

飞行员综合提升抗荷生理训练的方法探讨

汪东军, 郑 军, 付兆君, 王 军

【摘要】 目的 通过对比改装高性能歼击机飞行员抗荷生理训练中 + Gz 耐力推算值与相关因素的影响, 进一步规范抗荷生理训练方法并提升抗荷生理训练效果。**方法** 选取 2021-01~12 月在空军特色医学中心参加改装高性能战机的航空医学训练的 339 名飞行员, 通过调查飞行员对抗荷动作(anti-G straining maneuver, AGSM)掌握的熟练程度(李克特量表)分为 AGSM 熟悉组及 AGSM 不熟悉组。对比分析两组 + Gz 耐力推算值通过对 AGSM 不熟悉组的飞行员讲解 AGSM 机制及实施 AGSM 后, 对比分析前后 + Gz 耐力推算值; 对 AGSM 熟悉组与抗荷抗缺氧能力检测仪中的呼吸曲线的频率、下肢蹬力比对, 统计分析 + Gz 耐力推算值与上述因素的相关性。**结果** 两组 + Gz 耐力推算值具有统计学差异($P < 0.05$); AGSM 不熟悉组的飞行员在熟知 AGSM 机制及实施 AGSM 前后 + Gz 耐力推算值具有统计学差异($P < 0.05$); AGSM 熟悉组的飞行员在训练中的呼吸曲线的频率、下肢蹬力与 + Gz 耐力推算值具有相关性($P < 0.05$)。**结论** 熟知 AGSM 的机制、熟练掌握 AGSM 的训练方法对于提高 + Gz 耐力从而综合提升抗荷生理训练效果具有重要的指导意义。

【关键词】 高性能战机; 飞行员; 抗荷动作; + Gz 耐力推算值; 抗荷生理训练

【中图分类号】 R 85 **【文献标识码】** A doi:10.13730/j.issn.1009-2595.2022.09.014

Discussion on Physiological Training for Comprehensively Lifting Anti-G for Pilots

WANG Dongjun, ZHENG Jun, FU Zhaojun, WANG Jun. Department of Medical Evaluation, Air Force Medical Specialty Medical Center, Beijing 100142, China

Corresponding author: WANG Jun, E-mail: wy6192@163.com

【Abstract】 Objective To further standardize the method for anti-G physiological training and strengthen the effect of the training by comparing the influence of + Gz endurance value calculation and related factors in the training of modified high performance fighter pilots. **Methods** A total of 339 pilots who participated in the aviation medical training for modified high performance fighter aircraft in author's unit from January to December 2021 were selected and separated into two groups, namely one familiar with anti-G straining maneuver (AGSM) and one unfamiliar with it according to proficiency level of mastery. The + Gz endurance value calculation of the two groups were compared and analyzed. The group who were not familiar with AGSM were compared and analyzed on + Gz endurance value calculation before and after explaining the AGSM mechanism and implementing anti-G training. For the group familiar with AGSM, the frequency of respiratory curve and the pedal force of lower limbs in the reference anti-G and anti-hypoxia ability detector were compared, and the correlation between the + Gz endurance value calculation and the above factors was counted and analyzed. **Results** Both the research made on + Gz endurance value calculation of the two groups was statistically significant ($P < 0.05$); and the + Gz endurance value calculation of the group who were not familiar with AGSM before and after AGSM mechanism and anti-G training were statistically significant ($P < 0.05$); there was a correlation between the frequency of respiratory curve, pedal force of lower limb and + Gz endurance value calculation of the group familiar with AGSM during training ($P < 0.05$). **Conclusion** Knowing the mechanism of AGSM and mastering the training method of AGSM have important guiding significance for improving + Gz endurance value calculation and comprehensively improving the effect of anti-G physiological training.

【Key words】 High performance fighter; Pilot; Anti-G straining maneuver; + Gz endurance value calculation; Anti-G physiological training

改装高性能战机飞行员进行的航空生理训练最重

要也是最关键的科目就是载人离心机抗荷能力训练, 它是用来评估飞行员自身抗载荷能力的重要指标。为提高军事飞行员抗载荷能力, 包括美国、德国、英国在内的许多国家都通过本国高载荷训练中心, 模拟高载荷环境对飞行员实行离心机训练^[1]。而我军目前主要通过载人离心机训练对飞行员抗载荷能力进行考核评

【基金项目】 空军军医大学 2021 年度飞行人员作战效能提升航空医学重大问题科技攻关(2021HKYX04)

【作者单位】 100142 北京, 空军特色医学中心医学鉴定科(汪东军、郑 军、付兆君、王 军)

