

• 专家·共识 •

军事飞行人员椎小关节损伤的影像诊断和飞行安全风险评估的专家共识

全军航空航天医学专业委员会

通信作者: 李相生, E-mail: lxsheng500@163.com

[摘要] 笔者在查阅文献与总结前期研究经验的基础上, 结合医学专家鉴定组的讨论意见, 对椎小关节损伤影像检查技术、影像诊断标准及飞行安全风险评估等要点问题做出回应, 起草专家共识, 旨在对军事飞行人员椎小关节损伤进行更精准化的医学鉴定, 从而保证飞行安全。

[关键词] 椎小关节损伤; 影像诊断; 飞行风险评估; 飞行人员

[中图分类号] R85

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-1753 (2023) 05-385-05

DOI: 10.3969/j.issn.2097-1753.2023.05.001

Expert advice on imaging diagnosis of facet joint injuries and risk assessment of flight safety among military aircrews

Military Aerospace Medical Professional Committee

Corresponding author: LI Xiangsheng, E-mail: lxsheng500@163.com

[Abstract] On the basis of literature review, previous research and the experience gained from the medical identification expert group, we made an in-depth analysis of the major problems with imaging techniques, criteria for imaging diagnosis and evaluation of safety risks of facet joint injuries. Advice and expert consensus were offered in order to make medical identification more accurate and ensure safety for military pilots with facet joint injuries.

[Key words] Facet joints injury; Imaging diagnosis; Flight risk assessment; Aircrews

椎小关节损伤是指椎小关节受损所致的创伤性改变, 其中包括椎小关节间隙积液、椎小关节骨髓腔水肿、椎小关节间隙变窄、退行性变、半脱位和脱位等, 椎小关节损伤包括急性和慢性损伤。研究表明, 在下颈椎损伤中, 椎小关节损伤占比70%, 在胸、腰椎损伤中, 椎小关节损伤占比22.5%^[1]。针对军事飞行人员的伤病情况而言, 慢性椎小关节损伤占大多数, 慢性椎小关节损伤以及退变的原因包括: 1) 飞行员长期处于坐位, 驾驶空间狭小, 腰背肌、臀肌处于紧张状态, 肌肉等长收缩以及静力性作业等容易诱发椎小关节损伤^[2]; 2) 头盔重量大, 增加了头颈部负荷, 易造成飞行人员颈部椎小关节损伤; 3) 噪声振动、座椅倾斜角度和椅面不平整等增加了椎小关节和周围软组织损伤的几率; 4) 实战化军事训练强度和难度增大, 增加了飞行员椎小关节损伤的几率; 5) 脊柱过度伸展是颈、胸、腰部椎小关节损伤的主要原因^[3-4], 在特殊姿态或外力作用下, 椎小关节伸展幅度超出生理范围, 其所

承受的轴向压缩载荷增加, 会导致椎小关节出现慢性损伤^[5], 例如: 飞行人员作训时脊柱突然或反复受到伸展、屈曲、旋转等复合牵引力的作用, 易诱发椎小关节损伤^[6-7]。

轻度椎小关节损伤会引发局部疼痛症状, 重度椎小关节损伤可以诱发椎小关节脱位、椎体滑脱、脊柱失稳以及脊柱活动受限, 严重影响飞行安全^[8-9]。但在目前的军事飞行人员颈、胸、腰疼痛诊疗中, 椎小关节损伤未引起足够的重视, 缺乏明确的飞行风险评估体系。因此, 制定椎小关节损伤的影像学诊断标准, 进行早期准确诊断以及飞行风险评估, 对保障飞行安全和提升战斗力具有重要意义。

此专家共识由航空医学、影像医学、临床一线和医学鉴定等多学科领域的专家共同讨论定稿, 并由具备多年影像诊断和医学鉴定经验的专家执笔编写, 同时征求了航空兵部队相关专家和人员(例如: 部队领导、航空军医、飞行人员)的意见, 目的在于对军事飞

