

文章编号: 1000-6893(1999)增-0S54-03

猴头部冲击下颅内压的变化和头冲击伤的防护

吴桂荣, 张云然, 王玉清, 由广兴

(航天医学工程研究所 第五研究室, 北京 100094)

CHANGES OF INTRACRANIAL PRESSURE DURING HEAD IMPACT IN MONKEYS AND PROTECTION OF HEAD IMPACT INJURIES

WU Gui-rong, ZHANG Yun-ran, WANG Yu-qing, YOU Guang-xing

(Fifth Research Department, Institute of Space Medico-Engineering, Beijing 100094, China)

摘要: 为了探讨应急弹射时高速气流吹袭造成头部冲击伤的机制和防护措施, 使用动态加载机, 对 24 只猴的头部进行了冲击, 观察了头部损伤程度与颅内压的变化关系。实验结果表明, 随头部损伤程度的加重, 颅内压也随着增高; 损伤程度的不同, 颅内压的动态响应曲线也呈现出不同的特点; 颅内压增高值达到 6.63kPa 猴出现了脑震荡的症状; 颅内压的增高值达到或超过 10.02kPa 猴发生了脑器质性损伤。在应急弹射时适当地固定头部或防止颅骨变形可较好地预防和减轻头部冲击伤。另外, 还应在减少头部气动力和提高座椅的稳定性上着重考虑。

关键词: 头; 冲击载荷; 气流吹袭; 猴; 颅内压; 颅脑损伤

中图分类号: V445.1; R852.21 **文献标识码:** A

Abstract: In studying head impact injuries during emergency ejection, to examine the mechanism and protection of brain injuries, 24 monkeys underwent head impact of various intensities (1.9~3.0kN) by means of a dynamic loader. The relationship between degree of head injury and intracranial pressure was analyzed. The results indicated that intracranial pressure increased with serious degrees of head injuries. It was also observed that dynamic response curves of intracranial pressure were different in different degrees of head injuries. 6.63kPa increment of intracranial pressure caused concussion of brain in monkeys. Increment of intracranial pressure threatening monkey's life was 10.02kPa and above. Head impact injuries could be prevented by fixing the head or avoiding the out-of-shape of skull in emergency ejection. The experimental results could provide reference material for the diagnosis and treatment and protection of head impact injury.

Key words: head; impact load; windblast; monkey; intracranial pressure; brain injuries

在航空、航天敞式式的弹射救生中, 高速弹射的气流吹袭力致使头部向后猛撞座椅产生的严重甩打伤会造成脑和颈部的致命损伤。脑、脑脊液及循环的血液是颅腔中的主要内容, 这三者是不可压缩的。当过猛过大的冲击力迫使头部骤然地加速或减速时, 会迫使颅骨发生变形及颅脑在颅腔内的移动, 从而可引起急骤的颅内压的增高而造成脑损伤。本次实验的目的是将冲击载荷施加到猴的头部, 观察颅脑损伤程度与颅内压变化的关系, 探讨头部冲击伤的机制及相应的防护原理。

1 实验方法

实验对象为健康的 28 只成年猴, 体重 7kg 左右。动物分对照和实验组。对照组为 4 只猴。实验组的动物在冲击实验前先行戊巴比妥钠静脉麻

醉, 剂量 30mg/kg。随后, 在其额部和枕部行颅骨钻孔至硬脑膜外, 颅内压的测压囊放置在颅骨和硬脑膜之间, 并用骨蜡密封颅骨孔, 缝合头皮。动物胸前安放心电电极和呼吸电极, 随后将动物以坐姿固定到冲击实验机的座椅上, 面部向着冲击头。头部不固定, 可以活动并向前倾, 以使其头部在受冲击时产生相对躯干的甩打运动, 致使枕部撞击到座椅的头靠上, 模拟在高速弹射的气流中, 头部向后的甩打运动。冲击前、中、后记录颅内压、心率和呼吸频率, 观察瞳孔对光刺激和髌腱对锤击的生理反应。实验后的动物和对照组的动物行空气针处死, 在小脑延髓池抽取脑脊液, 进行肌酸激酶脑型同功酶(CK-BB)测定, 判别有否脑细胞损伤; 每只动物都进行脑脊液的细胞学检查; 观察颅骨和脑组织的大体解剖和病理切片。实验装置为液压式的动态加载机, 可以模拟各种冲击作用曲线。本实验中冲击头前端安装有气囊, 冲击力通过气囊施加到实验对象的头部, 在冲击头和气囊

