

• 军事训练 •

空军飞行人员功能性动作筛查结果分析

马阳光, 张永峰, 邵玲娃, 李松森, 张颖如, 莫惠霖, 王哲, 丁坦

【摘要】 目的 通过功能性动作筛查(functional movement screen, FMS)评估飞行人员相对于一般人群的疼痛及功能障碍的分布情况,为飞行人员训练伤的预防和康复提供理论指导。方法 选择 41 名飞行人员和 32 名一般人群作为研究对象,对其进行 FMS 及疼痛和功能障碍调查。结果 飞行人员 FMS 总分为(13.3±3.2)分,其中 58.54% 飞行员 FMS 总分<14 分。一般人群 FMS 总分为(15.0±3.0)分,其中 34.38% 的人总分<14 分。比较 FMS 测试中各动作模式的单项得分:直线弓步蹲和躯干稳定俯卧撑项目中,飞行人员 FMS 得分显著低于一般人群($P=0.001$)。在旋转稳定性项目中,飞行人员 FMS 得分显著高于一般人群($P=0.002$)。飞行人员在 FMS 测试中,疼痛发生率前 3 位的部位,依次为腰部(31.71%)、颈部(21.95%)和膝部(14.63%)。一般人群中发生疼痛前 3 的部位有肩部(15.63%)、颈部(15.63%)和腰部(12.50%)。结论 飞行人员 FMS 总分分布比一般人群低,且肌肉骨骼系统损伤风险较一般人群高,损伤风险高的部位依次是腰部、颈部和膝部。

【关键词】 功能性动作筛查;飞行员;颈腰痛;深层肌群;肌肉链

【中图分类号】 R 82 **【文献标识码】** A doi:10.13730/j.issn.2097-2148.2023.02.012

Analysis of the Results of Functional Movement Screening for Air Force Pilots

MA Yangguang, ZHANG Yongfeng, SHAO Lingwa, LI Songsen, ZHANG Yingru, MO Huilin, WANG Zhe, DING Tan. Department of Orthopedics, First Affiliated Hospital of Air Force Medical University, Xi'an Shaanxi 710032, China

Corresponding author: DING Tan, E-mail: dtdyy@fmmu.edu.cn

【Abstract】 **Objective** To evaluate the distribution of pain and dysfunction of pilots relative to the general population by functional movement screen (FMS), and to provide theoretical guidance for the prevention and rehabilitation of pilot training injuries. **Methods** A total of 41 pilots and 32 general population were selected for FMS and pain and dysfunction surveys. **Results** The total FMS score of the pilots was (13.3±3.2), of which 58.54% of the pilots had a total FMS score less than 14. The FMS total score of general population was (15.0±3.0), of which 34.38% had a total score less than 14. Comparing the individual scores of each movement mode in the FMS test: in the straight lunge squats and trunk stable push-ups, the FMS score of the pilots was significantly lower than that of the general population ($P=0.001$). In the rotational stability item, the FMS score of pilots was significantly higher than that of the general population ($P=0.002$). In the FMS test of pilots, the top 3 places with the highest incidence of pain were the waist (31.71%), the neck (21.95%) and the knee (14.63%). The top 3 areas of pain in the general population were the shoulder (15.63%), the neck (15.63%) and the waist (12.50%). **Conclusion** The distribution of FMS total score of pilots is lower than that of the general population, and the risk of musculoskeletal system injury is higher than that of the general population. The parts with high injury risk are the waist, the neck and the knee.

