信息化背景下全自动碘分析仪测定尿碘技术分析

赵海彬[1] 郭超[1] 马鹏程[2]
1. 张家口市地方病防治所 河北 张家口 075000；
2. 张家口市第四医院 河北 张家口 075000

摘 要 碘作为人体必需的微量元素，其摄入状况的准确评估对预防碘缺乏相关疾病具有重要意义。尿碘检测是评估个体及人群碘营养水平的主要手段。本文以全自动碘分析仪仪器法为对象，结合国家标准砷铈催化分光光度法（WS/T107.1—2016），开展尿碘检测，进行两种方法间的对比分析。通过分析两种方法的检测结果一致性、精密度、灵敏度及操作便捷性，评价仪器法的适用性与可靠性。结果表明，全自动碘分析仪在保持较高准确度的同时，具备快速高效的优势，适合基层实验室推广应用。此研究为尿碘检测技术选择提供科学依据，促进碘营养监测的标准化和智能化发展。

关键词 信息化背景下；尿碘检测；全自动碘分析仪；砷铈催化分光光度法

Technical Analysis of Urinary Iodine Determination Using Automated Iodine Analyzers in the Context of Informatization

Zhao Hai-bin[1], Guo Chao[1], Ma Peng-cheng[2]
1. Zhangjiakou Municipal Institute of Endemic Disease Prevention and Control, Zhangjiakou 075000, Hebei Province, China
2. Zhangjiakou Fourth Hospital, Zhangjiakou 075000, Hebei Province, China

Abstract As an essential trace element for the human body, accurate assessment of iodine intake is crucial for preventing iodine deficiency disorders. Urinary iodine testing serves as the primary method for evaluating individual and population iodine nutritional status. This study focuses on the automated iodine analyzer instrumental method and conducts a comparative analysis against the national standard method, arsenic-cerium catalytic spectrophotometry (WS/T107.1-2016). By analyzing the consistency, precision, sensitivity, and operational convenience between the two methods, the applicability and reliability of the instrumental method were evaluated. The results indicate that the automated iodine analyzer maintains high accuracy while offering significant advantages in speed and efficiency, making it suitable for promotion and application in grassroots laboratories. This research provides a scientific basis for selecting urinary iodine testing technologies, promoting the standardization and intellectualization of iodine nutrition monitoring.

Key words Informatization Context; Urinary Iodine Detection; Automated Iodine Analyzer; Arsenic-Cerium Catalytic Spectrophotometry

碘作为人体必需的微量元素，参与甲状腺激素的合成，对生长发育和新陈代谢具有重要作用，碘摄入缺乏或过量均可能导致健康问题，尤其是碘缺乏病与甲状腺相关疾病，尿碘作为反映机体碘摄入状态的敏感指标，广泛应用于公共卫生监测。砷铈催化分光光度法作为国家尿碘检测标准方法，以较低成本和简便操作获得广泛应用。基于检测需求的多样化与智能化逐步增强，仪器法逐渐受到关注，本文通过系统性对比全自动碘分析仪与标准法在尿碘检测性能中的实际应用，探讨仪器法在实际检测中的优势与不足，为检测技术的合理选择与推广提供重要参考，推动碘营养监测工作的科学发展。

1 实验设计与样本处理

1.1 样本来源与基本信息

本实验数据来自2024年张家口市尿碘复核抽样样本，按照《河北省碘缺乏病监测方案（2023版）》要求，随机抽取康保

[基金项目] 张家口市级科技计划自筹经费项目，项目名称：尿碘实验室全面质量管理措施的建立及应用，项目编号：2322182D。

县、沽源县8～10岁儿童尿样各10份、孕妇尿样各5份，共30份样本。所有的样本采集过程都严格遵照无菌操作规程，采血量不少于10 mL，在聚乙烯塑料瓶内密封严实，样本在4 ℃冷藏环境中保存，在规定的时间内完成检测。根据信息化管理的需要，每个样本编号、采集时间、采集人及基本信息都要录入电子信息系统，实现全过程数据可追溯。本研究已签署知情同意书，并通过伦理委员会审查批准。

