

# 武汉市放射工作人员甲状腺功能的影响因素分析

戴霞云<sup>1</sup>, 罗永斌<sup>2</sup>, 刘安生<sup>2</sup>, 王帆<sup>2</sup>, 陈振龙<sup>2</sup>, 齐素芹<sup>2</sup>

1.武汉市职业病防治院科教科, 湖北 武汉 430015; 2.武汉市职业病防治院, 湖北 武汉 430015

**摘要:** **目的** 了解武汉市放射工作人员甲状腺功能水平及其影响因素, 为放射工作人员职业健康监护提供依据。**方法** 选择2022年1—10月在武汉市职业病防治院健康体检的放射工作人员为调查对象, 收集性别、年龄、吸烟、饮酒、疾病史、用药史、职业照射种类和工龄。采用磁微粒化学发光法检测三碘甲状腺原氨酸 (TT3)、甲状腺素 (TT4)、游离甲状腺素 (FT4)、游离三碘甲状腺原氨酸 (FT3) 和促甲状腺激素 (TSH); 采用热释光剂量测定法监测个人剂量当量, 计算年累积剂量; 采用多因素 logistic 回归模型分析甲状腺功能的影响因素。**结果** 调查 978 人, 年龄  $M(Q_R)$  为 32.00 (10.00) 岁; 男性 782 人, 占 79.96%; 女性 196 人, 占 20.04%。吸烟 246 人, 占 25.15%。饮酒 257 人, 占 26.28%。有放射工作史 489 人, 占 50.00%。年累积剂量  $M(Q_R)$  为 0.20 (0.24) mSv。检出甲状腺功能异常 72 例, 异常率为 14.72%。多因素 logistic 回归分析结果显示, 女性 ( $OR=1.925$ ,  $95\%CI: 1.061\sim 3.490$ )、有放射工作史 ( $OR=2.810$ ,  $95\%CI: 1.119\sim 7.057$ ) 和从事医学应用 ( $OR=1.915$ ,  $95\%CI: 1.101\sim 3.332$ ) 与甲状腺功能异常有统计学关联。**结论** 武汉市放射工作人员甲状腺功能异常率为 14.72%, 电离辐射接触史、职业照射种类和性别是主要影响因素。

**关键词:** 放射工作人员; 电离辐射; 甲状腺功能

**中图分类号:** R581 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-5087 (2023) 05-0406-04

## Influencing factors for thyroid function among radiation workers in Wuhan City

DAI Xiayun<sup>1</sup>, LUO Yongbin<sup>2</sup>, LIU Ansheng<sup>2</sup>, WANG Fan<sup>2</sup>, CHEN Zhenlong<sup>2</sup>, QI Suqin<sup>2</sup>

1.Department of Science and Education, Wuhan Prevention and Treatment Center for Occupational Diseases, Wuhan, Hubei 430015, China; 2.Wuhan Prevention and Treatment Center for Occupational Diseases, Wuhan, Hubei 430015, China

**Abstract: Objective** To investigate the thyroid functions and influencing factors among radiation workers in Wuhan City, so as to provide insights into occupational health monitoring among radiation workers. **Methods** Radiation workers receiving physical examinations in Wuhan Prevention and Treatment Center for Occupational Diseases from January to October 2022 were enrolled, and participants' gender, age, smoking, alcohol consumption, medical history, medication use, types of occupational radiation and work duration were collected. Triiodothyronine (TT3), thyroxine (TT4), free thyroxine (FT4), free triiodothyronine (FT3) and thyroid stimulating hormone (TSH) were measured using a magnetic microparticle-based chemiluminescence immunoassay. Personnel dose equivalent was monitored using thermoluminescent dosimetry, and annual cumulative radiation dose was estimated. Factors affecting thyroid function were identified using a multivariable linear regression model. **Results** Totally 978 radiation workers were recruited, with a median age of 32.00 (interquartile range, 10.00) years, and including 782 men (79.96%) and 196 women (20.04%). There were 246 smokers (25.15%), 257 workers with alcohol consumption (26.28%) and 489 with a history of radiation work (50.00%). The median annual cumulative radiation dose was 0.20 (interquartile range, 0.24) mSv. The percentage of abnormal thyroid function was 14.72%. Multivariable logistic regression analysis showed that women ( $OR=1.925$ ,  $95\%CI: 1.061\sim$