行人员椎小关节损伤的影像学诊断标准、飞行安全风险评评估要点进行科学规范。

1 椎小关节损伤的医学影像技术

1.1 影像学检查流程

对于有可疑椎小关节损伤的军事飞行人员,推荐的影像学检查流程如下^[10-12]: 1) 首选X线片用于筛查椎小关节损伤,包括正侧位片、双斜位片、动力位片(过屈、过伸位); 2) 若患者有可疑椎小关节脱位、半脱位,尤其出现上颈椎椎小关节损伤时,建议行电子计算机断层扫描(computed tomography, CT)三维重建和多平面重建(multi-planar reconstruction, MPR)技术,以观察椎小关节和邻近椎体、椎管的三维空间关系,血管造影(computed tomography angiography, CTA)或磁共振血管成像(magnetic resonance angiography, MRA)可以用来观察椎动脉受累情况; 3) 若患者可疑的椎小关节损伤有继发椎小关节软骨、小关节囊、韧带、脊髓及马尾等周围软组织损伤风险时,建议行核磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)进一步检查,观察软组织和软骨损伤情况。

1.2 影像学检查技术

1) X线片: X线片(正侧位、双斜位、功能位)具有方便快捷、辐射剂量低等优势,可用于发现脊柱侧弯、椎体滑脱、椎小关节脱位等椎小关节损伤并发症,前屈、后伸位等功能位X线成像可以观察椎小关节的运动范围,用于判断患者是否存在脊柱失稳。但X线检查也存在一定不足,例如: X线图像为重叠影像,密度分辨率欠佳,对椎小关节损伤的检出率较低^[13]。2) CT: 螺旋CT成像为容积成像,实现了各向同性,基于CT成像数据进行多平面重建、联合最大密度投影、表面遮盖、容积重建技术后,可以更直观地从多角度观测椎小关节骨质结构的异常变化,明显提高椎小关节损伤的检出率^[11, 14]。但CT在诊断椎小关节细微损伤方面有漏诊风险,并且对软组织显影的效果欠佳。3) MRI: MRI成像具有多方位及多序列成像、软组织显像效果佳、无电离辐射等技术优势,在检出骨髓腔水肿、椎小关节间隙积液、小关节囊及椎旁软组织损伤方面具有较高敏感性^[12, 15]。但MRI检查成像时间长,身体内有金属植入物的患者检查受限(例如:起搏器),具有幽闭恐惧症的患者无法接受此项检查。4) 单光子发射型计算机断层显像(single photon emission computed tomography, SPECT): 有研究表

明, SPECT可用于定位引发腰部疼痛的椎小关节,并为脊神经后支内侧支阻滞、小关节内注射等治疗提供指导,但SPECT的空间分辨率较低,诊断敏感性与特异性较差,在临床应用中存在较大限制^[10]。

1.3 椎小关节损伤的影像学诊断和分级标准

X线诊断标准: X线表现包括椎小关节间隙变窄、椎小关节面增生硬化,正位片可见关节突呈挖耳勺样改变。另外, X线可以显示椎小关节损伤伴发的脊柱侧弯或椎体滑脱。CT诊断标准: 1) 椎小关节面骨质增生、骨赘形成、关节面毛糙、硬化、关节突肥大; 2) 椎小关节间隙变窄(单侧或双侧关节间隙 $<2\text{ mm}$)或消失; 3) 椎小关节间隙“含气”征象; 4) 椎小关节囊区域钙化、黄韧带肥大及钙化; 5) 椎小关节半脱位表现: 轴位图像显示正常小关节“汉堡包”征的对称性消失,而椎小关节脱位则表现为“反汉堡包”征^[16-17]。MRI诊断标准: 1) 关节突骨质增生、骨赘形成、关节突肥大、椎小关节间隙变窄或消失; 2) 椎小关节骨髓腔水肿(见于急性椎小关节损伤); 3) 椎小关节软骨因受侵蚀而变薄或消失; 4) 椎小关节间隙积液、关节囊肿胀(见于急性椎小关节损伤)、滑膜囊肿; 5) 椎小关节脱位导致椎体滑脱、椎前、后纵韧带和黄韧带等诸多韧带损伤及脊髓、马尾神经根受压^[18-20]。

椎小关节是否损伤以及损失的严重程度分级对军事飞行人员椎小关节损伤的飞行安全评估以及飞行风险预测具有重要指导意义。目前,适合军事飞行人员慢性椎小关节损伤的分级是依据Kalichman等^[19]提出的分级方法,此方法对轴位CT及MRI平扫图像中慢性椎小关节损伤进行分级: 0级: 正常椎小关节; 1级: 关节间隙变窄($<2\text{ mm}$), 伴或不伴有软骨下囊肿形成,和/或小骨赘($<3\text{ mm}$)形成,但无关节突肥大; 2级: 大骨赘($>3\text{ mm}$)形成伴关节突肥大,但无椎小关节融合; 3级: 出现椎小关节骨性融合。

