

杂交手术室在脊柱外科的应用进展

李勇奇¹, 罗瑞², 杨睿¹, 袁峰¹, 王顺¹, 方洲¹, 易少华¹, 巴雪峰¹, 廖燚^{1*}

¹克拉玛依市中心医院骨科中心, 新疆 克拉玛依

²克拉玛依市中心医院神经内科, 新疆 克拉玛依

Email: *ly6233005@126.com

收稿日期: 2020年11月21日; 录用日期: 2020年12月11日; 发布日期: 2020年12月18日

摘要

近年, 脊柱外科技术发生了飞跃式的发展和进步, 使得脊柱相关疾病的诊治和预后得到了显著改善。然而, 由于脊柱结构复杂且具有变异性, 周围毗邻血管神经等重要组织, 诸如椎弓根螺钉置入之类技术, 仍可能带来与手术相关的重大风险。随着外科治疗技术的微创化和医学影像技术的发展, 术中成像和可视化水平的改进, 杂交手术室的出现将传统的外科手术和现代影像学技术等有效地整合在一起, 使患者的创伤最小化, 疗效最大化, 真正体现了一站式服务理念, 代表了现代医学发展的趋势。杂交手术室是将医学影像系统集成到洁净手术室中, 可同时进行影像学检查和常规外科手术, 避免了患者多次麻醉和转运可能带来的风险, 且术前、术中、术后都能得到即时高质量的影像, 为手术实施、疗效和预后评估提供了直接的影像资料, 对于术者及患者意义重大。在脊柱外科, 术者可在离开手术室之前通过三维成像确认病例的复位和植入物情况, 对于不满意者可及时修正、重新置钉, 降低术后翻修率, 杂交手术室已成为脊柱外科的重要组成部分。

关键词

杂交手术室, 脊柱外科, 应用

Application Progress of Hybrid Operating Room in Spinal Surgery

Yongqi Li¹, Rui Luo², Rui Yang¹, Feng Yuan¹, Shun Wang¹, Zhou Fang¹, Shaohua Yi¹, Xuefeng Ba¹, Yi Liao^{1*}

¹Department of Orthopedics, The Karamay Central Hospital, Karamay Xinjiang

²Department of Neurology, The Karamay Central Hospital, Karamay Xinjiang

Email: *ly6233005@126.com

Received: Nov. 21st, 2020; accepted: Dec. 11th, 2020; published: Dec. 18th, 2020

*通讯作者。

文章引用: 李勇奇, 罗瑞, 杨睿, 袁峰, 王顺, 方洲, 易少华, 巴雪峰, 廖燚. 杂交手术室在脊柱外科的应用进展[J]. 临床医学进展, 2020, 10(12): 3005-3010. DOI: 10.12677/acm.2020.1012452

Abstract

In recent years, spinal surgical techniques have made great progress, which have significantly improved the diagnosis, treatment and prognosis of spine-related diseases. However, techniques, such as pedicle screw placement, may still carry significant risk associated with surgery due to the complex structure and variability of the spine, and peripheral vital nerves and blood vessels. With the development of minimally invasive technology and medical imaging technology and the improvement of intraoperative imaging and visualization level, the hybrid operating room effectively integrates traditional surgery and modern imaging techniques to minimize patient trauma and maximize efficacy, which truly reflects the one-stop service concept and represents the development trend of modern medicine. Hybrid operating room can perform imaging examination and conventional surgery, where the medical imaging system is integrated into a clean operating room. It avoids the risk of multiple anesthesia and transports of patients, and can obtain instant high-quality images. It provides direct imaging data for surgical implementation, efficacy and prognosis evaluation, which is of great significance for the surgeons and the patients. In spinal surgery, the surgeon can confirm the reduction and implants through 3D imaging before leaving the operating room. If the screw position is not satisfactory, the surgeon can promptly correct and reinsert the screw to reduce the rate of postoperative revision. Hybrid operating rooms have become an important part of spine surgery.

