

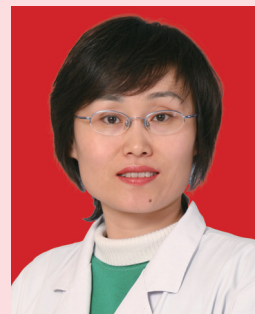
医学参考报

放射医学与防护频道

Radiological Medicine and Protection

Number 02

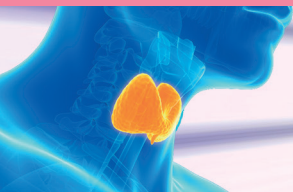
执行主编介绍



梁莉 主任医师

博士，北京大学第三医院肿瘤化疗与放射病科副主任，国家核事故医学急救基地临床部主任。中华医学会放射医学与防护分会委员，《中华放射医学与防护杂志》第九届编委，《国际放射医学核医学杂志》第五届编委，《医学参考报放射医学与防护频道》副主编，中华医学会北京分会放射医学与防护专业委员会委员，北京医学会职业病分会委员会委员，北京市劳动能力鉴定委员会医疗卫生专家，北京市肿瘤治疗质量控制与改进中心委员会委员，北京市抗癌协会中西医结合专业委员会委员，北京自然科学基金评审专家。承担科研课题4项，2000年以来，以第一作者或通讯作者论文18篇，SCI 7篇。

放射性核素内沉积的医学处理



【据《The Medical Aspects of Radiation Incidents》2013年9月报道】题：放射性核素内沉积的医学处理（作者美国辐射应急援助中心）

内污染——早期快速评估

内污染发生于无防护的人员摄取、吸入放射性物质，或者伤口受到放射性物质的污染。没有呼吸道防护的外部污染人员，应评估为内污染。如果在面部，鼻孔或口周围，或在开放性伤口周围存在显著的污染，其内污染可能更大。

内照射剂量的评估不同于外照射剂量。两者主要的区别：1) 内照射剂量是计算出来的，而不是测量出来的；2) 内照射剂量是待积剂量。内照射剂量是基于摄入或最初进入人体的放射性物质的量。进行生物测定时，可以确定尿液中放射性的活度，例如，在特定时间测量尿中放射性浓度，经过计算，即可确定当初有多少放射性核素进入体内。同样

方法，计数出全身的，肺部的放射性核素的量，或其他方法，估算内剂量。待积剂量的概念是说明内剂量是延续存在的。换句话说，一旦放射性物质沉积在靶器官，它会一直存在体内，直到它自身衰变完了或通过机体正常的生物动力学过程清除掉。显然，这两个过程都是相互独立的。放射性核素在体内沉积50年机体受照的剂量就是待积剂量。为了规范起见，从摄入放射性核素那年起就可估算以后50年间的待积剂量。

医学处理方法

医学处理与特定的同位素种类有关，因此，确定同位素种类是至关重要的。放射性衰变和生物消除都能清除体内放射性物质。二者结合清除率提供有效半减期，有效半减期比放射性衰变或生物半排期要短。以非放射性物质从体内消除动力学模型模拟确定放射性核素的代谢途径。摄入的主要途径是吸入，消化道摄入，通过开放

伤口污染的吸收和经皮吸收。从嵌入式贫铀(DU)弹片溶解出的铀也值得注意。

内污染的医学处理分为几大类：

- 减少和/或阻止胃肠道吸收。例如：洗胃、导泻。
- 阻断靶器官的吸收。例如：当受到放射性碘的污染，在4小时内，服用碘化钾(KI)可阻止甲状腺对放射性碘吸收。
- 同位素稀释。例如：氙的内污染用水化疗法。
- 改变物质的化学特性。例如：用碳酸氢钠碱化尿液，阻止铀酰离子与肾小管的亲合。
- 置换与同位素结合的主体。例如：使用稳定性碘取代^{99m}Tc。
- 传统螯合技术。例如：使用DTPA促排内沉积的铀。
- 早期切除受放射性核素污染的伤口，以最大程度减少吸收。
- 采用支气管肺泡灌洗法，清除吸入不溶性粒子的患者。这是一项很少使用的技术，只在造成对肺负荷量非常大的不

溶性α辐射体的放射性物质情况下才使用，如铀的内污染。

同位素种类超过8,000种，但只有10~15种被认为在军事、民用领域以及恐怖分子和工业中最重要的。同位素的一般分类如下：

“大学5种”——¹⁴C、³²P、¹²⁵I、¹³¹I、²⁵²Cf：用于生化实验室和医学领域同位素标记。氙也常用。

“工业3种”——¹⁹²Ir、¹³⁷Cs、⁶⁰Co：¹⁹²Ir广泛用于工业射线照相，拍摄大型物体如石油管道、飞机机翼等；¹³⁷Cs和⁶⁰Co也用于工业，它们具有穿透性的γ射线，也被恐怖分子用来进行恐怖事件。

“军用5种”——氚(³H)、²³⁸U、²³⁵U、²³⁹Pu和²⁴¹Am：这些同位素主要用于武器制造，在DOE(美国能源部)系统与军事领域两个部门。

裂变/活化产物—无论是IND(简易核装置)还是武器事故，或核废料运输事故，某些爆炸，均对民众造成重大危险。

下转第8版▶

专家点评



贾廷珍 教授

北京大学第三医院肿瘤化疗与放射病科教授，医学参考报放射医学与防护频道第二届专家委员会副主任委员。

本期放射医学与防护频道刊登的内容较为广泛，涉足专业多个领域：核与辐射事故(以下简称事故)的应急准备与响应，事故所致人体近期和远期健康效应鉴别和处置，内照射的处理，放射损伤与其周围组织创伤复合动物模型的构建，辐射致癌与非癌效应的类别、剂量效应关系、后续管理，事故致不同人群心理效应的应对措施与管理，还有重大国际灾害比较评估等有关问题。从报道的内容来看：1、突出了新理念：研究发现福岛核事故后罹患的甲状腺癌与切尔诺贝利核事故后罹患的甲状腺癌表现出不同的基因突变；局部电离辐射可导致染色体碎裂样复杂改变并与癌变有相关性的发现等。2、突出了新技术：采用质子聚焦垂直微束系统新技术研究细胞核的微小变化；一种茶多酚(EGCG)具有修复放射所引起的造血损伤等。3、突出了新经验：欧洲核辐射预案和国际灾害比较评估展现出系统性、战略性和受害者终生保健的必要性。4、显示一定的时效性和实用性：事故导致各种不同

核与辐射事故医学应急：严、新、快、全

北京大学第三医院肿瘤化疗与放射病科 贾廷珍

损伤治疗的医学管理；对不同人群、不同年龄的心理效应的处置措施和管理等都有借鉴的价值。5、将开阔读者的视野，增加专业人员有关专业知识的范例，对事故医学应急实践具有一定的指导意义。但是上述所涉及的领域还有很多值得探讨和研究的空间：如，外照射物理剂量新估算方法、生物剂量对大剂量快速估算新方法、内照射精准计算方法的研究，外照射极重度骨髓型以上程度的急性放射病，内外急性混合照射损伤，多因素所致复合损伤快速鉴别和系统新颖的中西医相结合综合救治方案的研究，新的内照射核素促排药物和新的体表放射性核素污染洗消制剂的研发，辐射致癌和非癌效应的类别、剂量效应关系、正确判断、科学处理和后续管理，各类人群心理效应有效的干预治疗与管理，如何建设好事故准备和响应的系统工程等。这些都是应当列为深入研究，不断创新的重要课题。

作为放射医学与防护学科领域的科学工作者担当着事故医学应急队伍尖兵的重要角色。我们应遵循习主席关于应对核恐怖对策严、新、快、全的讲话精神即源头管控要严，应对手段要新，应急响应要快，法律法规要全，积极组织专业人员的力量，聚焦亟待解决的课题开展系统研究，充分做好事故医学急救救治的技术与人才储备。学习解放军能打仗，打胜仗的豪壮精神，强力应对突发事件或事故。

作为放射医学与防护学科领域的科学工作者担当着事故医学应急队伍尖兵的重要角色。我们应遵循习主席关于应对核恐怖对策严、新、快、全的讲话精神即源头管控要严，应对手段要新，应急响应要快，法律法规要全，积极组织专业人员的力量，聚焦亟待解决的课题开展系统研究，充分做好事故医学急救救治的技术与人才储备。学习解放军能打仗，打胜仗的豪壮精神，强力应对突发事件或事故。

作为放射医学与防护学科领域的科学工作者担当着事故医学应急队伍尖兵的重要角色。我们应遵循习主席关于应对核恐怖对策严、新、快、全的讲话精神即源头管控要严，应对手段要新，应急响应要快，法律法规要全，积极组织专业人员的力量，聚焦亟待解决的课题开展系统研究，充分做好事故医学急救救治的技术与人才储备。学习解放军能打仗，打胜仗的豪壮精神，强力应对突发事件或事故。

导读

- Ozyorsk市暴露于电离辐射的人口死亡率分析 2版
- 核辐射预案：欧洲研究项目做出的成果 3版
- 评估暴露不确定性对白俄罗斯儿童或青少年甲状腺癌风险的影响 4版
- 评估东日本灾害对中小儿童心理健康的影响 5版
- 间充质干细胞治疗急性辐射综合征 6版
- ECCG是小鼠造血干细胞辐射损伤中的潜在减轻剂 7版
- “行为激活治疗项目”对改善母亲身心健康的影响 8版

终校	排版设计	年 月 日	经营监管部	年 月 日
	编辑出版	年 月 日	总编室	年 月 日

Ozyorsk 市暴露于电离辐射的人口死亡率分析

【据《Environmental Health》2015年11月报道】题: Ozyorsk 市暴露于电离辐射的人口死亡率分析——一项描述性研究(作者 Isabelle Deltour 等)

南乌拉尔的 Ozyorsk 自 1945 年作为一座秘密城市建立至今, 一直是一座封闭的城市。它安置了最早的核武器生产设施, 并且具有国家最大的核设施之一。核反应堆、放射化学品工厂或后处理厂的三种主要工厂的核工人在操作早期(1948 ~ 1953 年)就开始暴露于高水平的电离辐射, 并且可能进一步暴露于吸入性钚气溶胶。Ozyorsk 的死亡登记处完整保存了所有死亡的城市居民的原始死亡证明的纸质复印件。

