

脊柱外科医生所受射线辐射危险及防护措施进展

武汉¹, 高中礼¹, 吕中文², 杨小玉¹, 王杨¹, 应洪亮¹

(1. 吉林大学中日联谊医院骨科, 吉林 长春 130033; 2. 吉林大学中日联谊医院放射科)

【摘要】 总结分析脊柱外科医生手术中所受的射线辐射危害及防护措施的进展。脊柱外科手术中, 医生遭受显著的射线辐射, 应被视为辐射职业工作者, 需良好防护并接受相应监测。降低射线辐射应引起充分重视。计算机辅助导航技术与传统透视技术比较具有显著优越性, 可以缩短手术时间, 减少射线辐射。

【关键词】 脊柱; 外科手术; 辐射; X 线

Radiation exposure to spine surgeon; a comparison of computer-assisted navigation and conventinal technique WU Han*, GAO Zhong-li, LÜ Zhong-wen, YANG Xiao-yu, WANG Yang, YING Hong-liang. *Department of Orthopaedics, China-Japan Union Hospital, Jilin University, Changchun 130033, Jilin, China

ABSTRACT To analyze the radiation exposure of surgeon in spine surgery and compare computer-assisted navigation and conventinal technique. While performing spine surgery, the surgeon is exposed to a significant amount of radiation. Spinal surgeons should be considered as workers of radiational occupation accordingly. Methods of reducing radiation exposure should be strongly recommended. Comparing with conventional fluoroscopic technique, the computer-assisted navigation can reduce surgical time, radiation exposure, and has become an increasingly accepted and practiced from of intraoperative spinal navigation.

Key words Spine; Surgical procedures, operative; Radiation; X-rays

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2009, 22(11):874-876 www.zggszz.com

随着各种骨科内固定器材的不断发展,精确定位、微创技术减轻了患者的创伤,加快了骨科伤病的恢复。但很多技术需要 X 线透视下操作,给操作者带来不小的损害,尤其脊柱外科医生,在手术过程中常常需要采用透视技术进行导向,这说明脊柱外科医生因为手术涉及使用透视所遭受的辐射水平明显高于其他非脊柱手术的医生。外科医生和手术室成员不断直接或间接的遭受辐射。随着各种新技术的开展,辐射危害已经呈上升趋势^[1]。射线辐射在图像导航过程中已经成为一件十分令人担忧的事情。

1 射线辐射与危害

国际辐射防护委员会(ICRP)指出对大众来说每人每年遭受辐射最高应为 50 mSv,对专业工作人员来说每年遭受辐射最高应为 500 mSv^[2]。1993 年,美国国家辐射防护和测量委员会提出了职业辐射限度^[3],根据该报告,每年对晶状体辐射剂量为 150 mSv/年,对肢体的辐射剂量 500 mSv/年,对甲状腺每年最大的安全辐射剂量为 500 mSv。美国国家辐射防护委员会目前建议设定终生剂量限度,专业工作人员(放射线学者)一生中每年 10 mSv,非专业工作人员(如脊柱外科医生)是 3 mSv,在一些欧洲国家甚至使用了更严格的立法^[2,4]。外科医生表面看来受到的辐射少于法定的最大值,但是,最近有人提出所有有效的辐射有被低估的疑问^[2]。有些作者介绍了相关的外科医生经受术中透视的时间长短。对于下肢手术,所应用的电压较低。然而,在骨盆和脊柱外科手术中辐射强度则较高^[5-7]。无论过程怎样,透视成像的精心部署是必要的。