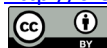
Keywords

Hybrid Operating Room, Spinal Surgery, Application

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

在过去的几十年中, 脊柱外科技术发生了革命性的进步, 也使得脊柱相关疾病(脊柱外伤, 肿瘤, 感染, 先天性和退行性疾病等)的疗效得到了显著改善。患者住院时间缩短, 术后可早期活动, 手术结局明显改善。然而, 由于脊柱及椎弓根形态结构复杂且具有变异性, 诸如椎弓根螺钉置入之类技术仍可能带来与手术相关的重大风险[1] [2]。

近年来, 为减少并发症并降低手术风险, 许多外科学科开发了相关微创手术, 其主要进步是术中成像和可视化的改进, 一种多学科联合、兼顾常规手术室和介入手术室优势、可以同时进行常规外科手术和介入手术的一站式手术室“杂交手术室”应运而生[3] [4] [5]。它借助 B 超、C 型臂、数字减影血管造影(DSA: digital subtraction angiography)、CT 及 MR 等影像检查设备实时获取影像资料, 可对手术进行实时指导和评价[4] [6]。同时, 鉴于其一站式设计, 患者在需行修正手术时无需术中转运, 有效降低了临床风险。杂交手术室是临床医学、医学工程学、医学影像学、信息学等多学科相融合的产物[3] [7]。

杂交手术室最初是将血管造影设备集成到一个真正的手术室中, 开发用于心脏和血管外科。除了能够在手术室内无菌条件下进行数字减影血管造影外, 现代的血管造影系统还可进行三维图像采集, 因此可以再次以不同的方式进行图像融合。现在, 杂交手术室越来越多地用于神经外科、创伤骨科、脊柱外科等多个临床专业领域[8]。有文献显示[1] [2] [9], 在脊柱外科, 其允许外科医生放心地将植入物用于脊

柱病例(无论是微创还是常规手术),可在离开手术室之前通过 3D 成像确认病例的复位和植入物情况,对手术的成功产生积极的影响,已成为治疗脊柱病例的重要组成部分。但目前针对杂交手术室在脊柱外科的应用缺乏系统的报告,本文综合回顾既往文献,对杂交手术室在脊柱外科的临床应用及收益情况进行综述,以期临床工作提供参考。

2. 杂交手术室的定义

杂交手术室(hybrid operation room)最初是将数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)系统集成到洁净手术室中,使外科医师在手术室内既能进行常规外科手术,又能直接进行血管造影和介入治疗,同时还可与内科医师协作,共同完成介入手术与开放手术,且无须在介入治疗室和手术室之间多次转移患者,避免患者多次麻醉和转运可能带来的风险,尤其对于不能耐受传统外科手术的高危患者而言,可谓提供了新的治疗策略。杂交手术室实现了介入医学、外科学和影像诊断学技术的完美结合,实现了多学科联合治疗的最好方式,提高了医院的医疗效率和患者的生存率[6] [8] [10] [11]。

3. 杂交手术室的发展史及应用现状

杂交手术发展经历了分期进行、同天完成和一站式完成 3 个阶段。其首先由英国学者 Angelini 于 1996 年提出[12],用于分期行支架植入和搭桥手术治疗冠心病,此后大多数的这种复合治疗技术都需要先后在一个导管室和一个手术室完成。分别 2006 年、2008 年,我国首次开展了一站式复合治疗心脏手术[13]。杂交手术室拓宽了手术指征,解决了过去手术治疗或单纯介入不能解决的问题。将上述两种治疗方法结合,优势互补,腔内与外科手术一次完成,将患者的创伤最小化,降低了费用,真正体现了一站式的服务理念[5] [6]。

近年,杂交手术室应用逐渐延伸至血管外科、神经外科、肝胆外科、普外科、妇产科等多个临床专业领域[14] [15]。田进军等[16]指出,在杂交手术室实行血管内栓塞和显微手术联合治疗为复杂脑动静脉畸形提供了一个新的外科治疗途径,不仅简化了过去多次手术和全脑血管造影检查的操作过程,而且在中脑动静脉畸形切除后可即刻行全脑血管造影评估是否达到全切除。张文清等[17]的研究亦得出相似的结论。