为探讨 Ozyorsk 人口的死亡率及癌症死亡率, 来自法国里昂环境辐射部国际癌症研究中心的 Isabelle Deltour 等研究者进行了一项研究, 分析 1998 ~ 2010 年间在 Ozyorsk 的三种主要工厂(核反应堆、放射化学品工厂或后处理厂)的核工人、其他 Ozyorsk 的常住居民及俄罗斯联邦国家居民的死亡原因, 并且描述了 1973 ~ 2010 年间上述人群死亡率的时间变化趋势。

将三种主要工厂的核工人与其他 Ozyorsk 的居民及全国居民的数据相比较, 结果发现全因死亡率在核工人中最低, 其中, 男性标准率比(SRR)为 0.77(95%CI 0.73 ~ 0.81), 女性为 0.74(95%CI 0.66 ~ 0.83)。循环系统疾病为核工人的主要死因, 其发病率同样低于所有原因的死亡率, 男性为 0.74(95%CI 0.68 ~ 0.81), 女性为 0.75(95%CI 0.64 ~ 0.88) 妇女。癌症是核工人的第二个最常见死因。癌症死亡率在核工人的男性群体中低于其他男性居民(SRR=0.89, 95%CI 0.78 ~ 1.01), 而女性中无统计学差异, 但上述比例在不同癌症类型中不同。然而, 在核工人中, 因癌症死亡并不常见, 包括白血病。在过去的 60 年中, 上述三组人群中男性的全因死亡率逐渐上升, 而在女性群体中相对稳定, 而无论在男性还是女性群体中癌症死亡率有轻微下降。

总体而言, Ozyorsk 的总体死亡率低于整体俄罗斯/苏联国家, 这提示良好的生活条件和更健康的生活方式可能是较低的死亡率的原因。尽管在这种群体水平分析中没有发现明显的辐射相关效应, 但辐射相关风险可以更好地解决个人层面的研究。

(北京大学第三医院 刘燕娥 梁莉 报道)

从福岛辐射事故等灾害中学到的经验

【据《CurrEnvir Health Rpt》2016年12月报道】题: 风险沟通策略: 从福岛辐射事故等灾害中学到的经验(作者 Erik R. Svendsen 等)

虽然在灾害中没有完美的风险沟通策略, 但风险沟通的伦理原则为之提供了良好的实践指导。来自美国南卡罗莱纳医科大学的 Erik R. Svendsen 等对比了两种由电离辐射公共卫生专家推荐的风险传播策略。一种策略是简洁的信息披露, 并不充分披露所有健康风险, 而是强调充分的健康和情感支持。另一种策略是完全的信息披露。研究人员持续定量阐明辐射与其健康影响之间的因果关系。所有潜在的辐射风险都向居民、政府官员和利益相关者尽可能精确地告知, 以便大众清楚理解。美国疾控中心在其风险沟通建议中更倾向于这种方法。这一策略更倾向于充分披露风险。第二策略已被世界各地的许多公共卫生机构采用。这两种策略都不是完美的, 也没有致命的缺陷, 但是有足够的公共卫生伦理来支持它们的使用。这些讨论是在三个灾害案例研究的事件背景下进行的, 包括 1987 年巴西戈亚尼亚的辐射暴露、1986 年乌克兰切尔诺贝利核电站事故, 以及 2001 年在美国纽约世界贸易中心的恐怖袭击。

真正的风险沟通是一种互动的信息交流, 而不是单向过程。因此, 最佳做法需要考虑公众的风险认知, 要具有在人群水平与个人水平两方面解释风险的能力, 例如, 暴露者的相对风险和绝对风险。但是, 电离辐射对不同的受众而言是一个非常复杂的概念。不适当或无效的风险沟通可能会对公众健康造成更大的损害。环境流行病学应避免对所研究的个人和社区造成伤害。因此, 一些伦理原则也可以应用于风险沟通。在西方社会, 当局往往相信公众自己有能力自己进行风险选择。因此, 信息传播的全面透明度很少成为问题。挑战的问题是风险沟通者是否充分理解影响风险感知的潜在因素, 以及这些因素是否能够得到妥善处理。风险沟通不足可能是由于没有关注公众的恐惧。确保人们的安全措施如果不事先进行沟通告知, 是不会自动使他们感到安全的, 因为有些人想要详细了解他们的个人风险, 而另一些人只是想简单知道“对我是否有危险”。提供所需答案的现有信息比政府的全面保证更重要。因此, 在灾害的特定情况下, 暴露和风险信息应尽可能准确。

日本正处于从福岛放射性灾难中不断恢复的十字路口。一些撤离者正从原先疏散区内返回家园。其他城镇和村庄可能很快就会重新开放。能决定这些相关的健康风险是什么? 又如何进行风险沟通? 伦理问题也关乎人们返回的自主权, 如果人们充分知情并且准备接受任何风险, 难道不应该尊重他们的自由意志吗? 有许多未回答的问题。应该使用环境流行病学指南来设计提供最大公共卫生效益的风险沟通策略。鉴于许多不同的冲突伦理和对这些复杂问题的不同观点, 或许一个可能有效的方法是与研究人员、政府当局和当地利益相关者在当地创建一个专门小组, 例如在日本、瑞典、美国和巴西, 在他们的国家通信战略下讨论一个相同的虚构的放射性释放情景, 然后比较这四个中心的结果。

辐射和癌症的剂量反应曲线是一个非常有趣和重要的讨论方向, 具有科学、哲学和政治影响。在低剂量领域解释流行病学研究结果是一项科学挑战, 这方面可能没有科学共识。在风险沟通中, 重要的是分别在人群水平和个人水平上区分相对风险和绝对风险。为了成功进行风险沟通, 还必须了解公众对于电离辐射的风险认知、对给出的信息的心理接受度以及采取的行动。因此, 电离辐射受影响社区的风险沟通策略是复杂的, 需要跨个案研究进行对话, 并使用最大道德原则。这次讨论和以往事件的经验教训应有助于决策者在类似的环境卫生灾害中实施复杂的风险沟通策略。

(北京大学第三医院 易福梅 马力文 报道)

重大国际灾害的比较评估: 暴露评估系统的应急准备和终身保健的必要性

【据《BMC Public Health》2017年1月报道】题: 重大国际灾害的比较评估: 暴露评估的必要性, 系统的应急准备和终身医疗照顾(作者 Roberto G. Lucchini 等)

在意大利塞韦索、美国三哩岛、印度博帕尔、前苏联切尔诺贝利、美国世贸中心、日本福岛发生的重大灾害, 给大量的当地工人、志愿者及社区人员带来历史性的健康及经济后遗症。

来自美国西奈山伊坎医学院的 Roberto G. Lucchini 等学者从这些事件中收集得到的比较数据中获得未来工作的启示。信息的主要来源和文献综述如下: i) 暴露评估; ii) 暴露人群; iii) 健康监测; iv) 随访和科研产出; v) 观察到身体和精神健康影响; vi) 治疗和福利; vii) 外展活动。

暴露评估在塞韦索、切尔诺贝利和福岛实施, 虽然没有受益于及时或系统的策略, 但在灾难之后进行了及时和连续的测量。暴露的人群被整体低估。在塞韦索、切尔诺贝利、福岛和世贸中心实施了健康监测、治疗和后续研究, 主要集中在工人和反应者, 涉及小部分居民。对暴露相关的身体和精神健康影响进行了鉴定, 表明需要对受影响人口进行长期医疗照顾。迄今为止, 福岛产生了最大的科研产出, 其次是世贸中心和切尔诺贝利。福利计划和积极的宣传在世贸中心健康计划中占据显著地位。这些项目的分析取得以下经验教训: 1) 知道谁在那里; 2) 为灾害响应提供公共卫生投入; 3) 快速收集健康和需求数据; 4) 照顾受影响的人; 5) 应急准备; 6) 数据驱动、需求评估、宣传。

鉴于自然灾害和人为灾害对健康的长期影响, 健康监测和治疗方案对于卫生状况的管理至关重要, 需要制定应急准备计划, 以防止或尽量减少未来灾害的影响。

(北京大学第三医院 尹文琚 张淑兰 报道)

医学参考报

理事长兼总编辑: 巴德年
社长: 魏海明
副理事长: 曹雪涛等
副社长: 吕春雷
理事会秘书长: 周赞
副社长: 周赞

社址: 北京西城区红莲南路30号4层B0403
邮编: 100055
总机: 010-63265066

放射医学与防护频道

名誉主编: 吴祖泽	潘自强	张玉松	张庆	朱卫国	赵刚	赵超英	左雅慧
主编: 马力文		专家委员会主任委员: 尉可道					
副主编: 陈英	刘强	梁莉	刘芬菊	尚兵	专家委员会副主任委员: 贾廷珍	白光	
副主编: 邹跃					委员:		
常务编委:					傅宝华	龚守良	龚怡芬
陈红红	丁振华	郭国栋	江其生	金顺子	吕慧敏	姜恩海	李开宝
吕玉民	李君利	李蓉	李连波	刘玉龙	冉新泽	王洪复	王继先
田梅	问清华	万玲	邢志伟	张照辉	朱国英	王文学	王文学
编委:							
崔凤梅	崔勇	曹宝山	高林峰	高玲	何玲	编辑部主任: 张照辉	
鞠永健	金义光	刘福东	凌光华	李舟	刘鉴峰	编辑部副主任: 曹宝山	廖京辉
林智	廖京辉	马庆录	马国林	宁静	任福利	宋娜玲	
郭家龙	乌丽娅	王墨培	王嘉东	王治东	王志成	尹文琚	张煜
魏伟奇	肖德涛	谢萍	肖宇	徐畅	姚波	编辑: 陈森	岳瑶
余长林	余祖胤	杨文峰	尹再哲	岳瑶	张继勉	学术发展部主任: 梁莉	
						学术发展部副主任: 王墨培	