【通信作者】 王 军, E-mail: wy6192@163.com

估。由于训练的条件所限,加之近些年改装高性能战机人数成倍增长,飞行员存在急于想通过考核课目的心理,对于抗荷动作(anti-G straining maneuver, AGSM)的机制、自身耐力、AGSM 等重视程度不够,这也促使个别飞行员最终未能通过离心机+Gz 训练。AGSM 是高性能战斗机飞行员对抗高+Gz 作用的有效措施^[2]。作者拟通过+Gz 耐力推算值与熟练掌握 AGSM 中相关因素进行统计分析,将其进一步规范优化,综合提高+Gz 耐力,从而提升离心机训练通过率,最终达到综合提高抗荷生理训练质量。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取 2021-01~12 月在空军特色医学中心参加改装高性能战机航空医学训练的 339 名飞行员,年龄 23~41 岁。

1.2 方法

1.2.1 训练仪器 抗荷抗缺氧能力检测仪等^[3]。

1.2.2 问卷调查及分组 根据李克特量表设计关于 AGSM 训练熟练程度自我报告评分问卷,主要结合设计提出的 3 个问题(飞行过程中抗载荷时你是否能够保持身体的正确姿势;飞行过程中抗载荷时你是否能够伸展你的四肢;飞行过程中抗载荷时你是否能够保持呼吸通畅)。采用 5 级评分法(非常熟练、熟练、不确定、不熟练、非常不熟练),评分≤3 分表示对 AGSM 训练不熟悉,>3 分表示对 AGSM 训练熟悉。

根据李克特量表评分,将≤3 分对 AGSM 训练不熟悉的飞行员纳入 AGSM 不熟悉组($n = 130$),>3 分对 AGSM 训练熟悉的飞行员纳入 AGSM 熟悉组($n = 209$)。

1.2.3 抗荷生理训练及分组 测量所有参加训练的飞行员的心-眼垂直距离(即第三肋间至眼内眦部的垂直距离),两组飞行员在抗荷抗缺氧能力检测仪上行 AGSM 训练,期间测量飞行员训练时收缩压及平静时收缩压,根据+Gz 耐力推算值公式^[4]:
$$= \frac{\text{训练时收缩压(mmHg)} - \text{平静时收缩压(mmHg)}}{\text{心-眼垂直距离(cm)} \div 1.28}$$
,计

算出+Gz 耐力推算值。对 AGSM 不熟悉组飞行员通过理论授课的形式对抗荷训练的动作及抗荷机制细致讲解,同时利用抗荷抗缺氧能力检测仪实施抗荷训练后再次计算出+Gz 耐力推算值。

按航空生理训练操作技术规范要求,将 AGSM 熟悉组的飞行员+Gz 耐力推算值>2G 入组为高+Gz 耐力推算值($n = 157$);≤2G 入组为低+Gz 耐力推算

值($n = 52$)。

1.3 观察指标

记录飞行员在抗荷抗缺氧能力检测仪上显示的下肢蹬力(kg)、呼吸曲线及呼吸频率(呼气/吸气)。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 18.0 软件进行统计处理,计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用独立样本 t 检验, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

两组飞行员+Gz 耐力推算值具有统计学意义($P < 0.05$),见表 1。AGSM 不熟悉组的飞行员通过 AGSM 及抗荷机制的讲解训练后,与讲解训练前+Gz 耐力推算值比较差异具有统计学意义(2.03 ± 0.78 vs. $0.87 \pm 0.45, t = 15.43, P < 0.001$)。

根据+Gz 耐力推算值,将 AGSM 熟悉组的飞行员+Gz>2G 入组为高+Gz 耐力推算值,≤2G 入组为低+Gz 耐力推算值。结果显示,AGSM 熟悉组的飞行员+Gz 耐力推算值与其下肢蹬力、呼吸频率曲线(呼气/吸气)等指标相关(P 均<0.05),见表 2。

表 1 两组飞行员+Gz 耐力推算值比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Comparison of +Gz endurance value calculation between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	年龄	飞行时间	+Gz 耐力推算值
AGSM 不熟悉组	130	25.30 ± 1.49	394.80 ± 18.19	0.58 ± 0.32
AGSM 熟悉组	209	35.90 ± 3.54	1018.00 ± 437.67	2.39 ± 0.27
t 值		8.73	4.49	12.93
P 值		$P < 0.001$	$P < 0.001$	$P < 0.001$