【Key words】 Functional movement screen; Pilot; Neck and low back pain; Deep muscle group; Muscle chain

随着空军先进飞行装备的不断列装,以及新军事

训练大纲的深入推行,以颈腰等部位疼痛为主要临床症状的软组织劳损和脊柱退行性疾病,已经成为导致飞行员作业能力受限和停飞的重要原因^[1-2]。导致飞行员脊柱退变和肌肉等软组织劳损的外在因素包括:高载荷(+Gz)作用、坐舱环境、飞行器振动、机种差异和个体耐受等^[3-6]。而内在因素则是由于飞行员颈腰等部位长期高负荷,肌肉力量相对不足,不能抵抗

【基金项目】 军事医学创新工程项目(17CXZ004);飞行人员作战效能提升航空医学重大问题科技攻关项目(2019ZTA09, 2020ZTA02)

【作者单位】 710032 陕西西安,空军军医大学第一附属医院骨科(马阳光、张永峰、王哲、丁坦);联勤保障部队 944 医院骨科(邵玲娃、李松森);西安佛明翰健康管理公司(张颖如、莫惠霖)

【通信作者】 丁坦, E-mail: dtdyy@fmmu.edu.cn

外力,造成脊柱的主要稳定结构如椎间盘、小关节突和韧带等的负荷增加,从而发生肌肉劳损、小关节紊乱、椎间盘突出和椎管狭窄等一系列疾病,并导致个体的疼痛及功能障碍^[7]。

功能性动作筛查(functional movement screen, FMS)是一种用于评估运动模式及运动损伤风险的有效方法,它通过迅速筛查多个运动相关的薄弱环节,从而预测肌肉骨骼系统的损伤风险^[8-11]。在识别受试者灵活性和稳定性的薄弱环节后,通过制定个性化运动处方,纠正已识别的运动缺陷和薄弱环节,降低受试者发生肌肉骨骼系统损伤的风险。FMS 多被应用于体育竞技领域,来预测运动员发生运动损伤的风险^[12-14]。本研究将 FMS 测试引入飞行员群体中,统计和分析飞行人员肌肉骨骼系统中具有共性的弱链环节,摸清飞行人员发生肌肉骨骼系统疾病的风险。

1 资料与方法

1.1 研究对象

于 2020-10 月选取空军某飞行旅在役歼击机飞行员 41 名和同时期在西安佛明翰健康管理有限公司进行身体测试的一般人群 32 名为研究对象。以飞行人员为实验组,一般人群为对照组,两组人员均为男性,实验组年龄为(31.4 ± 7.0)岁,体质量指数(body mass index, BMI)为(23.0 ± 2.5)kg/m²;对照组年龄为(32.3 ± 6.3)岁,BMI 为(22.3 ± 3.8)kg/m²。两组人员间年龄和 BMI 分布差异无统计学意义($P > 0.05$)。在一周内,由西安佛明翰健康管理有限公司专业技术人员对两组人员进行 FMS 测试,比较分析两组人员的 FMS 分值,及其疼痛及功能障碍分布情况。排除标准:①存在腰椎间盘突出、腰椎管狭窄和峡部裂等脊柱退行性疾病的人员;②既往接受过外科手术治疗的人员。

1.2 FMS 测试

①观察指标:FMS 由 7 个基本运动模式测试和 3 个排除测试组成,单项评分范围 0~3。其中 0 分表示该动作完成时出现疼痛或与之相关的排除动作出现疼痛,1 分表示无法完成动作,2 分表示能够完成但动作不标准,3 分表示能够完全按照要求完成动作。总分范围 0~21 分。所评估的 7 种运动模式包括深蹲、直线弓步蹲、跨栏步、肩部灵活性、主动直腿抬高、躯干稳定俯卧撑和旋转稳定性;其中,总分反映运动损伤风险程度,总分 ≤ 14 分运动损伤风险从 15% 提升到 50%^[11]。“深蹲”“跨栏步”和“直线箭步蹲”反映人体在常见的运动中,矢状面、冠状面及水平面的动作模式;“踝关节灵活性”“肩部灵活性”“主动直膝抬腿”反

映身体灵活性;“躯干稳定俯卧撑”“旋转稳定性”反映身体稳定性;②质量控制:所有 FMS 测试均有两名经过专业培训的课题组成员完成,测试过程中全程进行录像。每个动作模型进行 3 次,取得分最高的一次作为该动作模式的最终得分。测量完毕后,所得数据由两人分别录入,并进行一致性核对。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 25.0 软件进行统计分析。计数资料以例数(百分率)[$n(\%)$]表示,组间比较采用 χ^2 检验;计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间采用双侧独立样本 t 检验, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 FMS 测试的总分分布情况