核辐射预案：欧洲研究项目做出的成果

【据《Radiation Protection Dosimetry》2016年12月报道】题：核和放射准备：欧洲研究项目 PREPARE 的成果（作者 Thierry Schneider 等）

来自法国 Fontenay-aux-Roses 核防护评价中心的 Thierry Schneider 等研究者进行了一个项目，旨在缩小欧洲核辐射准备在福岛的第一次评估后确定的差距。来自欧洲和日本的 46 名应急管理和恢复准备领域的专家是主要参与者。该项目于从 2013 年 2 月开始，2016 年 1 月结束。PREPARE 传播研讨会“创新综合工具和平台”于 2016 年 1 月 20 ~ 22 日在斯洛伐克共和国布拉迪斯拉发举行。共有 112 位与会者代表 24 个国家参加了研讨会。

项目审查了现有的应急准备和响应程序，用于处理持久释放，跨境监测和食品安全问题，以及进一步发展决策支持系统缺失的功能，包括改进的源项估

算和分散模型对欧洲水资源及其缺失途径。此外，由于福岛事件的管理远非最佳，所以开发了所谓的分析平台（AP）探索科学的、可操作的手段，以改进信息收集，信息交换和对这种类型灾害的评估。项目中开发的工具将部分集成到决策支持系统 ARGOS 和 JRODOS 中。

研讨会介绍了 PREPARE 项目的主要成果：1) 审查了欧洲国家目前的场外核应急计划；2) 制定受污染产品管理的战略；3) 改进决策支持系统 ARGOS 和 JRODOS 的大气扩散和水生模拟组件；4) 指导如何与公众的沟通；5) 组织基本培训课程和紧急演习；6) 介绍分析平台。

研讨会传播了相关知识以及新方法、新工具，最后收集了参会者对潜在未来研究活动主题的反馈。
(北京大学第三医院 尹文铮 张淑兰 报道)

切尔诺贝利核事故 30 年后：反思和重新评估当前的灾难应急计划的时机

【据《Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine》2016年4月报道】题：切尔诺贝利核事故 30 年后：反思和重新评估当前的灾难应急计划（作者 Lydia B. Zablotska）

在乌克兰接近人口稠密的城市地区发生的切尔诺贝利发电厂事故距今已经 30 年了，那是自核时代以来最严重的一场事故。

到目前为止，切尔诺贝利事故长期影响的流行病学研究主要集中在事故后 30 年出现的三种最严重的身体健康结果：

(1) 清洁工人的白血病：对切尔诺贝利清洁工人的初步研究报告显示，白血病的发病率增加，但在受污染地区的一般人群中未报告增加。切尔诺贝利清洁工人中约 16% 的白血病病例归因于切尔诺贝利 30 公里区域清理活动的辐射照射，确定了低剂量长期外照射和白血病发生率之间有显著关联。慢性淋巴细胞白血病（CLL）是清除工人中最常见的白血病类型，与辐射以外的危险因素无关。

(2) 清洁工人的白内障和心血管疾病（CVD）：乌克兰 - 美国切尔诺贝利眼科研究报告了来自乌克兰的白内障发生率随着接受到的辐射剂量增高呈相关性增加。重要的是，该研究挑战了以前的建议阈值 1Gy，报告建议阈值不超过 0.7Gy。

根据这一调查的结果，国际放射保护委员会建议职业暴露人群眼睛晶状体的阈值剂量从 1Gy 下调到 0.5Gy。暴露高于 0.5Gy 剂量的清洁工人，其因 CVD 死亡的风险增加，但是较低剂量的证据是不明确的。

(3) 儿童和青少年的甲状腺癌和非恶性疾病：在切尔诺贝利事故发生时，已知儿童和青少年外照射会导致甲状腺癌的风险增加，但是内照射后的风险远不如人们所知。在乌克兰和白俄罗斯建立了两个平行筛查队列研究，每个研究涉及约 12,000 名受到碘 131 放射性沉降的儿童或青少年，结果显示甲状腺癌的风险增加，与外照射的风险类似。研究同时发现，儿童和青少年在放射性碘污染中还会导致甲状腺良性肿瘤发生率增加。

此外，在受污染最严重的三个国家乌克兰、白俄罗斯和俄罗斯联邦，受影响人群的心理影响是最严重的公共卫生问题。在灾后第一年，清洁工人的精神障碍发病率报告为 20%，并且抑郁症和创伤后应激障碍的发生率几十年后仍然升高。许多影响是由于对辐射照射的不良健康影响和受影响区域缺乏精神卫生保健的持续担忧。与受影响人群的及时和明确的沟通成为切尔诺贝利核事故后的主要教训之一。
(北京大学第三医院 尹文铮 张淑兰 报道)

核电站事故后福岛县公共健康护士辐射相关焦虑的研究

【据《BMJ Open》2016年10月报道】题：核电站事故后福岛县公共健康护士辐射相关焦虑的研究——一项横断面研究（作者 Koji Yoshida 等）

世界卫生组织报告了切尔诺贝利事故发生后 20 年关于健康影响，心理健康被描述为核事故后最严重的公共卫生问题。基于从切尔诺贝利事故得到的教训，在福岛核事故灾难后 4 年进行了福岛健康管理调查（FHMS），评估福岛核电站事故对人体健康的影响，包括由福岛县政府和福岛医科大学所做的居民的心理

健康。来自日本长崎大学生物医学科学院卫生学系的 Koji Yoshida 等研究者对居住在日本东北部位于福岛地区的公共健康护士进行了问卷调查，关注他们受到 2011 年日本东部大地震中的地震、海啸和福岛核事故的影响。首先给公共健康护士发调查问卷 509 份，得到 458 份（90%）的答复，之后排除了 28 份不合格的答复，430 份（占所有回复的 93.9%）完成了所有的问题。女性为 416 名（96.7%），年龄在 50 岁或以上者为 153 名（35.6%）。低于 10 年工作经验的公共健康护士为 124 名（22.8%），10 年或以上工作经验者为 306 名（71.2%）。在事故发生时，330 名（76.8%）已经成为公共健康护士和 62 名（14.4%）仍在培训中。福岛核事故时，位于疏散地区的公共健康护士有 83 名（19.3%）。

结果显示：焦虑阴性组有 269 名和焦虑阳性组 161 名。单变量分析显示，年龄小于 40 岁，工作年限小于 10 年和缺乏经验的公共健康护士发生焦虑比例增高。多因素分析显示，事故发生时是否为公共健康护士（OR：2.37， $P < 0.01$ ）、当前对辐射的普遍担心（OR：3.56， $P < 0.001$ ）、当前获取辐射相关的知识（OR：2.11， $P < 0.01$ ）以及对切尔诺贝利事故后儿童甲状腺癌发生率增加的了解（OR：1.69，

$P=0.04$ ）与福岛核电站事故后焦虑的发生密切相关。而在事故前后两组在活动区、教育课程及培训方面没有明显差异（分别为 $P=0.62$ ， $P=0.16$ ， $P=0.60$ 和 $P=0.13$ ）。研究发现在焦虑阴性组，很难回答有关辐射的问题的比例、对辐射知识了解比例以及对切尔诺贝利事故后儿童甲状腺癌的了解明显高于焦虑阳性组（分别为 $P < 0.05$ ， $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$ ）。然而，事故发生当时由于辐射产生的焦虑和由于辐射照射导致的健康效应（如远后效应和遗传效应）的认识在两组间差异无统计学意义（分别为 $P=0.68$ ， $P=0.79$ 和 $P=0.20$ ）。以上这些提示，虽然很多的公共健康护士有切尔诺贝利事故知识，但他们不能很好地与居民沟通辐射对健康的影响，会造成居民焦虑。故在核电站事故期间正确掌握及应用辐射专业知识是很重要的。

灾害的应对措施直接影响应急管理，并可能导致慢性应激的恶化。在该研究中包括了评价公共健康护士的应急管理。在焦虑阴性组和焦虑阳性组之间，没有观察到两组人群对应急管理有明显差异（ $P=0.47$ ）。根据 FHMS 监测到的福岛居民心理健康和日常生活，发现居民的心理健康状况很差。提示居民的心理受到了灾难的极大影响，可以预期在福岛工作的公共健康护士也受到类似的影响。因此，对公共健康护士心理支持是十分必要的。

该研究有一定局限性，如未能获得焦虑、应急管理等相关因素的足够信息，由于该研究的对象仅是在日本福岛的公共健康护士，可能会有普适性问题。但我们仍然认为，福岛核事故后 4 年对公共健康护士的辐射焦虑和应激处理能力的调查提示获取辐射知识和正确应用是很重要的。

(北京大学第三医院 岳瑶 梁莉 报道)





评估暴露不确定性对白俄罗斯儿童或青少年甲状腺癌风险的影响

【据《PLOS ONE》2015年10月报道】题：评估暴露不确定性对白俄罗斯儿童或青少年甲状腺癌风险的影响（作者 Mark P. Little 等）

在切尔诺贝利核事故后，对乌克兰和白俄罗斯人的几年随访过程中发现甲状腺癌的发病率升高，这很大程度上与反应堆释放的 ¹³¹I 有关。尽管先前对白俄罗斯甲状腺癌的发病率数据进行了分析，但没有考虑到剂量测量误差。

来自美国国家癌症研究所辐射流行病学分会的 Mark P. Little 等进行了一项研究，该研究应用剂量-反映模式对 11,732 例事故发生时年龄在 18 岁以下，并长期居住在白俄罗斯放射性污染最严重的地区的个体进行甲状腺筛查患病率队列研究。该研究人群在 1996 ~ 2004 年间诊断为甲状腺癌及其他甲状腺疾病，并接受甲状腺 ¹³¹I 活度测量。该研究应用回归校准、蒙特卡罗最大似然法及贝叶斯马尔可夫蒙特卡罗三种方法进行剂量误差校正。无论回归调整方法如何应用，剂量增加与甲状腺癌的发病率相关，这具有统计学意义 ($P < 0.001$)。未调整剂量误差时附加比值为 1.51Gy (95%CI 0.53 ~ 3.86)，然而经回归校准调整后附加比值为 1.31Gy (95%CI 0.47 ~ 3.31)，较前降低 13%。根据蒙特卡罗最大似然法计算，附加比值为 1.48Gy (95%CI 0.53 ~ 3.87)，与未经调整时附加比值相比，约降低 2%。应用贝叶斯方法计算，最大后验比值为 1.16Gy- (95% Bayesian 置信区间 0.20 ~ 4.32)，较未经调整时降低 23%。边界显著性 ($P=0.053 \sim 0.078$) 经上述方法的校正，剂量反应均有所下降。性别对放射剂量的易感性具有边界显著性 ($P=0.102$)，而事故发生时及随访时的年龄对其无显著影响 ($P > 0.2$)。总之，非共享经典的剂量误差对回归参数的影响是相对小的。

