

3种不同方法检测尿中碘的比对结果分析

黄力, 李纲, 朱明卓, 李遇, 吴怡凡

(安吉县疾病预防控制中心安吉县卫生监督所, 浙江 安吉 313300)

摘要:目的:对比全自动碘分析仪、砷铈催化分光光度法及电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定尿中碘含量的性能差异。方法:采用3种方法对尿中碘成分分析标准物质(GBW09109n、GBW09110i)进行检测,验证准确性,通过线性相关系数、精密度、检出限及回收率等指标进行综合评价。结果:全自动碘分析仪法的线性相关系数为0.999 5,检出限为0.8 $\mu\text{g/L}$,相对标准偏差为0.95%~0.99%,平均回收率为98.5%~100.2%;砷铈催化分光光度法线性相关系数为0.999 1,方法检出限为1.8 $\mu\text{g/L}$,相对标准偏差为1.46%~2.88%,平均回收率为96.5%~98.0%;电感耦合等离子体质谱法线性相关系数为0.999 9,方法检出限为0.3 $\mu\text{g/L}$,相对标准偏差为0.49%~0.76%,平均回收率为97.4%~99.6%。结论:全自动碘分析仪法适用于临床及公共卫生领域的大规模筛查,ICP-MS法更适合科研及高精度检测需求,而砷铈催化分光光度法可作为资源有限条件下的替代方案。本研究为尿碘检测方法的选择提供了科学依据。

关键词:不同方法;尿中碘;比对结果

中图分类号:O657.6;O657.3 文献标识码:A 文章编号:1009-8143(2026)03-0029-04

Doi:10.3969/j.issn.1009-8143.2026.03.06

Comparative Analysis of Urinary Iodine Detection Results by Three Different Methods

Huang Li, Li Gang, Zhu Ming-zhuo, Li Yu, Wu Yi-fan

(Anji County Center for Disease Control and Prevention Anji County Health Supervision Institute,
Anji, Zhejiang 313300, China)

Abstract: Objective: To compare the performance of three methods—automated iodine analyzer, arsenic-cerium catalytic spectrophotometry, and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)—for determining iodine content in urine.

Methods: The accuracy was validated by analyzing the certified reference materials for urinary iodine (GBW09109n and GBW09110i) using three methods, and a comprehensive evaluation was conducted based on linear correlation coefficients, precision, detection limits, and recovery rates. **Results:** The automated iodine analyzer method exhibited a linear correlation coefficient of 0.999 5, a detection limit of 0.8 $\mu\text{g/L}$, a relative standard deviation (RSD) of 0.95%–0.99%, and an average recovery rate of 98.5%–100.2%. Arsenic-cerium catalytic spectrophotometry showed a linear correlation coefficient of 0.999 1, a detection limit of 1.8 $\mu\text{g/L}$, an RSD of 1.46%–2.88%, and an average recovery rate of 96.5%–98.0%. ICP-MS demonstrated the highest performance, with a linear correlation coefficient of 0.999 9, a detection limit of 0.3 $\mu\text{g/L}$, an RSD of 0.49%–0.76%, and an average recovery rate of 97.4%–99.6%. **Conclusions:** The automated iodine analyzer is suitable for large-scale screening in clinical and public health settings, ICP-MS is recommended for scientific research and high-precision detection, while arsenic-cerium catalytic spectrophotometry serves as an alternative option under resource-limited conditions. This study provides a scientific basis for selecting urinary iodine detection methods.