FMS 测试结果表明飞行人员中,FMS 总分 < 14 分的人员占比为 58.54%,明显高于一般人群中 FMS 总分 < 14 分的人员比例(34.38%),且组间差异有统计学意义($\chi^2 = 4.204, P = 0.040 < 0.05$),见表 1。飞行人员相较于一般人群,其 FMS 总分的分布整体偏低,提示飞行人员较一般人群,存在更多灵活性和稳定性的薄弱环节,有更高的潜在肌肉骨骼系统的运动损伤风险。

表 1 FMS 测试的总分分布情况 [$n(\%)$]

Table 1 Overall score distribution of the FMS test [$n(\%)$]

FMS 得分范围(分)	实验组($n = 41$)	对照组($n = 32$)
总分 ≥ 18	2(4.88)	3(9.38)
16 ≤ 总分 < 18	6(14.63)	8(25.00)
14 ≤ 总分 < 16	9(21.95)	10(31.25)
12 ≤ 总分 < 14	13(31.71)	6(18.75)
10 ≤ 总分 < 12	7(17.07)	3(9.38)
总分 < 10	4(9.76)	2(6.25)

2.2 FMS 测试的各单项目得分情况

实验组 FMS 测试总分明显低于对照组,两组研究对象比较差异具有统计学意义($P = 0.022$)。飞行员群体在直线弓步蹲、躯干稳定俯卧撑项目中的得分显著低于一般人群($P = 0.001$),而飞行员群体在旋转稳定性项目的得分显著高于一般人群($P = 0.002$),见表 2。

2.3 疼痛分布情况

实验组的飞行员中,共 31.71% 的飞行员在测试中出现腰部疼痛,21.95% 的飞行员出现颈部疼痛,14.63% 的飞行员出现膝部疼痛。一般人群中,各有 15.63% 的人存在肩部和颈部疼痛,另有 12.50% 的人有腰部疼痛。飞行人员的疼痛部位主要集中在腰部和颈部,而一般人员的疼痛部位集中在颈部和肩部,见表 3。

表 2 两组人群 FMS 测试的各单项目得分 (分, $\bar{x} \pm s$)Table 2 Individual item scores for the FMS test for pilots and the general population (score, $\bar{x} \pm s$)

项目名称	实验组(n=41)	对照组(n=32)	t/P 值
过顶深蹲	1.7±0.6	1.8±1.0	0.530/0.909
跨栏步	1.8±0.5	2.0±0.4	1.847/0.186
直线弓步蹲	1.5±0.7	2.0±0.2	4.532/0.001
肩部灵活性	1.8±1.0	1.9±1.0	0.424/0.624
主动直膝抬腿	1.8±0.8	1.9±0.6	0.589/0.382
躯干稳定俯撑	1.3±1.2	2.1±0.4	3.613/0.001
旋转稳定性	1.8±0.6	1.1±0.2	6.323/0.002
FMS 总分	13.3±3.2	15.0±3.0	2.345/0.022

表 3 FMS 测试中疼痛发生部位分布 [n (%)]

Table 3 Distribution of pain sites in FMS test [n (%)]

分组	疼痛部位						
	颈部	肩部	胸部	腰部	髋部	膝部	足踝
实验组	9(21.95)	4(9.76)	3(7.32)	13(31.71)	2(4.88)	6(14.63)	2(4.88)
对照组	5(15.63)	5(15.63)	2(6.25)	4(12.50)	1(3.13)	3(9.38)	2(6.25)