(北京大学第三医院 刘燕娥 梁莉 报道)

辐射诱导分化型甲状腺癌与提高总体存活率有关

【据《Thyroid》2016年8月报道】题：辐射诱导分化型甲状腺癌与提高总体存活率有关，与特异性死亡率或无病生存期无关（作者 Michael G. White 等）

辐射是分化型甲状腺癌 (DTC) 的危险因素。尽管核灾难后及医务工作慢性辐射暴露 (RE) 相关的分化型甲状腺癌的发展过程已多次被报道，但短期暴露在治疗某种良性疾病的医疗辐射，导致分化型甲状腺癌的报道却较为少见。

来自芝加哥大学外科学系泌尿外科手术小组的 Michael G. White 等研究者进行了一项研究，比较了有无治疗相关的外辐射暴露史的 DTC 患者的形态和结局。回顾性分析了芝加哥大学 1951 ~ 1987 年间的分化型甲状腺癌患者，平均随访时间为 27 年 (0.6 ~ 60 年)。患者按有无辐射暴露史分为两组，RE+ 组 (辐射暴露组) 及 RE- 组 (无辐射暴露组)。研究的变量包括性别、暴露时年龄、剂量、照射方式，DTC 的组织学类型及转归。该研究回顾性研究了所有患者的组织学形态，然后应用 Cox 比例风险模型和 Kaplan-Meier 曲线评估结果。

该研究共入组 257 例 DTC 患者，其中 RE+ 组共计 92 例，占 36%，而 RE- 组共 165 例，占 64%，而 RE+ 组中男性比例较高 (43.5% vs 27.3%， $P=0.01$)。典型的乳头状癌占 94.2%；在 RE+ 和 RE- 组之间组织学形态无显著差异 ($P=0.73$)。RE+ 组总生存期更长 (OS 43 年对 38 年； $HR=0.55$ ； $CI 0.34 \sim 0.89$ ； $P=0.01$)。RE- 组中男性预后比同组组中女性 ($HR=1.78$ ， $CI 1.05 \sim 3.03$ ； $P=0.03$) 及 RE+ 组男性 ($HR=2.98$ ； $CI 1.39 \sim 6.38$ ； $P=0.01$) 更差。RE+ 和 RE- 两组间复发率无显著性差异 ($HR=0.85$ ； $CI 0.52 \sim 1.41$ ； $P=0.54$)，DTC 相关死亡率也无显著差异 ($HR=0.54$ ； $CI 0.21 \sim 1.37$ ； $P=0.20$)。尽管传统观点认为 DTC 合并辐射暴露更具有侵袭性，但该研究表明 RE+ 组与 RE- 组相比总生存期更长，尤其是男性患者。该研究也证实了两组间甲状腺癌复发率相似。对于潜在的影响因素及机制目前尚不清楚，仍需要进一步探讨。

(北京大学第三医院 刘燕娥 梁莉 报道)

切尔诺贝利核事故后甲状腺乳头状癌的基因标志



【据《Eur J Nucl Med Mol Imaging》2016年1月报道】题：切尔诺贝利核事故后甲状腺乳头状癌的基因标志（作者 Daria Handkiewicz-Junak 等）

继切尔诺贝利和福岛核事故后，核能领域面临着如何筛查和诊断低剂量内照射污染所致的生物学效应。尽管在切尔诺贝利事故后儿童甲状腺乳头状癌 (PTC) 发病率增加，目前尚不清楚此类甲状腺乳头状癌分子生物学特征与散发型甲状腺乳头状癌有何差异，是否与低剂量辐射暴露有关。

为探讨辐射相关甲状腺乳头状癌 (暴露于切尔诺贝利核事故，ECR) 与散发型乳头状癌的分子学差异，来自波兰波兹南医科大学小儿内分泌科的 Daria Handkiewicz-Junak 等研究者进行了一项研究，搜集了 65 名儿童或年轻成年人甲状腺乳头状癌患者的组织样本，应用 DNA 基

微集阵列技术 (Affymetrix, Human Genome U133 2.0 Plus) 进行基因多态性分析。所有入组者均来自同一地区，使遗传背景或环境相关的影响因素最小化。研究者应用针对 239 种基因的 300 种不同表达的探针进行基因分析，结果发现切尔诺贝利核事故后甲状腺乳头状癌和散发型甲状腺乳头状癌患者基因表达谱差异小，但统计学上有显著性差异 ($P < 0.01$)。多因素方差分析显示，除辐射暴露史外，BRAF 基因突变是甲状腺乳头状癌表达谱的独立影响因素，但组织学亚型和患者确诊年龄对其影响甚小。研究者应用定量 RT-PCR 技术对两组患者分别检测 19 个基因，结果发现 10 个基因 (PPME1、HDAC11、SOCS7、CIC、THRA、ERBB2、PPP1R9A、HDGF、RAD51AP1、CDK1) 与辐射暴露有关。因此，切尔诺贝利核事故后甲状腺乳头状癌中显著且微妙的基因表达差异，与曾有低剂量辐射暴露有关。

(北京大学第三医院 刘燕娥 梁莉 报道)

BRAF^{V600E} 基因突变在福岛罹患甲状腺癌的年轻患者中的高发生率

【据《Scientific Reports》2015年11月报道】题：BRAF^{V600E} 基因突变在福岛罹患甲状腺癌的年轻患者中的高发生率：不同于切尔诺贝利的致癌分析（作者 Norisato Mitsutake 等）

福岛第一核电厂事故发生后，2011年10月开始展开对事故发生时年龄在 0 ~ 18 岁儿童进行甲状腺超声筛查项目。在该人群中甲状腺癌的患病率非常高 (84 例/296,253 人)。为探索发病机制，来自日本长崎大学原子弹研究所放射医学科的 Norisato Mitsutake 等分析了这些肿瘤中驱动突变的情况。

该研究共纳入 2013 年 2 月 ~ 2014 年 9 月期间就诊于福岛医科大学的 68 例甲状腺癌患者，其中女性 46 例，平均年龄 17.3 岁，平均肿瘤大小为 14.7mm。其中，61 例经典型甲状腺乳头状癌 (PTCs)、2 例滤泡型甲状腺乳头状癌、4 例筛状-桑椹状型甲状腺乳头状癌及 1 例低分化甲状腺癌。通过检测发现，43 例有 BRAF^{V600E} 基因突变 (63.2%)，6 例有 RET/PTC1 基因突变 (8.8%)，1 例有 RET/PTC3 突变 (占 1.5%)，4 例存在 ETV6/NTRK3 突变 (占 5.9%)。在经典型和滤泡型甲状腺乳头状癌患者中，BRAF^{V600E} 基因突变的发生与肿瘤的大小呈负相关。这些病例的遗传学模式与切尔诺贝利事故后甲状腺乳头状癌完全不同：这些癌症病因不是辐射所致的。该研究第一次通过大批量甲状腺癌筛查中发现癌基因的情况，这可能反映了日本年轻人群中所有散发性和潜在性肿瘤的遗传学状况。据推测，在儿童甲状腺乳头状癌中 BRAF^{V600E} 基因突变没有生长优势，在大多数病例中肿瘤生长缓慢，这提示在儿童甲状腺乳头状癌的进展过程中，其他因素可能发挥更大作用。

(北京大学第三医院 刘燕娥 梁莉 报道)



评估东日本灾害对中小儿童心理健康的影响

【据《PLOS ONE》2017年1月报道】题：评估2011年日本大地震、海啸和辐射灾害对福岛地区中小儿童心理健康的影响（作者 Mark Lieber）

日本儿童心理障碍的整体发病率目前并无确切数据，2011年3月11日的灾难事件相关的一系列因素均提示很多的儿童在遭遇地震、海啸辐射时，很有可能出现中重度的心理状况异常，比如抑郁以及创伤后精神失调。以前的研究显示对比成人，儿童在遭受自然灾害后更易出现心理孤僻、易发脾气、注意力下降以及睡眠障碍。儿童比成人更担心灾害的再次发作，出现安全感下降。日本政府将撤离地区限制在距离福岛第一核电站周围20公里，这一举动在国内及国外均饱受指责，因为可能对该区域的30万名儿童产生不良影响。这项决定促使了6个日本的非政府组织向联合国人权事务高级专员办事处提交了联合报告，详细描述了福岛县儿童的状况，并督促联合国进行一定条件下的干预。因为这些因素，福岛县的儿童更需要进行心理疾病发病状况的调查研究，并需要进一步了解可能的危险因素以及保护性因素。

2011年3月11日，日本太平洋海岸发生了里氏9级地震，之后，巨大的海啸摧毁了许多位于该区域的沿海城市。由于地震和随之而来的海啸，福岛第一（福岛1）核电站出现严重故障，导致该区域出现放射性物质泄露。最近已经开始有研究着重关注这些事件对该区域成年人的心理健康的影响，但目前尚无研究调查对儿童是否存在类似影响。

来自美国加利福尼亚大学尔湾分校医学院的 Mark Lieber 进行了一项研究，该研究的主要目的：(1) 对居住于日本福岛县的中小学生的心理健康进行评估；(2) 识别与儿童心理健康评分相关的危险因素及保护性因素。采用人口统计调查、长处和困难问卷（Strengths and Difficulties Questionnaire, SDQ）以及事件冲击量表修订版（The impact of Event Scale-Revised, IES-R）对这些因素进行量化评分，其中后两种方法已经在日本被有效应用。在2012年2月至2012年3月之间，大约有3,650名中小学生的学生进行了问卷调查。研究数据（表1）显示被迁移至郡山市的儿童，SDQ问卷得分显著高于原居住儿童（ $P < 0.05$ ），同样也显著高于那些居住在福岛县外的儿童所代表的对照组（ $P < 0.01$ ）。使用多因素回归分析，研究也发现年龄小和父母创伤与高SDQ评分显著相关（ $P < 0.01$ ），而性别、搬家和曾遭遇暴力与之无关。

