

# 尿碘检测技术在碘缺乏病防控中的应用

杨利军\*

(滦州市疾病预防控制中心, 唐山 063700)

**摘要:**本研究探讨尿碘检测技术在碘缺乏病防控中的应用及价值。通过分析基于不同化学反应原理的化学法与仪器分析法的尿碘检测技术特点及适用场景, 阐述该技术在评估人群碘营养状况、监测流行趋势以及为制定干预措施和评价效果等方面的应用情况, 同时指出其受个体差异、单次检测局限及技术自身不足影响。本研究对于助力防控事业发展、动态掌握人体碘营养状况意义重大, 为更科学有效地开展碘缺乏病防控工作提供了关键支撑。

**关键词:** 尿碘检测技术; 碘缺乏病; 防控

## 0 引言

碘是人体必需的微量元素之一, 在甲状腺激素合成过程中起着关键作用。碘缺乏对人体的生长发育、神经系统、智力水平等诸多方面都有着负面影响, 尤其对于孕妇、婴幼儿等特殊人群, 其带来的危害更为显著, 可能导致胎儿脑发育障碍、儿童智力低下等不可逆的后果。因此, 积极开展碘缺乏病的防控工作, 保障人群适宜的碘营养水平, 对于维护公众健康、提高人口素质有着至关重要的意义。尿碘检测技术作为一种能够直观反映人体碘营养状况的有效手段, 在碘缺乏病防控工作中占据着核心地位。通过对尿液中碘含量的测定, 可以间接了解机体近期碘摄入水平以及碘代谢情况, 进而为碘缺乏病的早期发现、病情评估、干预措施制定及防控效果评价等多个环节提供关键依据, 是实现精准防控碘缺乏病的重要技术支撑。本文旨在探讨尿碘检测技术在碘缺乏病防控中的核心作用, 分析其如何通过测定尿液碘含量为疾病的早期发现、病情评估、干预措施制定及防控效果评价等环节提供关键依据, 为更科学、精准地开展碘缺乏病防控工作提供技术层面的支持<sup>[1-3]</sup>。

## 1 尿碘检测技术概述

### 1.1 尿碘检测技术的原理

尿碘检测主要基于特定的化学反应原理, 目前常用的方法如砷铈催化分光光度法、电感耦合等离子体质谱法等。以砷铈催化分光光度法为例, 该方法利用在酸性条件

下, 碘离子对砷铈氧化还原反应的催化作用, 通过测定反应体系中特定物质在特定波长下的吸光度变化, 来间接推算出尿液中碘的含量。其原理建立在化学动力学基础之上, 碘离子作为催化剂参与反应, 且其浓度与反应速率存在定量关系, 从而能够实现对碘含量的准确测定。电感耦合等离子体质谱法则是先将尿液样本进行雾化、离子化处理, 使其转化为气态离子, 然后利用质谱仪根据离子的质荷比对碘离子进行分离和检测, 依据检测到的离子信号强度来确定尿碘含量, 该方法具有高灵敏度、高选择性以及能够同时检测多种元素等优势<sup>[4-5]</sup>。

### 1.2 尿碘检测技术的分类及特点

砷铈催化分光光度法: 具有操作简便、成本较低、对设备要求低的特点, 在基层医疗卫生机构及大规模的碘缺乏病监测工作中应用广泛。但该方法可能受到一些干扰因素影响, 如尿液样本中的杂质、反应条件的细微变化等, 需严格把控操作流程以确保检测结果的准确性<sup>[6-7]</sup>。

例如, 砷铈催化分光光度法应用于尿碘检测时。检出限通常可以达到 1~5  $\mu\text{g/L}$ 。在碘含量处于 5~50  $\mu\text{g/L}$  的范围内时, 方法的灵敏度相对较好, 吸光度变化与碘浓度呈现较为明显的线性关系, 其相关系数( $r$ )一般能达到 0.99 及以上, 可通过测量吸光度准确推算出对应的碘浓度, 以此来反映人体近期的碘营养状况。不过当碘浓度低于 5  $\mu\text{g/L}$  时, 随着浓度降低, 吸光度变化逐渐变小, 检测的灵敏度会随之下降, 对结果准确性的影响也会增大<sup>[8-11]</sup>。