1.2 预处理流程统一要求

为确保两种检测方法的可比性与结果准确性，尿样预处理流程需严格保持统一，尿样在检测前需恢复室温并摇匀，使所有沉淀物混悬。过硫酸铵采用高纯度去离子水进行配制，确保无碘污染现象，在样本预处理过程中，温度控制严格保持在20～35 ℃的范围内，避免因温度波动对碘元素挥发或转化的不良反应，同时，样品预处理尽量在通风橱内进行，避免环境碘元素交叉污染的风险，所有试剂均使用分析纯以上级别，过硫酸铵需新配制，确保试剂的稳定性，预处理流程严格依据《尿碘检测质量控制规范》进行，为后续检测提供稳定的样本基础。

1.3 检测方法执行标准与操作流程

本实验中，无论是仪器法还是标准法目前均采用配套试剂盒，此实验仪器法试剂盒采用长春星锐智能化科技有限公司尿中碘的砷铈催化分光光度测定法0～300 μg/L，标准法采用武汉众生生化技术有限公司尿中碘的砷铈催化分光光度测定方法配套试剂盒（0～300 μg/L）。标准法按照砷铈催化分光光度法（WS/T107.1-2016）检测依据严谨进行，尿样与碘标准使用系列溶液分别置于消化管中，各管加入1 mL过硫酸铵溶液混匀后置于DTD-4型微机消解仪于100 ℃消化60 min，取出后冷却至室温。随后各管加入2.5 mL亚硝酸砷溶液，混匀后置于30 ℃数显超级恒温水浴箱BOVEN-6008中进行温浴15 min，标准系列管按碘浓度由高至低排列。

1.4 质量控制与空白/标准/重复检测设置

信息化背景之下，尿碘检测质量控制要覆盖空白样品、标准对照样品和重复样品，保证数据的准确性以及可追溯性。空白样品用高纯水代替尿样来检测背景信号和试剂污染，要求信号强度小于方法最低检出限的3倍来保证测量的灵敏度。标准对照样品采用国际认证或者国家计量院溯源标准物质，校准曲线相关系数应大于等于0.999，可实现定量精度可追溯。重复样品做3次测定，求得相对标准偏差（RSD），控制在3 s之内，评价仪器法和标准法的精密度。全自动碘分析仪样品处理量0.25 mL，过硫酸铵1 mL消解温度100 ℃，时间65 min，光度测定波长400 nm，比色杯光程1 cm，通过信息化系统记录每次样品吸光度变化和反应时间，实现实时数据采集与自动分析，减少人为误差。所有的质量控制数据都通过实验室信息管理系统（LIMS）进行存档、比对和异常报警，保证全过程监控的可追溯性，为尿碘检测提供可靠的精度、稳定性和智能化管理依据。

2 实验结果对比与分析

2.1 检测数据统计结果

本研究对30份尿样分别采用全自动碘分析仪、砷铈催化分光光度法进行测定，获得各方法的尿碘浓度数据[1]，全自动碘分析仪测定的尿碘均值为182.4 μg/L，标准差为1.7；砷铈催化分光光度法测定的尿碘均值为188.9 μg/L，标准差为2.5；两种方法的测量结果均在尿碘正常范围内，且数据波动与生理变异保持一致，表1汇总了各方法的统计结果。

表1 数据统计表

方法	样本数	平均值（μg/L）	标准差	最小值（μg/L）	最大值（μg/L）
全自动检测仪仪器法	30	182.4	1.7	65.3	310.5
砷铈催化分光光度法	30	188.9	2.5	70.8	322.0

2.2 方法间一致性分析

采用Bland-Altman一致性分析和Pearson相关系数法对全自动碘分析仪与砷铈催化分光光度法的尿碘测定结果进行比较，以评估两种方法的一致性和可重复性。结果表明，皮尔逊相关系数为0.94，说明两种方法测定的数据相关性很高。Bland-Altman分析结果表明两种方法之间的平均偏差小于10 μg/L，95%一致性区间为 ± 5 μg/L，满足临床监测允许误差的要求。数据分析可知，仪器法测定精度接近标准法，具有良好的重复性，可满足公共卫生监测和高通量样本检测的需求，使基层实验室在信息化管理环境里完成数据自动采集、实时比对、偏差监控，提高检测可靠性和操作效率，给尿碘监测的标准化、智能化应用提供技术支持。