这些研究结果表明，在受自然灾害影响的儿童中，更年幼的儿童以及那些父母遭遇创伤相关痛苦的儿童更容易出现儿童精神障碍。

（北京大学第三医院 张煜 张照辉 报道）

表1 SDQ评分

类别	人群 (例数)	异常 SDQ 评分的比例	SDQ 评分 (平均值)	SDQ 评分的标准误	P 值
迁移儿童 (类别 I)	51	20%	17.2	+/-7.0	< 0.01
原居住儿童 (类别 II)	734	14%	15.6	+/-6.2	< 0.05
对照组儿童 (类别 III)	219	7%	14.7	+/-5.4	-
总计	1,004	12%	15.6	+/-6.2	-

东日本大地震对儿童体重指数的纵向变化的影响

【据《International J of Obesity》2017年1月报道】题：东日本大地震对儿童体重指数的纵向变化的影响（作者 Wei Zheng）

2011年发生的东日本大地震导致人群大规模撤离以及房屋破坏，以及随之而来的核辐射可能会从多方面影响儿童的健康。然而，目前缺乏针对地震影响儿童纵向生长的研究。来自北京大学医学部公共卫生学院社会医学与健康教育系的 Wei Zheng 等就地震对学龄前儿童体重指数纵向变化的影响进行了探讨和研究。

2011年3月11日9.0级的东日本大地震严重破坏了日本的东北部，福岛市核辐射出现严重泄露。此次灾难导致了至少18,482例死亡以及6,152人受伤，超过40万栋房屋被毁损。岩手县、宫城县和福岛县，这3处位于日本东北部到太平洋西部，是受影响最严重的区域，绝大多数的死亡和失踪事件发生在这3处区域。儿童是生长发育的关键时期，因此，这些环境以及生活方式的改变可能会影响到儿童生长，儿童肥胖和成人后肥胖、高血压、2型糖尿病以及代谢综合征的发病率升高明显相关，从而导致心血管疾病和几种癌症发病率升高。尽管在成人中，已经有研究报道地震的幸存者会出现BMI升高、腰围增加、HbA1c升高以及HDL-C的下降，但缺乏儿童相关数据的报道。因此进行了该项研究。

该项研究在岩手县、宫城县和福岛县的幼儿园选取符合条件的儿童入组。暴露组为学龄前期（4~5岁）经历了地震的儿童，历史对照组的儿童为在相同区域的出生年龄小于暴露组2岁的儿童。使用多层次分析来对比两组儿童的体重指数以及超重/肥胖的发病率，同时也对比了两组地震前后BMI变化的差异以及超重/肥胖的比例。并且还对暴露组中遭遇特殊灾害经历的儿童进行了亚组分析。在入组儿童的幼儿园时期，进行1年2次的医学检查，时间分别在4月和10月。需要测量身高及体重，以及所患疾病，包括：肾脏疾病、心脏疾病、过敏性皮炎、支气管哮喘和其它疾病。在暴露组中，遭遇的特殊灾害经历的标准包括：房屋倒塌、海啸、火灾、搬家、被安置于避难所以及一名及以上家庭成员死亡。

总共有9,722名儿童参加了该项研究。在岩手县、宫城县和福岛县，分别大约有23%（81/359）、38%（132/346）、以及31%（97/317）的幼儿园参加了该项研究。依据不同的县，暴露组分别有1,229/2,338及1,534名儿童，历史对照组分别有880、1,751、990名儿童。总共有719名儿童遭遇了特殊的灾害经历。121名患者（2.4%）在灾害后从原有受灾区域搬出。暴露组与对照组的基线特征没有显著差异，地震后暴露组的儿童对比对照组，体重指数更高，并且超重的比例也升高。当针对暴露组中遭遇特殊灾害经历的儿童进行分析时，上述差异更为明显。

该研究结果显示自然灾害可能导致儿童出现生长发育相关问题，比如BMI的增加，上述问题应得到更多关注。

（北京大学第三医院 张煜 张照辉 报道）

消息



医学参考报社网站已开通，以放射医学与防护频道为主的各频道，现正免费注册网站会员，并可网上阅读报纸以及参加继续医学教育等学术活动。

网址：www.yxckb.com

儿童应对突发公共卫生事件、灾难或恐怖主义的医疗对策

【据《Pediatrics》2016年2月报道】题：儿童应对突发公共卫生事件、灾难或恐怖主义的医疗对策（作者 Daniel B. Fagbuyi）

在过去的10~15年，医疗对策（Medical Countermeasures, MCM）出现了显著的进步，用以解决可能出现的灾难危险，暴露化学泄露、生物危害、放射事故以及核威胁。儿童健康团体之间显著有效的合作，包括美国儿科学会、疾病控制与预防中心、联邦应急管理机构、国家卫生研究院、食品和药物管理局和其他联邦机构，在过去5年中已制定和准备了很多对策，用以处理与灾难防备有关的儿童的需要。但通常来说，儿童的MCM仍存在着明显差距，儿童群体在灾害面前非常脆弱，缺乏许多疫苗和药品。并且，成人使用的MCMs，很多药品和疫苗还没有儿童剂型，同时也缺少或安全的剂量信息。因此，在灾难发生时，国家的库存和其他储备（MCMs指定供应），药物治疗等都不足以解决儿童的需求。来自乔治华盛顿大学医学部国家儿童医学中心儿科急诊的 Daniel B. Fagbuyi 的政策声明提供建议，提倡公共健康和儿童的MCM的开发利用，用以应对突发事件或灾害。鼓励所有关爱儿童的机构投入必要的能源和资源，来完成和弥补与成人之间的显著差距，发展MCMs以应对



可能出现的灾难状况。

目前提倡建议包括如下：

- 1、为了满足儿童应对公共卫生突发事件、灾难或恐怖主义行为的需要，联邦和地方政府应该获得和保持足够的适合各年龄段儿童的MCMs；
- 2、各联邦机构、行业、学术机构和其他合作伙伴应研究、开发，并取得MCMs，用于儿童应对所有公共卫生急救、灾难、恐怖的场景，并报告进展；
- 3、联邦政府应资助生物医学研究，包括MCMs，应当给予儿童合理的、适应特殊情况的保护，要确定MCMs相关的儿科适应症；
- 4、联邦、州和地方政府以及私营企业者，应针对儿童和家庭的需要重点加强在MCM的实施、分布、管理规划；
- 5、联邦政府应该主动识别的公共卫生急救中儿童MCMs的预期用途。在儿童FDA未批准适应症的情况下，应当建立计划收集足够的数据和信息，包括安全及剂量信息。

（北京大学第三医院 张煜 张照辉 报道）



间充质干细胞治疗急性辐射综合征

【据《Military Medical Research》2016年5月报道】题：间充质干细胞治疗急性辐射综合征（作者 Risaku Fukumoto 等）

来自波兰 Białystok 大学健康科学院教育科学中心的 Risaku Fukumoto 等人发表了一篇社论。当遇到不可控核辐射扩散时（例如核设施爆炸或者不恰当的医疗治疗时），军人或平民将会发生急性辐射综合征，因此迫切需要找到帮助患者从急性辐射综合征中恢复的方法。可行的治疗方案之一是细胞治疗——如果细胞治疗使用适当，甚至可以促进整个机体的恢复。该社论重点综述了使用间充质干细胞（Mesenchymal Stem Cell, MSC）治疗急性辐射综合征的可能性，讨论了 MSC 对造血、胃肠道、皮肤系统和联合损伤中的治疗作用。体外研究发现，MSCs 支持受辐射后 CD34⁺ 细胞的生长，而且在 MSC 存在下有更好的 HSC

移植率。在治疗恶性和非恶性疾病所进行放射或化学治疗后，临床上已经成功地进行了 HSC-MSC 共移植。辐射暴露后的胃肠道综合征主要表现为损失了快速分裂的细胞（包括隐窝细胞和免疫细胞），从而导致上皮屏障的破坏和免疫失调，增加严重细菌感染的可能性。对意外过度放疗导致放射性肠炎的前列腺癌患者输注同种异体 MSCs，可减少相关疼痛、腹泻、出血、炎症和瘘管形成。还有报道对放射线照射后的动物输注 MSCs 可以促进隐窝细胞再生、干细胞生态位恢复以及木糖吸收。这些结果提示建立最佳 MSCs 治疗方案用于治疗辐射诱导的胃肠道综合征是有价值的。不论是否存在辐射损伤，MSCs 均能缩短皮肤伤口愈合的时间。创伤时骨髓 MSCs 还可以被调动，在创伤愈合中发挥关键作用。总而言之，MSCs 有希望用于治疗急性辐射综合征成为常规治疗的重要补充，因而受到极大关注，但是要注意的是该治疗仍处于研究阶段。

（北京大学第三医院 顾阳春 曹宝山 报道）

急性放射病相关问题和处理

【据《The Medical Aspects of Radiation Incidents》2013年9月报道】题：急性放射病遇到的问题及处理（作者美国辐射应急援助中心）

主要的医学问题

◆放射恐怖主义或者工业事件的受害者需要及时的诊断和医学干预、需要合适的手术环境、需要相关防护放射暴露和/或放射活性物质污染的条件。当患者出现放射性伤亡时，虽然尚未有报道医护人员受到了急性辐射，但该事件存在可能性，应该在应急预案中被列出。

◆放射剂量在发生放射事件后的早期不仅能够被物理师计算出来，也能通过评估一系列血细胞计数及病史（例如：症状的时间和严重性，呕吐等）后获得。大剂量可通过后续染色体重畸变生物鉴定得以证实，该鉴定方法为目前放射生物剂量学鉴定的金标准。

