

文章编号: 1000-6893(1999)增-0S68-03

人体对模拟着陆冲击动态响应特性研究

刘炳坤, 王宪民, 王玉兰

(航天医学工程研究所 第五研究室, 北京 100094)

STUDY ON CHARACTERISTICS OF HUMAN BODY DYNAMIC RESPONSES TO SIMULATED LANDING IMPACT

LIU Bing-kun, WANG Xian-min, WANG Yu-lan

(5th Research Dept., Institute of Space Medico-Engin., Beijing 100094, China)

摘要: 为了探讨飞船返回着陆时不同强度不同姿态冲击下人体动态响应特性, 5 名健康男青年, 以仰卧 20° 承受 4~10g, 50~80ms; 仰卧 30°~60°, 10g, 50ms, 半正弦脉冲的着陆冲击。分别记录冲击塔平台, 座椅及人体头、肩、胸和髌处的 Z 和 X 向加速度及被试者心电图。经分析计算, 给出了人体动态响应与冲击强度以及它与仰卧角的关系式。为进一步研究人体冲击损伤的防护和人体冲击动态响应的建模提供了依据。

关键词: 载人航天; 着陆冲击; 动态响应

中图分类号: V455.1 **文献标识码:** A

Abstract: In order to study the characteristics of human body dynamic responses to impact acceleration during manned spacecraft landing, 5 healthy young men were exposed to 4~10g for 50~80ms halfsine acceleration pulse in 20°supine angle and 10g for 50ms halfsine acceleration pulse in 30°~60°supine angle. The acceleration curves on the impact tower, the seat, the human head, shoulder, chest and ilium, as well as ECG of the subject were recorded during the impact experiment. The relation between human body dynamic response and level of the landing impact and relation between it and supine angle were obtained by regression analysis. These experimental results provide scientific basis for the protection of human body from impact injuries and the construction of human body dynamic models.

Key words: manned spacecraft; landing impact; dynamic responses

着陆冲击是航空航天应急救援中遇到的环境因素, 这种因素对人体的安全救生有着重要作用。Brown^[1]为解决飞船着陆问题, 模拟了 24 种体位, 共进行了 288 人次实验。Stapp^[2]等用火箭车做过人体冲击实验; Beeding^[3], Weis, Headley 以及我国庄祥昌、王玉兰、成自龙等均用冲击塔做过人体、假人和动物的冲击实验。这些实验多采用坐姿或卧姿进行, 但针对航天器着陆时航天员实际体位所做的人体实验尚不多见。因此, 本文目的在于通过实验获取不同着陆姿态下人体受冲击时主要部位(头、肩、胸和髌)的加速度响应曲线, 探讨人体卧姿着陆冲击动态响应特征。

1 方法

受试者为 5 名健康男青年, 年龄 19~21 岁, 身高 1.66~1.73m, 体重 59~65kg, 实验前均做体检和整个脊柱的 X 光检查, 确保受试者符合实验要求。冲击塔平台及座椅上的冲击参数设计为: 峰值 4g, 6g, 8g, 10g, 脉宽 50~80ms。把仿型座椅

牢固安装在冲击塔平台上, 放好赋形座垫于座椅中, 安装束缚系统, 受试者仰卧于座椅中。分别在受试者的头、肩、胸、髌部安装 Z 和 X 向加速度计, 加速度信号经电压放大器接磁记录仪、八踪示波器及 D6000 信号分析仪, 记录、显示并绘制加速度响应曲线。每天进行 5 人 1 组的同一参数实验, 休息一天再进行另一组实验。其中 4~10g, 20 仰卧角, 间隔 2g 增长, 4 组 20 人次; 10g, 30°~60 仰卧角, 间隔 10 增长, 4 组 20 人次实验。在实验前、中、后监测心电图, 实验前后测量血压、脉搏等, 以确保受试者安全。

2 结果

(1) 人体头、肩、胸和髌部的加速度响应 本实验获得冲击塔平台、座椅、人体头、肩、胸、髌等部位的 400 条加速度响应曲线。结果表明: 当人体以仰卧姿态受到竖直着陆冲击时, 在人体头盆向和胸背向同时产生动态响应。人体上加速度响应曲线的共同特点是趋向于零的逐步衰减的震荡。人体上加速度响应在不同的部位有其不同的变化特点, 在头和胸部存在明显的动力超调, 这表明人

