

儿科成像检查中的辐射风险及防护

张配配, 李拔森, 朱文珍, 王良, 冯晓源

【摘要】 世界卫生组织(WHO)于2016年4月22日举行了关于“儿科成像检查中的辐射风险交流”的国际会议。会议主题是儿科成像检查中的辐射风险通报,支持效益和风险方面卫生保健研讨的信息,并对儿科成像中的辐射暴露、辐射损害的预防和控制、知情同意、诊断成像、辐射安全文化教育、风险因素进行了广泛的讨论和深入的交流。笔者对本次会议相关的报告及专家建议和共识进行综述,以期我国的医务工作者在儿科成像检查方面提供指导和帮助。

【关键词】 儿童; 辐射剂量; 辐射防护

【中图分类号】 R195.1 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2017)10-1079-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2017.10.019

目前,全世界范围内每年数以百万计儿童接受电离辐射检查如X线、CT、PET-CT、介入手术等,频率日益增高,电离辐射方面的技术发展为儿科患者的诊断和治疗带来了很大收益,但其辐射风险及辐射安全问题日益受到医师、患儿家属、医学物理师等的关注^[1]。电离辐射的应用有利有弊,如何权衡二者的关系,使辐射的健康效益最大化,同时尽可能减少潜在风险,一直是全球关注的问题。现笔者即根据“儿科成像检查中的辐射风险交流”的国际会议内容,从辐射类型及来源、辐射风险、辐射防护及风险-效益对话方面进行综述。

儿童成像检查中辐射类型、来源、剂量、风险及合理使用的必要性

1. 辐射类型及儿童医疗辐射来源

辐射的类型包括电离辐射和非电离辐射。本文所述辐射均指电离辐射。作用于人体的放射源有天然本底辐射、医疗辐射和其他人工辐射。世界上平均每人每年的辐射暴露剂量约为3 mSv,19.7%(0.6 mSv)来自医疗辐射^[2,3]。

根据联合国原子辐射效应科学委员会(united nations scientific committee on the effect of atomic radiation, UNSCEAR)报告,1997年—2007年用于15岁以下儿童医疗诊断的电离辐射检查增加至3.5亿人次^[4,5]。电离辐射在医学成像方面的应用有CR、DR、CT、荧光透视及其引导下的介入术、PET-CT、牙科锥形束CT(cone-beam CT, CBCT)。全球范围内胸片检查占有所有成像检查的40%,在发达国家和中等国家中

儿童胸片占9%。尽管CT检查(6.3%)少于胸片,但CT是集体辐射剂量的主要组成部分(43.2%)。随着CT技术的发展,其在儿科成像的应用越来越多。尽管现代CT设备的辐射剂量已经大大减低,但CT仍然是儿童医学辐射暴露的主要来源。每年全世界的CT检查超过1000万次,其中10%的检查对象是<18岁的患者^[6]。

2. 辐射剂量

儿童患者因为身高与体重、年龄有关,所以其剂量数据很难分析。此外,以有效剂量来表征儿童患者辐射剂量水平并不合适。不同年龄阶段儿童患者进行各种放射性检查时所受的辐射剂量可以用等效于胸片多少次、天然本底辐射多长时间及特定的有效剂量来进行评价。如新生儿一次头颅CT的辐射剂量相当于200次胸片的辐射剂量,相当于2.5年的天然本底辐射,相应的有效剂量为6 mSv;5~10岁儿童一次腹部CT相当于185次胸片,1.5年天然本底辐射,相应有效剂量为3.7 mSv。

3. 辐射风险

儿童处于生长发育的关键时期,同时也是对X线辐射非常敏感的一个特殊群体。当接受了超过安全阈值的辐射剂量时就会导致细胞不可逆损伤,并会使染色体发生畸变。2005年美国国家科学院(National Academy of Sciences, NAS)发布了电离辐射的生物学效应的报告(Biological Effects of Ionizing Radiation-VII, 简称 BEIR-VII),指出低剂量的电离辐射(0~100 mSv)即使是最小剂量也具有使人患病危险性增加的潜力,这种电离辐射已具有足够的能量造成DNA损伤并进而导致癌症^[7]。儿童时期接受X线辐射致癌的风险是成人的3~4倍,根据电离辐射生物效应委员会(the committee on biological effects of ionizing radiation, BEIR)的推算,5岁儿童若接受100 mGy的辐射剂量,致死性恶性肿瘤的发生率会提升1.2%~

