文章编号:1000-5404(2013)03-0197-04

论著

坦克舱室有害因素对乘员血清脂质过氧化物和抗氧化酶活性的影响

孙 磊[1],李代波[1],王 涛[2],赵晓龙[1],刘晋祎[1],韩 飞[1],杨 桓[1],刘文斌[1],陶成玉[3],王洪飞[4],崔志鸿[1],曹 佳[1]
(400038 重庆,第三军医大学:军事预防医学院毒理学研究所[1],西南医院急救部[2];233010 安徽 蚌埠,解放军装甲兵学院:教练团卫生队[3],门诊部[4])

[摘要] **目的** 探讨坦克舱室有害因素长期暴露对乘员血清过氧化脂质水平及抗氧化能力的影响。**方法** 选取169名职业性坦克乘员为观察组,并以1∶1配对在同一部队选取基本情况相似的169名不接触任何毒物的健康战士作为对照组。以化学比色法测定2组人员血清脂质过氧化产物丙二醛(MDA)含量及超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、过氧化氢酶(CAT)、髓过氧化物酶(MPO)的活性。**结果** 观察组血清SOD、GSH-Px活性显著低于对照组($P<0.05$,$P<0.01$),MPO活性显著高于对照组($P<0.01$)。与同年龄段的对照组相比,>20~25岁年龄段组MDA含量及MPO活性显著升高($P<0.05$,$P<0.01$),SOD、GSH-Px活性显著降低($P<0.05$)。与同军龄段的对照组相比,观察组≤2年军龄段组SOD活性显著降低($P<0.05$),MPO活性显著升高($P<0.01$);观察组>2~5年军龄段组MDA含量和MPO活性显著升高($P<0.01$)。与对照组相比,观察组不同坦克作业岗位中炮长血清MPO活性显著升高($P<0.01$),驾驶员血清SOD及GSH-Px活性显著降低($P<0.05$, $P<0.01$),MPO活性显著升高($P<0.01$)。**结论** 长期暴露于舱室有害因素的坦克乘员受到的氧化损伤加重,同时机体的抗氧化能力降低;不同年龄段、军龄段及作业岗位的坦克乘员中,分别以>20~25岁、>2~5年军龄段及坦克驾驶员受到的氧化损伤最严重。

[关键词] 坦克舱室;超氧化物歧化酶;谷胱甘肽过氧化物酶;过氧化氢酶;髓过氧化物酶;丙二醛
[中图法分类号] R195.1; R331.1; R821.5 [文献标志码] A

Effect of harmful factors on lipid peroxidation and activities of antioxidative enzymes in tank occupational population

Sun Lei[1], Li Daibo[1], Wang Tao[2], Zhao Xiaolong[1], Liu Jinyi[1], Han Fei[1], Yang Huan[1], Liu Wenbin[1], Tao Chengyu[3], Wang Hongfei[4], Cui Zhihong[1], Cao Jia[1] ([1]Institute of Toxicology, College of Military Preventive Medicine, [2]Department of Emergency, Southwest Hospital, Third Military Medical University, Chongqing, 400038; [3]Medical Team of Coaching Regiment, [4]Out-patient Department, College of Armored forces, Bengbu, Anhui Province, 233010, China)

[**Abstract**] Objective To explore the effect of harmful factors in tank cabins on lipid peroxidation and activities of antioxidative enzymes in tank crews. Methods One hundred and sixty-nine soldiers occupied in tanks were enrolled as an observation group, and 169 soldiers without any toxicant contact in the same force were served as a control group. The content of malondialdehyde (MDA) and activities of superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px), catalase (CAT) and myeloperoxidase (MPO) in the soldiers' sera were measured with colorimetric method. Results The activities of SOD and GSH-Px in the observation group were significantly lower than those in the control group ($P<0.05$, $P<0.01$), while the MPO activity was significantly higher ($P<0.01$). Compared with the soldiers with same age in the control group, the MDA content and MPO activity of soldiers aged from 21 to 25 years in the observation group increased significantly ($P<0.05$, $P<0.01$), and the activities of SOD and GSH-Px decreased significantly ($P<0.05$). Compared with the soldiers with same occupational years in the control group, the SOD activity of soldiers with less than 2 occupational years in the observation group decreased significantly ($P<0.05$), and the MPO activity increased significantly ($P<0.01$). Compared with the soldiers with same occupational years in the control group, the MDA content and MPO activity of soldiers with 3 to 5 occupational years in the observation group increased

