



地化所在国际上率先提出硒汞联合暴露健康风险评估新方法

文章来源：地球化学研究所

发布时间：2014-03-07

【字号： 小 中 大 】

目前国际上通用的汞的相关暴露健康风险评估指标主要基于世界卫生组织(WHO)和美国环保署(US EPA)颁布的相关标准。这些标准对有效管控各个国家和地区的环境汞暴露和健康风险起到了非常重要的作用。然而，随着相关研究的不断深入，科学家们发现，这一传统的仅基于汞暴露剂量的风险评估方法和标准体系并不足以解释现实世界中出现的一些貌似自相矛盾的“悖论”现象。如相关的流行病学研究发现，随着鱼类消费量(甲基汞暴露量)的增加，有些地区(如新西兰和法罗群岛)确实出现了对儿童健康结果不利的影响，但另一些地区(如塞舌尔群岛)并没有发现任何不利影响，更为有趣的是，部分地区甚至出现了随着甲基汞暴露量增加，儿童的发育表现出更为有益的结果。后来的研究发现，这种悖论现象很可能跟硒对汞的毒性效应具有保护作用有关。事实上，硒对汞的毒性效应具有拮抗作用这一认识早在1967年就被科学家Parizek所发现和报道。在过去的近半个世纪里，越来越多的证据不断证实了这一结论(更多细节详见综述文章：硒汞相互作用及机理研究进展，《地球与环境》，41(6)：696-708)。

显然，如果忽略硒的拮抗效应而继续沿用传统的汞暴露评估标准方法，将很难对不同区域的人群提供正确的膳食建议。早期的科学家们也曾做过各种尝试，希望在汞的评估标准中引入硒的影响。最开始被科学家们普遍采纳的指标是Ganther等早在1972年就提出的硒和汞的摩尔比值(Se/Hg)。然而，该方法存在的最大问题是二者具体处于多少摩尔比值时才起到保护作用并不清楚。直到2007年，Kaneko和Ralston提出一个命名为“硒的健康效益值”(Se-HBV)的新指标($Se-HBV = Se(Se/Hg) - Hg(Hg/Se)$)，该指标同时结合了硒和汞的摩尔浓度绝对量和相对比率，并利用二者的相对比率分别对汞和硒的绝对量进行矫正，从表达形式上相对于早期的Se/Hg摩尔比值指标看起来似乎更为合理和“优雅”。因此近年来，国际上越来越多的研究者开始频繁引用该指标对海产品的甲基汞暴露和硒的摄入风险进行评估。

遗憾的是，无论是新近提出的“Se-HBV指标”还是早期传统的“Se/Hg指标”方法，二者均存在一个显而易见的不足之处，即在某种极端情况下，满足了Se/Hg摩尔比值 > 1 或者Se-HBV > 0 的条件，但是存在硒摄入远远低于相关标准(即硒摄入不足)，或者相反，硒远远超过相关限制标准(将可能导致硒中毒)的情况，而这两种极端情况通过相关指标反映出来均是健康获益的安全状态，因此极易对公众造成误导。尽管Se-HBV指标的表达形式最近被Ralston等(2014)更新为 $HBV_{Se} = (Se-Hg)/Se * (Se+Hg)$ ，但类似问题仍然没有得到解决。

为了破解这一难题，中国科学院地球化学研究所研究员冯新斌带领的汞课题组及其合作者在对硒的生理学/毒理学意义、汞的毒理学意义以及硒汞相互作用分子机理等进行深入研究的基础上，提出了一个更为科学的可以同时评估硒汞联合暴露后的健康获益和风险水平的BRV指标方法，如下式所示：

$$BRV = PDI_{Se} - \Delta_{Se} - PDI_{Hg} \quad \text{公式[1]}$$

$$PDI = \sum (C^i \times IR^i) / bw \quad \text{公式[2]}$$

BRV代表健康风险效益值(Benefit-Risk Value)，当 $0 < BRV < \nabla_{Se}$ 时，代表健康处于安全获益状态，反之，则代表健康处于风险状态。 Δ_{Se} 表示假设汞的暴露量为0时满足人体最基本的生理功能所需要s的最小硒摄入量。 ∇_{Se} 则代表考虑汞的拮抗作用下硒中毒时的阈值。PDI代表硒或汞可能的日均摄入量。C和IR分别表示人体暴露的各种介质i的浓度及对应的日均摄取率。以上所以计算均基于摩尔浓度。此外，他们还利用该“BRV指标”和前面提及的“Se/Hg摩尔比值”方法和“Se-HBV指标”以及传统的汞和硒的评估标准方法(PDI)，对他们早期曾利用传统PDI方法进行过研究[In Inland China, Rice, Rather than Fish, Is the Major Pathway for Methylmercury Exposure. Environmental Health Perspectives. 118(9): 1183-1188]的万山汞矿区域的居民重新进行了健康风险评估的示范性研究。

研究结果出乎意料：（1）当考虑总汞暴露时，根据粮农组织/世界卫生组织食品添加剂联合专家委员会（JECFA）推荐值（4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ /week），所有研究点位全部超标；（2）改用美国EPA的甲基汞暴露限制值（0.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ /day）时，仅有约34%点位处于风险状态；（3）当根据中国营养协会的硒摄入安全范围值（50-200 $\mu\text{g}/\text{day}$ ）评估时，仅有12%点位超过上限值；（4）同时考虑甲基汞和硒暴露时，约41%点位处于硒暴露或者甲基汞超标、或者二者均超标的双重风险状态；（5）考虑硒和甲基汞的相互拮抗作用时，不管使用硒汞摩尔比值方法、Se-HBV方法还是本研究建立的BRV方法，所有点位均表现为健康获益状态；（6）考虑总汞和硒相互拮抗作用时，前两种方法显示约9%点位可能处于健康风险状态。相同暴露剂量在不同的评估指标下表现出极大的差异，这一结果表明，今后的汞暴露或者硒暴露健康风险评估必须同时考虑到硒和汞及二者相互作用才能提供较为全面和科学的膳食指导建议。

以上相关成果已经发表在国际刊物*Environ. Sci. Technol.*上（Zhang, H., Feng, XB et al. (2014). *New Insights into Traditional Health Risk Assessments of Mercury Exposure: Implications of Selenium.* *Environ. Sci. Technol.* 48(2): 1206-1212.）。国际健康研究权威审稿专家认为这项成果是对硒汞暴露健康研究领域的重要推动。

此外，冯新斌课题组及其合作者在汞矿区河流/土壤系统硒的生物地球化学循环特征和环境命运等领域的研究也取得了重要进展，相关成果分别发表在*Environmental Pollution*（Zhang, H., Feng, XB et al. (2014). *Understanding the paradox of selenium contamination in mercury mining areas: high soil content and low accumulation in rice.* *Environmental Pollution*.188:27-36.）和*Applied Geochemistry*等刊物上（Zhang, H., Feng, XB et al. (2014). *Selenium speciation, distribution, and transport in a river catchment affected by mercury mining and smelting in Wanshan, China.* *Applied Geochemistry* 40: 1-10.）。

文章链接：[1](#) [2](#) [3](#)