3 讨论

飞行人员的颈腰部疼痛发生率和疼痛程度显著高于一般人群,且随着机型载荷和飞行时间的增加而增加^[3,5,15]。对于颈部疼痛,一般认为危险因素包括战机加速度、头盔设备的佩戴、不正确姿势以及驾驶过程中头部运动^[16]。而腰痛相关的危险因素包括驾驶舱的人体工程学设计、工作中姿势以及背部肌肉功能等因素^[5,17-18]。从更深层次的角度观察,以上常见的颈部、腰部疼痛都存在共同的病理过程即脊柱周围深层肌群力量的弱化和运动控制功能的紊乱^[19]。由于高载荷、强迫体位、训练强度大和肌肉退化等原因,颈腰部的局部深层稳定肌群出现肌肉无力、萎缩、功能失调等病变。在这种情况下,为了维持稳定和保护脊柱,浅层大肌群不得不代偿工作,长期处于高张力状态使得大肌群出现痉挛和劳损,从而产生肌肉及筋膜的疼痛。同时,由于生理结构上的分工和力学上的劣势,浅层大肌群并不能真正起到保护颈腰椎的作用,积年累月颈腰椎也会逐步出现各种不稳、退变的情况,也同样引起疼痛、颈性眩晕等问题。由此可见,要想彻底治愈飞行人员颈腰部疼痛,根本措施在于重新恢复颈腰部深层稳定肌肉的功能,而前提措施是通过有效测试找寻深层肌肉的薄弱环节。FMS 作为一项简便易用的筛查工具,通过观察无外界负荷下的常见动作,分析躯体稳定性和灵活性对动作表现的影响,从而间接评价深层肌群功能状态及稳定度。

本次研究结果中,飞行人员 FMS 总分为(13.3±3.2)分,低于风险阈值 14 分^[11]。与对照组相比较得

分稍低,且差异具有统计学意义。说明飞行员整体损伤风险较高,其特殊的从业环境和训练方式都可能对损伤风险造成影响^[20-21]。在各单项得分中,飞行人员直线弓步蹲、躯干稳定俯卧撑得分显著低于一般人群,且出现疼痛的概率较高。由于这两项测试动作均包含脊柱伸展及伸髋动作,且在这两个项目中,飞行人员均表现出颈椎前凸、胸椎后凸、腰椎前凸、髋关节后伸不足等异常动作模式,提示飞行人员既往已经出现损伤,且损伤部位主要集中于腰椎、颈椎等区域。脊柱及膝关节的损伤可能与脊柱维持中立位置的稳定性下降和胸椎、髋关节后伸灵活性的下降相关。飞行员在 FMS 测试中膝关节疼痛发生的概率高于一般人群,可能与髋关节被长时间固定的间接影响有关。固定座椅使得飞行员的髋关节长时间处于屈曲位置,导致伸肌群力量下降。但同时,飞行员的体能训练中缺乏针对伸髋和骨盆稳定性的训练,使得在常规体能训练中,为了代偿伸髋肌群力量不足,腰部伸肌群和膝关节伸肌活动增加,导致腰、膝关节周围软组织损伤风险增加。飞行员群体在旋转稳定性项目中得分显著高于一般人群,提示飞行员的平衡能力高于一般人群,与以往的研究结果一致^[22]。

结合各项项目的分析结果发现,飞行员现行的训练方案具备一定的针对性,使得飞行员的平衡能力优于一般人群,同时部分降低了飞行员训练损伤的风险。但目前的训练方案还无法起到满意的脊柱保护效果,需要针对飞行员表现出的特定动作模式进行纠正性训练,以期降低脊柱疼痛发生率,提升飞行员健康水平。目前我军飞行员体能训练中缺乏针对脊柱及髋部的功能性训练内容。为了针对性解决飞行员存在的共性疼痛及功能障碍问题,飞行人员的训练应当包含以下内容,①教育:通过宣教使飞行员了解动作完成质量与疼痛发生之间的关系,在训练中识别不良动作模式和维持良好动作质量的方法;②增加功能性训练:将颈部、腰部、髋部伸肌的拉伸训练和渐增负荷的脊柱、髋关节静态和动态稳定(包含伸展、旋转动作)训练纳入日常训练计划中;③个体化干预:针对 FMS 总分及单项得分低于风险预测值的飞行员,可以进行个体化的干预;④定期评估:将 FMS 纳入体测评估项目中,常规训练者可每 3 个月进行复测,个体化训练者可每 1 个月进行复测。本研究较早的将 FMS 引入飞行员群体肌肉骨骼系统弱链环节的筛查中,为飞行员针对性的强化肌肉骨骼系统的薄弱环节指明了方向。但存在调查对象来源较为单一和样本量有限的不足,下一步将进一步扩大调查范围,同时根据筛查出的飞行员群体的共性弱链环

