

Control and Application of Effective Dose in Nuclear Medicine Diagnosis

Jiandong Han, Meiling Wang, Gentana Ge, Yanqing Du, Fengying Liang, Eer Dun*

Inner Mongolia Medical University, Hohhot Inner Mongolia
Email: *523074081@163.com

Received: May 12th, 2019; accepted: May 27th, 2019; published: June 3rd, 2019

Abstract

In the past decade, the medical use of nuclear medicine has grown very rapidly. As of 2017, the medical use of nuclear medicine is the largest source of contact for the United States. Most doctors have difficulty in assessing exposure or potential risks. The effective dose provides an approximate indicator of the potential damage of ionizing radiation and should be used as a parameter to assess the appropriateness of the examination involving ionizing radiation. The average effective dose change for standard radiographic examinations is generally around 1000 (0.01 - 10 mSv). Computed tomography scans tend to be narrower, but the average effective dose is relatively high (about 2 - 20 mSv), and the average effective dose for interventional surgery is usually 5 - 70 mSv. The average effective dose for most nuclear medicine procedures varies between 0.3 and 20 mSv.

Keywords

Nuclear Medicine, Diagnosis, Effective Dose

核医学诊断中有效剂量的控制与应用

韩建冬, 王美玲, 格根塔娜, 杜艳青, 梁凤英, 额尔敦*

内蒙古医科大学, 内蒙古 呼和浩特
Email: *523074081@163.com

收稿日期: 2019年5月12日; 录用日期: 2019年5月27日; 发布日期: 2019年6月3日

摘要

在过去的十年中, 核医学的医疗用途增长非常迅速, 截至2017年, 核医学的医疗用途是美国人口接触的

*通讯作者。

最大来源。大多数医生难以评估暴露程度或潜在风险。有效剂量提供了电离辐射潜在损害的近似指标，应作为评估涉及电离辐射检查适当性的一个参数。标准射线照相检查的平均有效剂量变化一般在1000 (0.01~10 mSv)左右。计算机断层扫描检查往往范围较窄，但平均有效剂量相对较高(约2~20 mSv)，介入手术的平均有效剂量通常为5~70 mSv。大多数核医学程序的平均有效剂量在0.3和20 mSv之间变化。

关键词

核医学，诊断，有效剂量

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

随着全球肿瘤发病率、死亡率的上升，核医学作为医学影像技术的一个分支，在诊断、治疗肿瘤方面面临着巨大的机遇和挑战。核医学目前朝着更深、更广的分子医学进发，利用基因、多肽、蛋白和单抗等标志物的“分子影像学”逐渐成为研究的热点[1]。

在过去的二十年中，利用电离辐射的诊断医疗程序的绝对数量显著增加。此外，相对较高的剂量程序的使用频率越来越高，包括计算机断层扫描(CT)，介入医学和心脏核医学。截至2017年，诊断医疗程序是美国人口中电离辐射暴露的最大来源。虽然这些程序中的大部分无疑都有益处，但还有一些程序的好处尚不清楚或尚未量化。转诊医师和放射科医师，心脏病专家和其他人有责任评估各种手术的潜在利益和风险[2]。为此，需要了解与程序相关的辐射剂量的大小。虽然文献中有许多关于特定检查或程序的剂量测定的文章和调查，但是很少有地方以最简单的形式审查和总结最近的文献。有许多方法可以对药物中的辐射暴露和剂量进行定量。测量的量包括空气比释动能，入口表面剂量，剂量面积乘积，剂量长度产品和给药活性。器官吸收剂量可以通过临床验证的拟人体模型与内部剂量计或蒙特卡罗计算机程序进行估算。

