

- [10] 刘超, 唐伟. 甲状腺结节和甲状腺癌的病因学和流行病学 [J]. 中国实用内科杂志, 2007, 27 (17): 1331-1333.
- [11] 姚燕珍, 鲍舟君, 于倩, 等. 舟山地区海员甲状腺健康状况及其影响因素 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2015, 33 (12): 887-890.
- [12] 徐厚兰, 危静, 兰满, 等. 11 268 名健康体检人群甲状腺结节发生的流行状况调查分析 [J]. 疾病监测, 2014, 29 (12): 987-991.
- [13] 陈莉, 凌瑞杰. 放射工作人员甲状腺疾病患病情况调查及影响因素分析 [J]. 护理研究, 2016, 30 (34): 4284-4286.
- [14] 刘宇飞, 孙全富. 电离辐射照射与甲状腺结节关系研究进展 [J]. 中国职业医学, 2013, 40 (5): 468-471.
- [15] Chen S, Zhou X, Zhu H, et al. Preconception TSH and pregnancy outcomes: A population-based cohort study in 184611 women [J]. Clin Endocrinology, 2017, 86 (6): 816-824.
- [16] 汤进, 黄晓霞, 孔花娟, 等. TSH、TPOAb、TRAb、TGAb 检测在甲状腺疾病临床诊断中的应用研究 [J]. 现代医学, 2019, 47 (7): 847-850.

(收稿日期: 2020-06-23; 修回日期: 2020-07-19)

不同评价方法对介入放射工作人员个人剂量监测结果的影响

Effects of different evaluation methods on individual dose monitoring results of interventional radiology workers

郭玮珍, 刘小莲, 邱美娇, 李明芳, 张素芬, 麦维基, 贾育新

(广东省职业病防治院, 广东 广州 510310)

摘要: 采用不同评价方法对 2016—2019 年介入放射工作人员个人剂量监测结果加以分析, 分别对每年的不同评价方法做两组组间 M 比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。结果提示, 进一步引导监督放射工作人员正确佩戴个人剂量计, 并慎重考虑佩戴条件再选择合适的方法计算, 以正确评估其受照剂量。

关键词: 介入放射学; 个人剂量; 受照剂量

中图分类号: R144 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2021)04-0361-03

DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2021.04.025

由于介入手术在 X 射线指引下操作, 介入放射工作人员的受照剂量比传统 X 射线工作人员高出数倍^[1, 2]。目前, 现行有效的监测标准是 2020 年实施的《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128—2019), 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128—2016) 同时废止。该标准的每次更新, 均修改了介入放射工作人员的剂量评价方法, 为了解不同评价方法对介入放射工作人员个人有效剂量估算的影响, 我们对

2016—2019 年广东省介入放射工作人员个人剂量监测结果进行分析与评价。

1 对象与方法

1.1 对象 采用方便抽样方法, 以 2016—2019 年于广东省职业病防治院进行个人剂量监测的介入放射工作人员作为调查对象。

1.2 个人剂量监测方法

1.2.1 仪器 RGD-3B 型热释光剂量仪 (中国人民解放军防化研究院); 热释光探测器 [氟化锂 (LiF), 镁 (Mg)、铜 (Cu)、磷 (P), 分散性 $\pm 1.50\%$, 北京康科洛电子有限公司]; FJ-411A 型热释光退火炉 (北京核仪器厂)。

1.2.2 方法 采用 LiF (Mg, Cu, P) 热释光个人剂量计对介入放射工作人员的作业性外照射个人剂量进行监测。在进行介入放射学操作时, 除在工作人员铅围裙内佩戴剂量计 (简称“内剂量计”) 监测结果 H_{in} 外, 还需在铅围裙外锁骨对应领口位置佩戴剂量计 (简称“外剂量计”) 监测结果 H_0 。每年监测 4 个周期, 每个周期连续监测 3 个月。剂量计由专人负责领取、发放、监督佩戴和回收, 本院个人剂量监测室统一监测。年个人剂量当量 < 20 mSv 均指有效剂量。