电感耦合等离子体质谱法的优势在于检测的高精度和高灵敏度, 其能够检测出极低浓度的碘, 且可以同时分析

\* 通信作者: 杨利军, 副主任技师, 研究方向为卫生检验。E-mail: ylj7707@126.com

尿液中其他多种微量元素,为全面了解机体营养状况提供更多信息。但其设备昂贵,运行成本高,对操作人员的专业素质要求也较高,一般多用于科研、大型专业检测机构等对检测质量要求极高的场合<sup>[12-13]</sup>。

对于碘元素而言,电感耦合等离子体质谱法的检出限低至0.01~0.1 pg/L。例如,在超纯净的实验室去离子水以及一些背景值很低的天然水源水样检测中,其凭借高灵敏度的优势,可以检测出极低浓度的碘。对于灵敏度表现,在很宽的浓度线性范围内都能保持良好的灵敏度,在0.01 pg/L~10 μg/L的跨度内,线性相关系数( $r$ )大多可接近1,这意味着只要样品中的元素含量在此范围内,都能较为精准地定量检测出来,尤其适合对环境痕量、超痕量元素的分析监测<sup>[14-16]</sup>。

## 2 尿碘检测技术在碘缺乏病监测中的应用

### 2.1 人群碘营养状况评估

人体摄入的碘主要通过尿液排出体外,尿液中碘含量能够较为准确地反映近期机体碘摄入水平以及碘代谢的平衡状态。通过对不同地区、不同年龄段、不同性别等人群进行大规模的尿碘检测,可以获得群体的碘营养状况数据。例如,对于一般人群,尿碘中位数处于100~200 μg/L的范围通常被认为是碘营养适宜状态;低于100 μg/L则提示可能存在碘缺乏情况,需进一步关注并采取相应干预措施;而高于300 μg/L则可能意味着碘摄入过量,同样会对健康产生不良影响。通过定期开展尿碘检测,能够动态监测人群碘营养状况的变化趋势,及时发现潜在的碘缺乏或过量问题,为制定针对性的公共卫生策略提供基础依据<sup>[17]</sup>。

### 2.2 碘缺乏病流行趋势监测

长期、连续地对特定地区人群进行尿碘检测,并结合该地区碘缺乏病的发病情况(如甲状腺肿患病率、克汀病新发病例数等)进行综合分析,可清晰了解碘缺乏病在该地区的流行趋势。如果某地区连续多年尿碘中位数呈现下降趋势,同时甲状腺肿患病率有所上升,那么就可推断该地区碘缺乏病有加重的迹象,需强化防控措施,如加大碘盐推广力度、开展碘营养健康教育等;反之,若尿碘水平稳定且处于适宜范围,碘缺乏病发病情况也得到有效控制,则说明当前防控措施是有效的,可以继续维持并优化。

## 3 尿碘检测技术在碘缺乏病预防与干预中的应用

### 3.1 碘营养干预措施的制定依据

在制定碘营养干预措施时,尿碘检测结果起着决定性作用。针对碘缺乏地区,若检测发现人群尿碘水平普遍偏低,

表明机体碘摄入不足,需采取相应的补碘措施。同时,还可以根据尿碘水平确定是否需要开展碘油丸等其他补碘方式的补充投放工作,以及确定适宜的投放剂量和频率等。对于特殊人群,如孕妇、哺乳期妇女等,若尿碘水平不能满足孕期、哺乳期的生理需求,就需要给予个性化的营养指导和额外的碘补充建议,保障母婴的碘营养充足<sup>[18]</sup>。

### 3.2 干预效果评价

实施碘营养干预措施后,需要对其效果进行科学评价,而尿碘检测技术又是评价的核心手段。通过在干预后的一定时间内再次对目标人群进行尿碘检测,对比干预前的检测数据,可以直观地看出人群碘营养状况是否得到改善。例如,某地区在加强碘盐普及工作后,经过一段时间对居民进行尿碘检测,发现尿碘中位数从之前的不足100 μg/L提升到了适宜范围内,同时甲状腺肿患病率也有所下降,这就表明干预措施取得了良好的效果;反之,如果尿碘水平变化不大或者仍然处于较低水平,那就需要反思干预措施是否合理、执行是否到位等问题,进而调整和优化干预方案。