2 椎小关节损伤后退变的生物运动力学原因

在军事飞行人员执行飞行任务的过程中,特殊姿态以及载荷改变会导致椎小关节面角度发生变化,使其承受额外的负荷并加速其退变。慢性椎小关节损伤后退变的发生率与椎小关节面及矢状面之间的夹角密切相关,夹角小者则更易出现椎小关节损伤后退变; 同一椎体水平的两个椎小关节面与矢状面之间夹角的不对称性(角度差 $\geq 7^\circ$)也可导致椎小关节损伤后退变的发生率增加^[20-21]。

骨盆的运动力学参数测量对于预测下腰椎椎小

关节损伤后退变有一定的临床意义,腰椎前凸角增大、腰₅椎体后凸角减小以及骶骨倾斜角、骨盆入射角超出正常值范围(增大或减小)均可能导致腰椎小关节损伤后退变发生率升高及退变程度增加^[22]。

3 飞行人员椎小关节损伤的飞行风险评估关键点

3.1 飞行因素

就目前的一般情况而言,长期高空飞行环境(例如:长时间坐位、加速度、振动和特殊姿势等)有可能加重椎小关节损伤,但飞行时间或飞行机种对椎小关节损伤的影响机制,尚需进一步研究。椎小关节损伤患者若不伴有飞行因素以外的椎小关节损伤高危因素,并且椎小关节损伤本身无临床症状、无脊柱运动功能下降,则影响飞行安全的概率不大,建议定期随访。

3.2 椎小关节损伤的临床症状

椎小关节损伤常见临床症状主要为颈、胸、腰椎疼痛和脊柱运动功能受限,其严重程度是判断飞行安全风险的关键依据。如果椎小关节损伤患者有疼痛症状,注意力分散,则会造成飞行安全风险;另外,椎小关节损伤也会导致飞行员脊柱的灵活性和稳定性受到严重影响,脊柱前屈、后伸、侧屈以及旋转等动作出现障碍,严重影响飞行安全^[23]。椎小关节损伤的原因包括:1)在特殊姿态或外力作用下,椎小关节所承受的轴向压缩负荷增加^[9];2)外力作用或挥鞭样外伤后,椎小关节囊过伸、周围软组织(如:椎小关节韧带)受牵拉引发局部神经纤维过敏^[7,9];3)椎小关节半脱位、脱位或脊柱不稳;4)椎体滑脱压迫邻近的神经根。

椎小关节损伤又分为急性椎小关节损伤和慢性椎小关节损伤。急性椎小关节损伤:患者往往有一定发病诱因(例如:扭伤、高载荷),发病较急,急性期表现为伤后即刻疼痛,多为固定痛点,可随时间推移出现疼痛进展,背痛出现长期反复状态。急性患者的背痛多为刺痛,会因上肢活动、咳嗽、打喷嚏甚至深呼吸等加剧疼痛^[10]。慢性椎小关节损伤:患者的背痛多为钝痛或酸痛,不能久坐和久立,寒凉也可诱发或加重背痛。慢性椎小关节损伤往往会诱发椎小关节退行性变、椎小关节脱位以及相邻椎体滑脱等继发病变,压迫神经根时,可出现放射性疼痛,并且疼痛可随脊柱伸屈、旋转而加重;此外,椎小关节脱位后可继发椎动脉损伤,退行性变亦可因骨赘压迫椎动脉出现眩晕、头痛以及耳鸣等症状^[11]。严重椎小关节损伤有时伴发椎小关节突骨折,但在现役飞行人员中很少出现椎小关节突骨折的情况。

椎小关节损伤可以引起脊柱运动功能障碍,其诊断主要依据日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)评分来判断,评分标准包括临床症状(9分)、临床体征(6分)和日常活动受限度(14分),JOA评分最高为29分,最低0分,分数越低表明功能障碍越明显^[12]。是否存在椎小关节损伤的临床症状且损伤的严重程度是飞行安全风险评估的关键要点,也是航空医学鉴定的重要依据。建议:椎小关节损伤患者出现临床症状和脊柱活动功能障碍时,会存在一定程度的飞行安全风险,其风险程度高低依赖于临床症状和脊柱运动功能下降的严重程度。一般来说,对于有临床症状的椎小关节损伤,需要针对性治疗,患者在临床症状消失和脊柱运动功能恢复正常后才能执行飞行任务。