[基金项目] 全军医学科研"十一五"计划专项课题(06Z032)
[通信作者] 曹 佳,电话:(023)68772533,E-mail: caojia1962@126.com
[优先出版] http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20121207.1023.011.html(2012-12-07)

significantly ($P<0.01$). Compared with the control group, the MPO activity increased significantly in tank gunners ($P<0.01$); the SOD and GSH-Px activities decreased significantly ($P<0.05$, $P<0.01$) and MPO activity increased significantly in tank drivers ($P<0.01$). **Conclusion** Tank crews occupationally suffer from oxidative damage and their antioxidant capacities decrease significantly. Among the tank crews in observation group, tank drivers, those aged from 21 to 25 years, and those with 3 to 5 occupational years suffer most from oxidative damage.

[**Key words**] tank cabin; superoxide dismutase; glutathione peroxidase; catalase; myeloperoxidase; malondialdehyde

Supported by the Mandatory Project of the "Eleventh Five-year Plan" of Medical Research of PLA (06Z032). Corresponding author: Cao Jia, Tel: 86-23-68772533, E-mail: caojia1962@126.com

坦克是各国陆军的主战武器和基本装备。坦克舱室空间狭小而密闭,舱室环境中存在着许多健康危害因素,如噪声,振动,高温及大量的有毒、有害气体[1]。本课题组已报道这些有害因素的急性暴露均可显著影响坦克乘员的生理及神经行为能力[2],从而影响战斗力。但这些有害因素的长期暴露是否能对坦克乘员机体的氧化-抗氧化平衡造成影响尚不明确。为此,本研究对169名我军某型主战坦克乘员血清中脂质代谢产物及抗氧化酶活性变化进行了检测,以期为坦克舱室作业人员的职业危害评价及健康防护提供依据。

1 对象与方法

1.1 对象

选择某部队坦克驾乘人员169名作为观察组,作业岗位包括坦克车长、炮手、驾驶员,年龄(23.3±3.0)岁,军龄(4.4±3.0)年,吸烟率42.0%(71/169),饮酒率36.1%(61/169);另在同一部队中按年龄、吸烟、饮酒情况以1∶1进行配对,选择不接触坦克有毒、有害因素的健康战士169名作为对照组,年龄(23.3±3.0)岁,军龄(4.5±2.9)年,吸烟率51.5%(87/169),饮酒率44.4%(75/169)。受检人员均排除有心、肝、肾脏器疾病,且在受检前均未服用过维生素、银杏叶等抗氧化剂。2组间年龄、军龄、吸烟与饮酒情况差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

1.2 方法

1.2.1 血清样本采集 受试对象均采取清晨空腹静脉血5 mL,立即以离心半径10 cm,3 000 r/min,离心15 min,分离出血清,于-20 ℃保存备用。

1.2.2 血清氧化相关指标测定 丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥比色法,超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用黄嘌呤氧化酶法,谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性测定采用二硫代二硝基苯甲酸法,过氧化氢酶(CAT)活性测定采用钼氨酸比色法,髓过氧化物酶(MPO)活性测定采用邻连茴香胺法。所用试剂均采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒,并严格按照操作要求进行测定。

1.3 统计学分析

采用SPSS 19.0统计软件,计量数据以 $\bar{x}\pm s$ 表示,2组间氧化相关指标的比较行 t 检验。

2 结果

2.1 2组血清氧化相关指标的变化

与对照组比较,观察组血清抗氧化酶SOD、GSH-Px活性显著降低($P<0.05$,$P<0.01$),MPO活性显著升高($P<0.01$)。见表1。

表1 2组氧化相关指标的变化 ($n=169$, $\bar{x}\pm s$)

组别	SOD (U/mL)	MDA (nmol/mL)	GSH-Px (U/mL)	CAT (U/mL)	MPO (U/L)
对照组	38.7±9.4	3.6±1.2	140.8±21.4	3.1±2.2	34.7±8.7
观察组	36.1±11.0[b]	3.9±1.6	136.2±19.6[a]	2.9±2.3	40.0±10.3[b]

a:$P<0.05$,b:$P<0.01$,与对照组比较

2.2 各年龄段2组血清氧化相关指标的变化

2组按照不同的年龄分别分为>18~20、>20~25、>25~30岁及>30岁4个年龄段。与同年龄段的对照组相比,观察组>20~25岁年龄段MDA含量及MPO活性显著升高($P<0.05$,$P<0.01$),SOD、GSH-Px活性显著降低($P<0.05$);观察组其他年龄段各指标值均无显著差异($P>0.05$)。见表2。