为了估计对癌症和遗传效应的损害，使用有效剂量将平均器官当量剂量乘以ICRP组织重量因子并将结果与全身相加得到有效剂量。有效剂量以西弗特表示，并且是单剂量参数，其反映了全身暴露方面的不均匀暴露的风险。有效剂量是年龄和性别平均值，并且，尽管它可以用于比较利用电离的程序之间的相对损害辐射，不应追溯使用，以确定个人风险[3] [4] [5] [6] [7]。通过确定来最好地评估个人风险，是将所有放射敏感组织的平均剂量，并将其与年龄、性别和器官特异性风险系数相结合。

2. 诊断仪器的选择

从屏幕胶片放射成像到计算机或直接数字放射成像的成像技术的转变确实对吸收剂量和有效剂量都有一定影响。迄今为止有限的文献表明，尽管与屏幕胶片组合相比，计算机X线摄影和直接数字X线摄影都有可能减少剂量，但有效剂量略高(10%~50%)，计算机X线摄影略低(30%~40%)直接数字放射成像而不是屏幕胶片组合。即使对于相同的检查(胸部)，当比较不同的数字系统时，效果也是如此。具体取决于探测器类型[8] [9] [10]。在乳房X线照相术中，数字技术导致的剂量略低于屏幕电影技术。数字乳房X线照相术中报告的平均腺体剂量约为1.6 mGy，低于屏幕胶片乳房X线照相术中的典型乳房剂量，目前估计约为2 mGy。乳房剂量的减少通常是使用具有更高质量的x射线束的结果，通过使用更高的x射线

管电压和更高的滤波器来实现。与单节扫描仪的剂量相比,四节 CT 扫描仪的引入导致相对大的剂量增加。闪烁体探测器是核医学影像系统的主流探测器类型。其核心组件包括闪烁晶体和光敏探测器件。其探测伽马光子的基本思想是由伽马光子 → 闪烁光子 → 电信号的光电转换过程[11]-[16]。当伽马光子被闪烁晶体阻挡在晶体内沉积能量后,晶体原子会吸收能量并被激发到高能级,并以一定的发光衰减时间,退激同时各向同性地发射闪烁光子。所发射闪烁光子的个数与晶体的光产额,单位能量沉积产生的闪烁光子个数)和伽马光子所沉积能量相关。所产生闪烁光子的光谱与晶体材料特性相关,但通常可认为晶体本身对其所发射闪烁光透明。CT 扫描仪设计的改进以及更宽的 CT 光束的使用已经将当前 CT 剂量水平降低到与单节扫描仪相当的水平。对于可比较的图像质量,截面扫描仪的患者剂量没有内在原因显著增加。CT 剂量的主要贡献是使用增加,而不是 CT 扫描仪类型[17]。此处提供的有效剂量值与成人有关。有些出版物涉及儿童(特别是来自 CT)的有效剂量。

3. 有效剂量的范围

通过查阅包括来自美国,加拿大,日本,澳大利亚和西欧的对有效剂量范围控制的数据。发现对于某些程序(例如腹部 CT),有超过 20 种出版物具有所需信息。在存在大量材料的情况下,可以得出算术平均值。这本身并不是很有帮助,因为很明显,一些出版物代表了大型国际调查,其他出版物,一些代表来自一家医院的数据,另一些则报告了 CT 测量[18]。

一些文章包括一些新数据,但所提供数据的其他部分来自其他作者的先前出版物。只有少数出版物提供了有关放射技术或方案的详细数据。另外,对于某些程序,如果显然剂量的时间趋势已经减少或增加,则平均值是无用的。最后,对于某些程序,只有少数参考文献。因此,有必要对每次检查的有效剂量的当前代表值做出明智的判断。许多文献包含额外的量,例如入口皮肤剂量,赋予的能量和剂量长度的产品。对于 CT 和乳房 X 线照相术,我们认为在直接光束中包含有关器官剂量的有限信息是十分重要的。