体各部位具有不同的粘弹性行为。

值随着陆冲击强度的变化(见表1)

(2) 人体头、肩、胸和髻部位的加速度响应峰

表1 人体加速度响应峰值与输入冲击峰值的最小二乘拟合关系

部位	方向	方程	相关系数	说明
头	Z	$y = -3.18548 + 2.25553L$	0.83	L: 输入冲击加速度 峰值/g
	X	$y = -1.44832 + 2.12414L$	0.87	
肩	Z	$y = 2.13763 + 0.62666L$	0.39	y: 人体加速度响应 峰值/g
	X	$y = -1.32548 + 1.34704L$	0.83	
胸	Z	$y = 4.59038 + 0.59239L$	0.37	
	X	$y = 1.52128 + 1.69247L$	0.87	
髻	Z	$y = 5.15827 + 0.09019L$	0.06	
	X	$y = 1.99133 + 1.39181L$	0.91	

(3) 人体头、肩、胸和髻部加速度响应峰值随仰卧角度的变化(见表2)。

表2 人体加速度响应峰值与仰卧角度的最小二乘拟合关系

部位	方向	方程	相关系数	说明
头	Z	$Y_1 = 24.98133 - 0.38556x(0^\circ \leq x < 40^\circ)$	0.74	x: 仰卧角度° Y: 输入 10g 时人体加 速度响应峰值 g
		$Y_2 = -1.631 + 0.3149x(x \geq 40^\circ)$	0.61	
	X	$Y = 24.7396 - 0.28378x$	0.94	
肩	Z	$Y_1 = 8.71733 - 0.091x(0^\circ \leq x < 40^\circ)$	0.55	
		$Y_2 = -2.31967 + 0.1951x(x \geq 40^\circ)$	0.72	
	X	$Y = 14.86 - 0.08066x$	0.43	
胸	Z	$Y = 12.9232 + 0.00652x$	0.03	
	X	$Y = 22.8624 - 0.26056x$	0.91	
髻	Z	$Y = 2.8156 + 0.19794x$	0.74	
	X	$Y = 20.8104 - 0.24132x$	0.87	

3 讨论

当人体以仰卧姿态承受着陆冲击时, 相当于人体同时受到+ G_x 和+ G_z 的复合作用, 故在人体上产生复合动态响应。随着陆冲击强度的增加, 人体产生的动态响应近似线性增加, 表明了在本实验范围内人体表现出一拟线性动力系统。人体不同部位表现出不同的响应特征说明人体各组成部分之间具有不同的粘性和弹性性质。随仰卧角度的增加, 胸背向的输入所占比例较小, 因而人体 X 向加速度响应随之下降。但在人体的纵轴向产生了特殊性, 头部和肩部在仰卧角为 40° 时加速度响应达最小。其原因可能与肌肉的预紧张力性质有关。人体头部和肩部具有较大的灵活性, 受肌肉活动的影响较显著, 在仰卧 40° 角时, 可能有利于使人体保持一个紧张状态, 肌肉预紧力较强, 从而使该节段刚性增加, 因而响应较低。可能还有其它机制, 有待进一步探明。胸 Z 向加速度响应基本不随仰卧角而变化, 可能与人体冲击传递的叠加

性有关。因胸部的响应除了该部位本身的动力特性有关外, 还受到髻部和头部响应的影响。

参 考 文 献

- [1] Brown W K, Rothstein T D, Foster L P. Human response to predicted apollo landing impacts in selected body orientations[J]. Aerospace Med, 1966, 37(4): 394 ~ 398.
- [2] Stapp J P. Human tolerance to deceleration. Summary of 166 runs[J]. J Aviat Med, 1951, 2: 42 ~ 45.
- [3] Beeding J. Space cabin landing impact vector effects on human physiology[J]. Aerospace Med, 1964, 35: 1117 ~ 1132.

作者简介:



刘炳坤 男, 1964年12月生, 硕士研究生, 助研, 主要从事航空航天救生医学研究。发表学术论文15篇。联系电话: 66362279。