2.3 各军龄段2组血清氧化相关指标的变化

2组按照不同的军龄分别分为≤2、>2~5、>5~8年及>8年4个军龄段。与同军龄段的对照组相比,观察组≤2年军龄段SOD活性显著降低($P<0.05$),MPO活性显著升高($P<0.01$);观察组>2~5年军龄段MDA含量和MPO活性显著升高($P<0.01$);观察组>5~8年军龄段SOD活性显著降低($P<0.05$);观察组>8年军龄段各指标值无显著差异($P>0.05$)。见表3。

2.4 不同坦克作业岗位乘员血清氧化相关指标的变化

与对照组比较,观察组炮长血清MPO活性显著升高($P<0.01$),观察组驾驶员血清SOD及GSH-Px活性显著降低($P<0.05$, $P<0.01$),MPO活性显著升高($P<0.01$);观察组车长各指标值与对照组比较均无统计学差异($P>0.05$)。见表4。

表2 各年龄段2组血清氧化相关指标的变化（$\bar{x} \pm s$）

年龄	n	SOD(U/mL)	MDA(nmol/mL)	GSH-Px(U/mL)	CAT(U/mL)	MPO(U/L)
>18~20岁						
对照组	22	37.7±5.5	3.3±1.1	136.6±20.2	2.9±2.0	34.7±7.4
观察组	23	37.1±11.7	4.2±2.1	137.4±19.5	2.2±1.9	38.4±10.2
>20~25岁						
对照组	116	40.0±10.4	3.5±1.2	142.1±22.9	3.3±2.4	34.5±8.4
观察组	115	36.3±11.6[a]	3.9±1.6[a]	136.1±19.3[a]	3.0±2.2	40.4±10.4[b]
>25~30岁						
对照组	25	34.1±5.9	4.1±1.4	141.5±14.8	3.0±1.8	35.6±11.0
观察组	24	34.8±8.1	3.9±1.4	133.2±20.8	3.5±3.0	39.5±10.4
>30岁						
对照组	6	35.6±3.1	3.7±0.9	128.6±17.5	2.2±1.9	35.1±11.1
观察组	7	33.1±7.1	3.2±0.8	145.5±21.7	2.5±1.5	41.3±10.2

a:$P<0.05$,b:$P<0.01$,与对照组比较

表3 各军龄段2组血清氧化相关指标的变化（$\bar{x} \pm s$）

军龄	n	SOD(U/mL)	MDA(nmol/mL)	GSH-Px(U/mL)	CAT(U/mL)	MPO(U/L)
≤2年						
对照组	48	40.2±10.1	3.9±1.3	138.4±22.0	2.6±1.7	33.1±6.9
观察组	45	35.3±10.1[a]	4.1±1.8	136.0±17.7	2.8±2.6	39.3±9.9[b]
>2~5年						
对照组	67	39.0±9.2	3.2±1.0	142.2±23.1	3.6±2.7	35.7±9.3
观察组	81	37.9±12.6	3.9±1.7[b]	136.1±20.5	3.1±2.1	41.2±10.6[b]
>5~8年						
对照组	34	38.3±10.5	3.9±1.4	143.7±19.2	3.3±2.1	34.0±7.1
观察组	22	32.3±7.8[a]	4.0±1.5	135.4±20.2	3.4±3.0	37.9±10.0
>8年						
对照组	20	34.6±4.2	3.7±0.9	137.2±17.8	2.6±1.6	36.5±12.2
观察组	21	34.8±8.0	3.8±1.3	137.9±20.2	2.3±1.5	39.0±10.6

a:$P<0.05$,b:$P<0.01$,与对照组比较

表4 不同坦克作业岗位乘员血清氧化相关指标的变化（$\bar{x} \pm s$）

岗位	n	SOD(U/mL)	MDA(nmol/mL)	GSH-Px(U/mL)	CAT(U/mL)	MPO(U/L)
车长						
对照组	33	35.5±6.4	3.5±1.1	140.4±21.0	3.5±2.2	37.2±8.9
观察组	33	34.4±8.4	4.2±1.7	140.3±20.4	2.7±2.7	37.6±10.0
炮长						
对照组	39	38.7±9.6	3.4±1.0	141.6±23.8	2.9±1.9	35.3±8.5
观察组	39	37.8±12.0	3.7±1.7	145.1±18.9	3.1±2.3	41.9±11.8[b]
驾驶员						
对照组	97	39.7±10.0	3.7±1.3	140.7±20.8	3.1±2.4	33.7±8.6
观察组	97	36.0±11.4[a]	3.9±1.6	131.3±18.1[b]	3.0±2.2	40.1±9.8[b]