之间安装有拉压力传感器,记录冲击作用曲线。

2 实验结果

(1) 头颈部损伤程度的分类 本研究以实验后动物的生理、生化、解剖和病理等医学指标作为客观指标,参照美国医师协会的损伤标准将猴头颈部的损伤程度分成了无伤、轻伤、中度伤、重度伤、危重伤 5 个等级。无伤组的 4 只猴冲击载荷在 2.0kN 以下;轻伤组的 5 只猴冲击载荷在 2.4kN 以下仅有颈后皮下组织的出血;中度伤的 5 只猴冲击载荷在 2.5kN 左右发现猴颈后皮下和肌肉组织有出血,并发生了暂短的光、腱生理反射的消失和迟钝,同时还观察到有暂短的呼吸、心率的变慢。这种现象很象人发生了暂短的意识障碍,类似于临床上的一过性昏迷,即可认为动物发生了脑震荡。这组动物脑脊液中没有检出 CK-BB 酶和红细胞;说明没有脑实质性损伤,只是发生了单纯性脑震荡,属脑功能性障碍。2.8kN 以上的冲击载荷造成的损伤对猴的生命威胁较大。脑脊液中都检出了 CK-BB,证明均发生了脑组织的损伤,有的猴还伴有脑震荡;有的发生了颅骨骨折,有一只死亡。同时颈部肌肉撕裂伤很严重,已影响了颈部活动功能。上述结果表明,通过本实验脑脊液生化检查和多项生理指标判别,可区别出单纯性脑震荡、脑损伤、脑损伤合并脑震荡的界限,使损伤程度的判别更为准确。

(2) 头颈部损伤程度与颅内压的关系 依据上述实验结果将猴头颈部损伤程度与冲击后颅内压的增量进行了统计分析,获得了颅内压与损伤程度的关系列于表 1 中。

表 1 猴头颈部损伤程度与颅内压的关系

损伤程度	动物数	颅内压平均值/kPa	
		枕	额
无伤	5	3.62	2.46
轻度伤	5	5.39	5.01
中度伤	5	6.63	6.29
重度伤	3	8.98	8.09
危重伤	6	10.02	8.2

从表 1 中可以看出,随着颅内压的增高,损伤程度也逐渐加重。可见,头颈部损伤程度是与冲击瞬间颅内压的变化有着密切的关系,在冲击瞬间枕部的颅内压的增量稍大于额部,两者间并无显著性差异。实验结果还发现头颈部损伤程度不同,则颅内压的波形也表现出不同的特点。轻度损伤的猴颅内压波形出现尖峰后,很快恢复至冲前水

平,峰值压力的持续时间较短(0.12s)。而危重伤的猴颅内压波形达到峰值后,高压又持续较长一段时间(0.86s)才逐渐下降。发生脑震荡的猴颅内压的波形是冲击瞬间出现一个尖峰后,在下降段又出现了多个波动后,才逐渐恢复至冲前水平,下降时间较长,很类似于阻尼振荡,这似乎意味着悬浮在脑脊液中的脑组织在颅腔中发生了移动形成的。其原理较为复杂,尚待进一步探讨。上述实验结果表明,在冲击载荷作用下,用颅内压的变化来判断颅脑损伤程度是可行的,而且比较直接、方便。

3 讨论

(1) 颅脑冲击损伤原理 颅腔的容积是相对固定的,脑更不耐压力和牵拉。脑室中的脑脊液对保持颅内压相对稳定和颅腔内容物间相对稳定起着非常重要的作用。当头部遭受到突然冲击时,由于颅骨内曲变形和冲击力对颅内容物的压迫作用,会发生急骤的颅内压增高。此时高压波即急速地经脑干、小脑波及到枕骨大孔区域,从而使脑干受到损害,本实验在危重伤组的猴颅脑损伤部位大都在延脑和脑桥部位。大部分动物冲击后发生了时间不等的意识障碍现象,即发生了脑震荡,从轻伤组到危伤组的 19 只猴中有 12 只发生了脑震荡。尽管对脑震荡的认识尚有争论,但到目前为止,得到比较一致的见解是,脑震荡是脑干网状结构的损害后果之一^[3,4],本次实验结果也支持脑震荡的成因与脑干部位的神经损伤密切相关的这一见解。综上所述,冲击瞬间产生的颅内压增高,是造成本次冲击实验中猴发生颅脑损伤的重要原因。可见高速弹射的气流吹袭和交通事故中发生的挥鞭样损伤极易造成脑干区域的损伤。