1.2.3 剂量评价方法及分组 (1) 将内剂量计监

基金项目: 国家重大科学仪器设备开发专项 (2012YQ180118); 广东省医学科学技术研究基金 (B2019194); 广东省职业病防治重点实验室 (2017B030314152); 广东省化学中毒与核辐射突发事件医学救援应急技术研究中心 (2016A020224005); 广州市科技计划项目 (202002030031)

作者简介: 郭玮珍 (1982—), 女, 硕士, 副主任技师, 主要从事放射卫生防护工作。

测结果作为有效剂量(方法1);(2) $H_0 > 20H_u$ 时,采用 $0.5H_u + 0.025H_0$ 计算有效剂量,其他均使用 H_u 作为有效剂量(方法2);(3)采用 $0.1H_0$ 估算有效剂量(方法3)。(4)采用 $0.79H_u + 0.051H_0$ 估算有效剂量(方法4)。(5)采用 $0.84H_u + 0.100H_0$ 估算有效剂量(方法5)。

1.3 质量控制 个人剂量测量系统经中国计量科学研究院检定合格;定期参加全国和本省质量控制比对,各项结果均符合个人剂量监测要求;按热释光剂量测量系统操作规程测量;退火炉退火温度保持稳定、一致;对内剂量计周期剂量 > 1.25 mSv 的监测对象进行核查,发放《职业外照射个人监测过量照射剂量核查表》,查明原因,剔除不按规范佩戴或故意照射等未正确反映实际受照剂量的数据。

1.4 统计分析 采用 SPSS 20.0 软件进行统计分析。计量资料经正态性检验不符合正态分布,以中位数(M)、百分位数(P_{75} 、 P_{90} 、 P_{100})进行描述,多组组间 M 比较采用 Kruskal-Wallis H 检验,组间 M 两两

比较采用 Bonferroni 校正的 Kruskal-Wallis 单因素 ANOVA 检验,检验水准 $\alpha = 0.05$ (双侧)。

2 结果

2.1 个人剂量监测 收集 2016—2019 年本实验室对介入放射工作人员内、外剂量计的监测结果,要求外剂量计 \geq 内剂量计/或内剂量计 \leq 外剂量计的 10% (本实验室剂量偏差控制在 10% 以内),且外剂量计监测结果在探测水平以上。2016—2019 年符合以上调查条件的监测人次分别为 1 269、1 502、1 543、1 791,共计 6 105 人次。

2.2 不同评价方法计算的剂量分布 各评价方法的 P_0 均为最低探测水平 (MDL, 本检测系统 MDL 为 0.06mSv)。各种方法计算结果 $<$ MDL, 以 $1/2$ MDL 计算。对 2016—2019 年介入放射工作人员周期剂量当量百分位数统计,方法 5 的 M 、 P_{75} 、 P_{90} 、 P_{100} 最大,分别比方法 1 大 66.67%、66.67%、86.36% 和 49.76%,分别比方法 3 大 233.33%、150.00%、57.69% 和 93.87%。见表 1。

表 1 2016—2019 年介入放射工作人员周期剂量当量分布

方法	2016年				2017年				2018年				2019年				总计			
	M	P_{75}	P_{90}	P_{100}																
方法1	0.07	0.16	0.27	2.35	0.08	0.16	0.24	4.22	0.03	0.11	0.18	1.72	0.03	0.10	0.18	2.56	0.06	0.12	0.22	4.22
方法2	0.09	0.17	0.29	2.35	0.09	0.17	0.25	4.22	0.07	0.12	0.21	1.72	0.06	0.11	0.20	2.56	0.07	0.14	0.24	4.22
方法3	0.03	0.09	0.31	2.44	0.03	0.09	0.27	2.84	0.03	0.07	0.26	3.26	0.03	0.07	0.24	2.79	0.03	0.08	0.26	3.26
方法4	0.09	0.16	0.34	2.98	0.09	0.17	0.29	4.75	0.07	0.13	0.25	3.02	0.07	0.13	0.24	2.52	0.08	0.15	0.28	4.75
方法5	0.11	0.24	0.48	4.28	0.12	0.22	0.41	6.32	0.09	0.17	0.39	4.71	0.08	0.17	0.36	3.13	0.10	0.20	0.41	6.32
H 值	540.09				780.06				766.30				816.91				2 823.33			
P 值	< 0.01				< 0.01				< 0.01				< 0.01				< 0.01			