◆获得利用微分计算初始基线 CBC，如果可能，每6小时重复一次。淋巴细胞的下降低度为剂量依赖性的，在大剂量 gamma 射线和临界事故后为一级动力学，然而，在暴露后的起初几天，中性粒细胞/淋巴比例（N/L）增加。以上均为放射剂量的敏感标志物。

◆从事件发生到呕吐的时间（TE）如果 < 2h，全身有效剂量可能为 3Gy；如果 TE < 1h，全身剂量最可能超过 4 ~ 6Gy。相反的，如果患者在事件后 8 ~ 10h 没有呕吐，全身剂量可能 < 1Gy。这种估算可使得患者放心。虽然放射剂量导致的呕吐容易持续，但一旦患者被确认为最低医疗确认剂量后，身心导致的呕吐发生的可能性将会降低。

◆急性中重度的放射暴露（有效全身剂量 > 3Gy）患者的医疗干预应当强调快速使用集落刺激因子（CSF）以增强造血恢复。这类化合物会减少放疗导致的中性粒细胞减少，并刺激中性粒细胞恢复，虽然存在个体差异。

◆目前，唯一的 FDA 批准的用来治疗相关性中性粒细胞减少的造血 CSFs 是中性粒细胞集落刺激因子（G-CSF, Neupogen[®]）的重组体形式、巨噬细胞集落刺激因子（GM-CSF, Leukine[®]），以及聚乙二醇 G-CSF（Neulasta[®]）。推荐剂量见第三部分（ARS）。

◆遵照美国感染疾病协会（IDSA）的目前推荐：高危中性粒细胞减少被定义为伴有发热的放射导致的中性粒细胞减少。

急性放射病（ARS）的医疗干预

ARS 的处理主要集中于造血系统的支持和恢复。早期出现厌食、恶心、呕吐和萎靡症状是更高剂量的表现。两个最主要的治疗目的是努力预防中性粒细胞减少和败血症，以上常常会出现发热的预兆。中性粒细胞减少加重后，感染的风险增加——尤其是绝对的中性粒细胞计数将至 100/mm³。

放疗导致的呕吐可能会与精神性呕吐相混淆，尤其在其他呕吐同时存在时。放疗导致的呕吐可能更加容易持续，最好接受格拉司琼或者昂丹司琼治疗（5HT₃ 或血清素拮抗剂）。为了维持倡导的生理完整性，早期口服比起静脉更加推荐。仔细的了解病史和观察可能可以帮助区分。早期每 6 ~ 12h 重复进行 CBC 检测，可计算出每次的淋巴细胞绝对计数（ALC）以及中性粒细胞绝对计数（ANC），

如果出现快速明显的 ALC 减少提示接受了高剂量放射线。ALC 和中性粒细胞/淋巴细胞比率，以及出现呕吐的时间，可用来预测放疗剂量的严重性以及进行分类评分（见第二部分和以下样本问题）。

中性粒细胞减少性感染十分常见，但随着时间发展，革兰氏阴性和革兰氏阳性菌感染的特点，在不同人群和区域中有巨大的差异。鉴于 ARS 患者弱化的免疫系统，同时需要考虑到抗病毒和抗真菌治疗。选择抗感染方案的治疗应当遵循现在的美国感染疾病协会（IDSA）的推荐。

非格司亭（Neupogen[®]）是一种粒细胞集落刺激因子（G-CSF），其二聚体形式持续更久（Neupogen[®]）。沙格司亭（Leukine[®]）是一种粒细胞集落刺激因子（GM-CSF）。这些造血刺激因子，能够缩短中性粒细胞和巨噬细胞的恢复时间。最佳起效时间为给药后 24 至 72h。应持续每日注射，直至中性粒细胞绝对计数大于 1,000/mm³。

细胞因子：推荐剂量

存在严重中性粒细胞减少的患者推荐使用以下细胞因子：

- ◆非格司亭（G-CSF）2.5 ~ 5 μg/kg/d QD 皮下或等价（100 ~ 200 μg/m²/d）。
- ◆沙格司亭（GM-CSF）5 ~ 10 μg/kg/d QD 皮下或（200 ~ 400 μg/m²/d）。
- ◆聚乙二醇非格司亭（pegG-CSF）6 mg 皮下，每日一次。

关于 ARS 的医院处理问题

- ◆抗生素、抗病毒、抗真菌药物。
- ◆早期细胞因子治疗。
- ◆早期伤口缝合。
- ◆GI 净化。
- ◆有创操作最小化。
- ◆屏障隔离。
- ◆全身剂量大于 2 ~ 3Gy 患者的隔离。
- ◆严格环境控制，包括：隔离、严格洗手、外科防护口罩以及可能的层流。
- ◆考虑 H₂ 阻滞剂和质子泵抑制剂用于应急溃疡预防。
- ◆维持胃内酸度药物（硫糖铝）的潜在获益。
- ◆口服优于静脉给药，（尽可能熟食，禁忌根类植物）。
- ◆仔细的口腔及指甲卫生。
- ◆皮肤和头发可用洗必泰擦拭。

结论

对于全身或者部分身体接受了明显辐射的患者，需要进行积极的干预和护理，作为医学推荐的细胞因子治疗，需要尽早用于即将发生的中性粒细胞减少或中性粒细胞减少性发热，必要时参照 IDSA 指南进行抗生素治疗。如果剂量超过 1,000rads（10Gy），肺组织可能也会在早期受损。正如所见，需要咨询血液学家、放射肿瘤学家、感染疾病专家等，因为这些专家将可能提供有价值的放射性损伤/疾病的建议。（北京大学第三医院 李倩 马力文 报道）

终校	排版设计	年 月 日	经营监管部	年 月 日
	编辑出版	年 月 日	总编室	年 月 日

ECCG 是小鼠造血干细胞辐射损伤中的潜在减轻剂

【据《Biomedicine & Pharmacotherapy》2017年1月报道】题: ECCG, 一种茶多酚, 是小鼠造血干细胞辐射损伤中的潜在减轻剂 (作者 Mirinalini Tivari 等)

很多关于放射线暴露的不良影响的报道, 但是放射线在我们日常生活中的应用仍然不断扩大。因此, 能够提供针对辐射损伤的保护、减轻或治疗作用的物质, 是辐射生物学家长期以来一直感兴趣的事情。来自印度核科学与科学技术研究所辐射遗传学与表观遗传学系的 Mirinalini Tivari 等人采用 C57BL/6 小鼠模型研究 EGCG (表没食子儿茶素没食子酸酯), 一种具有 DNMT 抑制作用的茶多酚, 有减弱辐射损伤的潜在能力。接受致死剂量的全身照射后 1.5 小时, 给予小鼠 EGCG 0.1833mg/kg 治疗, 30 天存活率为 45%, 并且存活的小鼠能够恢复体重。与单独照射组相比, EGCG 处理组可观察到各种血液学参数的提前恢复, 骨髓集落形成数目显著增加。微核检查结果显示, EGCG 能显著减少辐射对小鼠骨髓细胞的遗传学损伤, 但对骨髓细胞的细胞周期分布没有明显影响。ELISA 方法检测骨髓细胞裂解物显示 EGCG 能抑制 HDAC 酶活性, 并且 DNase 可达性试验显示 EGCG 治疗增加染色质到酶的可达性。结果表明 EGCG 能够减轻辐射对小鼠造血系统的损伤, 且抑制了 HDAC 酶活性。然而, 还需要进一步研究以了解其作用机制。 (北京大学第三医院 顾阳春 曹宝山 报道)

应急反应剂量预测的剂量测定方法更新

【据《Health Physis》2016年2月报道】题: 应急反应剂量预测的剂量测定方法更新 (作者 Sara DeCair 等)

美国环境保护局的 Sara DeCair 等人指出: 2013 年美国环境保护署 (EPA) 更新了 1992 年制定的保护行动指南 (PAG) 手册, PAG 手册为州和地方官员提供放射突发事件的指导。当官员们在紧急情况下临时使用该修订指南进行操作时, EPA 要求公众对该修订稿进行评议。与跨部门合作开发, EPA 的修订建议包括采用自当前版本下发以来更新的剂量学方法、识别工具和指南, 并将 PAG 手册的适用范围拓展至所有重要的放射性事件, 包括放射性扩散装置或简易核装置。为了更好地为应急管理界服务, 对在实施突发事件指南中如何用国际辐射防护委员会出版物 60 对年龄组进行剂量评估, 需要制定科学的政策方向。适用于不同人群的不同 PAG 指南涉及到碘化钾 (KI)、食物和水。这些指南对特定年龄给出了建议, 因为在某些特定情况下, 在摄入和吸入放射物质时, 甲状腺和幼儿对辐射敏感性更高。因此, 采取的某些保护措施, 如使用 KI、避免某些食物或使用替代饮用水等, 应该更容易被幼儿的父母操作实现。清晰的公共消息应该能告知哪些年龄组应该采取哪些行动, 而不是让整个家庭或居民区疏散或搬迁。PAG 手册中的新增内容是针对情况稳定并且努力恢复秩序的事件后期阶段的指导。因为后期阶段可能持续数年才能完成, 决策者面临的是在未完全修复的地区管理公共暴露。该提案包括: 关于告知再次进入受污染区域的快速参考操作指南; 关于大范围区域的清理措施和清理目标的广泛指导。EPA 手册清理流程采用的是 2008 年美国国土安全部 (DHS) 制定的关于放射性扩散装置 (RDD) 和简易核装置 (IND) 事故后的保护和恢复指南, 最终版 PAG 手册将取代 DHS 指导。PAG 手册还提供废物管理指南。当意识到事故带来的放射性废物量可能对现有资源和能力带来极大压力甚至超载时, 官员可考虑对污染程度相对轻微的废物采用替代方式来处置。废物管理, 包括废物处理、分期、临时和长期存储, 这些都必须是恢复阶段的组成部分。 (北京大学第三医院 顾阳春 曹宝山 报道)

核辐射和周围组织创伤复合伤的小鼠模型的构建

【据《Radiat Res》2017年1月报道】题: 核辐射和周围组织创伤复合伤的小鼠模型的构建 (作者 Antonic V 等)