## 4 尿碘检测技术应用的优势与局限性

### 4.1 优势

(1)直观反映碘营养状况:尿碘作为机体碘代谢的终末产物,通过检测能够直接获取人体碘营养水平的关键信息,为防控工作提供最为直接的依据。可操作性强:无论是化学法还是仪器分析法,在经过专业培训后,操作人员都能够相对熟练地掌握检测技术,并且样本采集方便,只需采集尿液样本即可,对被检测者的身体无创伤,容易被大众接受,便于在大规模人群中开展检测工作。

(2)动态监测功能:通过定期、连续地对同一人群或不同地区人群进行尿碘检测,可以实现对碘营养状况及碘缺乏病流行趋势的动态监测,及时捕捉到变化情况,有利于及时调整防控策略,保障防控工作的时效性和精准性<sup>[19]</sup>。

### 4.2 局限性

(1)受个体差异影响:不同个体由于生理状态(如年龄、性别、生理周期等)、饮食习惯、生活环境等因素的差异,尿液中碘的排出规律可能不尽相同,这就可能导致即使在相同的碘摄入水平下,尿碘检测结果也会有一定波动,影响对个体碘营养状况判断的准确性。

(2)单次检测的局限性:尿碘检测反映的是机体近期的碘摄入情况,单次检测结果可能存在偶然性,不能完全代表个体长期的碘营养状态。因此,需要结合多次检测数据以及其他相关指标(如甲状腺功能等)进行综合分析,才能更准确地评估个体及群体的碘营养状况以及碘缺乏病的

患病风险。

(3)检测技术的局限性：不同的尿碘检测技术都有其自身的不足之处，如化学法可能受干扰因素较多，仪器分析法虽精度高但成本和操作要求也高。这些局限性在一定程度上限制了尿碘检测技术在某些基层或条件有限地区的应用效果，需要根据实际情况选择合适的检测方法并不断优化检测流程<sup>[20]</sup>。

## 5 尿碘检测技术未来发展趋势

随着科技的不断进步，一方面，新的检测方法和仪器设备可能会不断涌现，它们或许能够在保持高精度检测的同时，降低成本、简化操作流程，使得尿碘检测技术能够更广泛地应用于基层医疗卫生机构，甚至推广到家庭自检层面。例如，便携式的尿碘检测设备若能研发成功并实现量产，将极大地方便人们随时进行检测，如同家用血糖仪一样普及，这对于实现碘缺乏病的早期预警和精准防控有着重要意义。另一方面，在大数据和信息化时代背景下，尿碘检测数据的收集、整理与分析也将更加高效和智能化。通过建立全国性乃至全球性的碘营养状况数据库，将不同地区、不同人群的尿碘检测结果进行整合分析，可以更宏观地把握碘缺乏病的流行趋势，为制定全球性的防控策略提供有力支撑。此外，在多学科交叉融合的趋势下，尿碘检测技术还可以与营养学、内分泌学等学科进一步结合，从以更全面的角度去探究碘与人体健康的关系，不仅仅局限于碘缺乏病的防控，还能拓展到其他与碘代谢相关疾病的研究与防治。

## 6 结论

尿碘检测技术在碘缺乏病防控工作中有着举足轻重的地位。它通过对尿液中碘含量的测定，为我们了解机体碘营养状况、把握碘缺乏病流行趋势提供了关键信息，是制定与评估碘营养干预措施的重要依据。尽管该技术存在受个体差异影响、单次检测有局限性以及不同检测方法各有短板等问题，但通过科学选择检测方法、综合多方面指标进行分析以及持续改进优化等举措，仍能充分发挥其优势，持续助力精准防控碘缺乏病，保障人群健康，推动公共卫生领域碘缺乏病防控工作不断迈向新台阶。

## 参考文献

- [1] 李科, 王慧, 杨志焱, 等. 碘元素自动检测仪测定尿碘的方法学评价[J]. 中华地方病学杂志, 2024, 43(3): 239-242.
- [2] 徐署东, 谢继安, 丁刚, 等. 铈铈催化分光光度法检测尿碘的方法研究[J]. 中华地方病学杂志, 2024, 43(9): 750-754.