2.3 不同评价方法对剂量监测结果的影响 不同评价方法介入放射工作人员周期剂量当量 M 比较,差异有统计学意义 ($H = 2 823.33$, $P < 0.01$)。进一步做组间 M 两两比较,除方法 2 和方法 4 差异无统计学意义外 ($P > 0.05$),其他各组两两比较差异均有统计学意义 ($P < 0.01$)。

3 讨论

当 H_0 与 H_u 的比值 > 20 时,如只使用内剂量计 H_u ,计算的剂量值变小,以致低估了佩戴两个剂量计的介入放射工作人员的个人剂量。本次调查结果显示,分别用方法 1 和方法 2 评价方法对个人剂量监测结果进行组间 M 比较,差异均有统计学意义,且除 P_{100} 外, M 、 P_{75} 、 P_{90} 均减小。使用方法 2 计算

的结果比只使用 H_u 的大,将防止低估受照剂量。

依据 GBZ 128—2019 推荐的 3 种估算方法,即方法 3 仅在铅围裙外佩戴单剂量计,用 H_0 估算有效剂量;方法 4 和方法 5 在铅围裙内、外佩戴两个剂量计,分别考虑有、无甲状腺屏蔽的估算方法。整体来说,方法 3 估算剂量较小,方法 5 估算剂量最大,因此,建议介入放射工作人员使用甲状腺屏蔽并佩戴内、外两个剂量计,以避免低估个人的受照剂量。介入放射工作人员数据的真实性普遍较低,这是一个值得重视的问题。陈岩等^[3]报道,石家庄市 324 人次介入放射工作人员中非正确佩戴率达 41.0%。本调研的数据虽经层层挑选,但仍难免有未能通过数学方法发现的不真实数据,因此需要进 (下转第 365 页)

质性肺疾病相一致。此次调查发现,磷化氢导致的呼吸系统损伤中,除间质性肺病所见的肺纹理增多增粗外,部分工人还可见胸膜病变,值得进一步关注及探讨。本次调查随访的磷化氢组与对照组人员吸烟率均超过50%,吸烟可增加多种呼吸系统疾病的发生,吸烟与磷化氢的职业暴露对呼吸系统损害是否存在协同作用需进一步的分层研究,同时尚需开展研究人群的肺功能检查,对其肺部病变进行判定。本次调查还发现,长期接触磷化氢作业人员心电图异常率明显高于对照组,且随着职业暴露时间的增长异常人数增加,但两组间差异无统计学意义。尽管随着年龄增长心血管疾病的自然发生率也会同步增长,但磷化氢组与对照组相比,心电图表现为ST段异常的人数明显增加,ST段变化在临床上常提示心肌缺血性改变,需密切关注并随访其变化。Benjamin等^[12]通过动物实验证实,长时间暴露于磷化氢的大鼠心肺毒性症状尤为突出。因此在职业健康监护过程中,应高度警惕低剂量磷化氢可能存在的心肌毒性。4年随访结果还显示,磷化氢作业人员血压升高幅度明显高于对照组,提示长期职业暴露于磷化氢可能会增加高血压病的发生风险。其他监测指标如肝功能、血常规、尿常规等结果在观察期末与随访初期相比差异无统计学意义,目前暂无依据提示长期暴露于磷化氢会对造血、泌尿及消化系统造成损害。

本次调查研究通过随访职业暴露于磷化氢的烟草工人发现,长期暴露于低剂量的磷化氢,除了对作业人员呼吸系统造成损伤外,还可能对心血管系统产生毒作用,此为开展接触磷化氢作业工人的职业健康监护工作提供了潜在的关注点。由于本次研究纳入的样本量较小,随访时间较短,有关结论有待更大样本量及长时间的观察随访予以证实。

参考文献

[1] Hamed HA, Reza AS, Ebrahim H, *et al.* Targeting of oxidative

stress and inflammation through ROS/NF-kappaB pathway in phosphine-induced hepatotoxicity mitigation [J]. *Life Sci*, 2019, 232 (1): 116607-116617.