一个 10 千吨当量的核弹在城市中爆炸将会导致 > 100 万人伤亡, 其中大部分将表现为复合伤。复合伤, 例如周围组织创伤和核辐射损伤, 将激活导致多脏器功能障碍和死亡的炎症反应, 胃肠道和肺损伤在其中发挥关键作用。来自美国马里兰大学医学院放射肿瘤学系辐射科学部的 Antonic V 等人进行了一项研究, 该研究目的是构建联合损伤的动物模型: 应用外周组织损伤 (TBX 动物模型) 联合 5% 骨髓屏蔽的全身照射 (TBI/BM5) 来研究外周组织损伤是否会对生存带来负面影响。雄性 C57BL/6J 小鼠分成三组, 分别暴露于 TBX 10%、核辐射 (TBI/BM5) 或两者的联合损伤 (TBX10%+TBI/BM5), 观察 TBI/BM5 暴露后第 7 天的死亡率。对 TBI/BM5 小鼠在暴露后的第 1 天、第 3 天, 和第 6 或 7 天实施安乐死, 来观察复合伤的病理生理过程。通过功能测试评估肺功能和胃肠动力。安乐死后收集肺和空肠标本评估组织损伤。结果表明, 和 TBX10% 或 TBI/BM5 组相比, TBX10%+TBI/BM5 组的致死率更高, 生存期更短 (分别在第 1 天对比第 7 天和 6 天评估)。单独 TBI/BM5 对肺没有影响, 但在第 6 天出现显著的胃肠损伤。正如预期的那样, 在严重创伤组 (TBX10% 组) 观察到肺功能损伤以及前 3 天出现胃肠转运延迟, 但随后影响减少。和另外两组相比, 复合伤组 (TBX10%+TBI/BM5 组) 在 24 小时的肺和胃肠功能损伤更严重, 组织学评估也提示肠道组织损伤更严重。研究者在这里建立了第一个组织创伤/核辐射损伤的复合伤小鼠模型, 该模型将有助于损伤机理研究, 以便于发现新的治疗靶点, 并可作为测试新治疗干预措施的平台。 (北京大学第三医院 顾阳春 曹宝山 报道)

用质子微束照射系统通过电离辐射诱导的染色体碎裂样染色体重排

【据《Oncotarget》2016年2月报道】题: 用质子微束照射系统通过电离辐射诱导的染色体碎裂样染色体重排 (作者 Morishita M 等)

染色体碎裂 (Chromothripsis) 是一次性灾难性事件导致的大量但高度局限的染色体重排, 而不是由一系列后续的随机改变累积而成的。染色体碎裂通常发生于多种肿瘤, 而被认为有致癌性并能增加恶性度。然而染色体碎裂的原因和后果仍然不清楚, 因此, 为了探明染色体碎裂的发生机制, 来自日本东京医科牙科大学医学研究所分子细胞遗传学系的 Morishita 等研究者考察了是否可以通过电离辐射人为造成染色体碎裂。研究者首先对口腔鳞癌细胞系 HOC313-P 及其高度转移亚系 HOC313-LM 使用单粒子照射系统 (SPICE) 引发 DNA 双链断裂, 然后用这些细胞分别建立辐照后的单克隆亚系。SPICE 系统是一种聚焦垂直微束系统, 能够将质子束精确靶向作用于粘附细胞的细胞核, 可有效引起某些染色体局部 DNA 双链断裂。然后采用 SNP 阵列、多色 FISH (M-FISH) 和全基因组测序 (WGS) 的方法分析这些建立的细胞系的基因组状态, 发现有一个亚系中出现了染色体碎裂样复合染色体改变。SNP 阵列分析在这些细胞亚系中检测到许多染色体拷贝数改变 (Chromosomal Copy Number Alterations, CNAs), 其中 HOC313-LM 细胞系被 200 质子的微束照射后衍生出的单克隆亚系之一显示在 7 号染色体上的局限性多重 CNAs。多色 FISH 分析显示 7 号染色体与 11 号和 12 号染色体之间存在复杂的重排突变。进一步全基因组测序显示在 2 号、5 号、7 号和 20 号染色体上出现多重全新的复杂染色体重排, 类似染色体碎裂。这些研究结果提示细胞核内局限性的电离辐射可以通过局部 DNA 损伤导致染色体碎裂样的复杂染色体改变。 (北京大学第三医院 顾阳春 曹宝山 报道)

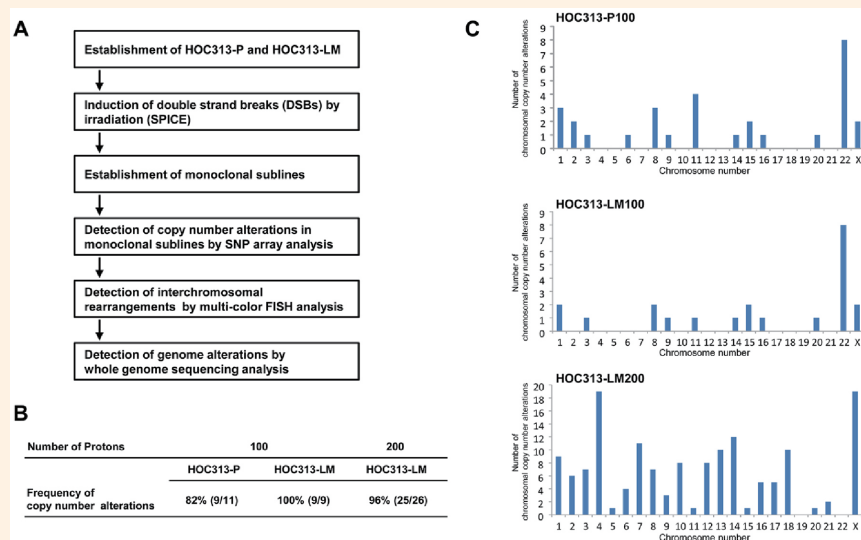


图 1 应用口腔鳞癌细胞系 HOC313-P 和 HOC313-LM 建立辐照后的单克隆亚系, 并采用 SNP 阵列分析检测辐射引起的染色体 CNAs。A. 采用 SPICE 系统进行微束照射建立辐照后的单克隆亚系的操作流程, 以及通过几种基因组分析方法检测染色体改变。B. 采用 SNP 阵列分析检测染色体 CNAs。HOC313-P 和 HOC313-LM 的单个细胞核受到 100 或 200 质子的照射。百分数提示单克隆亚系带有 CNAs 的频率。C. HOC313-P100 (上)、-LM100 (中) 和 -LM200 (下) 亚系细胞每个染色体的 CNAs 频率。横坐标表示染色体编号, 纵坐标表示在单克隆亚系中通过 SNP 阵列分析检测的染色体 CNA 总数。

“行为激活治疗项目”对改善母亲身心健康的影响

【据《BMC Public Health》杂志 2016 年 11 月报道】题：“行为激活治疗项目”改善了福岛地区母亲辐射应急相关身心健康：随机对照试验（作者 Kotaro Imamura 等）

核电站事故后重要的健康问题之一是受影响地区居民的心理健康。在过去的核电厂事故中，事故后许多年可观察到疏散居民存在无临床表现的心理压力（如抑郁和焦虑）长期增加。居民对辐射照射过度焦虑和相关心理压力的机制尚未完善。在无症状人群中，改善辐射所致焦虑的一种有效的心理干预是行为激活治疗（BA）。BA 是一种治疗过程，采用行为策略如安排固定活动时间，以增加愉快感和有益活动的机会，其效果可优于认知行为（CB）方法。

日本东京大学医学研究生院心理健康系的 Kotaro Imamura 等研究者旨在应用 BA 方法进行干预，以期减少核事故后儿童母亲因辐射焦虑导致的心理压力。主要研究目的为减轻心理压力和躯体症状。次要结果为辐射焦虑、活泼、生活满意度。该研究目标人群是在福岛市或周边中小城市居住的学龄前儿童的母亲（n ≈ 12,000），该研究是第一次在社区无症状人群中进行的以 BA 培训为基础改善辐射焦虑引起的心理困扰和躯体症状的测试。

37 位母亲参加了该项研究，并完成基线调查，随机分配到干预组或对照组，其中干预组 19 例，对照组 18 例。在 1 个月和 3 个月的随访时，干预组 17 例参与者（94.4%）及对照组 17 例参与者（89.5%）完成随访调查。退出原因是家庭身体状况不佳、分娩，或搬迁。

该研究中，BA 培训未能表现出对主要研究目标有显著的干预效果，仅在 1 个月随访时，心理压力（ $t=-1.99, P=0.051$ ）和躯体症状（ $t=-1.83, P=0.07$ ）方面只表现出轻微的改善。可能是干预强度低和持续时间短的缘故。

在次要目标中，BA 培训后 3 个月，在增加活力方面显示出有显著的干预作用，对生活满意度在 1 个月和 3 个月随访时有轻微显著的提高。没有观察到辐射焦虑状态明显改善。

在几个亚组之间可观察到 BA 培训效果有明显差异：在三个月的随访时，职业母亲（干预组 n=6，对照组 n=5）在心理压力（-1.15[95%CI -2.22 ~ 0.08]）、活泼（1.47[95%CI 0.66 ~ 2.27]）和生活满意度（1.19[95%CI 0.21 ~ 2.17]）方面有改善，因为她们可能有更多的机会在广泛的社交网络包括她们的工作场所实践 BA 培训内容；家庭主妇（每组 12 人）在培训一个月时的生活满意度（1.05[95%CI 0.32 ~ 1.77]）明显提高；受过大学或高等教育的母亲（干预组 n=10 和对照组 n=5）活泼程度在三个月随访时最高（1.14[95%CI 0.21 ~ 2.08]），生活满意度在一个月随访时最大（1.56[0.83 ~ 2.27]），可能因为她们能更好的理解培训内容。有两个或以上孩子的母亲（干预组 n=10，对照组 n=12）心理压力在一个月和三个月随访时得到改善（-1.24[95%CI -1.94 ~ 0.55]）和（-0.93[95%CI -1.73 ~ -0.55]），以及活泼程度在三个月随访时有较大改善（1.12[95%CI 0.34 ~ 1.89]），她们可能在辐射焦虑情况下抚养孩子有很多困扰和负担，因此感觉更需要学习 BA 培训。因此，该研究提示职业性、受过高等教育、或有两个或更多孩子的母亲的参与者在 BA 长期培训（即三个月）中获益。不幸的是，由于样本量小，目前的该研究不能证实这些亚组的差异，但需要进一步大规模的研究。