a:$P<0.05$,b:$P<0.01$,与对照组比较

3 讨论

坦克舱室人员密集,空间狭小,通风不良。舱室内往往存在着多种多样的健康有害因素,如有害气体、粉尘、噪声、电磁辐射、高温、寒冷及振动等[1]。本课题组前期曾对我国某型主战坦克在行进训练和实弹射击2种状态下的有害因素进行了实时监测,结果显示舱室内部一氧化碳、苯系物、粉尘及噪声污染严重[2-3]。这些有毒、有害因素长期作用于坦克乘员,会影响其生理功能及神经行为能力,从而降低战斗力[4-6]。

机体中存在多种防御系统来抵抗环境有害因素的损伤,其中抗氧化系统是机体的重要防御方式。参与机体内抗氧化系统的关键酶主要有SOD、GSH-Px及CAT等,在清除氧自由基和过氧化物代谢产物、保护细胞膜结构和功能的完整方面具有重要作用。MDA是氧自由基攻击生物膜中的多不饱和脂肪酸引发脂质过氧化而形成的脂质过氧化物,反映机体脂质过氧化程度[7]。MPO是一种主要存在于中性粒细胞嗜天青颗粒中的酶,MPO活性是评价中性粒细胞在组织中浸润程度的可靠指标[8],MPO活性的高低与中性粒细胞数量的多少呈正比[9]。环境中的许多有害因素可直接或者间接地对机体的氧化-抗氧化平衡产生影响。大量的研究表明,工作场所职业有害因素如噪声[10]、振动[11]、有害气体[12-13]等的长期暴露,使机体内产生

大量的氧自由基,引起炎症反应,激活中性粒细胞,降低机体抗氧化酶活性,造成脂质过氧化增强,破坏机体氧化-抗氧化平衡,从而引起细胞[14]、线粒体[15]、DNA[16]等广泛损伤,最终导致各种疾病。

坦克舱室特殊的作业环境中存在着众多复杂的有害因素,其对机体的氧化-抗氧化平衡的影响目前还少见相关报道。而本研究结果显示,长期暴露于坦克密闭舱室有害环境因素的作业人员,血清抗氧化酶SOD、GSH-Px及MPO活性均发生了显著改变。由此可见,坦克舱室环境中的噪声,振动及有毒、有害气体等因素的综合作用对作业人员机体已产生了较为严重的氧化损伤,表现为机体的炎症程度增强及氧化-抗氧化平衡的破坏。通过进一步的数据分析结果显示,>20~25岁年龄战士血清抗氧化能力受到的影响最为严重,表现为SOD及GSH-Px活性显著降低,MDA含量及MPO活性显著增加。通过对不同军龄组人员的分析也得到了相同的结果:观察组>2~5年军龄段和年龄段为>20~25岁氧化损伤最为严重,表现为MDA含量和MPO活性显著高于对照组。由此提示坦克乘员>20~25岁时是发生氧化损伤的高风险人群,其中以入伍>2~5年的坦克驾乘人员可能受到的氧化损伤最严重。究其原因,可能是由于入伍≤2年的战士接触到坦克舱室有害因素的时间较短,受到的氧化损伤相对较轻,可被机体抗氧化系统中的多种抗氧化酶及还原剂代偿,故未表现出显著的氧化损伤;入伍>2~5年的战士是坦克部队成员的主力军,随着坦克舱室有害环境接触时间的延长,机体抗氧化系统的代偿能力受到较严重的影响,从而表现出较显著的氧化损伤;而入伍5年以上的坦克战士也表现出一定的氧化损伤,但由于部队升迁任免制度,使得大部分此军龄的战士离开了坦克部队,留在原作业岗位的战士人数相对较少,可能因此削弱了测试结果差异的统计学意义。

此外,通过对不同作业岗位的坦克乘员的分析发现,炮长及驾驶员受到一定程度的氧化损伤,其中驾驶员的损伤最为严重,表现为血清SOD和GSH-Px活性显著降低,MPO活性显著升高。这可能与不同作业岗位的环境有害因素的种类和浓度存在差异有关。如驾驶员的操作岗位处于坦克左前部分的狭小舱室内,车长和炮长位于坦克后半部分相对较大的封闭空间内,两部分之间的舱室相互独立,空气难以流通。驾驶员负责路况观察及车辆的驾驶,除了舱室内存在的常见的有害因素外,发动机的尾气也极易排放到驾驶舱内且不易扩散,使得驾驶员所暴露的环境有害因素更为复杂。车长与炮长虽处于同一舱室,但是坦克射击后产生的大量有毒、有害气体直接排放到炮长位置,然后沉降在坦克舱室内或者通过舱门及通风口逸散到舱室外,使得炮长位置的舱室环境相比车长更为复杂。这可能是造成不同作业岗位的坦克乘员受到的氧化损伤程度存在差异的1个主要原因。