**DOI:** 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2023.05.009

**基金项目:** 武汉市卫生健康科研基金资助项目 (WG21Q01, WG19Y04); 武汉科技大学职业危害识别与控制湖北省重点实验室 (OHIC2022Z10)

**作者简介:** 戴霞云, 博士, 主管医师, 主要从事环境流行病学工作

**通信作者:** 齐素芹, E-mail: 958032166@qq.com

3.490), history of radiation work ( $OR=2.810$ ,  $95\%CI: 1.119-7.057$ ) and involving in medical application ( $OR=1.915$ ,  $95\%CI: 1.101-3.332$ ) were associated with abnormal thyroid function. **Conclusions** The percentage of abnormal thyroid function was 14.72% among radiation workers in Wuhan City. History of exposure to ionizing radiation, types of occupational radiation and gender were main factors affecting thyroid function.

**Keywords:** radiation worker; ionizing radiation; thyroid function

放射工作人员职业活动中易接触电离辐射, 电离辐射可损伤血管和甲状腺滤泡上皮细胞, 引起自身免疫反应, 导致甲状腺功能改变, 与甲状腺结节和甲状腺癌的发生密切相关<sup>[1]</sup>。研究表明, 长期低剂量 ( $\leq 3.757$  mSv) 电离辐射与甲状腺激素水平存在剂量-反应关系<sup>[2]</sup>; 长期接触电离辐射的放射工作人员甲状腺结节和甲状腺癌的发生率显著高于一般人群, 年累积剂量和工龄是危险因素<sup>[3]</sup>。甲状腺是人体最大的内分泌器官, 在物质代谢和能量代谢过程中起重要作用, 甲状腺功能异常可引起多器官和系统功能异常。除电离辐射外, 甲状腺功能还可能受到性别、年龄、吸烟、饮酒和饮食等因素的影响<sup>[4-5]</sup>。本研究采用横断面研究设计, 分析武汉市放射工作人员甲状腺功能水平及其影响因素, 为放射工作人员职业健康监护提供依据。

## 1 对象与方法

**1.1 对象** 选择 2022 年 1—10 月在武汉市职业病防治院健康体检的放射工作人员为调查对象。排除标准: 患肿瘤、高血压、糖尿病和冠心病; 有甲状腺切除手术史; 近 2 周服用甲状腺治疗药物。本研究通过武汉市职业病防治院伦理审查, 审批号: 伦审科第 2022-WZF04 号。调查对象均签署知情同意书。

### 1.2 方法

**1.2.1 一般资料收集** 由执业医师通过问诊收集调查对象的性别、年龄、吸烟、饮酒、疾病史、用药史、职业照射种类和工龄。依据 GBZ 128—2019《职业性外照射个人监测规范》<sup>[6]</sup>, 职业照射种类包括医学应用 (诊断放射学、牙科放射学、核医学、放射治疗和介入放射学) 和工业应用 (工业辐照、工业探伤和加速器运行)。吸烟指每天至少吸 1 支烟且持续 6 个月以上。饮酒指每周至少饮酒 1 次且持续 6 个月以上。无放射工作史指刚入职尚未接触电离辐射工作。

**1.2.2 甲状腺功能指标检测** 采集调查对象空腹肘静脉血 3 mL 于真空采血管, 静置 2 h, 以离心半径 22.8 cm、4 000 r/min 离心 8 min, 使用全自动化学发光测定仪 (AutoLumo A2000Plus), 采用磁微粒化学发光法检测三碘甲状腺原氨酸 (TT3)、甲状腺素 (TT4)、游离甲状腺素 (FT4)、游离三碘甲状腺原氨酸 (FT3) 和促甲状腺激素 (TSH)。检测试剂盒 (郑

州安图生物工程股份有限公司) 正常参考值范围为: TT3, 0.8~1.9 ng/mL; TT4, 5.0~13.0  $\mu\text{g/dL}$ ; FT3, 3.5~7.0 pmol/L; FT4, 10.0~22.0 pmol/L; TSH, 0.35~4.75  $\mu\text{IU/mL}$ 。任一指标不在参考值范围判定为甲状腺功能异常。