3.3 椎小关节损伤诱发的椎间盘退变

研究表明,椎间盘退行性病变与椎小关节损伤(尤其慢性椎小关节损伤)互为因果,椎小关节损伤后退变患者发生椎间盘退变的几率较高,是造成非特异性腰背部疼痛的主要原因^[24-25]。椎间盘退变后常常会出现椎间盘突出,2014年北美脊柱学会、美国脊柱放射学会和美国神经放射学会共同将椎间盘突出定义为椎间盘内容物移位并超出椎间盘范围,包括髓核、软骨、碎骨片、纤维环及其混合物,椎间盘突出分为椎间盘膨出、突出、脱出、椎体内疝/休莫氏结节形成^[26]。

椎间盘突出引起颈胸腰部疼痛的原因如下:1)除突出椎间盘直接机械压迫作用引起外,还可能与由突出椎间盘诱发炎症反应释放炎性介质如组胺、前列腺素和缓激肽等,直接刺激疼痛感受器有关;2)纤维环周围有窦椎神经分支,纤维环压迫或刺激神经末梢引起疼痛;3)椎小关节退变、椎间盘突出和椎旁肌群痉挛或炎症相互作用,诱发疼痛症状^[26-27]。建议:1)影像学显示椎间盘轻度突出、膨出或休莫氏结节形成,无临床症状,无发展趋势,椎体运动功能无异常,一般没有飞行安全风险;2)影像学显示椎间盘轻度突出、膨出或休莫氏结节形成,有局部疼痛等临床症状,病变有发展趋势或椎体运动功能受到影响,有一定安全风险;3)影像学显示椎间盘有明显突出或椎间盘脱出,压迫后方硬膜囊和神经根,有局部疼痛等临床症状,飞行安全风险可能较高。

3.4 椎小关节损伤诱发的椎体滑脱

椎小关节损伤后发生退变,关节囊及周围韧带易出现松弛,导致椎小关节抗水平剪切力不足而易引发退变性椎体滑脱^[27],由椎小关节损伤伴发的椎体滑脱多为假性滑脱。研究表明,椎弓根-关节突角度是椎小

关节损伤诱发椎体滑脱的一个重要风险因素,椎弓根-关节突关节角度是指CT轴位像测量椎弓根轴线与椎间关节面平行线的夹角,单侧夹角 $\geq 58^\circ$ 、双侧夹角均 $\geq 58^\circ$ 或双侧夹角不对称为腰椎滑脱的危险因素^[28]。退行性椎体滑脱最常发生于腰椎,根据椎体滑移距离与下位椎体前后径的比值,将椎体滑脱分为4度:I度,比值不超过1/4;II度,比值为1/4~<1/2;III度,比值为1/2~<3/4;IV度,比值为3/4~1^[29]。椎体滑脱的好发部位为腰₄、腰₅和骶₁椎体,腰₅椎体发病率最高,腰椎滑脱的相关临床症状主要包括下腰痛、坐骨神经痛、间歇性跛行和马尾神经受压症状,卧床休息后疼痛缓解^[30]。值得注意的是,大部分轻度椎体滑脱患者没有任何临床症状。

建议:1)患者若有I度以内的椎体滑脱,且无相关临床症状,无椎体运动功能下降,则一般没有飞行安全风险;2)患者若有I度以上的椎体滑脱,并且有临床症状,则有一定的飞行安全风险,需要针对性治疗;3)患者若有重度椎体滑脱,有临床症状,并且存在脊柱失稳或脊柱运动功能下降,飞行安全风险可能较高。但慢性椎小关节损伤所继发的椎体滑脱多为轻度滑脱,重度椎体滑脱很少发生。

3.5 椎小关节损伤诱发的脊柱侧弯

椎小关节慢性损伤后退行性病变可以诱发退行性脊柱侧弯,椎小关节慢性损伤与椎间盘退变可同时加速脊柱侧弯的进展,反之,脊柱侧弯亦可加重两者的退变与受力不对称,互为因果,造成病变进展^[31]。脊柱侧弯作为一种脊柱形态的三维畸形,胸段脊柱侧弯最多见,可以使脊柱的生物力学结构发生改变,从而影响脊柱运动功能,对飞行人员的飞行效能造成不利影响。并且,脊柱侧弯也会对心肺功能造成不良影响,患者可能会出现明显的腰背部疼痛,严重者还可能造成心、肺功能异常^[31]。建议:脊柱侧弯严重者在飞行员选拔中已经淘汰,按照目前的飞行员选拔标准,Cobb角 $>15^\circ$ 的腰椎侧弯和Cobb角 $>20^\circ$ 的胸椎侧弯,飞行员选拔不合格。目前,在现役飞行员中,脊柱侧弯多为轻度侧弯,有时会出现脊柱运动功能下降或疼痛等临床症状,需要综合分析临床症状的病因,进行个性化评定。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

【参考文献】

[1] O'Leary SA, Paschos NK, Link JM, et al. Facet joints of the spine: structure-function relationships, problems and

treatments, and the potential for regeneration[J]. Annu Rev Biomed Eng, 2018, 20 (8) : 145-170.