作者单位:430030 武汉,华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科(张配配、李拔森、朱文珍、王良);200040 上海,复旦大学附属华山医院放射科(冯晓源)

作者简介:张配配(1992-),女,河南安阳人,硕士,主要从事前列腺肿瘤影像学诊断工作。

通讯作者:王良, E-mail: wang6@tjh.tjmu.edu.cn

1.5%, 15 岁的青少年女性若接受 100 mGy 的辐射剂量, 其发生乳腺癌的概率会提升 0.3%^[8,9]。

电离辐射对生物体的影响分为确定性效应与随机效应。确定性效应指电离辐射损伤的严重程度与所接受剂量呈正相关, 有明显的阈值, 剂量未超过阈值时不会发生有害效应。一般是在短期内受较大剂量照射时发生的急性损害(如皮肤红斑、脱发、白内障等)。诊断用低剂量水平不会引起确定性效应。辐射暴露能诱发非致死性细胞转化, 未被 DNA 修复机制清除的转化细胞可能经过长的潜伏期(几年到几十年)后恶变, 这种现象即称为随机效应。随机效应研究的对象是群体, 是辐射效应发生的概率(或发病率而非严重程度)与剂量相关的效应, 不存在具体的阈值。随机效应意味着低的辐射剂量也可能造成损害。因此, 基于随机效应(癌症风险)与暴露剂量之间的线性非阈值模型, 在辐射防护中关注剂量限值的同时, 也应尽可能降低剂量水平。

个体辐射风险与年龄和性别相关, 用器官剂量(根据年龄和性别调整后的器官特异性风险系数)比用有效剂量进行评估更为恰当。寿命研究组织发现原子弹幸存者的癌症风险与暴露时的年龄有关^[10], 年轻时辐射暴露所致癌症风险高于年龄大时, 如 10 岁时辐射暴露后的癌症风险是 40 岁时暴露后的 2 倍。

4. 合理使用电离辐射的必要性

电离辐射在儿科医学成像及治疗中具有不可置疑的临床价值, 但是, 不恰当的放射性检查可能加大儿科病人的风险。诊断用射线剂量较低, 对人体危害不大, 但如 X 线引导下介入术辐射剂量较高, 足以对身体造成皮肤损害等不良影响^[11]。相比成人, 儿童对射线引发的随机效应更值得关注, 因为儿童寿命更长, 接受辐射后对健康长期影响的概率更高。虽然个体辐射风险相对不大, 但由于接触辐射的儿科病人越来越多, 加强辐射安全管理已成为全球性关注问题, 加之公众对辐射风险的认识提高, 因此, 在临床工作中应加强辐射检查的合理使用。

儿童成像检查中辐射防护原则和措施

1. 辐射防护原则

电离辐射的应用有利有弊, 需要在辐射风险与效益之间进行权衡, 使辐射的健康效益最大化, 同时尽可能减少潜在风险。为此, 应当在医疗成像中做到两项辐射防护原则: 手段正当化和防护最优化。前者可以借助现有的成像检测指南和支持决策的工具为送检者和放射科医生及病人/照护者在选择何种检查时提供指导从而加强检查的合理性。而实现防护最优化意味着将剂量保持在“可合理达到的尽可能低的水平(AS

low as reasonably achievable, ALARA)”, 即用尽可能低的必要剂量获得适当的诊断图像^[12]。

2. 儿童成像检查中的辐射防护措施

加强卫生专业人员的辐射防护教育和培训: 放射学工作者应对辐射防护和病人安全负主要责任。一些国家对放射学工作者进行正规的资格评审、认证, 而其他国家还未利用国际或国内标准对其进行学历或能力评估。放射学工作者有义务仔细审核每项电离辐射检查申请是否正当合理, 必要时需同临床送检医师沟通, 并有权拒绝不合理的电离辐射检查^[13]。