除有效剂量外,吸收的器官剂量对于某些涉及高剂量或包括初级辐射敏感组织的手术很重要。对于 CT 扫描,束中的器官可以接受 10~100 mGy 的剂量,但通常在每个 CT 序列的 15~30 mGy 范围内。据报道,头部 CT 扫描期间眼睛的镜片剂量为 30~50 mGy [19]。用于头部 CT 研究的机架的角度可以将眼睛剂量减少 90%,至约 3~4 mGy。对于许多新的扫描仪,例如便携式重症监护室扫描仪,正电子发射断层扫描仪,CT 扫描仪和双管多探测器 CT 扫描仪,这将导致在进行头部 CT 检查时更高的剂量。对乳房组织的辐射剂量至关重要,特别是在女孩和年轻女性中。胸部 CT 扫描导致乳房组织的剂量相对较高。肺栓塞 CT 检查的剂量估计为 20~60 mGy,CT 冠状动脉造影检查的剂量为 50~80 mGy,腹部 CT 检查的乳房下部甚至 10~20 mGy。尽管使用较低的 X 射线能量,但作为比较,对于乳房 X 线照相术,美国放射学会和 1992 年乳房 X 射线摄影质量标准法规要求对于正常大小的乳房进行单次乳房 X 线照片的平均腺体剂量为 50%腺体小于 3 mGy。

如前所述,有效剂量是计算的年龄和性别平均值,用作比较癌症损害和由于涉及电离辐射的各种程序引起的遗传效应的有力措施。

通常,计算有效剂量并表达的精确度远高于保证的精度,并且我们仅将值表示为一个有效数字。试图将性别平均有效剂量应用于主要涉及一种性别的程序(例如乳房 X 线照相术)时,显然存在其他问题。审查的信息来源在数量,质量和方法上各不相同。尽管如此,对于许多手术而言,报告的有效剂量范围相对较窄(通常具有 50%的变异)。有更多的变异涉及介入或涉及透视的程序。在评估个别手术时,应谨慎使用此处提供的有效剂量[20]。

此外,上面给出的各种检查的值是实现给出的平均值,对于任何检查,实际的剂量可能会有一

个数量级的变化。

对于大多数检查,加权因子会略微改变有效剂量。用于遗传效应的加权因子和其他组织(特别是女性乳房)的值增加有所减少。因此,腹部和骨盆检查的有效剂量将比此处报道的有效剂量减少约 5%~20%,并且涉及胸部的程序的有效剂量将增加约 5%~20%。然而,与估计有效剂量所涉及的其他不确定性相比,任何此类变化都很小。一些例外情况是心脏 CT,其中新的 ICRP 组织重量因子可以增加有效剂量(对于相同的 X 射线技术和扫描几何结构)和乳房 X 线照相术,其中有效剂量将增加 2.4 倍因为乳房加权因子从 0.05 增加到 0.12。

4. 对不同群体有效剂量的控制

用于头部 CT 检查的新生儿的有效剂量显著高于成人,而对于身体 CT,有效剂量通常在成人剂量的 50%之内。部分地,这是因为在身体 CT 中技术因素可以显著降低,但是在进行儿科头部 CT 检查时仅进行非常适度的技术减少。在儿科扫描中使用减少的技术大大降低了儿科患者的剂量,并没有明显的诊断成像性能损失。放射科医师和其他医生有义务平衡各种医疗程序的风险和益处,并告知患者。有效剂量提供了对电离辐射有害的一般概念,以允许比较不同的程序或证明或优化程序。这里给出的有效剂量值是代表性的,实际值将根据上面讨论的许多因素而变化。标准射线照相检查具有有效剂量(和潜在的损害)[21]-[26]。CT 检查倾向于在更窄的剂量范围内,但具有相对高的有效剂量(约 2~20 mSv),和介入手术的剂量。大多数核医学程序的有效剂量在 0.3 和 20 mSv 之间变化。这可以与来自自然背景辐射的年有效剂量进行比较。