**1.2.3 外照射个人监测** 依据 GBZ 128—2019《职业性外照射个人监测规范》<sup>[6]</sup> 对放射工作人员进行个人剂量当量监测。对于不穿戴铅围裙的受检者, 将贴好标签的热释光剂量计 (TLD469 型, 北京海阳博创辐射防护有限公司) 佩戴于左胸前, 采用 RGD-3B 型热释光剂量仪对热释光剂量计进行监测, 监测结果作为个人剂量当量。对于穿戴铅围裙的受检者, 同时在围裙内 (腰部) 和围裙外 (颈部) 各佩戴 1 个热释光剂量计, 采用热释光剂量仪对以上 2 个热释光剂量计同时进行监测, 个人剂量当量  $=0.79 \times H_{\text{内}} + 0.051 \times H_{\text{外}}$ ,  $H_{\text{内}}$  和  $H_{\text{外}}$  分别表示铅围裙内 (腰部) 和围裙外 (颈部) 测得的个人剂量当量。监测周期为 3 个月, 每年监测 4 次, 全年个人剂量当量总和为年累积剂量。

**1.3 统计分析** 采用 Excel 2016 软件整理数据, 采用 SPSS 25.0 软件统计分析。定性资料采用相对数描述, 组间比较采用  $\chi^2$  检验。定量资料不服从正态分布, 采用中位数和四分位数间距 [ $M(Q_R)$ ] 描述。甲状腺功能的影响因素分析采用多因素 logistic 回归模型。检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

**2.1 基本情况** 调查 978 人, 年龄  $M(Q_R)$  为 32.00 (10.00) 岁。男性 782 人, 占 79.96%; 女性 196 人, 占 20.04%。吸烟 246 人, 占 25.15%。饮酒 257 人, 占 26.28%。有放射工作史 489 人, 占 50.00%。从事医学应用 342 人, 占 34.97%。年累积剂量  $M(Q_R)$  为 0.20 (0.24) mSv, 其中医学应用和工业应用分别为 0.26 (0.30) 和 0.20 (0.03) mSv。见表 1。

**2.2 放射工作人员甲状腺功能指标检测结果** 检出甲状腺功能异常 72 例, 异常率为 14.72%。女性甲状腺功能异常率高于男性; 不吸烟的放射工作人员甲状腺功能异常率高于吸烟者; 不饮酒的放射工作人员

甲状腺功能异常率高于饮酒者；从事医学应用的放射工作人员甲状腺功能异常率高于从事工业应用者（均  $P < 0.05$ ）。见表 1。

表 1 武汉市放射工作人员甲状腺功能异常率比较

Table 1 Comparison of prevalence of abnormal thyroid function among radiation workers in Wuhan City

项目	调查人数	甲状腺功能异常	异常率/%	$\chi^2$ 值	P值
性别				19.863	<0.001
男	782	43	5.50		
女	196	29	14.80		
年龄/岁				1.751	0.186
≤32	508	32	6.30		
>32	470	40	8.51		
吸烟				4.026	0.045
否	732	61	8.33		
是	246	11	4.47		
饮酒				4.855	0.028
否	721	61	8.46		
是	257	11	4.28		
放射工作史				2.939	0.086
无	489	29	5.93		
有	489	43	8.79		
职业照射种类				16.504	<0.001
工业应用	636	31	4.87		
医学应用	342	41	11.99		

2.3 放射工作人员甲状腺功能影响因素的多因素 logistic 回归分析 以甲状腺功能异常（0=否，1=是）为因变量，以性别、年龄、吸烟、饮酒、放射工作史和职业照射种类为自变量，进行多因素 logistic 回归分析。结果显示：女性、有放射工作史和从事医学应用与甲状腺功能异常有统计学关联。见表 2。

表 2 武汉市放射工作人员甲状腺功能影响因素的多因素 logistic 回归分析

Table 2 Multivariable logistic regression analysis of factors affecting thyroid function among radiation workers in Wuhan City

变量	参照组	$\beta$	$s\bar{x}$	Wald $\chi^2$ 值	P值	OR值	95%CI
性别							
女	男	0.655	0.304	4.646	0.031	1.925	1.061~3.490
放射工作史							
有	无	1.033	0.470	4.834	0.028	2.810	1.119~7.057
职业照射种类							
医学应用	工业应用	0.650	0.283	5.285	0.022	1.915	1.101~3.332
常量		-3.999	0.634	39.826	<0.001	0.018	