加强应用正当化和合理化原则的应用: 国际原子能机构(International Atomic Energy Agency, IAEA)于 2012 年提出了波恩行动倡议^[14](Bonn call for action)——改善全球未来十年医学辐射防护的 10 项行动, 在辐射正当性中引入 3A 原则, 即意识、恰当、审核(awareness, appropriateness, audit)。3A 原则被视为有助于促进和加强实践正当性的工具。

实现手段正当化原则可以借助现有的成像检测指南和支持决策的工具。临床成像推荐指南如美国放射学会(ACR)的“合理性标准”(ACR Appropriateness Criteria)^[15]和英国皇家放射学会(RCR)的“临床放射学服务的最佳应用”导则^[16]、西澳大利亚州卫生局(WA Health)提供了“诊断成像路径”在线指南, 可以为送检者和放射科医师提供指导, 从而加强临床成像的正当性。临床决策支持(Clinical decisions support, CDS)系统有助于在送检环节使用成像送检指南并能提供以往的成像检查经历^[17], 亦有助于促进检查的正当性。

加强防护和安全最优化原则的应用: 根据图像诊断需要优化检查参数, 加强相关人员之间的沟通能够有效减少儿童成像的辐射剂量。减少儿童成像辐射剂量最有效的手段是尽可能减少或消除不必要的检查, 过度使用放射学成像不但没有增加净效益, 反而加重健康风险。如在做过 CT 检查的儿童中 1/3 有 3 次或以上 CT 扫描经历。重复检查导致个人辐射剂量累积甚至超过 100 mSv^[18]。为了避免重复检查, 应该详细记录患者辐射检查资料, 并能为现任医生所用。在美国, 据估计每年可能有多达 100 万名儿童接受了不必要的 CT 检查^[19]。送检者或放射科医师应根据检查目的或要求为儿童患者选择合适的检查手段以达到预期临床诊断价值^[20]。

诊断参考水平(diagnostic reference levels, DRLs)是患者辐射防护最优化的方法之一, 可评估检查方案的合理性并据此进行改进和创新。需要为不同身材的儿童制定特定的 DRLs, 通常根据体重或年龄变化。随着技术和影像设备的改进, 应定期对 DRLs

加以审查和修订。

加强卫生保健领域中的辐射安全文化建设:辐射安全文化指对患者、医疗工作者和公众的辐射防护,它包含于患者安全与良好的医疗实践的概念中。辐射安全文化能够使患者得到更安全有效的符合患者需求的卫生保健,主要强调手段正当化和防护最优化。该文化的推广依赖所有利益攸关方(包括董事、管理员、医疗提供者、其他同事、病人和家人)的合作。报告和学习系统能利用基于风险预测分析和宣传如何规避相似不利事件发生的课程,从不利事件吸取教训加强患者安全。

拥有积极辐射安全文化的组织对辐射安全的重要性有共同见解,并承诺建立并履行辐射防护措施。加强患者安全需要医疗提供者熟练掌握有效的沟通技巧,用于在医学环境中建立并维持辐射安全文化。合理使用风险管理工具亦是辐射安全文化的重要组成部分。

儿童成像检查中利益-风险对话

送检者或放射科医师有责任向病人或其监护人准确有效地通报辐射风险,这是医学成像检查操作规范的一个必要组成部分。辐射风险通报的主要目的是确保以患儿或其照护者能够理解的方式告知其需要了解的信息。当不确定某项检查能否回答临床问题时,放射科医师、技师、医学物理师以及成像检查其他成员应当能够与儿科医生、家庭医生、急救科医生及其他送检者,开展关于利弊的讨论,为决策程序提供信息。Thornton^[21]最近的一项研究表明在患者期望与医疗辐射信息的提供现状之间存在巨大鸿沟。