（北京大学第三医院 岳瑶 梁莉 报道）

上接第 1 版

针对医学领域的放射性核素的使用及管理，国家辐射防护与测量委员会（NCRP）（65）以及 NCRP 报告 161（2010）是重要的参考文件，为医师决策病人是否需要核素治疗提供指南准则。NCRP 报告 161 也解决了尿液样本检测核素中经常遇到的一些问题。

特定放射性核素的治疗

本节提供（1）对于特定放射性核素促排治疗建议；（2）治疗药物信息。表 1 总结了各种放射性核素内污染医学处理的建议。表 2 提供了用药物剂量日程表或治疗方式。根据《核或放射急救医学响应程序》（国际原子能机构，2005）声明，是否进行内污染的治疗，取决于治疗所带来的较大副作用，在进行内污染治疗时，要权衡对身体短期及长期健康影响之利弊。

碘化钾阻止甲状腺对放射性碘的吸收

儿童暴露于放射性碘后特别容易罹患甲状腺癌。应该在暴露放射性碘的 4 小时内口服碘化钾（KI），以阻止甲状腺对放射性碘的吸收。有些人可能会对 KI 过敏，可以应用替代品，但使用替代品前应与自己的医生进行讨论。

表 1 美国有关放射性核素促排治疗建议（NCRP 报告 161，2010）

放射性核素	治疗	首选方案
Actinium (Ac) 锕	考虑 DTPA	考虑 DTPA
Americium (Am) 镅	DTPA	DTPA
Antimony (Sb) 锑	BAL、青霉素	BAL
Arsenic (As) 砷	BAL、DMSA	BAL
Barium (Ba) 钡	Ba、Ca 治疗	参见 NCRP 161
Berkelium (Bk) 锫	DTPA	DTPA
Bismuth (Bi) 铋	BAL、青霉素、DMSA	DMSA
Cadmium (Cd) 镉	DMSA、DTPA、EDTA	DMSA
Californium (Cf) 锿	DTPA	DTPA
Calcium (Ca) 钙	Ba、Ca 治疗	参见 NCRP 161
Carbon 碳	没有有效治疗	N/A
Cerium (Ce) 铈	DTPA	DTPA
Cesium (Cs) 铯	普鲁士蓝	普鲁士蓝
Chromium (Cr) 铬	DTPA、EDTA（禁忌抗酸剂）	DTPA
Cobalt (Co) 钴	DMSA、DTPA、EDTA、NAC	DTPA
Copper (Cu) 铜	EDTA、青霉素、三乙醇胺	青霉素
Curium (Cm) 锔	DTPA	DTPA
Einsteinium (Es) 铈	DTPA	DTPA
Europium (Eu) 铕	DTPA	DTPA
核裂变产物（混合物）	治疗取决于当时存在的主要同位素，早期为碘，晚期为铯、钡以及其他	
Fluorine (F) 氟	氢氧化铝	氢氧化铝
Gallium (Ga) 镓	考虑青霉素	青霉素
Gold (Au) 金	BAL、青霉素	BAL
Indium (In) 铟	DTPA	DTPA
Iodine (I) 碘	碘化钾、丙基硫氧嘧啶、甲硫咪唑	碘化钾
Iridium (Ir) 铱	考虑 DTPA、EDTA	考虑 DTPA
Iron (Fe) 铁	去铁胺（DFOA）、铁离子螯合剂、DTPA、DTPA 与 DFOA 联用	DFOA
Lanthanum (La) 镧	DTPA	DTPA
Lead (Pb) 铅	DMSA、EDTA、EDTA 与 BAL 联用	DMSA
Manganese (Mn) 锰	DFOA、DTPA、EDTA	DTPA
Magnesium (Mg) 镁	考虑铈治疗	考虑铈治疗
Mercury (Hg) 汞	BAL、EDTA、青霉素、DMSA	BAL
Molybdenum (Mo) 钼	临床经验有限	
Neptunium (Np) 镎	考虑 DFOA、DTPA，或两者联用	考虑 DFOA、DTPA，或两者联用
Nickel (Ni) 镍	BAL、EDTA	BAL
Niobium (Nb) 铌	DTPA	DTPA
Palladium (Pd) 钯	青霉素、DTPA	青霉素
Phosphorus (P) 磷	磷治疗	磷治疗
Plutonium (Pu) 钚	DTPA、DFOA、EDTA、DTPA 与 DFOA 联用	DTPA
Polonium (Po) 钋	BAL、DMSA、青霉素	BAL
Potassium (K) 钾	利尿剂	利尿剂
Promethium (Pm) 钷	DTPA	DTPA
Radium (Ra) 镭	Ra、Sr 治疗	
Rubidium (Rb) 铷	普鲁士蓝	普鲁士蓝
Ruthenium (Ru) 钌	DTPA、EDTA	DTPA
Scandium (Sc) 钪	DTPA	DTPA
Silver (Ag) 银	无特殊治疗，考虑洗胃和泻药	
Sodium (Na) 钠	利尿，用生理盐水稀释同位素	利尿，用生理盐水稀释同位素
Strontium (Sr) 锶	铈、铈治疗	
Sulfur (S) 硫	考虑硫代硫酸钠	考虑硫代硫酸钠
Technetium 锝	高氯酸钾	高氯酸钾
Thallium (Tl) 铊	普鲁士蓝	普鲁士蓝
Thorium (Th) 钍	考虑 DTPA	考虑 DTPA
Tritium (3H) 氚	水化利尿	水化利尿
Uranium (U) 铀	碳酸氢钠碱化尿液，考虑透析	碳酸氢钠
Yttrium 钇	DTPA、EDTA	DTPA
Zinc (Zn) 锌	DTPA、EDTA、硫酸锌作为稀释剂	DTPA
Zirconium (Zr) 锆	DTPA、EDTA	DTPA

表 2 用药剂量日程表或治疗方式

药物或治疗方式	剂量
乙酰半胱氨酸（NAC）	FDA 对年龄没有详细说明：300mg/kg，加入 5% 葡萄糖溶液中 IV 超过 24 小时，应对乙酰氨基酚过量。
去铁胺（DFOA）	FDA 对年龄没有详细说明：注射用甲磺酸去铁胺，肌注首选，1g 肌注或缓慢静推（2 安瓿）（15mg/kg/h）；之后 500mg 肌注或静推每 4 小时 1 次，共 2 次；之后 500mg 肌注或静推每 12 小时 1 次，共 3 天。
二巯基丙醇（BAL）	FDA 对年龄没有详细说明：300mg/小瓶深部肌肉注射，2.5mg/kg（或更少），每 4 小时 1 次，共 2 天，然后每日 2 次，共 1 天，然后每日 1 次共 5 ~ 10 天。
二乙三胺五醋酸（DTPA，钙或钠）	成人：1g 用 5ml 稀释后静脉推 3 ~ 4 分钟；或用 5% 葡萄糖、乳酸林格、生理盐水稀释后静点，超过 30 分钟。雾化吸入：1g 用 1:1 无菌注射用水或生理盐水稀释后雾化。12 岁以下儿童：14mg/kg 静点，不能超过 1g。肌注：1g 可肌注，可以用普鲁卡因减轻疼痛（FDA 未许可）。
依地酸二钠钙（EDTA）	FDA 对年龄没有详细说明：Ca-EDTA（依地酸二钠钙）1,000mg/m ² /d，用 500ml 葡萄糖生理盐水稀释后静点，超过 8 ~ 12 小时。
青霉素	FDA 对年龄没有详细说明：口服：250mg/天，在两餐之间及睡前服用，可以加量至 4g 或 5g/天，分次服用。
磷治疗，磷酸二钾	口服：250mg 磷/药片。成人：1 ~ 2 片/次，每日 4 次，每次服药要喝足够的水，餐时服药及睡前服药。儿童超过 4 岁：1 片/次，每日 4 次。
碘化钾（KI）	口服：药片或口服液。每日服药剂量根据年龄、甲状腺照射水平而定，对怀孕及哺乳期，16 ~ 130mg 不等。
丙基硫氧嘧啶（PTU）	FDA 对年龄没有详细说明：口服：50mg/片，2 片/次，每日 3 次，共 8 天。
普鲁士蓝	口服：成人和青少年，3g/次，每日 3 次；2 ~ 12 岁儿童：1g/次，每日 3 次。
碳酸氢钠（只用于钠）	口服或静脉
铈、铈治疗	氢氧化铝：口服：60 ~ 100ml，1 次。10% 氯化钙悬浮液，成人：静脉：200mg ~ 1g/天，共 1 ~ 3 天，缓慢静推，每分钟不能超过 1ml。葡萄糖酸钙：口服：10g 粉末加入 30ml 水服用。
二巯丁二酸（DMSA）（贝特）	FDA 批准儿科剂量：开始剂量 10mg/kg 或 350mg/m ² 口服，每 8 小时 1 次，共 5 天。之后减少给药频率至 10mg/kg 或 350mg/m ² ，每 12 小时 1 次（2/3 初始每日剂量），共 2 周。整个疗程为 19 天。
水化利尿	饮水：每天超过 3 ~ 4 升。

表 3 碘化钾推荐剂量

年龄	甲状腺受照剂量	KI 剂量
成年 > 40 岁	≥ 5Gy (500 rad)	130mg / 天
成年 18 ~ 40 岁	≥ 0.1Gy (10 rad)	130mg / 天
孕妇或哺乳期	≥ 0.05Gy (5 rad)	130mg / 天
儿童和青少年 3 ~ 18 岁	≥ 0.05Gy (5 rad)	65mg / 天
1 月婴儿 ~ 3 岁	≥ 0.05Gy (5 rad)	32mg / 天
出生 ~ 1 月	≥ 0.05Gy (5 rad)	16mg / 天

（北京大学第三医院 陈森 王文学 报道）