表 2 AGSM 熟悉组不同+Gz 耐力值飞行员下肢蹬力、呼吸频率的比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of different +Gz endurance value calculation on pedal force of lower limb and frequency of respiratory curve in group familiar with AGSM ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	双下肢蹬力(kg)	呼吸频率(呼气/吸气)
高+Gz 耐力推算值	157	150.65 ± 5.34	4.05 ± 0.28
低+Gz 耐力推算值	52	130.45 ± 5.87	6.55 ± 3.77
t 值		32.96	2.09
P 值		$P < 0.001$	$P < 0.05$

3 讨论

抗荷生理训练的内容主要包括体能训练、AGSM 训练、抗荷正压呼吸训练和载人离心机训练^[5]。其中容易掌握且抗载荷效果明显的当属 AGSM 训练。目前,国际上使用的 AGSM 为 M-1、L-1、M-3 等,而我军

经过多年的实践经验总结最终确定使用的 AGSM 为 HP 动作^[6-8]。虽然 HP 动作在各特勤疗养中心开展得较为广泛,但由于飞行员对该动作的重视程度不够、AGSM 机制不清楚及训练医师施教水平的高低,导致飞行员对 AGSM 的掌握情况参差不齐。与王全等^[9]在 2015 年对歼击机飞行员抗荷生理训练情况的调查相符合,也提示我军飞行员的 AGSM 训练工作仍需进一步深入开展。做 AGSM 时需要全身肌肉协调用力,并需与呼吸动作紧密配合,具有很高的技巧性,其效果与飞行员掌握动作是否正确及熟练程度密切相关^[10]。

通过对飞行员实施航空医学生理训练授课时作者发现,有些飞行员只知道 AGSM,对于 AGSM 的机制及方法一知半解。飞行员在持续正加速度作用下,可以引起人体出现一系列生物动力学效应,包括人体出现血液重量增加、血液柱流体静压增大和血液向下半身转移,从而引起人体心水平以上重要脏器器官(如大脑、眼睛)的供血减少,影响飞行员正常认知功能和对战机的操控,导致飞行安全隐患^[11]。AGSM 就是根据这一原理,采用下肢及腹部肌肉用力紧缩减轻或防止血液向下肢和腹腔转移和淤积,有利于静脉血回流。其次,通过部分(或全部)关闭的声门(或嘴唇)用力呼气时,胸内压升高,通过压力的物理传递作用,升高的胸内压直接作用于心脏及胸前大血管,使心脏水平动脉血压升高,使脑部和眼睛的动脉压亦相应升高^[12]。对于 AGSM 不熟悉组的飞行员,本研究通过理论授课,让其在熟知及深刻理解上述 AGSM 的原理及机制后,再通过抗荷抗缺氧能力检测仪对飞行员实施 AGSM 训练,最终显示, + Gz 耐力推算值可以提高至 $(2.03 \pm 0.78)G$,显著高于航空医学生理训练理论授课及 AGSM 训练前。

AGSM 对于提高飞行员 + Gz 耐力是最有效的方法^[13-14]。其是在加速度作用时飞行员采取主动对抗防护措施,飞行员通过收紧全身的肌肉,并有节奏地对着半闭或全闭的声门用力呼气,使心水平动脉血压升高,从而提高脑部血压,增加头部血液供应以对抗正加速度对人体的不利影响^[15]。因此,在训练中对飞行员实施 AGSM 时,作者强调一方面要重点关注下肢蹬力及腰、腹肌持续用力,使其外周血管阻力增加,导致自身的回心血量增加。此外,飞行员保持快吸气慢呼气,吸气 0.5 s,呼气 2 s 的均匀呼吸节律,进而更好地保持胸内压增加头部血液供应。通常作者也通过抗荷装备来提高防护,增加 + Gz 耐力,但随着 + Gz 值的增加,抗荷装备的防护性能达到终点,飞行员必须依靠下肢及腹部肌肉用力收缩,使回心血量增加来提高血压,在

+ 8Gz、+ 9Gz 时基本需用全力来应对^[16]。本研究结果显示,下肢蹬力的高低与飞行员 + Gz 耐力推算值具有相关性,差异具有统计学意义。蹬力高的飞行员由于训练时血压迅速升高,最终 + Gz 耐力推算值较高。与薛霞等^[17]研究的结果相符,证实了力量素质对飞行员抗荷能力至关重要^[18]。另外,作者在抗荷训练中所使用的呼吸通常为抗荷正压呼吸(prssure breathing for + Gz,PBG),PBG 呼吸方式易教易学,飞行员易掌握,飞行员可根据面罩压力大小调节 AGSM 全身用力程度,降低疲劳^[19]。但是在实际的 AGSM 中飞行员掌握得并不是很好,有些飞行员在训练中出现呼吸频率过快(呼气/吸气 $>2:0.5$),形成过度换气,易导致飞行员呼吸肌疲劳,影响了 + Gz 耐力。有些飞行员呼吸频率过慢(呼气/吸气 $<2:0.5$),导致血压下降,血压的变化可以反映飞行员劳动负荷程度,血压偏低说明未能达到该有的负荷程度,导致 + Gz 耐力降低^[20]。本研究结果显示,入组高 + Gz 耐力推算值的呼吸频率(呼气/吸气)接近 2:0.5。因此,正确掌握并实施标准的 AGSM 训练是有效提高 + Gz 耐力的关键,对飞行员顺利通过离心机训练起着决定性的作用。

