DOI:10.16016/j.1000-5404.1994.04.019

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，$P<0.01$，Ⅰ与Ⅱ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

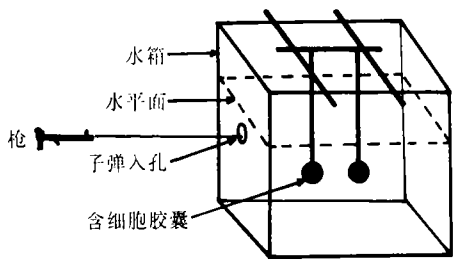
航空医学中高空飞行的飞行物发生意外爆炸，潜艇受鱼雷袭击发生爆炸，矿井瓦斯爆炸或急进高原的部队受敌方爆炸性武器攻击等等，都可能发生空气冲击伤。在这些情况下都存在着环境气压的突然变化，此时发生的冲击伤与常压情况下究竟有何不同，目前尚不清楚。因此，探讨环境气压变化对冲击伤伤情的影响，对其早期救治可能有着重要的意义。

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

的洁净乳胶薄膜内成水囊状并缚绑固定于有机玻棒上，调整有机玻棒位置使胶囊定位于水中相应位置，本试验每次布放两个点（A、B 两小组），均与弹径等高（即距离箱底 40 cm），距弹道水平距离为 10 cm 处；A、B 两点分别距前壁 17、47 cm（附图）。致伤武器为美制 M－16 步枪，M193 直径 5.56 mm 弹丸，射距 4 m，致伤同时测 A、B 两点的压力。



附图　实验模式图

1.2　大鼠原代肝细胞的分离及培养

采用胶原酶门静脉灌注法分离肝细胞，最后用 RPMI－1640（含青、链霉素各 100 U/ml，胰岛素 0.4 U/ml，氢化可的松 0.1 μg/ml，小牛血清 0.1 ml/ml）于 37℃，5% CO_2 下培养。

1.3　分组

分致伤组（又分 A、B 两小组（见上）），对照组。对照组除不致伤外，其余处理同致伤组。

1.4　观测指标

1.4.1　细胞存活率：用台盼蓝染料拒染法，计测拒染百分率即为存活率。

1.4.2　上清液 GPT 按常规方法测定。

1.4.3　ATP 的测定：按 Rolland[2] 的办法，KOH 处理标本后用 ATP 测定药盒测定。

1.4.4　细胞悬液丙二醛（MDA）含量用 TBA 荧光法测定[3]。

1.5　统计处理

用本校数学教研室数理统计包进行数据处理，结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示，$P < 0.05$ 为相差显著。

2　结果

2.1　压力测定

典型的压力波特点为双峰形，第一波较第二波压力大，提示该波的脉动特点。A、B 两处最高压力峰值（即第一波峰值）分别为 1489.6±243.2、1117.2±132.3 kPa，相差显著（$P < 0.05$）；第二波压力值 A 点也明显比 B 点大。

2.2　光镜观察

致伤后见细胞有脱落，存活细胞间隙增宽，存活率下降（表 2），细胞轮廓增加，脱落细胞缩成圆形，最终破裂为碎片。以上变化在 A 组比 B 组出现更早，变性死亡的细胞也更多。

2.3　其它指标

从附表可见，伤后 20 min 细胞即有明显损伤，表现为 GPT 漏出增多，MDA 含量上升，ATP 水平下降，且随时间延长，肝细胞的损伤愈重。A、B 二组相比 A 组损伤更明显。

附表　致伤后肝细胞各指标变化

		0	20 min	6 h	24 h
存活率（%）	A		77.10± 7.30※※－	68.50± 8.40※※－	54.50± 5.20※※－
	B		84.50± 6.50※※	79.90± 8.90※※	63.30± 6.40※※
	C	94.20± 4.30	95.20± 5.20	93.60± 3.70	92.60± 4.70
GPT（U/dl）	A		230.40±35.70※※－	259.40±52.70※※－	288.30±45.40※※－
	B		194.30±22.50※	213.90±23.30※※	237.70±26.10※※
	C	138.10±14.10	141.40±15.80	144.60±14.60	153.10±16.50
MDA（nmol/mg·protein）	A		0.24± 0.04※－	0.27± 0.05※	0.31± 0.04※※－
	B		0.19± 0.03	0.22± 0.04※	0.25± 0.06※
	C	0.15± 0.02	0.16± 0.01	0.16± 0.02	0.17± 0.02
ATP（nmol/10^6 cell）	A		12.60± 2.30※※－	9.76± 1.30※※－	6.46± 1.50※※－－
	B		16.50± 3.30※	13.40± 1.90※※	10.00± 1.50※※
	C	23.60± 3.80	23.10± 4.60	21.80± 2.90	20.90± 3.00