Harstall 等^[8]报告记载了 3 个月的专业剂量数据,该数据是在做椎体成形术中对两名脊柱外科医生的甲状腺、上肢和眼睛的辐射剂量进行的评估测量。每年患甲状腺致命性癌症的概率是 0.002 5%,这是一个非常小的风险。每年患非致命性癌症的发病率为 0.025%,这已经是很小的中型风险了。对晶状体剂量约是导致一个放射性白内障初始剂量(150 mSv)的 8%。测量皮肤的剂量是辐射防护委员会建议的有效剂量限值(500 mSv)的 10%,所以,每年导致致命的皮肤癌的风险是非常低的。因此,在进行椎体成形术时,外科医生接触了大量的辐射,尽管风险非常低,但却是不容忽视的。有研究结论中指出^[3],外科医生的辐射由被防护的剂量计测量,结果是低于最低报告剂量(<0.010 mSv)。辐射测量由未受防护的剂量计的测量结果,相当于深部全身辐射(0.248±0.170) mSv/脊椎,眼睛辐射是(0.271±0.200) mSv/脊椎,浅辐射(手/皮肤)是(0.273±0.200) mSv/脊椎。手部辐射是(1.744±1.173) mSv/脊椎。如果眼睛或手没有保护,以每年做 300 例左右手术计算,这些区域在做椎体成形术时的总辐射剂量将超过专业辐射限度值。事实上,剂量率上升至 10~12 倍。Biswas 等^[9]认为,在有关 CT 辐射风险的评估中,有效剂量(ED)是一个有用的价值,记录了对放射线敏感的特殊器官,并且提供了总体辐射有关风险的一个估计。颈椎 CT 的有效剂量为 3.69 mSv,胸椎 CT 扫描的剂量明显高于胸部 CT 扫描的剂量,而腰椎 CT 扫描的剂量也明显高于腹部 CT 检查的剂量。整形外科医生应更仔细考虑 CT 扫描肩部、脊椎、髋部和骨盆的必要,因为这些检查可

能与较高的辐射风险相关联^[9]。Ul Haque 等^[4]评估了一个外科医生在特发性脊柱侧凸的所有椎弓根钉修复手术中的射线辐射。进行该评估的外科医生预计每年接受 13.49 mSv 全身电离辐射和 4.31 mSv 甲状腺照射。经多方面评估,如果一个外科医生的职业生涯是 30 年,将超过美国国家辐射防护委员会建议的非专业人员不超过 10 年的终生限度。Rampersaud 等^[1]评估了脊柱外科医生在透视辅助胸椎弓根螺钉安置期间遭受的射线辐射。平均剂量率,颈部为 8.3 mrem/min。当医生于放射源同侧时,躯干的剂量率是最大的(53.3 mrem/min,而对侧为 2.2 mrem/min)。手部的平均剂量率为 58.2 mrem/min。大量增加手部剂量率是与所安置螺钉是否与放射源同侧和较大的实施对象有关。辐射水平因放射源与背部体表面距离的增加而显著下降。脊柱外科手术的射线辐射应该是不可接受的,脊柱外科医生应被视为专业工作人员并得到相应的监测。这说明采用降低辐射剂量的方法是十分必要强调的^[3]。

2 防护措施

透视技术引起的射线辐射取决于各种因素(例如:检查解剖区域、人的体质、操作台、透视设备和透视持续时间)^[10]。在探查成像时,透视应操作为单一图像采集模式而不是连续采集模式。这个简单的措施,大大有助于减少射线。随后减少一些必要的探查图像,从而进一步适度减少总的射线辐射^[2,11]。

外科医生通常采用铅围裙和甲状腺屏蔽做防护,因此,对受防护部位剂量测量会低于最低报告的剂量。然而,未受防护的区域必须考虑,如眼睛和双手。Mroz 等^[3]在他们的研究中表明双手的总辐射剂量在每年实施 300 例椎体后凸成形术后将超过专业无保护辐射的限定值。实施 300 例椎体后凸成形术后对眼睛的辐射也将达到约 50% 的辐射限定值。外科医生应戴上铅制眼镜并让他们的手远离辐射源。手术期间总辐射量的产生主要取决于透视成像迭代的数目。这受多种因素影响,如骨折的复杂性、外科医生的经验、不同的手术方法及协助操作的工作人员^[2,12]。用来减少潜在高发病率的适当手术技术和屏蔽设备应是强制性的。对于所有使用外科微创介入技术的外科医生,辐射防护方面的培训应该是不可缺少的一部分教育^[8]。应用一些新的导航技术将有助于减少射线辐射^[1]。