### 3 讨论

调查结果显示，武汉市放射工作人员年累积剂量中位数为 0.20 mSv，与武汉市既往调查结果<sup>[7]</sup>相近，低于 GB 18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全防护基本标准》<sup>[8]</sup>规定的年累积剂量标准限值。

有放射工作史的放射工作人员甲状腺功能异常的风险较高，与鲁碧峰等<sup>[9]</sup>和徐汉丽等<sup>[10]</sup>的研究结果一致。电离辐射对甲状腺功能的影响机制尚不明确，可能与其损害甲状腺滤泡上皮细胞和血管，导致甲状腺激素生成减少有关<sup>[11]</sup>。甲状腺功能由下丘脑-垂体-甲状腺轴通过负反馈机制调节，下丘脑分泌促甲状腺激素释放激素可刺激垂体分泌 TSH，TSH 进一步促进甲状腺分泌 TT3 和 TT4。当血液中 TT3 和 TT4 水平升高时，可通过负反馈机制抑制 TSH 分泌。提示 TT3 和 TT4 是反映甲状腺功能的敏感指标，水平降低提示甲状腺功能减弱，可用于相关临床症状出现前甲状腺功能的检测。

从事医学应用的放射工作人员甲状腺功能异常的风险高于从事工业应用者，可能与医学应用工作累积剂量高有关<sup>[1, 8]</sup>。杨智勇等<sup>[12]</sup>研究发现，从事医学应用的放射工作人员 FT3 和 FT4 水平均低于从事工业应用者，进一步证实了医学应用工作年累积剂量对甲状腺功能的损伤效应。

女性甲状腺功能异常的风险高于男性，可能与女性雌激素水平较高有关。杨勇等<sup>[13]</sup>发现女性放射工作人员甲状腺结构异常率高于男性，男性是甲状腺结节的保护因素。雌激素可通过刺激脱碘酶活性，促进 TT4 转化为 TT3，并进一步转化为二碘甲状腺原氨酸，降低 TT3 和 TT4 水平<sup>[12]</sup>。此外，另有研究表明，雌二醇可通过改变甲状腺滤泡上皮细胞的形态和结构，降低甲状腺激素水平，增加甲状腺乳头状癌的发生风险<sup>[14-15]</sup>。

## 参考文献

- [1] 陈湃韩, 陈慧峰, 邹剑明. 低剂量电离辐射长期接触健康效应研究进展 [J]. 中国辐射卫生, 2022, 31 (1): 99-104.
- [2] 张曼宇, 刘宁, 陈惠鹏, 等. 低剂量电离辐射与放射工作人员甲状腺激素的剂量-反应关系 [J]. 中国辐射卫生, 2021, 30 (4): 397-401, 406.
- [3] 董瑞凤, 吴庆东, 苏丽霞, 等. 职业照射与甲状腺功能损伤研究进展 [J]. 中国职业医学, 2022, 49 (1): 111-115, 120.
- [4] 易井萍, 戴亚欣, 张永利, 等. 舟山市居民碘营养水平及甲状腺结节患病率调查 [J]. 预防医学, 2018, 30 (6): 600-602.
- [5] 任艳军, 张铁威, 刘庆敏, 等. 杭州市居民膳食模式与甲状腺癌的病例对照研究 [J]. 预防医学, 2020, 32 (11): 1081-1085.
- [6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 职业性外照射个人监测规范: GBZ 128—2019 [S]. 2019.
- [7] 齐素芹, 杜汉其, 刘安生, 等. 武汉市 2017 年放射工作人员个人剂量监测结果分析 [J]. 中国职业医学, 2020, 47 (5): 618-621.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 电离辐射防护与辐射源安全防护基本标准: GB 18871—2002 [S]. 2002.
- [9] 鲁碧峰, 殷文军, 徐甜, 等. 低剂量 X 射线电离辐射与放射工作人员甲状腺功能的关联分析 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2022, 40 (10): 733-736.
- [10] 徐汉丽, 刘丹. 电离辐射对心血管内科医务人员甲状腺功能的影响 [J]. 中国辐射卫生, 2022, 31 (5): 626-630.
- [11] LIN Z, CHEN L, FANG Y, et al. Longitudinal study on the correlations of thyroid antibody and thyroid hormone levels after radiotherapy in patients with nasopharyngeal carcinoma with radiation-induced hypothyroidism [J]. Head Neck, 2014, 36 (2): 171-175.
- [12] 杨智勇, 钱小莲. 南京市 4 209 例放射工作人员甲状腺功能结果分析 [J]. 中国卫生检验杂志, 2022, 32 (15): 1898-1900, 1904.
- [13] 杨勇, 王强, 俞爱青, 等. 低剂量电离辐射对放射工作人员甲状腺的影响 [J]. 中国卫生检验杂志, 2022, 32 (3): 354-358.
- [14] SOSIC-JURJEVIC B, FILIPOVIC B, MILOSEVIC V, et al. Chronic estradiol exposure modulates thyroid structure and decreases T4 and T3 serum levels in middle-aged female rats [J]. Horm Res, 2005, 63 (1): 48-54.
- [15] 买哈巴·木合塔尔, 古丽达娜·塔布斯别克, 马晓薇, 等. 碘和雌激素水平与甲状腺乳头状癌的关联研究 [J]. 预防医学, 2022, 34 (6): 577-580.