(2) 头部冲击伤的防护 本次实验结果表明快速头部冲击由于颅内压的急骤增加可以引起颅脑的冲击伤。但是有人注意到啄木鸟用咀啄打树干时,其速度达 10~20 次/秒,如此快速而频繁地冲击并不引起脑损伤,分析其原因可能与啄木鸟的头部解剖特点有关:啄木鸟的颅骨厚且富于海绵质骨,蛛网膜下腔窄,脑脊液少,可使震荡的冲击力减弱。这启发我们应模拟啄木鸟的解剖特点设计飞行员和摩托车运动员的保护性头盔可以提高头部抗高速冲击的耐力。可以采用厚而轻的金属材料,与头部接触处垫有软垫及留有一定的空间,防止颅骨变形,颈部应有颈圈,或衣领高而硬以固定住头部,可以减少颈部的挥鞭伤。平时可训

练飞行员在紧急情况下收紧下颌,以固定头部,可以减轻颅脑损伤的程度。对于弹射的飞行员来说,除上述措施外,还应在减少头颈部的气动力和提高座椅的稳定性上着重考虑。

总之,冲击力作用下的颅脑损伤机理及脑震荡的成因都甚为复杂,头颈的防护难度也较大,有待进一步的研究,本文只做了些探讨。

参 考 文 献

- [1] 吴桂荣,张云然,等. 模拟气动载荷对猴头颈部损伤的研究[J]. 航天医学与医学工程,1993, 6(2): 95~99.
- [2] Every M G. A summary of navy air combat escape and survival[R]. AD-A035913, 1997.
- [3] 武汉医学院第二附属医院外科. 颅脑损伤[M]. 上海人民出版社, 1975. 37~44.
- [4] Parkinson D. The biomechanics of concussion[J]. Clinneurosurg, 1982, 29: 131.

作者简介:



吴桂荣 1945年7月生,辽宁辽阳人,中国人民解放军总装备部航天医学工程研究所副研究员,长期从事航空救生的研究工作,对航空救生中高速气流吹袭对人体的影响和防护问题、冲击创伤对人体影响的问题有深入的研究,3项课题获国防科工委科技进步二等奖;两项课题获委级三等奖。发表文章 40 余篇。



王玉清 生于1945年7月,河北沧州人,航天医学工程研究所高级实验师,长期从事病理研究工作,4项课题获国防科工委科技进步二等奖。



由广兴 1945年8月生,北京人,航天医学工程研究所高级实验师。长期从事航空救生中的实研技术工作。6项课题获国防科工委科技进步二等奖。

中国航空学会人体工程、航医、救生专业分会简介

中国航空学会人体工程、航医、救生专业分会是在中国航空学会直接领导下负责组织专业学术活动的学术组织,成立于1980年,一直挂靠在北京航空航天大学。航天医学工程研究所原所长、国际宇航院院士陈信教授担任专业分会名誉主任委员,北航人机环境系统工程研究所所长、博士生导师袁修干教授担任本届分会主任委员,原航空工业总公司机载局局长杨燕生研究员、空军第四研究所所长王辉研究员、航天医学工程研究所贾司光教授分别担任副主任委员。李敏教授担任分会总干事,邱义芬博士担任分会秘书。本届专业分会由27位委员组成,他们分别来自18个兄弟单位,都是本专业学术领域中学术水平较高且热心学会工作的科技工作者。专业分会由以下三个专业委员会组成:1 环控专业委员会,挂靠在北京航空航天大学。袁修干教授任主任委员,邱义芬博士任秘书;2 人机工效专业委员会,挂在航空医学研究所。王辉研究员任主任委员,刘保钢副研究员任秘书;3 安全救生专业委员会,挂在610所。

专业分会成立以来,召开过多次学术交流会议:五次分会学术交流年会;五次环控学术交流会议;三次安全救生学术交流会议;两次人机工效学术交流会议。先后共交流论文近千篇。出版年会论文集两册,《航空学报》增刊两期。历次会议均得到有关领导和广大科技同行们的热烈支持与赞扬。此外,在科技咨询、重点课题开发、人才推荐、人才培养等方面也做了不少工作。在团结广大科技工作者、促进科技发展、促进科技普及和推广、促进科技人才成长与提高等方面做出了一定业绩。

(李敏)