节设计针对性的训练教程,并在空军部队推广使用。

参 考 文 献

[1] 张阵阵,刘书林,朱 伟,等. 飞行员停飞疾病谱的研究进展[J]. 海军医学杂志,2019,40(2): 191-193

[2] 沈江洁,吴卉慧,石 桦. 高性能战斗机飞行员运动系统疾病谱分析[J]. 空军医学杂志,2020,36(3):188-190

[3] 马阳光,张大伟,上官磊,等. 不同机种飞行员颈腰痛现况调查及危险因素分析[J]. 空军医学杂志,2021,37(6):465-468,480

[4] 陈 玉,肖 婷,郑德莎,等. 我国军事飞行员疾病谱的 Meta 分析[J]. 空军医学杂志,2021,37(4):335-339

[5] 王晓旭,张明慧. 战斗机飞行员颈肩腰腿痛现状及影响因素调查[J]. 中国疗养医学,2021,30(11):1216-1218

[6] 孙 涛,王 超,刘兆强. 高载荷(+Gz)作用对高性能战斗机飞行员腰椎退变的影响[J]. 中国疗养医学,2015,24(3):312-314

[7] 刘 芳,敖丽娟. 核心肌稳定性训练对腰痛康复治疗的意义[J]. 中国康复医学杂志,2017,32(2):231-234

[8] Kraus K, Schütz E, Taylor WR, *et al.* Efficacy of the functional movement screen: a review[J]. J Strength Cond Res, 2014, 28(12):3571-3584

[9] Bonazza NA, Smuin D, Onks CA, *et al.* Reliability, validity, and injury predictive value of the functional movement screen: a systematic review and meta-analysis[J]. Am J Sports Med, 2017, 45(3):725-732

[10] Moran RW, Schneiders AG, Mason J, *et al.* Do functional movement screen (FMS) composite scores predict subsequent injury? A systematic review with meta-analysis[J]. Br J Sports Med, 2017, 51(23):1661-1669

[11] Trinidad-Fernandez M, Gonzalez-Sanchez M, Cuesta-Vargas AI. Is a low functional movement screen score ($\leq 14/21$) associated with injuries in sport? A systematic review and meta-analysis[J].

BMJ Open Sport Exerc Med, 2019, 5(1):e000501

[12] 石诗萌,戴 玮,张 纯,等. 功能性动作筛查(FMSTTM)预测高水平短道速滑运动员运动损伤的效度研究[J]. 成都体育学院学报, 2019, 45(2):103-109

[13] 束 拉,陈国壮. 功能性动作筛查预测运动损伤的可行性——一项前瞻性队列研究的 meta 分析[J]. 上海体育学院学报, 2021, 45(7):84-94

[14] 江 茜. 功能性动作筛查在羽毛球运动损伤预防中的应用研究[D]. 天津:天津体育学院, 2021

[15] Hoy D, Bain C, Williams G, *et al.* A systematic review of the global prevalence of low back pain[J]. Arthritis Rheum, 2012, 64(6): 2028-2037

[16] Manchikanti L, Boswell MV, Singh V, *et al.* Prevalence of facet joint pain in chronic spinal pain of cervical, thoracic, and lumbar regions[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2004, 5: 15

[17] 洪 伟,蔡宗升. 飞行员腰背痛现况调查及危险因素分析[J]. 临床军医杂志, 2006(2): 202-203

[18] 张 胜,陈虹汝,安森胜,等. 战斗机飞行员腰痛相关危险因素分析[J]. 第三军医大学学报, 2015, 37(24):2481-2485

[19] Fortin M, Gibbons LE, Videman T, *et al.* Do variations in paraspinous muscle morphology and composition predict low back pain in men? [J]. Scand J Med Sci Sports, 2015, 25(6): 880-887