- [3] 王慧, 李达, 李园园, 等. 全自动碘分析仪测定尿碘的方法讨论[J]. 实验室检测, 2024, (8): 94-98.
- [4] 代涛娟, 宋康. 全自动碘分析仪测定尿碘方法的验证[J]. 疾病预防控制中心通报, 2023, 38(1): 83-84.
- [5] 许陈裔, 于春梅, 徐惠林. 全自动碘分析仪测定尿碘的方法及结果分析[J]. 分析化学进展, 2023, 13(4): 532-538.
- [6] 阙香宝, 刘玉红, 娄昆雷. 全自动碘分析仪在尿碘考核中的应用分析[J]. 中国地方病防治, 2022, 37(4): 320-322.
- [7] 马巍, 李秀维, 王海燕. 干燥箱和消解仪消化尿样尿碘检测比对[J]. 中国地方病防治, 2022, 37(3): 191-193.
- [8] 孙玮, 窦瑜贵, 王燕玲, 等. 2017—2021年甘肃省尿碘实验室能力验证结果分析[J]. 中华地方病学杂志, 2024, 43(6): 498-501.
- [9] 丁双宁, 毛金媛, 李咏泽. 电感耦合等离子体质谱法与铈铈催化分光光度法检测尿碘浓度的一致性[J]. 中国医科大学学报, 2021, 50(7): 577-581.
- [10] 刘海杰, 杨芳, 张雪, 等. 2017—2021年山东省碘缺乏病实验室盐碘、尿碘、水碘外质控考核结果分析[J]. 中华地方病学杂志, 2024, 43(3): 243-246.
- [11] 林向新. 尿碘检测仪尿碘水平检测结果及在碘缺乏病监测中的应用[J]. 西藏医药, 2024, 45(5): 25-27.
- [12] 左媛媛, 张振欣, 乔佳楠, 等. 2022年内蒙古自治区碘缺乏和适碘地区儿童和孕妇碘营养水平分析[J]. 中华地方病学杂志, 2024, 43(6): 472-476.
- [13] 朱宏伟, 刘梅, 赵坤, 等. 2013—2022年陕西省宝鸡市碘缺乏病监测结果分析[J]. 中华地方病学杂志, 2023, 42(11): 913-917.
- [14] 毛光明, 莫哲, 顾思萌, 等. 2016—2021年浙江省8~10岁儿童的碘营养状况分析[J]. 中华预防医学杂志, 2024, 58(1): 11-17.
- [15] 谢莉, 赵俊君, 张玉华. 全自动碘分析仪测定尿碘的方法学评价[J]. 中华地方病学杂志, 2024, 43(12): 1010-1013.
- [16] 蔡生花, 胡兰盛, 孟献亚, 等. 碘元素自动检测仪检测尿碘结果分析[J]. 中国地方病防治, 2022, 37(6): 502-504.
- [17] 樊晓翠, 段朝悦, 王丹宇, 等. 全自动碘分析仪测定水碘与尿碘的试验研究[J]. 济南大学学报(自然科学版), 2025, 39(1): 112-116.
- [18] 杨晓灵, 黎俊宏, 陈志永, 等. 高通量全自动检测技术在空气中甲醛含量测定的应用研究[J]. 环境与职业医学, 2024, 41(10): 1186-1190.
- [19] 张莹, 鲁芳, 刘哲. 电感耦合等离子体质谱法快速测定尿中碘[J]. 吉林医药学院学报, 2021, 42(2): 124-125.
- [20] 张光建, 宋子豪, 陈潇潇, 等. 模拟尿液在电感耦合等离子体质谱法测定尿中碘的应用[J]. 中国卫生检验杂志, 2022, 32(10): 1187-1190.