杂交手术室在骨科的应用亦有报道。Braun 等[18]在创伤外科和骨科中的杂交手术室应用研究中显示,脊柱骨折、骨盆骨折等复杂骨折,术中三维成像发挥了重要作用,可指导术者在术中早期发现并及时修正错误。Richter 等[9] [19]的研究得到的结论与其相似。Cancienne 等[20]研究证实,在踝关节骨折合并下胫腓联合损伤患者,通过与对侧踝关节进行对比,患侧下胫腓联合损伤复位良好。杂交手术室提供了术中三维成像功能,可使外科医生术中确保复位满意,降低了重返手术室翻修手术的风险。

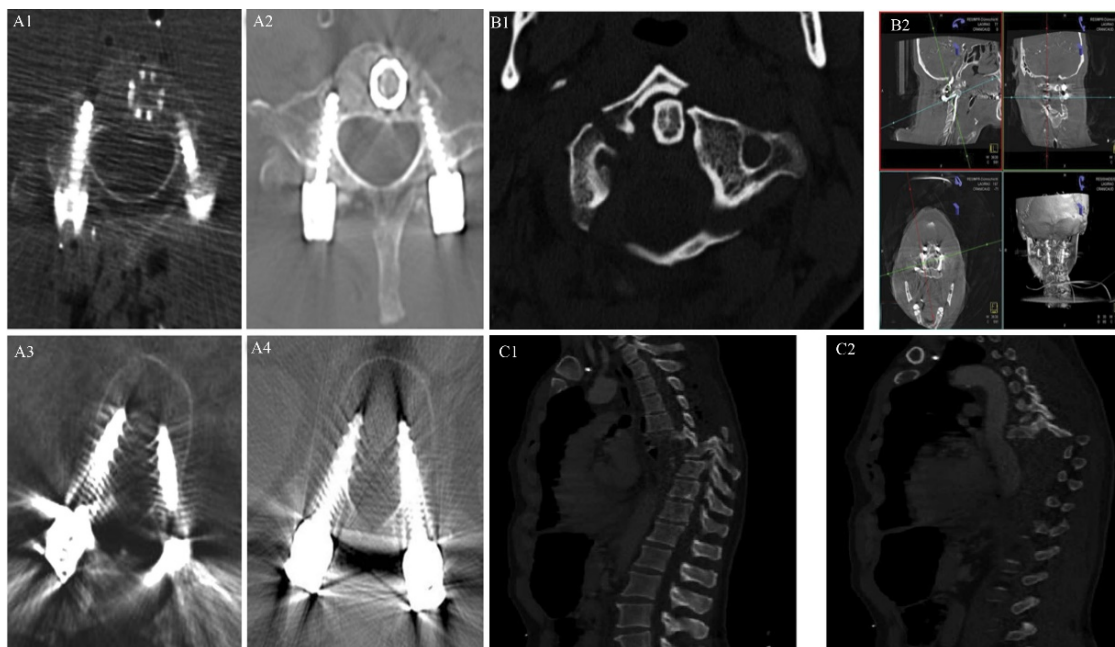
杂交手术室可同时进行影像学检查和常规外科手术,避免了患者多次麻醉和转运可能带来的风险,且术前、术中、术后都能得到即时影像,为手术实施、疗效和预后评估提供了直接的影像资料,对术者及患者意义重大[9] [18]。

4. 杂交手术室在脊柱外科的应用

在近些年,脊柱外科技术发生了飞跃式的发展和进步。脊柱相关疾病的诊治和预后也得到了显著改善。然而,由于脊柱结构复杂,周围毗邻重要血管神经等组织,脊柱相关手术仍然可能带来与手术相关的重大风险[1] [2]。为减少相关并发症,减少创伤并降低手术风险,相继出现了手术导航系统及骨科机器人系统[21] [22] [23],使得脊柱手术诸如置钉精度、手术创伤、周围血管神经损伤等风险明显改善。但鉴于相关操作系统需一定的学习曲线,对于术者须有一定的经验,且机器人辅助置钉术中存在漂移等问题