5. 展望

核技术与医学相结合而兴起的核医学已成为现代医学的重要分支学科,为人类的健康诊断与疾病治疗做出了巨大的贡献。但是,临床核医学诊断或治疗对受检者与患者(以下简称“患者”)本身,甚至还可能对相关工作人员以及公众,都潜在一定的辐射危害风险。随着科学技术的不断进步,在临床核医学的快速发展和日益普及应用的当今,很有必要加强对临床核医学的辐射剂量与防护研究工作。本课题在掌握临床核医学的应用及其防护现状基础上,围绕着辐射剂量学这一基础科学问题,针对常用诊疗核素对患者的内照射剂量评估以及患者体外辐射水平等进行了较为深入的研究,旨在为开展临床核医学防护提供科学且实用的理论依据与方法,以便更好地保护患者、相关工作人员和公众的身体健康。

参考文献

- [1] Amis, E.S. Jr., Butler, P.F., Applegate, K.E., *et al.* (2007) American College of Radiology White Paper on Radiation Dose in Medicine. *Journal of the American College of Radiology*, **4**, 272-284.
<https://doi.org/10.1016/j.jacr.2007.03.002>
- [2] (1991) 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Annals of the ICRP*, **21**, 1-201.
- [3] (2007) The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Annals of the ICRP*, **37**, 1-332.
- [4] Aldrich, J.E., Lentle, B.C. and Vo, C. (1997) Radiation Doses from Medical Diagnostic Procedures in Canada. Advisory Committee on Radiological Protection for the Atomic Energy Control Board of Canada, Mississauga.
- [5] Angelucci, M., Borio, R., Chiochini, S., Degli Esposti, P., Dipilato, A.C. and Policani, G. (1999) Patient Doses and Risk Evaluation in Bone Mineral Densitometry. *Radiation Protection Dosimetry*, **86**, 191-195.
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a032942>
- [6] Bergeron, P., Carrier, R., Roy, D., Blais, N. and Raymond, J. (1994) Radiation Doses to Patients in Neurointerventional Procedures. *American Journal of Neuroradiology*, **15**, 1809-1812.
- [7] Balter, S., Schueler, B.A., Miller, D.L., *et al.* (2004) Radiation Doses in Interventional Radiology Procedures: The