3 传统技术与计算机导航

已经使用几十年的术中透视方法,在实施骨科手术的过程中,对准确放置内植物来说,是一个非常实用的工具。但这种技术的缺点,就是包括需要因视觉控制和繁琐对齐手法而遭受持续射线辐射^[13]。近年来,计算机辅助导航技术应用在一些脊柱外科手术中已经显示出其降低射线辐射的优势,并已经得到了一些学者的验证。

导航通常有两个目的。第一,提高植入物放置的精确度,特别是微创手术。第二,减少辐射,避免进行多余成像^[14-18]。微创手术可减少术后疼痛和残疾,然而,有观点认为这种手术需要广泛使用术中透视,从而使手术团队遭受更高水平的电离辐射。一项结合尸体和人体的研究,比较了微创经椎间孔椎间融合,使用标准的导航系统进行术中辅助透视,以确定不同的手术时间和辐射。结果显示当使用导航系统辅助透视时,辐射是探测不到的(导航组)。与此相反,在没有导航的情况下单方面进行椎间融合的过程期间,外科医生接受射线辐射平均为

12.4 mREM(透视组)^[19]。有学者^[20-21]将经使用计算机辅助导航置入骶髂关节螺钉的患者与常规透视螺钉安置的患者进行比较,在计算机的辅助下患者和手术室工作人员的射线辐射减少。一项关于安置齿状突螺钉手术中使用标准透视法对比计算机辅助透视导航(虚拟透视)的研究,比较了射线辐射、手术时间、硬件安置的精确度等方面,得到的结论是在减少辐射的条件下,虚拟导航与标准透视相似^[22]。另一项研究报告表明在下胸腰椎进行椎弓根螺钉置入手术,计算机辅助组每个椎体水平(两个螺钉)的辐射运行时间平均 3.5 s,而非计算机辅助组运行的时间平均 11.5 s^[23]。三维旋转透视图像数据导航对椎弓根穿刺导引是可行的,与传统透视引导比较有两个优势:没有过高的干预导航的专业要求,并减少干预导航的射线辐射。从预先获取的重建 CT 图像进行仪器跟踪,通过限制连续的手术透视降低了整体的射线辐射^[1,6,24-26]。

计算机断层扫描为基础的导航,在节间解剖定位后,手术中有患者体位变化(而导致定位不准的问题)。Iso-C3D 为基础的计算机导航在患者定位后获取手术实时影像,从而避免错误和提高准确度。图像引导手术和虚拟透视的结合提高了椎弓根螺钉安置的舒适度和准确性,还减少了对外科医生的射线辐射。van de Kraats 等^[12]表示,微调和连续成像在导航 C 形臂(Iso-C3D)定位后没有必要再进行。他们预计总辐射负荷可减少,即使是导航只使用在总体的透视定位。他们的研究证明,导航对每个 C 形臂定位控制仍可能存有射线辐射,即使在最佳条件。Gebhard 等^[27]表明在 CT 引导下手术辐射剂量为 432 mGy,在 C 形臂 X 线引导下手术辐射剂量为 664 mGy,辐射剂量与使用普通标准程序的中间值 1 091 mGy 相比明显减少。在胸腰椎椎弓根螺钉安置的研究中 Iso-C3D C 形臂显示了 152 mGy 的中间值。在 CT 为基础的计算机辅助手术中,辐射时间从标准脊柱程序的 177 s,减少到 75 s。与 CT 为基础的计算机辅助脊柱手术的不同类型比较,Iso-C3D C 形臂辅助手术的辐射时间最低^[27-28]。与标准透视相比,Iso-C3D 有一个很小的内部程序差异,可以提高准确性、减少手术和辐射时间。可用于几乎所有的畸形矫正、融合、创伤的脊柱椎弓根螺钉植入手术,也可用于椎间盘置换等。这些都证明其能降低螺钉错位率、射线辐射发生率和提供极好的手术视野^[29-33]。