尚未完全解决,其相关收益并未达到预定的期望值。随着外科治疗技术的微创化和医学影像技术的发展,杂交手术室的出现将传统的外科手术和现代影像学技术等有效地整合在一起,实现了多学科同步联合的最佳治疗方式,具有里程碑意义。杂交手术室在脊柱外科的临床应用文献报道相对较少,既往文献表明[1][2][9][18],杂交手术室在脊柱外科的应用意义重大,已成为治疗脊柱病例的重要组成部分。

Bohoun 等[1]在 2019 年文献中报道,在一项回顾性研究中,应用杂交手术室术中 CT 扫描辅助脊柱螺钉置入,术后对置钉精度和安全性进行了评估。研究中共纳入 33 例复杂脊柱融合患者(颈椎 12 例(36.4%),胸腰椎 21 例(63.6%)),共计置入 313 枚螺钉(包括颈椎椎弓根螺钉,颈椎侧块螺钉,胸腰椎椎弓根螺钉等)。结果显示,97.4%(305/313)的螺钉精度为 0 级(安全螺钉),2.6%(8/313)螺钉精度为 1 级(可接受螺钉),无置入螺钉被评定为 2 级,且研究中未出现与置钉相关的神经血管损伤并发症。杂交手术室术中 CT 可协助术者即时了解螺钉置入位置,对于不满意者可及时修正、重新置钉(图 1(A))。其得出结论,杂交手术室术中 CT 扫描有助于实现安全、精确的脊柱置钉融合,其优势尤其突显于复杂病例中。另外,相比于骨科 O 型臂系统,杂交手术室术中 CT 灵活性较好,是多节段脊柱融合手术的重要工具。同时,对于大家所担忧的术中医护人员及患者放射线暴露问题,Bohoun 提出,研究中对患者的辐射暴露与日本放射技术协会提出的小于 2000 mGy 的期望 ESD 值完全一致。同样,对医生的放射线照射保持在国际放射防护委员会建议的 20,000 μ Sv 的年度剂量限值以下。因此,研究中使用的杂交手术室系统对于常规脊柱外科手术是安全的。



A. 轴位重建图像的比较[1]: A1, A3 使用术中 CT 获得的图像(可协助术者即时了解螺钉置入位置,对于不满意者可及时修正、重新置钉); A2, A4 术后 CT 图像; B. 一名 51 岁的男性患者,第一颈椎骨折[9]。由于骨折移位和不稳,需行颈 1~颈 2 固定。在置入螺钉过程中出现了大量出血。为了排除椎动脉损伤,神经外科医生可以在术中立即进行血管造影,而无需转移患者; C. 一名 52 岁的电动车司机因胸椎骨折送入杂交手术室[9]。如图 1 所示,胸椎的近端损伤了主动脉,在骨折复位后仍然存在严重出血的情况下,无需转移患者,血管外科医生即可在最佳条件下处理主动脉。

Figure 1. Application of hybrid operating room in spinal surgery

图 1. 杂交手术室在脊柱外科的应用

Richter 等[9]就应用多学科杂交手术室一年的骨科创伤经验指出,杂交手术室虽已在多个外科专业领域得到成功使用,但尚未发布有关骨科创伤的数据。笔者收集了德国乌尔姆创伤中心 92 例在杂交手术室

完成的创伤骨科病例。其中最常见的手术为脊柱后路稳定手术,包括腰椎 28 例,胸椎 38 例,颈椎 5 例。结果提示,杂交手术室可使外科医生放心地将植入物用于创伤病例,尤其对于脊柱和骨盆病例(无论是微创的还是常规的)及其有利。外科医生在离开手术室之前,可通过三维成像确定骨折复位和植入物位置,从而避免了术后 CT 扫描的需要。杂交手术室是骨科创伤手术有用且安全的工具。

