%±0.65% 和 0.93%±0.21%，经统计学处理，I 组与 III 组比，$P<0.01$，II 组与 III 组比，$P<0.01$，差别均非常显著，I 组与 II 组比，尽管肺体指数有增加的趋势，但统计学上差别不显著（$P>0.05$）。

2.3　光镜和电镜观察

低气压组两组动物的组织学改变大体相似。光镜主要见有弥漫性的肺泡出血，水肿，有时可见出血水肿区内混有大小不一的气泡，支气管和小动脉周围形成典型的袖套状出血。支气管腔内或肺支气管腔内可见红细胞和水肿液，肺泡隔增宽，其间有红细胞浸润。电镜观察主要可见 I 型肺泡上皮细胞变性，脱落。肺泡 II 型上皮细胞变性、微绒毛脱落、板层体减少。内皮细胞局灶性肿胀，吞饮小泡增多，血气屏障有轻度融合现象。

3　讨论

航空医学中高空飞行的飞行物发生意外爆炸，潜艇受鱼雷袭击发生爆炸，矿井瓦斯爆炸或急进高原的部队受敌方爆炸性武器攻击等等，都可能发生空气冲击伤。在这些情况下都存在着环境气压的突然变化，此时发生的冲击伤与常压情况下究竟有何不同，目前尚不清楚。因此，探讨环境气压变化对冲击伤伤情的影响，对其早期救治可能有着重要的意义。

本研究的结果表明，随着环境气压的降低，冲击波引起的死亡率明显增加，常压组（96.60 kPa）没有 1 例动物发生死亡，而环境气压为 53.99 kPa 和 61.33 kPa 组，死亡率分别为 36.84% 和 25%。这与国外文献报道一致[1,2]。同时发现，随环境气压降低，肺出血和肺水肿的程度也明显加重。结果提示，随着环境气压的降低，动物对冲击波的耐受性降低，可使冲击伤程度加重，死亡率增加。关于动物死亡的原因，可能与肺损伤后产生的气栓引起冠状动脉和脑动脉栓塞及严重肺出血，肺水肿引起的急性心肺功能衰竭有关。

环境气压降低引起生物对空气冲击波耐受性降低和冲击伤程度加重的机理尚不完全清楚。有的作者[3,4,5]认为与空气冲击暴露后的压力变化有关，即突然减压可明显降低活存率，而加压可能对机体有益。有的作者[6,7,8,9]认为肺损伤的程度与肺容积的改变直接有关，当肺受到激波载荷时，肺的容积变化的程度又受

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

存在于肺中的环境气压影响，当减压和动物处于吸气末或闭气状态时，肺内压升高，肺损伤就更加严重。

本研究的结果可作为急进高原部队遭受敌方爆炸性武器袭击或高空飞行物发生意外爆炸时冲击伤伤员危险性的估价，冲击伤伤员需要空运后送时，应尽量降低飞行高度，对矿井，水下潜艇等因意外爆炸而发生的冲击伤伤员也应尽量避免突然回到常压，以避免加重冲击伤伤情。

参考文献

1 Damon EG. Effocts of ambicnt pressure on tolerance of mammals to air blast. Technical Progress Report No. DASA 1852, Defense Atomic Support Agency, Department of Defense, Washington, D.C, 1966.

2 Bowen IG. Estimates of man's tolerance to the dircets of air blast. Technical Progress Report No. DNSA 2113, Defense Atomic Support Agency, Department of defense, Washington, D.C. 1968.

3 Benzinger T. Physiological effects of blast in air and water. In German Aviation medicine. World War II. Washington D.C. U.S. Governmcnt Printing Office, 1950. Vol2 chap. XIV PP. 1225.

4 Clemedson CT. Blast injury. physiol, Reu, 1956;36;336

5 Damon EG, Richmond DR, White CS. The effectes of ambient pressure on the tolerance mice to air blast. Aerospace Med, 1966;37:311

6 Bowen IG, Fletcher ER, Richmond DR, et al. Biopysical mechanisms and sealing proccdures applicable in assessing responses of the thorax energized by air blast over-pressure or by non-penetrating misssiles, Technical Progress Report N0. DASA 1847, Defense Atomic Support Agency, Dcpartment of Defence, Washington, D.C. 1966.

7 While CS, Chiffelle TL, Richmond DR, et al. The biological effects of pressure phenomena occurring inside protective shelters following nucelcar detenation. USAEC Civil Effects Test Group Report, WT－1179, Office of Technicel Services, Department of Commerce, Washington, D.C. 1957.

8 蔡 翘. 爆炸性减压的危险性. 北京：国防工业出版社，1979：152～156

9 龚锦涵. 潜水医学. 北京：人民军医出版社，1985：159～162

（收稿：1993-10-07；修回：1994-04-13）

The effect of ambient pressure on the severity of blast injury in rats

Yang Zhihuan, Yin Youguo, Li Xiaoyan, Weng Gewen, Liu Dawei (Research Institute of Field Surgery, Third Military Medical College, Chongqing, 630042)

Abstract The effects of the ambient pressure of 53.99, 61.33 and 96.60 kPa on the severity of 190.40 kPa and a duration of 10 ms were studied in rats. It was found that both the mortality and the severity of pulmonary injury were significantly increased when the ambient pressure was being decreased. The mortality rate 6 h after was 36.8%, 25% and 0%, the hemorrhagic area on the lungs was 653.21±652.25 mm^2, 313.50±357.25 mm^2 and 63.75±69.01 mm^2 and the lung/body index was 1.50%±0.77%, 1.31%±0.65% and 0.93%±0.21% when the ambient pressure was 53.99, 61.33 and 96.60 kPa respectively. Our finding indicate that the decrease of ambient pressure can decrease the tolerance of the animals to blast wave by showing an increase of mortality and an aggravation of pulmonary injury.

Key words blast injuries; atmospheric, pressure; mortality; rat

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net