Key words: different methods; Iodine in urine; comparative results

收稿日期:2026-03-18

第一作者简介:黄力(1986—),男,本科/主管技师,主要从事卫生理化检验工作。Email: 553270304@qq.com

碘是人体生长发育不可或缺的微量元素,也是甲状腺激素合成的必需原料^[1]。碘摄入过多可能引发碘中毒,出现恶心、呕吐、腹泻等消化道症状,甚至诱发甲状腺功能亢进等问题^[2]。长期碘摄入不足和碘摄入过量会严重影响身体健康,引发甲状腺功能减退^[3]。尿碘是评价碘缺乏危害和干预措施效果的重要指标,已经被 WHO/ UNICEF / ICCIDD 联合推荐为评价人群碘营养状况的优先使用指标之一^[4]。目前,尿碘检测的主要方法包括:一、《尿中碘的测定 第1部分:砷铈催化分光光度法》(WS/T 107.1-2016)^[5],原理:碘催化砷铈反应使黄色 Ce^{4+} 褪色,比色定量。优点:设备简单、成本低,适用 0~1 200 $\mu\text{g/L}$ 尿样;缺点:手工操作繁琐,需使用剧毒砷试剂,检出限约 2 $\mu\text{g/L}$ 。二、《尿中碘的测定 第2部分:电感耦合等离子体质谱法》(WS/T 107.2-2016)^[6],原理:稀释后 ICP-MS 测定,标准加入法消除基体效应。优点:检出限极低(约 0.4 $\mu\text{g/L}$),无需消解、无毒;缺点:仪器昂贵,高碘尿样结果可能偏低。三、全自动尿碘分析仪^[7-10],原理同砷铈催化法,通过计算机精确控温、加液,集成自动消解、比色等全流程自动化。优点:操作简便精密,减少毒物接触,适宜大批量;缺点:仍需使用含砷试剂,仪器成本高于手工法。本研究旨在对比这三种方法的性能,为尿碘检测方法的选择提供科学依据。

1 实验部分

1.1 主要仪器与试剂

1.1.1 全自动碘分析仪法

全自动碘分析仪:Autochem3330 PLUS 型,长春星锐。

超纯水仪:Milli-Q 型,美国密理博公司。

尿碘试剂盒,长春星锐。

冻干人尿中碘成分分析标准物质(GBW09109n、GBW09110i,国家碘缺乏病参照实验室)。

1.1.2 砷铈催化分光光度法

723pcs 可见分光光度计:723pcs 型,上海欣茂仪器有限公司。

尿碘消解仪:TDT-16 型,青岛市三凯医学科技有限公司。

计时器。

尿中碘的砷铈催化分光光度法配套试剂盒,武

汉众生化技术有限公司。

1.1.3 电感耦合等离子体质谱法。

电感耦合等离子体质谱仪:NexION 2000G 型,perkinElmer。

碘单元素标准溶液(GB 04-2834-2011,国家有色金属及电子材料分析测试中心)。

四甲基氢氧化铵,电子纯,上海麦克林生化科技股份有限公司。

曲拉通 X-100,麦克林。

铈单元素标准溶液(GBW(E)080548,中国计量科学研究院)。

1.2 实验方法

1.2.1 全自动碘分析仪法

分别移取 0~300 $\mu\text{g/L}$ 梯度浓度的碘标准使用液及混匀后的待测尿样各 250 μL 于消解管中,按照说明书将试剂瓶置于指定试剂位,设定仪器参数(波长:400 nm,消解时间 60 min,平衡时间 30 min,样本量:120 μL ,读数时间:30 s,自动稀释),编辑样品信息,清洗进样针,待仪器稳定后启动检测。

1.2.2 砷铈催化分光光度法

分别取 0.25 mL 浓度为 0~300 $\mu\text{g/L}$ 的碘标准系列溶液及混匀尿样于玻璃试管中,每管加入 1.0 mL 过硫酸铵溶液,混匀后置于 100 $^{\circ}\text{C}$ 的消解加热装置中消化 60 min,取出冷却至室温。后续操作按国家卫生行业标准 WS/T 107.1-2016《尿中碘的测定 第1部分:砷铈催化分光光度法》的步骤进行。

1.2.3 电感耦合等离子体质谱法

取 1.0 mL 混匀尿样,加入 1.0 mL 纯水及 8.0 mL 稀释剂,混匀。另取 1.0 mL 碘标准系列溶液及碘标准溶液,加入 1.0 mL 本底尿液及 8.0 mL 稀释剂,混匀。后续操作按国家卫生行业标准 WS/T 107.2-2016《尿中碘的测定 第2部分:电感耦合等离子体质谱法》的步骤进行。