在脊柱外科,计算机辅助导航手术优于使用单一的透视技术,因为它减少了手术时间、射线辐射,并提高了准确性,在很大程度上也增强了医生的信心。随着不断发现传统 X 线透视的不足,许多研究已经显示了计算机辅助影像引导脊柱手术的有益成功^[2,28-30,34],这已成为一个被日益接受并实施的术中脊柱导航形式。国外最新报道的实时 MRI 成像导航技术,将进一步降低射线辐射^[35],这对每天都接受辐射的手术室工作人员及患者来说更是一个喜讯。

参考文献

- [1] Rampersaud YR, Foley KT, Shen AC. Radiation exposure to the spine surgeon during fluoroscopically assisted pedicle screw insertion. *Spine*, 2000, 25(20): 2637-2645.
- [2] Matthews F, Hoigne DJ, Weiser M, et al. Navigating the fluoroscope's C-arm back into position: an accurate and practicable solution to cut radiation and optimize intraoperative workflow. *J Orthop*

- Trauma, 2007, 21(10): 687-692.
- [3] Mroz TE, Yamashita T, Davros WJ, et al. Radiation exposure to the surgeon and the patient during kyphoplasty. *J Spinal Disord Tech*, 2008, 21(2): 96-100.
- [4] Ul Haque M, Shuffelbarger HL, O'Brien M, et al. Radiation exposure during pedicle screw placement in adolescent idiopathic scoliosis: is fluoroscopy safe. *Spine*, 2006, 31(21): 2516-2520.
- [5] Perisinakis K, Damilakis J, Theocharopoulos N, et al. Patient exposure and associated radiation risks from fluoroscopically guided vertebroplasty or kyphoplasty. *Radiology*, 2004, 232(3): 701-707.
- [6] Synowitz M, Kiwit J. Surgeon's radiation exposure during percutaneous vertebroplasty. *J Neurosurg Spine*, 2006, 4(2): 106-109.
- [7] Peng KT, Huang KC, Chen MC, et al. Percutaneous placement of iliosacral screws for unstable pelvic ring injuries: comparison between one and two C-arm fluoroscopic techniques. *J Trauma*, 2006, 60(3): 602-608.
- [8] Harstall R, Paul F, Roberto L, et al. Radiation exposure to the surgeon during fluoroscopically assisted percutaneous vertebroplasty. *Spine*, 2005, 30: 1893-1898.
- [9] Biswas D, Bible J, Bohan M, et al. Radiation exposure from musculoskeletal computerized tomographic scans. *J Bone Joint Surg (Am)*, 2009, 91(8): 1882-1889.
- [10] Mahesh M. Fluoroscopy: patient radiation exposure issues. *Radiographics*, 2001, 21(4): 1033-1045.
- [11] Geise RA. Fluoroscopy: recording of fluoroscopic images and automatic exposure control. *Radiographics*, 2001, 21(1): 227-236.
- [12] van de Kraats EB, van Walsum T, Kendrick L, et al. Accuracy evaluation of direct navigation with an isocentric 3D rotational X-ray system. *Med Image Anal*, 2006, 10(2): 113-124.
- [13] Garrick Cason, Todd Bonvallet, David Rouben, et al. Radiation exposure to operating room personnel during minimally invasive spine surgery: a comparison of single vs. simultaneous dual fluoroscopy. *Proceedings of the NASS 23rd Annual meeting*. *Spine*, 2008, 1S-191S, 20S.
- [14] Beckmann J, Goetz J, Baethis H, et al. Precision of computer-assisted core decompression drilling of the femoral head. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2006, 126(6): 374-379.
- [15] Kalteis T, Handel M, Herold T, et al. Greater accuracy in positioning of the acetabular cup by using an image-free navigation system. *Int Orthop*, 2005, 29(5): 272-276.
- [16] Messmer P, Gross T, Suhm N, et al. Modality-based navigation. *Injury*, 2004, 35(Suppl 1): 24-29.
- [17] Beckmann J, Goetz J, Bathis H, et al. Precision of computer-assisted core decompression drilling of the knee. *Knee*, 2006, 13: 211-215.
- [18] Gebhard F, Kraus M, Schneider E, et al. Radiation dosage in orthopedics - a comparison of computer-assisted procedures. *Unfallchirurg*, 2003, 106(6): 492-497.