综上所述,相关部门应根据坦克乘员不同年龄、军龄及作业岗位,采取有针对性的预防和治疗措施,如合理膳食,适当地补充富含维生素E、维生素C和β-胡萝卜素的食物或抗氧化剂,帮助消除体内过多的自由基,增强机体抗氧化能力[17],减轻坦克作业有害因素对乘员健康的危害程度,并针对性地开展医疗服务和预防保障工作。

参考文献:

[1] 袭著革,李官贤,吴佛运,等. 不同作业条件下坦克驾驶舱内空气污染的定量与污染特征分析[J]. 解放军预防医学杂志, 2000, 18(4): 237-240.

[2] 赵晓龙, 李代波, 孙磊, 等. 坦克行驶训练时舱室内主要有害因素的测量与分析[J]. 第三军医大学学报, 2013, 35(3): 189-192.

[3] 李代波, 孙磊, 王涛, 等. 坦克射击时舱室内有害气体对乘员生理及神经行为能力的影响[J]. 第三军医大学学报, 2013, 35(3): 201-204.

[4] 李代波, 孙磊, 王涛, 等. 坦克舱室有害因素对乘员神经行为能力的影响[J]. 第三军医大学学报, 2013, 35(3): 205-208.

[5] 孙磊, 李代波, 陶成玉, 等. 坦克舱室有害因素对乘员肺功能的影响[J]. 第三军医大学学报, 2013, 35(3): 193-196.

[6] 马强, 王洪飞, 陶成玉, 等. SPCS生物反馈训练对实弹射击坦克乘员心率振荡的影响[J]. 成都医学院学报, 2012, 7(1): 11-14.

[7] 方允中, 李文杰. 自由基与酶[M]. 北京: 科学出版社, 1989: 147-153.

[8] 徐静, 李运成, 何春琳, 等. LXRα激活剂T0901317对急性肺损伤大鼠肺组织MPO、TNF-α表达的影响[J]. 四川医学, 2011, 32(5): 621-623.

[9] 杜巍, 胡建国, 黄秋霞, 等. 低温卡托普利局部灌注对缺血再灌注后脊髓组织自由基和MPO的影响[J]. 中国医师杂志, 2005, 7(12): 1591-1593.

[10] 汤艳, 李祥, 程淑群. 噪声对小鼠学习记忆及脑超氧化物歧化酶活力和丙二醛含量的影响[J]. 中国职业医学, 2009, 36(5): 389-390, 393.

[11] 陈庆, 张振军, 张宏, 等. 局部振动对家兔脂质过氧化的影响[J]. 西安交通大学学报: 医学版, 2004, 25(4): 356-358.

[12] 唐德成, 徐雷. 接触苯、甲苯、二甲苯对工人脂质过氧化作用的影响[J]. 中国职业医学, 2005, 32(2): 39-40.

[13] 李志刚, 杨雪飞, 王恩楷, 等. 交通警察体内脂质过氧化及抗氧化水平分析[J]. 中国职业医学, 2002, 29(6): 16-18.

[14] Faux S P, Tai T, Thorne D, *et al*. The role of oxidative stress in the biological responses of lung epithelial cells to cigarette smoke[J]. Biomarkers, 2009, 14(Suppl 1): 90-96.

[15] Ott M, Gogvadze V, Orrenius S, *et al*. Mitochondria, oxidative stress and cell death[J]. Apoptosis, 2007, 12(5): 913-922.

[16] Van-Helden Y G, Keijer J, Heil S G, *et al*. Beta-carotene affects oxidative stress-related DNA damage in lung epithelial cells and in ferret lung [J]. Carcinogenesis, 2009, 30(12): 2070-2076.

[17] 陈小霞, 陈醒觉, 朱长才. 电焊作业对工人血清抗氧化系统的影响[J]. 工业卫生与职业病, 2006, 32(3): 136-138.

(**收稿**:2012-09-07;**修回**:2012-11-07)

(编辑 吴培红)