4 展望

随着我军高性能战机量产化,高性能战机飞行员改装体检明显提速,伴随展开的航空医学生理训练呈现出任务重、时间短、训练安排密集的特点,也促成了飞行员要在短期内完成离心机高载荷训练。因此,训练本身对飞行员提出了更高的要求。有针对性的力量训练,提高有氧能力的高强度间歇训练(high-intensity interval training,HIIT)。曹薏等^[21]通过荟萃分析的方法证实高强度间歇训练是改善心肺适能的有效途径。良好的心肺功能有利于维持长时间高强度的飞行工作,以及高载荷飞行后的身体恢复^[18]。另外,心理状态的影响可能会对高载荷训练产生巨大的影响,主要因受训飞行员对离心机环境不熟悉,担心无法通过测试等^[22]。因此,随着离心机装备数量的增加,可适时对飞行学员或毕业的新学员实施见习或体验离心机课目。在招飞体检时,针对体格检查应增设有针对性的选拔,如除身高、体质量外,是否考虑将心-眼垂直距离的测量也纳入体检内容(心-眼距短更加有利于抗载荷能力的提高)。要在注重形态学体检选拔的基础上,更加注重功能性的选拔,这样更加有利于飞行员适应航空医学生理训练及高强度飞行课目的要求。为了使军事飞行员身心素质的提升能够跟上飞机性能提升的步伐,需要制定并实施更加系统全面的强健促进计划,

加快提升军事飞行员生理、心理、认知水平,以科学推动航空兵部队战斗力生成方式的转变提高^[23]。

参 考 文 献

- [1] Kang KW, Shin YH, Kang S. Acute spinal injury after centrifuge training in asymptomatic fighter pilots[J]. *Aerosp Med Hum Perform*, 2015, 86(4): 386-391
- [2] Burns JW, Ivan DJ, Stern CH, *et al*. Protection to + 12 Gz[J]. *Aviat Space Environ Med*, 2001, 72(5): 413-421
- [3] 王海霞, 颜桂定, 耿喜臣, 等. 飞行员抗荷动作训练器的研制[J]. *航天医学与医学工程*, 2010, 23(5): 359-363
- [4] 曹国英, 傅立根, 赵曦光, 等. 疗养技术常规[M]. 北京: 人民军医出版社, 1999: 706-722
- [5] 常耀明, 王 颢, 曹新生. 航空航天生理心理训练及疗养学[M]. 西安: 第四军医大学出版社, 2013: 60-88
- [6] 李 刚, 余 杰, 王 红, 等. 飞行员抗荷动作地面训练效果观察[J]. *航空军医*, 2006(2): 47-48
- [7] 王生成, 徐 艳, 颜桂定, 等. HP 与 PHP 动作在离心机上的训练方法[J]. *中华航空航天医学杂志*, 2012, 23(2): 81-85
- [8] 耿喜臣, 金 朝, 徐 艳, 等. 新的抗荷动作: HP 与 PHP 动作抗荷效果的评价[J]. *中华航空航天医学杂志*, 2002, 13(4): 209-213
- [9] 王 全, 李 洁, 王海霞, 等. 歼击机飞行员抗荷生理训练情况调查[J]. *中华航空航天医学杂志*, 2017, 28(3): 200-202
- [10] 徐 艳, 张莉莉, 张立辉, 等. 抗荷动作训练器上 HP 动作的训练方法[J]. *航天医学与医学工程*, 2013, 26(5): 363-366
- [11] 赵 波, 吕云利, 孙喜庆. 高性能战机加速度致脑缺血预警与防护研究进展[J]. *西北国防医学杂志*, 2017, 38(6): 415-417
- [12] 曹新生, 石 菲, 高 原, 等. 以“心血管反应能力提升”为核心, 开