为了有效和不偏不倚地通报辐射风险,有关人员需要具有一定的知识背景、技巧和资源以支持关于利弊的对话,尤其是针对儿科病人。例如,必须说明,在不降低临床有效性的前提下,通过选择适当的检查方式,采取恰当的扫描参数以减少病人接受的辐射剂量,可以控制风险并尽可能扩大效益。虽然风险通报和关于利弊的对话适用于所有卫生保健机构,但若要在儿科成像检查中实施有效的沟通策略,常常需要考虑到一些独特的问题^[22]。

卫生保健服务应符合伦理道德观。基于无害和有利的原则,促进所有干预措施的风险-效益比实现最优化。高估辐射风险可能导致放弃实为利大于弊的检查。低估辐射风险可能加重患者的损害。患者对临床干预措施的选择应该有自主权和知情权。儿科成像检查中的决策过程有必要签署书面形式的知情同意书。

思考与展望

对于儿科成像检查中的辐射风险和防护,美国和

欧盟等发达国家先后出台了多项政策和指南。美国放射学会(ACR)是儿科影像学辐射安全联盟的创始成员,在 2008 年 1 月发起倡导降低儿科成像辐射剂量的“Image Gently”运动^[23]。自该运动发起后,已有代表 1000 多个医疗机构的 1300 多位成像服务提供者发出了“Image Gently”誓言,承诺降低用于儿童 CT 扫描的辐射剂量。但是,目前在我国儿科病人的辐射风险和防护未得到足够的重视,部分基层医院缺少专业的人才、防护知识及设备。辐射安全文化教育力度不够,我国尚未制定相应的规范和临床成像推荐指南及 CDS,同美国、欧盟相比存在很大差距,我国的儿科放射学的发展任重而道远,需加大对儿童辐射剂量的调查、危险评估和科学研究,合理和正当使用电离辐射检查^[24],制定适合我国实际情况的参考剂量水平并推广,降低我国儿童的辐射风险。

参考文献:

- [1] Goske MJ, Applegate KE, Rehani MM, et al. Large-scale quality improvement for radiation protection of children worldwide: lessons from the past applied to the present[J]. AJR, 2012, 198(5): 992-995.
- [2] Hayton A, Wallace A, Johnston P. Sources of funding for adult and paediatric CT procedures at a metropolitan tertiary hospital: How much do Medicare statistics really cover? [J]. J Med Imag Radiat On, 2015, 59(6): 695-701.
- [3] Charles M. UNSCEAR report 2000: sources and effects of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation[J]. J Radiological Protection: Official J Society for Radiological Protection, 2001, 21(1): 83-86.
- [4] Tufail M. Radium equivalent activity in the light of UNSCEAR report[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2012, 184(9): 5663-5667.
- [5] UNSCEAR 2000. The united nations scientific committee on the effects of atomic radiation[J]. Health Physics, 2000, 79(3): 314.
- [6] Rehani MM. Multi-national findings on radiation protection of children[J]. Pediatr Radiol, 2014, 44(Suppl 3): 475-478.
- [7] Royal HD. Effects of low level radiation—what's new? [J]. Semin Nucl Med, 2008, 38(5): 392-402.
- [8] Donovan EM, James H, Bonora M, et al. Second cancer incidence risk estimates using BEIR VII models for standard and complex external beam radiotherapy for early breast cancer[J]. Med Phys, 2012, 39(10): 5814-5824.
- [9] Jorgensen TJ, Moscovitch M. Communicating radiation risks to the public[J]. Radiat Prot Dosimetry, 2011, 145(4): 339-340.
- [10] Fahey FH, Treves ST, Adelstein SJ. Minimizing and communicating radiation risk in pediatric nuclear medicine[J]. J Nucl Med Technol, 2012, 40(1): 13-24.
- [11] Tsapaki V, Ahmed NA, AlSuwaidi JS, et al. Radiation exposure to patients during interventional procedures in 20 countries: initial IAEA project results[J]. AJR, 2009, 193(2): 559-569.
- [12] Colgan PA, Boal T, Czarwinski R. Requirements relating to radon in the International Basic Safety Standards; information,