Braun 等[18]对于 2015 年至 2018 年分别在杂交手术室和常规手术室实施的脊柱微创手术进行了对比,包括在杂交手术室完成 24 例手术(6 例后凸成形术和 18 例后路内固定术),在常规手术室完成了 239 例手术(65 例后凸成形术和 174 例内固定术)。就并发症而言,常规手术室实施的 65 例后凸成形术患者中 13 例出现并发症,其中一例患者术中骨水泥渗入椎管必须进行翻修,3 周后通过手术将其去除。杂交手术室实施的 6 例后凸成形术患者也发生了骨水泥严重渗入椎管的情况,术中可识别渗漏情况,首先采取终止手术,并检查清醒的患者及可能的后果,术中未查见神经系统损害表现,但在后期治疗过程中逐渐出现一系列症状,一周后给予去除椎管内骨水泥。二者后凸成形术的并发症发生率相当。常规手术室的 174 例后路内固定术者 10 例出现并发症,其中 3 例患者进行了翻修及重新置钉。杂交手术室的 18 例微创内固定术患者未出现并发症,改进的术中影像学检查可在术中显示螺钉置入情况,可以在手术早期发现并修正偏差。因此术后翻修率较低。但是,术中辐射暴露增加,手术时间和麻醉时间可能延长。在图像显示及成像技术方面,杂交手术室具有决定性的优势,可以创建高质量的 X 射线和三维重建图像。尤其对于形态复杂的骨骼,良好的图像成像可更清晰的显示骨折严重程度等,指导提高手术成功率,减少术后翻修。

5. 杂交手术室在脊柱外科的应用展望

杂交手术室将现代医学影像学和外科学结合,使患者的创伤最小化,疗效最大化,真正体现了一站式服务理念,代表了现代医学发展的趋势[12]。杂交手术室可同时进行影像学检查和常规外科手术,避免了患者多次麻醉和转运可能带来的风险,且术前、术中、术后都能得到即时影像,为手术实施、疗效和预后评估提供了直接的影像资料,对于术者及患者意义重大[1]。在脊柱外科,术者可在离开手术室之前通过三维成像确认病例的复位和植入物情况,对于不满意者可及时修正、重新置钉,使术后翻修率降低[18]。杂交手术室已成为治疗脊柱病例的重要组成部分。当前,杂交手术室在脊柱外科的临床应用文献报道相对较少,未来尚需高质量大样本研究进一步阐明其对脊柱外科治疗及预后的影响。

参考文献

- [1] Bohoun, C.A., Naito, K., Yamagata, T., *et al.* (2019) Safety and Accuracy of Spinal Instrumentation Surgery in a Hybrid Operating Room with an Intraoperative Cone-Beam Computed Tomography. *Neurosurgical Review*, **42**, 417-426. <https://doi.org/10.1007/s10143-018-0977-6>
- [2] Edstrom, E., Burstrom, G., Nachabe, R., *et al.* (2019) A Novel Augmented-Reality-Based Surgical Navigation System for Spine Surgery in a Hybrid Operating Room: Design, Workflow, and Clinical Applications. *Operative Neurosurgery (Hagerstown)*, **18**, 496-502. <https://doi.org/10.1093/ons/npz236>
- [3] Bazzi, M., Bergbom, I., Hellstrom, M., *et al.* (2019) Team Composition and Staff Roles in a Hybrid Operating Room: A Prospective Study Using Video Observations. *Nursing Open*, **6**, 1245-1253. <https://doi.org/10.1002/nop2.327>
- [4] 冯世领, 王禹. 利用移动型 DSA 设备建立“杂交手术室”的探讨[J]. 中国医学装备, 2012(6): 49-51.
- [5] Gebhard, F., Riepl, C., Richter, P., *et al.* (2012) The Hybrid Operating Room. Home of High-End Intraoperative Imaging. *Unfallchirurg*, **115**, 107-120. <https://doi.org/10.1007/s00113-011-2118-3>
- [6] Raspe, C. and Bucher, M. (2018) Ready for the Hybrid Operating Room? *Anaesthesist*, **67**, 477-478. <https://doi.org/10.1007/s00101-018-0468-8>
- [7] van den Haak, R.F., Hamans, B.C., Zuurmond, K., *et al.* (2015) Significant Radiation Dose Reduction in the Hybrid Operating Room Using a Novel X-Ray Imaging Technology. *European Journal of Vascular and Endovascular Sur-*