2 结果与讨论

2.1 线性范围、回归方程、相关系数与检出限

3 种检测方法在线性范围内的线性关系良好,相关系数均 >0.999 。全自动碘分析仪法和砷铈催化分光光度法以 11 次样本空白浓度的 3 倍标准差的浓度为其检出限,电感耦合等离子体质谱法以空白 11 次平行测定,计算检出限。3 种检测方法的线

性范围、回归方程(x 代表碘质量浓度、 y 代表吸光度值/离子计数率)、相关系数 r 和检出限见表1。

2.2 精密度和加标回收率

取一份尿样,分别采用三种方法测定其碘含量,取平均值作为本底值。各取21份平行样,每7份为一组,共三组,分别加入低、中、高浓度的标准溶液,最终加标浓度分别为50 $\mu\text{g/L}$ 、200 $\mu\text{g/L}$ 、400 $\mu\text{g/L}$ 。若加标后浓度超出线性范围,则适当稀释后再按方法步骤测定。根据检测结果,计算其相对标准偏差(RSD)和回收率。全自动碘分析仪法平均回收率为98.5%~100.2%,RSD为0.95%~0.99%,见表2。铈催化分光光度法平均回收率为96.5%~98.0%,

RSD为1.46%~2.88%,见表3。电感耦合等离子体质谱法平均回收率为97.4%~99.6%,RSD为0.49%~0.76%,见表4。

2.3 准确度

用3种不同检测方法对国家碘缺乏病实验室生产的冻干人尿中碘成份分析标准物质(GBW09109n、GBW09110i)分别进行6次检测,3种不同检测方法的检测结果均在证书要求范围内。结果见表5。

3 结论

本次研究发现三种方法在线性范围内均表现

表1 线性范围、回归方程、相关系数、检出限

检测方法	线性范围/($\mu\text{g/L}$)	回归方程	相关系数 r	检出限/($\mu\text{g/L}$)
全自动碘分析仪法	0~300.0	$x=-390.95\log y+93.01$	0.999 5	0.8
铈催化分光光度法	0~300.0	$x=-342.32\log y+46.87$	0.999 1	1.8
电感耦合等离子体质谱法	0~1 000	$y=2262x+863$	0.999 9	0.3

表2 全自动碘分析仪法的加标回收率和精密度

本底值/($\mu\text{g/L}$)	加标值/($\mu\text{g/L}$)	平均检测值/($\mu\text{g/L}$)	回收率/%	平均回收率/%	RSD/%
132.6	50	182.7	93.9~104.6	100.2	0.99
132.6	200	330.5	98.4~101.1	99.0	0.95
132.6	400	526.7	96.5~100.4	98.5	0.97

表3 铈催化分光光度法的加标回收率和精密度

本底值/($\mu\text{g/L}$)	加标值/($\mu\text{g/L}$)	平均检测值/($\mu\text{g/L}$)	回收率/%	平均回收率/%	RSD/%
132.6	50	181.6	93.6~103.8	98.0	1.46
132.6	200	326.3	94.5~103.2	96.8	1.92
132.6	400	518.5	93.4~104.0	96.5	2.88

表4 电感耦合等离子体质谱法的加标回收率和精密度

本底值/($\mu\text{g/L}$)	加标值/($\mu\text{g/L}$)	平均检测值/($\mu\text{g/L}$)	回收率/%	平均回收率/%	RSD/%
132.6	50	182.4	95.8~101.8	99.6	0.76
132.6	200	327.4	96.5~99.0	97.4	0.62
132.6	400	528.8	98.0~100.0	99.0	0.49

表5 准确度和精密度

标准物质 编号	全自动碘分析仪法		铈催化分光光度法		电感耦合等离子体质谱法		证书值/($\mu\text{g/L}$)
	平均值/($\mu\text{g/L}$)	RSD/%	平均值/($\mu\text{g/L}$)	RSD/%	平均值/($\mu\text{g/L}$)	RSD/%	
GBW09109n	117	2.23	113	4.80	113	4.80	116±10
GBW09110i	225	1.82	221	2.39	221	2.39	226±15

- 饲料中肌醇含量的不确定度评定[J]. 中国渔业质量与标准, 2015, 5(05): 61-66.
- [8] 田博宇, 焦英帅, 姚亚亚, 等. 超声波辅助亚麻籽粕醇法脱色的研究[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(5): 73-77, 82.
- [9] 席晓志, 郭莎莎, 王婉卿, 等. 白藜蘆水提取物抗疲劳功效

的研究[J]. 中国食品添加剂, 2018(8): 98-104.