- RAD-IR Study. III. Dosimetric Performance of the Interventional Fluoroscopy Units. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, **15**, 919-926. <https://doi.org/10.1097/01.RVI.0000130864.68139.08>
- [8] Bauer, B. and Veit, R. (1995) Initiatives, Achievements and Perspectives in Quality Assurance and Radiation Protection in Diagnostic Radiology, Both on Legal and Practical Level in Germany. *Radiation Protection Dosimetry*, **57**, 43-46.
- [9] Betsou, S., Efstathopoulos, E.P., Katritsis, D., Faulkner, K. and Panayiotakis, G. (1998) Patient Radiation Doses during Cardiac Catheterization Procedures. *The British Journal of Radiology*, **71**, 634-639. <https://doi.org/10.1259/bjr.71.846.9849387>
- [10] Bor, D., Toklu, T., Olgar, T., et al. (2006) Variations of Patient Doses in Interventional Examinations at Different Angiographic Units. *CardioVascular and Interventional Radiology*, **29**, 797-806. <https://doi.org/10.1007/s00270-004-9223-4>
- [11] Børretzen, I., Lysdahl, K. and Olerud, H. (2007) Diagnostic Radiology in Norway: Trends in Examination Frequency and Collective Effective Dose. *Radiation Protection Dosimetry*, **124**, 339-347. <https://doi.org/10.1093/rpd/nem204>
- [12] Brix, G., Nagel, H.D., Stamm, G., et al. (2003) Radiation Exposure in Multi-Slice versus Single Slice Spiral CT: Results of a Nationwide Survey. *European Radiology*, **13**, 1979-1991. <https://doi.org/10.1007/s00330-003-1883-y>
- [13] Brix, G., Nekolla, E. and Griebel, J. (2005) Radiation Exposure of Patients from Diagnostic and Interventional X-Ray Procedures: Facts, Assessment and Trends. *Radiologe*, **45**, 340-349. (In German) <https://doi.org/10.1007/s00117-005-1184-3>
- [14] Broadhead, D.A., Chapple, C.L., Faulkner, K., Davies, M.L. and McCallum, H. (1998) Local Reference Doses during Cardiology Procedures. *Radiation Protection Dosimetry*, **80**, 149-150. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a032491>
- [15] Broadhead, D.A., Chapple, C.L., Faulkner, K., et al. (1997) The Impact of Cardiology on the Collective Effective Dose in the North of England. *The British Journal of Radiology*, **70**, 492-497. <https://doi.org/10.1259/bjr.70.833.9227231>
- [16] Brugmans, M.J., Buijs, W.C., Geleijns, J. and Lembrechts, J. (2002) Population Exposure to Diagnostic Use of Ionizing Radiation in the Netherlands. *Health Physics*, **82**, 500-509. <https://doi.org/10.1097/00004032-200204000-00009>
- [17] Burch, A. and Goodman, D.A. (1998) A Pilot Survey of Radiation Doses Received in the United Kingdom Breast Screening Programme. *The British Journal of Radiology*, **71**, 517-527. <https://doi.org/10.1259/bjr.71.845.9691897>
- [18] Burling, D., Halligan, S., Taylor, S.A., et al. (2004) CT Colonography Practice in the UK: A National Survey. *Clinical Radiology*, **59**, 39-43. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2003.09.008>
- [19] Agarwal, R., Flynn, J., Pogue, V., Rahman, M., et al. (2014) Assessment and Management of Hypertension in Patients on Dialysis. *Journal of the American Society of Nephrology*, **25**, 1630-1646. <https://doi.org/10.1681/ASN.2013060601>
- [20] Calzado, A., Vano, E., Moran, P., Castellote, C., Ruiz, S. and Gonzalez, L. (1991) Estimation of Doses to Patients from "Complex" Conventional X-Ray Examinations. *The British Journal of Radiology*, **64**, 539-546. <https://doi.org/10.1259/0007-1285-64-762-539>
- [21] Carroll, E.M. and Brennan, P.C. (2003) Investigation into Patient Doses for Intravenous Urography and Proposed Irish Diagnostic Reference Levels. *European Radiology*, **13**, 1529-1533. <https://doi.org/10.1007/s00330-002-1792-5>
- [22] Carroll, E. and Brennan, P.C. (2001) Patient Dose Variation Investigated in Four Irish Hospitals for Barium Meal and Barium Enema Examinations. *Radiation Protection Dosimetry*, **97**, 275-278. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a006674>
- [23] Chamberlain, C.C., Huda, W., Hojnowski, L.S., Perkins, A. and Scaramuzzino, A. (2000) Radiation Doses to Patients Undergoing Scoliosis Radiography. *The British Journal of Radiology*, **73**, 847-853. <https://doi.org/10.1259/bjr.73.872.11026860>
- [24] Chapple, C.L., Faulkner, K. and Harrison, R.M. (1990) An Investigation into the Performance of an Automated Quality Assurance and Dosimetry System in Diagnostic Radiology. *The British Journal of Radiology*, **63**, 635-639. <https://doi.org/10.1259/0007-1285-63-752-635>
- [25] Chapple, C.L., Faulkner, K., Lee, R.E. and Hunter, E.W. (1993) Radiation Doses to Paediatric Patients Undergoing Less Common Radiological Procedures Involving Fluoroscopy. *The British Journal of Radiology*, **66**, 823-827. <https://doi.org/10.1259/0007-1285-66-789-823>
- [26] Chapple, C.L., Faulkner, K., Lee, R.E. and Hunter, E.W. (1992) Results of a Survey of Doses to Paediatric Patients Undergoing Common Radiological Examinations. *The British Journal of Radiology*, **65**, 225-231. <https://doi.org/10.1259/0007-1285-65-771-225>

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2164-540X，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：md@hanspub.org