收稿日期: 2023-01-13 修回日期: 2023-04-07 本文编辑: 吉兆洋

## (上接第 387 页)

- [8] CARNEGIE R, ZHENG J, SALLIS H M, et al. Mendelian randomisation for nutritional psychiatry [J]. Lancet Psychiat, 2020, 7 (2): 208-216.
- [9] WARRINGTON N M, BEAUMONT R N, HORIKOSHI M, et al. Maternal and fetal genetic effects on birth weight and their relevance to cardio-metabolic risk factors [J]. Nat Genet, 2019, 51 (5): 804-814.
- [10] MAHAJAN A, TALIUN D, THURNER M, et al. Fine-mapping type 2 diabetes loci to single-variant resolution using high-density imputation and islet-specific epigenome maps [J]. Nat Genet, 2018, 50 (11): 1505-1513.
- [11] EVANS D M, SMITH D G. Mendelian randomization: new applications in the coming age of hypothesis-free causality [J]. Annu Rev Genom Hum G, 2015, 16: 327-350.
- [12] BURGESS S, THOMPSON S G. Interpreting findings from Mendelian randomization using the MR-Egger method [J]. Eur J Epidemiol, 2017, 32 (5): 377-389.
- [13] BOWDEN J, SMITH D G, HAYCOCK P C, et al. Consistent estimation in Mendelian randomization with some invalid instruments using a weighted median estimator [J]. Genet Epidemiol, 2016, 40 (4): 304-314.
- [14] ZENG P, ZHOU X. Causal association between birth weight and adult diseases: evidence from a Mendelian randomization analysis [J/OL]. Front Genet, 2019, 10 [2023-03-31]. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00618>.
- [15] JAMES-TODD T M, KARUMANCHI S A, HIBERT E L, et al. Gestational age, infant birth weight, and subsequent risk of type 2 diabetes in mothers: Nurses' Health Study II [J/OL]. Prev Chronic Dis, 2013, 10 [2023-03-31]. <http://dx.doi.org/10.5888/pcd10.120336>.
- [16] EVANS D M, MOEN G H, HWANG L D, et al. Elucidating the role of maternal environmental exposures on offspring health and disease using two-sample Mendelian randomization [J]. Int J Epidemiol, 2019, 48 (3): 861-875.
- [17] CHEN J, BACELIS J, SOLE-NAVAIS P, et al. Dissecting maternal and fetal genetic effects underlying the associations between maternal phenotypes, birth outcomes, and adult phenotypes: a mendelian-randomization and haplotype-based genetic score analysis in 10 734 mother-infant pairs [J/OL]. PLoS One, 2020, 17 (8) [2023-03-31]. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003305>.
- [18] LI J H, SZCZERBINSKI L, DAWED A Y, et al. A polygenic score for type 2 diabetes risk is associated with both the acute and sustained response to sulfonylureas [J]. Diabetes, 2021, 70 (1): 293-300.
- [19] BEAUMONT R N, WARRINGTON N M, CAVADINO A, et al. Genome-wide association study of offspring birth weight in 86 577 women identifies five novel loci and highlights maternal genetic effects that are independent of fetal genetics [J]. Hum Mol Genet, 2018, 27 (4): 742-756.

收稿日期: 2023-01-13 修回日期: 2023-03-31 本文编辑: 徐文璐