- [10] 叶麟. 干无花果中多糖的提取纯化、结构表征及其体内外调节免疫活性作用与机制研究[D]. 四川: 四川农业大学, 2024.

(上接第31页)

出良好的线性关系, 相关系数均 >0.999 , 表明所有方法在定量分析中具有可靠的线性响应; 三种方法的平均回收率均在95%以上, 且对标准物质(GBW09109n、GBW09110i)的检测结果均落在证书值范围内, 说明不同方法在准确度上具有一致性。全自动碘分析仪法操作简单, 仪器自动完成样本前处理、反应和检测, 试剂盒预封装, 减少环境风险和对人体健康影响, 仪器标准化程度高, 减少人为误差, 检测结果准确, 重现性好, 适合批量检测。铈铈催化分光光度法方法成熟, 基于经典的催化反应原理, 使用的仪器设备简单, 但需手动配制试剂、控制反应条件(温度、时间), 步骤复杂, 操作易引入偏差, 结果稳定性依赖实验员经验, 高浓度碘可能超出线性范围, 需稀释样本, 适合基层实验室或资源有限的地区。电感耦合等离子体质谱法具有超高灵敏度和准确性, 可检测痕量碘, 结果精确; 质谱法特异性高, 受基质干扰小, 抗干扰强, 宽线性范围, 适合不同浓度样本, 无需频繁稀释, 但购置、维护和运行成本极高, 技术要求高。

3种检测方法的线性相关系数、检出限、精密度、准确度、加标回收率均达到生物制品检测要求^[11], 全自动碘分析仪法因其自动化程度高、通量大、稳定性好, 适合大批量样本筛查, 铈铈催化分光光度法适合基层实验室或资源有限的地区, 电感耦合等离子体质谱法使用于科研或高精度需求实验室。

参考文献

- [1] 江喜桥, 范小飞, 陈明明, 等. 全自动碘分析仪检测尿碘方法验证与分析[J]. 中国地方病防治, 2024, 39(5): 382-385.
- [2] 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.
- [3] 刘玮, 赵爱珠, 魏明敏, 等. 2020年渭南市碘缺乏病监测情况分析[J]. 医学动物防制, 2022, 38(9): 890-894.
- [4] 王小琴, 刘艳, 邢雪岩, 等. DAT-50S碘元素自动检测仪与铈铈催化分光光度法测定尿中碘的方法比对[J]. 中国地方病防治, 2022, 37(01): 35-36.
- [5] 王慧, 李达, 李园园, 等. 全自动尿碘分析仪测定尿碘的方法讨论[J]. 实验室检测, 2024, 2(08): 94-98.
- [6] 邢海涛, 范建彬, 蒋定国, 等. 纯水直接稀释-电感耦合等离子体质谱法测定尿碘的方法研究[J]. 中华地方病学杂志, 2025, 44(08): 679-683.
- [7] 王璐, 周讯, 王小琴, 等. 碘元素全自动检测仪仪器法与行标法测定尿碘对比实验结果分析[J]. 中国地方病防治, 2023, 38(2): 141-143.
- [8] 李海杰, 陈琴, 陈艳芳. 全自动碘分析仪测定尿碘结果分析[J]. 海峡预防医学杂志, 2021, 27(4): 74-76.
- [9] 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.
- [10] 张念恒, 杨宇, 林广初, 等. 碘元素全自动检测仪对比试用结果分析[J]. 微量元素与健康研究, 2018, 35(4): 66-67.
- [11] 中华人民共和国卫生部. 职业卫生标准制定指南 第5部分: 生物材料中化学物质的测定方法: GBZ/T 210. 5—2008[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2008.