- 展抗荷生理训练教学的思考[J]. *心脏杂志*, 2019, 31(6): 710-713
- [13] Eiken O, K leg rd R, Lindborg B, *et al*. The effect of straining maneuvers on G-protection during assisted pressure breathing[J]. *Aviat Space Environ Med*, 2003, 74(8): 822-826
- [14] Wood EH. Development of anti-G suits and their limitations[J]. *Aviat Space Environ Med*, 1987, 58(7): 699-706
- [15] 徐 艳, 张立辉, 马月欣, 等. 抗荷动作研究进展及其在 G-LOC 防护中的必要性[J]. *中华航空航天医学杂志*, 2012, 23(1): 62-68
- [16] 徐 艳, 林 榕, 李宝辉, 等. HP 与 PHP 动作与新机抗荷供氧系统结合方法及防护性能[J]. *航天医学与医学工程*, 2014, 27(5): 318-323
- [17] 薛 霞, 薛 红, 李 洁, 等. 体能训练对高性能战斗机飞行员 + Gz 耐力的影响[J]. *华南国防医学杂志*, 2018, 32(3): 179-182
- [18] 贾学恕, 邹志康, 康志宇, 等. 飞行学员基础训练半年抗荷体质相关指标现况调查[J]. *军事医学*, 2020, 44(1): 7-11
- [19] 罗新民, 王 红, 李诗伟. 抗荷正压呼吸训练效果的观察[J]. *中华航空航天医学杂志*, 2003, 14(4): 242-243
- [20] 李 刚, 余红英, 李 萌. 歼击机飞行员不同抗 G 动作训练效果观察[J]. *人民军医*, 2019, 62(4): 302-304
- [21] 曹 蕊, 庄 洁, 全明辉, 等. 高强度间歇训练和中等强度持续训练对健康成人心肺适能影响的 Meta 分析[J]. *中国体育科技*, 2018, 54(4): 62-68
- [22] Yun C, Oh S, Shin YH. AGSM proficiency and depression are associated with success of high-G training in trainee pilots[J]. *Aerosp Med Hum Perform*, 2019, 90(7): 613-617
- [23] 徐建华, 曹保文. 特勤疗养强健促进模式系统研究[J]. *中华保健医学杂志*, 2019, 21(6): 599-601

(2022-02-28 收稿)

(上接第 724 页)

- [8] 林涣霖. 甲硝唑加氯霉素联合外用治疗寻常性痤疮 976 例疗效观察[J]. *河北医学*, 2004(4): 308-310
- [9] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2020 年版)四部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 96-97, 480-483
- [10] 魏 魏, 杨旦旦, 孙春燕. 气相色谱法测定乙醇消毒剂中乙醇含量的不确定度评定[J]. *化学工程与技术*, 2021, 11(5): 255-259
- [11] 沈 平, 申广文, 卢志敏. 顶空气相色谱法测定乙醇消毒剂中乙醇含量[J]. *中国洗涤用品工业*, 2021(4): 61-65
- [12] 赵 波, 熊皓舒, 赵万顺, 等. GC-FID 内标法测定复方丹参制剂醇沉上清液乙醇含量[J]. *化学工程师*, 2020, 34(7): 21-23, 57
- [13] 李 蕊, 张金鹏, 王东兴, 等. 消毒剂中乙醇含量的测定[J]. *天津科技*, 2020, 47(7): 30-31, 34
- [14] 王 璐, 李金慈, 乔立业, 等. 顶空进样-气相色谱法测定双乌止痛酊中甲醇和乙醇含量[J]. *海峡药学*, 2019, 31(8): 106-108
- [15] 许菲菲, 陈 峰, 楼 佳, 等. 顶空气相色谱内标法测定香水中的

- 乙醇[J]. *化学分析计量*, 2019, 28(3): 78-80
- [16] 刘向荣, 刘 文, 邓 楠. GC 直接进样和顶空进样法测定碘酊中乙醇浓度[J]. *中国现代应用药学*, 2018, 35(1): 49-52
- [17] 倪晓霞, 王庆芬, 刘晓玲, 等. HS-GC 内标曲线法测定碘酊中乙醇含量及其不确定度评估[J]. *解放军药科学学报*, 2018, 34(4): 351-354, 358
- [18] 楼美娟, 蒋英华, 羊洁芳, 等. 气相色谱单点法检测消毒湿巾中的乙醇[J]. *化学分析计量*, 2021, 30(8): 59-62
- [19] 张文凯, 梁中卫, 王 兰, 等. 气相色谱法测定舒必利原料药中甲醇、乙醇的残留量[J]. *广东化工*, 2021, 48(15): 227, 232
- [20] 中华人民共和国卫生部中国国家标准化管理委员会. GB 26373-2010 乙醇消毒剂卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011
- [21] 国家标准化管理委员会国家市场监督管理总局. GB/T 26373-2020 醇类消毒剂卫生要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020

(2022-05-30 收稿)