- measurement and national strategies[J]. J Radiol Prot, 2013, 33(1):41-50.
- [13] Furlow B. Radiation protection in pediatric imaging[J]. Radiol Technol, 2011, 82(5):421-439.
- [14] Food US, Drug A. FDA updates "Bonn call for action" activities[J]. J Nucl Med, 2015, 56(5):12N.
- [15] White RD, Patel MR, Abbara S, et al. 2013 ACCF/ACR/ASE/ASNC/SCCT/SCMR appropriate utilization of cardiovascular imaging in heart failure: an executive summary: a joint report of the ACR appropriateness criteria (R) committee and the ACCF appropriate use criteria task force[J]. J Am Coll Radiol, 2013, 10(7):493-500.
- [16] Remedios D, France B, Alexander M. Medical radiation exposure. making the best value of clinical radiology: iRefer Guidelines, 8th edition[J]. Clin Radiol, 2017, 72(9):705-707.
- [17] Raja AS, Ip IK, Prevedello LM, et al. Effect of computerized clinical decision support on the use and yield of CT pulmonary angiography in the emergency department[J]. Radiology, 2012, 262(2):468-474.
- [18] Rehani MM, Frush DP. Patient exposure tracking: the IAEA smart card project[J]. Radiat Prot Dosimetry, 2011, 147(1-2):314-316.
- [19] Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography—an increasing source of radiation exposure[J]. N Engl J Med, 2007, 357(22):2277-2284.
- [20] Thrall JH. Appropriateness and imaging utilization: "computerized provider order entry and decision support"[J]. Acad Radiol, 2014, 21(9):1083-1087.
- [21] Thornton RH, Dauer LT, Shuk E, et al. Patient perspectives and preferences for communication of medical imaging risks in a cancer care setting[J]. Radiology, 2015, 275(2):545-552.
- [22] Thomas KE, Parnell-Parmley JE, Haidar S, et al. Assessment of radiation dose awareness among pediatricians[J]. Pediatr Radiol, 2006, 36(8):823-832.
- [23] Goske MJ, Applegate KE, Bell C, et al. Image gently: providing practical educational tools and advocacy to accelerate radiation protection for children worldwide [J]. Semin Ultrasound CT MR, 2010, 31(1):57-63.
- [24] Wang L, Li BS, Zhu WZ, et al. Rational use of computed tomography for individual health assessment in asymptomatic population: chinese experience[J]. Chin Med J (Engl), 2016, 129(3):348-356.

(收稿日期:2016-08-12 修回日期:2016-10-31)

第十八届全国磁共振成像序列设计理论与实践应用学习班通知

2017 年 11 月 23—26 日将在北京大学第三医院举办国家级继续教育项目「全国磁共振成像序列设计理论与实践应用学习班」(项目编号:2017-09-01-020(国)),此次会议由北京大学第三医院主办,北京市磁共振成像技术重点实验室协办。

课程包括:(1)磁共振新技术及成像原理;(2)磁共振成像精准医学;(3)磁共振多模态分子成像;(4)磁共振成像临床应用。

学习班将授予国家级 1 类继续教育学分 6 分。

会议拟定授课内容包括:(1)磁共振成像新技术原理与应用;(2)磁共振成像序列设计与临床应用;(3)磁共振成像临床病例诊断(神经、儿童、腹部、心脏、骨关节、胸部等等);(4)磁共振成像序列设计与脑功能成像;(5)磁共振成像肿瘤放疗;(6)磁共振多模态分子成像。

会务费:1200 元/人(含教材费、资料费、餐费。学生会议费:600 元/人,凭学生证办理注册)

会议时间:2017-11-23 日全天报到(8:00-22:00),24-26 日讲座与授课

会议地址:北京大学第三医院科研楼一层大厅(报到),125 会议室(授课)

住宿:需要住宿的学员请务必提前回执通知会务组,会务组负责联系会场周边的酒店。赢家商务酒店、唯实国际文化交流中心。

联系人:卢嘉宾、刘英慧

地址:116011 北京市海淀区花园北路 49 号 北京大学第三医院科研楼 807 室

电话:010-82266972 15611963521

E-mail:csmrm2011@163.com

(丁香园)