- [2] 白玉, 蒋一平, 曲红霞. 167例预警机飞行员运动系统疾病谱分析研究[J]. 中国疗养医学, 2016, 25 (4) : 342-344.
- [3] 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.
- [4] CHEN H, YANG K, WANG Z. Biomechanics of whiplash injury[J]. Chin J Traumatol, 2009, 12 (5) : 305-314.
- [5] Stemper BD, Yoganandan N, Gennarelli TA, et al. Localized cervical facet joint kinematics under physiological and whiplash loading[J]. J Neurosurg Spine, 2005, 3 (6) : 471-476.
- [6] Cavanaugh JM, Ozaktay AC, Yamashita HT, et al. Lumbar facet pain: biomechanics, neuroanatomy and neurophysiology[J]. J Biomech, 1996, 29 (9) : 1117-1129.
- [7] 李相生, 宋云龙, 王建昌, 等. 军事飞行人员腰椎峡部裂影像学诊断和医学鉴定的专家建议[J]. 空军医学杂志, 2021, 37 (1) : 1-4.
- [8] 李明, 宫林海, 赵大鹏, 等. 多层螺旋CT联合容积再现成像技术在腰椎小关节损伤诊断中的应用价值[J]. 中国医学装备, 2019, 16 (9) : 60-63.
- [9] SONG Q, LIU X, CHEN D, et al. Evaluation of MRI and CT parameters to analyze the correlation between disc and facet joint degeneration in the lumbar three-joint complex[J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98 (40) : e17336.
- [10] Nolan JE 3rd, Sundet AD, Kagan BD, et al. The positive prediction of single photon emission computed tomography/computed tomography (SPECT/CT) in the outcome of intervention for cervical facet pain[J]. Spine J, 2022, 22 (10) : 1622-1627.
- [11] Cabrera JP, Yurac R, Joaquim AF, et al. CT scan in subaxial cervical facet injury: is it enough for decision-making? [J]. Global Spine J, 2023, 13 (2) : 344-352.
- [12] Weishaupt D, Zanetti M, Boos N, et al. MR imaging and CT in osteoarthritis of the lumbar facet joints[J]. Skeletal Radiol, 1999, 28 (4) : 215-219.
- [13] Park MS, Lee YB, Moon SH, et al. Facet joint degeneration of the cervical spine: a computed tomographic analysis of 320 patients[J]. Spine, 2014, 39 (12) : e713-e718.
- [14] Cavanaugh JM, Ozaktay AC, Yamashita HT, et al. Lumbar facet pain: biomechanics, neuroanatomy and neurophysiology[J]. J Biomech, 1996, 29 (9) : 1117-1129.
- [15] Sahin MS, Ergun A, Aslan A. The relationship between osteoarthritis of the lumbar facet joints and lumbosacropelvic morphology[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2015, 40 (19) : e1058-e1062.
- [16] Weinberg DS, Liu R, Xie K, et al. Increased and decreased pelvic incidence, sagittal facet joint orientations are associated with lumbar spine osteoarthritis in a large cadaveric collection[J]. Int Orthop, 2017, 41 (8) : 1593-1600.
- [17] 王建昌, 崔丽, 徐先荣, 等. 军事飞行人员腰椎峡部裂特许飞行指南 (2021) [J]. 解放军医学院学报, 2021, 42 (7) : 733-736.