- [2] Yan H, Chen H, Li ZD, *et al.* Phosphine analysis in postmortem specimens following inhalation of phosphine: Fatal aluminum phosphide poisoning in children [J]. *J Anal Toxicol*, 2018, 42 (5): 330-336.
- [3] Haghi-Aminjan H, Baeri M, Rahimifard M, *et al.* The role of minocycline in alleviating aluminum phosphide-induced cardiac hemodynamic and renal toxicity [J]. *Environ Toxicol Pharmacol*, 2018 (64): 26-40.
- [4] ÖzlemÇ, Gokhan T, Ayça G, *et al.* Incidental aluminum phosphide poisoning: Case report and current management [J]. *Folia Med (Plovdiv)*, 2018, 60 (3): 464-467.
- [5] 廉湘琳,徐金义,孙汝平,等. 婴儿吸入磷化氢中毒后高钾血症致恶性心律失常一例 [J]. *中国循环杂志*, 2018, 33 (2): 192.
- [6] 代港,嘉雁琴. 一起急性磷化氢中毒事件的报告 [J]. *工业卫生与职业病*, 2019, 45 (4): 328.
- [7] Lehoux J, Hena Z, McCabe M, *et al.* Aluminium phosphide poisoning resulting in cardiac arrest, successful treatment with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR): A case report [J]. *Perfusion*, 2018, 33 (7): 597-598.
- [8] Ghosh S, Biswajit M, Chatterjee PK, *et al.* Aluminum phosphide poisoning presenting like acute myocardial infarction in a young girl [J]. *J Assoc Physicians India*, 2018, 66 (10): 92-93.
- [9] Waszkowska M, Walusiak-Skorupa J, Merez-Kot D, *et al.* Late effects of mass acute phosphine poisoning-case report [J]. *Med Pr*, 2018, 69 (3): 337-344.
- [10] Vahid S, Mahsa A, Maryam V-F, *et al.* Successful management of zinc phosphide poisoning [J]. *Indian J Crit Care Med*, 2016, 20 (6): 491-492.
- [11] Soltani M, Shetab-Boushehri SF, Shetab-Boushehri SV. Chemical reaction between boric acid and phosphine indicates boric acid as an antidote for aluminium phosphide poisoning [J]. *Sultan Qaboos Univ Med J*, 2016, 16 (3): 303-309.
- [12] Benjamin W, Rebecca L, Justin T, *et al.* The physiology and toxicology of acute inhalation phosphine poisoning in conscious male rats [J]. *Inhal Toxicol*, 2017, 29 (11): 495-505.

(收稿日期: 2020-07-29; 修回日期: 2020-09-27)

(上接第362页)

一步的现场核实。本文介入放射工作人员的有效剂量低于其他文献报道结果^[4],提示除我省防护措施到位,工作人员受照剂量较小外,不排除受佩戴方面影响而使估算剂量偏低的可能。

参考文献

[1] 宣志强, 俚依华, 赵尧贤, 等. 介入放射工作人员个人剂量检测结果分析 [J]. *中国卫生检验杂志*, 2012, 22 (6): 1332-1333.

[2] 陈宝维, 张全, 董正鹏, 等. 介入放射操作人员受照剂量监测与评价常用方法调查 [J]. *中国辐射卫生*, 2011, 20 (3): 378.

[3] 陈岩, 张圆圆, 张伟佳, 等. 介入、核医学放射工作人员外照射个人剂量水平调查与分析 [J]. *中国辐射卫生*, 2018, 27 (1): 5-8.

[4] 牛菲, 闵楠, 陈英民, 等. 2012—2015年山东省介入放射工作人员个人剂量监测结果分析 [J]. *中国辐射卫生*, 2016, 25 (6): 663-666.

(收稿日期: 2020-10-06; 修回日期: 2020-12-07)