[20] Thoolen SJ, van den Oord MH. Modern air combat developments and their influence on neck and back pain in F-16 pilots[J]. Aerosp Med Hum Perform, 2015, 86(11): 936-941

[21] Truszczyńska A, Lewkowicz R, Truszczyński O, *et al.* Back pain in Polish military helicopter pilots[J]. Int J Occup Med Environ Health, 2012, 25(3):258-264

[22] Karch SJ, Lawson BD, Milam LS. Defining normal balance for army aviators[J]. Mil Med, 2019, 184(7-8):e296-e300

(2022-09-15 收稿)

(上接第 129 页)

[4] 宋士更,韩瑞丽,王一旻. 急性脑梗死患者外周血 MIF、TLR4 水平与脑水肿严重程度的相关性[J]. 广东医学, 2021, 42(9):1119-1122

[5] 马喜迎,肖攀云. 抗癆清脑汤联合地塞米松治疗结核性脑膜炎的疗效及对单核细胞 TLR4、MyD88 表达的影响[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2020, 18(4):557-560

[6] 尹艳霞,尚文俊,郭 华,等. 轴突生长抑制因子 A、核因子- κ B p65 对急性高血压脑出血患者病情及预后的评估[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2020, 12(8):1056-1059, 1068

[7] 李占增,任英巧,伍淑玲,等. hs-CRP、NF- κ B、VCAM-1 与缺血性脑血管病病情及预后关系[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2020, 12(8):1034-1038

[8] 万琛宜,黄招君,杨 乐. 高压氧治疗一氧化碳中毒迟发脑病的疗效分析及其机制研究[J]. 中国现代医学杂志, 2022, 31(24):94-98

[9] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组,中华医学会神经病学分会神经血管介入协作组. 中国蛛网膜下腔出血诊治指南 2019[J]. 中华神经科杂志, 2019, 52(12): 1006-1021

[10] 王 欢,颜晓敏,陈 英,等. 致残性小卒中静脉溶栓后使用替罗非班抗血小板治疗的安全性和有效性[J]. 重庆医科大学学报, 2020, 45(1):126-129

[11] 刘 宁,张高才,徐建可,等. 椎基底动脉延长扩张症与急性缺血性脑卒中患者预后的相关性[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2020, 22(8):793-796

[12] Takeuchi S, Kumagai K, Toyooka T, *et al.* Intravenous hydrogen therapy with intracisternal magnesium sulfate infusion in severe aneurysmal subarachnoid Hemorrhage[J]. Stroke, 2021, 52(1): 20-27

[13] Badjatia N, Sanchez S, Judd G, *et al.* Neuromuscular electrical stimulation and high-protein supplementation after subarachnoid hemorrhage: a single-center phase 2 randomized clinical trial[J]. Neurocrit Care, 2021, 35(1):46-55

[14] 张媛媛,周 锦,曹惠鹏,等. 右美托咪定对体外循环大鼠海马区脑组织 TLR4 蛋白表达的影响[J]. 实用药物与临床, 2020, 23(6):486-490

[15] 徐 梅,汪砚雨,李晓玲,等. 雷公藤甲素对感染性休克大鼠脑组织的保护及对 TLR4/Myd88 信号通路的调控[J]. 浙江中医药大学学报, 2021, 45(7):732-738, 743

[16] 韩雨薇,王晨辰,李晓明. 齐墩果酸调节 HMGB1/TLR4/NF- κ B 介导的炎症通路减轻蛛网膜下腔出血后的早期脑损伤[J]. 实用药物与临床, 2020, 23(1):5-9

[17] 张方园,张维文,魏 琰,等. 应激性高血糖与青年脑梗死患者肺部感染和 TLR4/NF- κ B 信号通路及细胞免疫功能的关系[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(20):3139-3143

[18] Reuter B, Rodemer C, Grudzinski S, *et al.* Effect of simvastatin on MMPs and TIMPs in human brain endothelial cells and experimental stroke[J]. Transl Stroke Res, 2015, 6(2):156-159

(2022-03-09 收稿)