- [19] Kim CW, Lee YP, Taylor W, et al. Use of navigation-assisted fluoroscopy to decrease radiation exposure during minimally invasive spine surgery. *Spine J*, 2008, 8(4): 584-590.
- [20] Zwingmann J, Konrad G, Kotter E, et al. Computer-navigated iliosacral screw insertion reduces malposition rate and radiation exposure. *Clin Orthop Relat Res*, 2008, 467(7): 1833-1838.
- [21] Villavicencio AT, Burneikiene S, Bulsara KR, et al. Intraoperative three-dimensional fluoroscopy-based computerized tomography guidance for percutaneous kyphoplasty. *Neurosurg Focus*, 2005, 18(3): 3.
- [22] Battaglia TC, Tannoury T, Crowl AC, et al. A cadaveric study comparing standard fluoroscopy with fluoroscopy-based computer navigation for screw fixation of the odontoid. *J Surg Orthop Adv*, 2005, 14(4): 175-180.
- [23] Merloz P, Troccaz J, Vouillat H, et al. Fluoroscopy-based navigation system in spine surgery. *Proc Inst Mech Eng*, 2007, 221(7): 813-820.
- [24] van Walsum T, van de Kraats EB, Voormolen MH, et al. Navigation with three-dimensional rotational radiographic data for transpedicular percutaneous needle introduction: feasibility and comparison with fluoroscopic guidance. *J Vasc Interv Radiol*, 2006, 17(9): 1511-1518.
- [25] Ricci WM, Russell TA, Kahler DM, et al. A comparison of optical and electromagnetic computer-assisted navigation systems for fluoroscopic targeting. *J Orthop Trauma*, 2008, 22(3): 190-194.
- [26] Gardner MJ, Citak M, Kendoff D, et al. Decreased navigated drilling time using an external guide stabilising device. *Injury*, 2007, 38(7): 755-758.
- [27] Gebhard FT, Kraus MD, Schneider E, et al. Does computer-assisted spine surgery reduce intraoperative radiation doses. *Spine*, 2006, 31(17): 2024-2027.
- [28] Rampersaud YR, Lee KS. Fluoroscopic computer-assisted pedicle screw placement through a mature fusion mass. *Spine*, 2007, 32(2): 217-222.
- [29] Sasso RC, Garrido BJ. Computer-assisted spinal navigation versus serial radiography and operative time for posterior spinal fusion at L₅/S₁. *J Spinal Disord Tech*, 2007, 20(2): 118-122.
- [30] Rajasekaran S, Vidyadhara S, Ramesh P, et al. Randomized clinical study to compare the accuracy of navigated and non-navigated thoracic pedicle screws in deformity correction surgeries. *Spine*, 2007, 32(2): 56-64.
- [31] Metz LN, Burch S. Computer-assisted surgical planning and image-guided surgical navigation in refractory adult scoliosis surgery: case report and review of the literature. *Spine*, 2008, 33(9): E287-292.
- [32] Resnick DK. Prospective comparison of virtual fluoroscopy to fluoroscopy and plain radiographs for placement of lumbar pedicle screws. *J Spinal Disord Tech*, 2003, 16(3): 254-260.
- [33] Smith HE, Vaccaro AR, Yuan PS, et al. The use of computerized image guidance in lumbar disk arthroplasty. *J Spinal Disord Tech*, 2006, 19(1): 22-27.
- [34] Siewerdsen JH, Moseley DJ, Burch S, et al. Volume CT with a flat-panel detector on a mobile, isocentric C-arm: pre-clinical investigation in guidance of minimally invasive surgery. *Med Phys*, 2005, 32(1): 241-254.
- [35] Takahashi S, Saruhashi Y, Odate S, et al. Percutaneous aspiration of spinal terminal ventricle cysts using real-time magnetic resonance imaging and navigation. *Spine*, 2009, 34(6): 629-634.

(收稿日期: 2009-05-12 本文编辑: 王宏)