与对照组（C）比，※：$P < 0.05$，※※：$P < 0.01$；与低压组（B）比，＋：$P < 0.05$，＋＋：$P < 0.01$

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

3 讨论

高速枪弹伤的显著特点是可发生远达效应(Remote effect,RE),即远离伤道的组织和器官可出现损伤,如动物后肢伤时心肺可出现出血及功能损伤[4]。目前关于RE发生机制有几种学说如神经体液因素(应激),血流扰动,冲击振动等,而压力波的直接作用更引人注意,并得到不少佐证如肢体伤时股骨间接骨折[5],及在体内远离伤部的地方测到较高的压力值等。但因这些试验多为在体试验,不能完全排除失血及神经体液因素的作用,而离体试验则能较好地解决这个问题。我们参考国外资料[1]建立了高速枪弹压力波体外致伤模型,发现它能较好地模拟体内的实际压力情况(与水和机体组织密度相近有关),比国外更先进的是本模型的水箱体积较大又主要由透明的有机玻璃制成,可一次试验时同时布放几个甚至更多标本于箱内的任何地方(以分别感受大小不同的压力波作用,便于比较)节约时间,费用,减少了各次试验间的误差,而且可用高速摄影这一现代技术手段来研究致伤瞬间压力波的作用情况。

从结果可看出,压力波可导致培养肝细胞明显损伤,如酶外漏,ATP水平减低等,且压力越大,细胞损伤越重,该结果也提示在某些枪弹伤如腹部贯通伤时当肝脏受到较大压力波作用时,肝细胞有可能因压力波的作用而受损,这或可加重本已可能存在的肝损伤。压力波引起细胞损伤的机制目前还不清楚,推测与压力波对细胞的直接破损作用及自由基升高有关。国内外在研究体外震波碎石激波致组织损伤机制时发现它可损坏微循环,引发自由基水平升高等。在本研究中,伤后20 min即可见肝细胞自由基水平升高,这与在体试验所见到的一致。压力波导致自由基水平升高的原因不太清楚,按照力化学学说:机械能如剪切力、冲击波、快速振荡等可引起物质化学变化如结构,流变性改变,高分子自由基形成等[6]。这也许是本研究中自由基形成的原因。

总之,本试验成功地建立了高速枪弹压力波体外致伤模型,并发现高速枪弹压力波可损伤培养肝细胞,核模型的建立为进一步研究火器伤发生(特别是远达效应)的机理提供了新的研究手段。

关键词 压力波*;模型,生物学;创伤,枪弹

中图法分类号 R821.34

参考文献

1 Suneson A. Pressre wave injuries to rat dorsal root ganglion cells in culture caused by high-eneygy missiles. J Trauma,1989,29(1):10

2 Rolland CD, Steven FB, Gregory JG, et al. Glycine cytoprotection during lethal hepatocellular injury from adenosine triphosphate depletion. Gastroenterology,1992,102:2098

3 翁玉椿,王秀平,卢永才,等。细胞及细胞膜内过氧化脂质的微量测定。细胞生物学杂志,1985,54:142

4 Liu Yin-qiu, Chen Yun, Chen Lin, et al. Mechanism, exploration & characteristics of the remote effects of projectiles. J of Trauma (China),1990,6(2):16,Suppl

5 Li M, Ma Y, Fu R, et al. The characteristics of the pressure wave subjected by the impact fragments and its contribution to indirect bone fracture. J Trauma,Suppl,1987,28:S104

6 邝生鲁。力化学的应用。自然杂志,1991,14(9):684

(收稿:1993-06-28;修回:1994-01-24)

大鼠限制笼的制作

Preparation of a cage for restraining rats

彭毅志 肖光夏 马 利 张雅萍 (第三军医大学西南医院烧伤研究所) 630038

在大鼠清醒状态下,收集淋巴液、胆汁、胰液、输尿管尿液,持续经静脉输液,间断向静脉注射药物,都必须将这些插管予以妥善固定,并且还要防止动物嘴咬和爪抓。所以我们参照Baker[1]介绍的大鼠限制笼,将我国常用的大鼠笼改进成为限制笼。

具体方法如下:在笼内放一木板厚0.5 cm,距下底5 cm,在木板后部留一长方形的孔4 cm×2.5 cm。并且用铁皮做一半圆形罩(长6 cm,∅6 cm),固定于木板后部。在鼠笼后壁钻孔(∅1 cm)如附图。中间两个孔用于固定鼠尾,侧孔的多少依引流管数量而定。

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