- gery, **50**, 480-486. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2015.06.025>
- [8] Cherkashin, M.A., Berezina, N.A., Kuplevatsky, V.I., *et al.* (2016) Surgical Safety Checklist at the Management of the Hybrid Operating Room. *Angiologiya i Sosudistaya Khirurgiya*, **22**, 54-59.
- [9] Richter, P.H., Yarboro, S., Kraus, M., *et al.* (2015) One Year Orthopaedic Trauma Experience Using an Advanced Interdisciplinary Hybrid Operating Room. *Injury*, **46**, S129-S134. [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(15\)30032-2](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(15)30032-2)
- [10] Schuetze, K., Kraus, M., Eickhoff, A., *et al.* (2018) Correction to: Radiation Exposure for Intraoperative 3D Scans in a Hybrid Operating Room: How to Reduce Radiation Exposure for the Surgical Team. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, **13**, 1683. <https://doi.org/10.1007/s11548-018-1811-x>
- [11] Schuetze, K., Eickhoff, A., Dehner, C., *et al.* (2019) Radiation Exposure for the Surgical Team in a Hybrid-Operating Room. *Journal of Robotic Surgery*, **13**, 91-98. <https://doi.org/10.1007/s11701-018-0821-6>
- [12] 韩春雷, 张旭. 杂交(HYBRID)手术室建设[J]. 中国医疗设备, 2011, 26(9): 84-87.
- [13] 李雪, 张伟国, 张连阳, 等. 杂交手术室规范化管理在多发伤中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2011, 20(7): 577-579.
- [14] 潘国忠, 张卓辉. 浅谈杂交手术室设计要点[J]. 中国医院建筑与装备, 2014(2): 82-83.
- [15] Odle, T.G. (2011) Managing Transition to a Hybrid Operating Room. *Radiologic Technology*, **83**, 165ci-181ci.
- [16] 田进军, 林志忠, 张晋宁, 等. 应用杂交手术室显微外科联合血管介入治疗复杂脑动静脉畸形[J]. 中华医学杂志, 2014, 94(47): 3763-3766.
- [17] 张文清, 黄绳跃, 冯文峰, 等. DSA 杂交手术室“一站式”精准治疗颅内复杂动脉瘤合并脑内血肿[J]. 中国介入影像与治疗学, 2019, 16(7): 395-399.
- [18] Braun, F., Peh, S., Weuster, M., *et al.* (2019) Hybrid Operating Room: Application in Trauma Surgery and Orthopaedics. *Unfallchirurg*, **123**, 134-142.
- [19] Richter, P.H., Gebhard, F., Dehner, C., *et al.* (2016) Accuracy of Computer-Assisted Iliosacral Screw Placement Using a Hybrid Operating Room. *Injury*, **47**, 402-407. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.11.023>
- [20] Cancienne, J.M., Crosen, M.P., Yarboro, S.R. (2016) Use of a Hybrid Operating Room to Improve Reduction of Syndesmotic Injuries in Ankle Fractures: A Case Report. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, **55**, 1052-1056. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2015.10.003>
- [21] 李勇奇, 张德华, 吴宏梓, 等. 机器人辅助椎弓根螺钉置入术中示踪器微创固定与常规固定效果比较[J]. 中华创伤杂志, 2019, 35(9): 839-847.
- [22] Gao, S., Lv, Z. and Fang, H. (2018) Robot-Assisted and Conventional Freehand Pedicle Screw Placement: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *European Spine Journal*, **27**, 921-930. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5333-y>
- [23] Kim, H.J., Jung, W.I., Chang, B.S., *et al.* (2017) A Prospective, Randomized, Controlled Trial of Robot-Assisted vs Freehand Pedicle Screw Fixation in Spine Surgery. *International Journal of Medical Robotics*, **13**, 3. <https://doi.org/10.1002/rcs.1779>