- [18] 谭权昌, 蒋继亮, 闫涛, 等. 军事飞行员下腰部疼痛的研究进展[J]. 中华航空航天医学杂志, 2018, 29 (3) : 258-261.
- [19] Kalichman L, Kim DH, Li L, et al. Computed tomography-evaluated features of spinal degeneration: prevalence, intercorrelation, and association with self-reported low back pain[J]. Spine J, 2010, 10 (3) : 200-208.
- [20] 程晓光, 崔建岭. 肌骨系统放射诊断学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018; 328-331.
- [21] Naeem K, Nathania KR, Barakzai MD, et al. Modifications in lumbar facet joint are associated with spondylolisthesis in the degenerative spine diseases; a comparative analysis[J]. Acta Neurochir (Wien), 2021, 163 (3) : 863-871.
- [22] Kitanaka S, Takatori R, Arai Y, et al. Facet joint osteoarthritis affects spinal segmental motion in degenerative spondylolisthesis[J]. Clin Spine Surg, 2018, 31 (8) : e386-390.
- [23] Koslosky E, Gendelberg D. Classification in brief: The Meyerding classification system of spondylolisthesis[J]. Clin Orthop Relat Res, 2020, 478 (5) : 1125-1130.
- [24] Zhang Q, Chon TE, Zhang Y, et al. Finite element analysis of the lumbar spine in adolescent idiopathic scoliosis subjected to different loads[J]. Comput Biol Med, 2021, 136: 104745.
- [25] Manchikanti L, Hirsch JA, Kaye AD, et al. Cervical zygapophysial (facet) joint pain; effectiveness of interventional management strategies[J]. Postgrad Med, 2016, 128 (1) : 54-68.
- [26] Suthar P, Patel R, Mehta C, et al. MRI evaluation of lumbar disc degenerative disease[J]. J Clin Diagn Res, 2015, 9 (4) : Tc04-Tc09.
- [27] Jaumard NV, Welch WC, Winkelstein BA. Spinal facet joint biomechanics and mechanotransduction in normal, injury and degenerative conditions[J]. J Biomech Eng, 2011, 133 (7) : 071010.
- [28] Vaccaro AR, Koerner JD, Radcliff KE, et al. AOSpine subaxial cervical spine injury classification system[J]. Eur Spine J, 2016, 25 (7) : 2173-2184.
- [29] Fok KCH, Cheung JPY. Traumatic bilateral L4-5 facet fracture dislocation; a case presentation with mechanism of injury[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2019, 20 (1) : 558.
- [30] WANG T, DING W. Risk factors for adjacent segment degeneration after posterior lumbar fusion surgery in treatment for degenerative lumbar disorders; a meta-analysis[J]. J Orthop Surg Res, 2020, 15 (1) : 582.
- [31] SHEN J, WANG Z, LIU J, et al. Abnormalities associated with congenital scoliosis; a retrospective study of 226 Chinese surgical cases[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2013, 38 (10) : 814-818.

[2023-05-23 收稿 2023-07-30 修回]

《军事飞行人员椎小关节损伤的影像诊断和飞行安全风险评估的专家共识》编写专家组

执笔作者: 李相生, 黄智贤, 邢秋思

参与讨论专家 (按姓氏拼音排序): 崔丽 (空军军医大学空军特色医学中心睡眠医学科), 常晓霞 (空军军医大学空军特色医学中心医学影像科), 邓略 (空军军医大学空军特色医学中心空天医学总体论证研究室), 郭伟 (空军军医大学空军特色医学中心中西医结合正骨科), 黄智贤 (空军军医大学空军特色医学中心医学影像科), 李相生 (空军军医大学空军特色医学中心医学影像科), 陆勤燕 (空军杭州特勤疗养中心疗养二区医学影像科), 李明利 (北京协和医院放射科), 李天然 (解放军总医院第四医学中心放射诊断科), 缪建良 (空军杭州特勤疗养中心疗养一区医学影像科), 刘红巾 (空军军医大学空军特色医学中心医学鉴定科), 王军 (空军军医大学空军特色医学中心医学鉴定科), 王星 (空军军医大学空军特色医学中心医学鉴定科), 王建昌 (空军军医大学空军特色医学中心), 邢秋思 (空军军医大学空军特色医学中心医学影像科), 徐先荣 (空军军医大学空军特色医学中心眩晕诊疗中心), 于东睿 (空军军医大学空军特色医学中心医研部), 叶超群 (空军军医大学空军特色医学中心康复医学科), 孙鹏 (空军军医大学空军特色医学中心医学影像科), 张金龙 (空军军医大学空军特色医学中心医学影像科), 张向阳 (空军军医大学空军特色医学中心期刊编辑部), 郑军 (空军军医大学空军特色医学中心医学鉴定科), 郑超 (空军军医大学空军特色医学中心骨科), 朱泽兴 (火箭军特色医学中心骨科)。