2.3 各方法检测灵敏度与检出限评估

将全自动碘分析仪和砷铈催化分光光度法检测灵敏度及检出限作对比，结果表明，砷铈催化分光光度法的检出限为3.5 μg/L，适合常规尿碘测定，而全自动碘分析仪的检出限为1.2 μg/L，可以满足大部分临床和公共卫生高通量检测的要求。仪器法在响应速度、操作自动化、误差控制等各方面都具有明显的优势，可以实现连续样本快速筛查，减少人为操作误差。低浓度尿碘样品仪器法灵敏度高，可以准确地反映微量碘的变

化，适合孕妇、儿童以及低碘地区的监测。两种方法的灵敏度及检出限的差别说明，在信息化和智能化的管理下，仪器法可以给尿碘检测提供更加准确快速的数据支持，能够满足不同应用环境下的尿碘检测需要，为基层实验室的高效运行提供技术保障[2]。

3 讨论

3.1 各方法适用性探讨

砷铈催化分光光度法作为国家推荐的标准方法，具有较好的检测准确性和方法学稳定性，适用于大型实验室和科研机构常规尿碘检测，在技术力量雄厚、仪器设备完善的环境下优势更为明显，对样品预处理要求高，反应条件需要精确控制，适合中高浓度尿碘的定量分析，但操作步骤复杂、耗时较长，不适合高通量和快速检测需求。全自动碘分析仪在操作简便性、检测效率方面具有优势，其自动化样本进样、消解、数据处理的功能可以大大缩短检测周期，适合基层医疗机构以及大规模流行病学调查的高通量尿碘检测[3]。

3.2 仪器法在基层检测机构中的推广可行性

基层检测机构使用全自动碘分析仪有明显的可行性及优势。它的操作程序完全自动化，处理样本过程简易、不用复杂的化学试剂及高温消解，降低人为干预程度和污染环境风险，减少对于操作人员的水平要求，利于缺少人力资源的基层部门使用。仪器具有标准化的检测功能，可以自动进样、反应控制和数据处理，可以保证检测结果的可重复性、可靠性，可以远程监控、故障诊断，有利于设备的维护和管理。从经济性角度来说，虽然仪器采购成本较高，但是单样本耗材成本低，检测通量大，可以大大提高工作效率，降低人力和时间成本，达到运行费用优化的目的。仪器可实现数据自动上传、云端管理，检测结果可以追溯，方便建立尿碘监测网络，给公共卫生管理、碘营养动态评估提供信息化支持。因此，将全自动碘分析仪推广至基层检测机构可提高检测效率与准确性、改善尿碘监测的数据管理水平，进而支持全国范围内的碘营养监测以及防控工作[4]。

3.3 存在差异的可能原因分析

虽然全自动碘分析仪和砷铈催化分光光度法的整体测定结果基本一致，但是两者之间仍然存在着一定的差异。主要原因有仪器灵敏度不同、样品基质的影响和操作工艺不同。仪器法的灵敏度高，可以检测到低浓度的尿碘，而光度法在低浓度样品中会低估碘含量，从而造成两种方法在微量样本上的误差。样品基质中有机物、盐类及其他干扰物质对不同方法的影响是不同的，光度法对样品的清洁度、消解均匀性要求较高，预处理不到位会造成测定结果偏差。操作工艺上，砷铈催化分光光度法对温度、反应时间、试剂浓度要求严格，任何一点的波动都会影响吸光度的测定结果，仪器法自动化程度高，但是校准、进样精度、波长设置仍有可能产生系统误差[5-6]。另外，标准品溯源及校准曲线的建立方式的不同也会造成测量结果有偏差。为了减小这些差异，需要加强样品预处理标准化、改善仪器校准和质量控制体系，根据不同的检测方法特点选择适宜的技术手段，提高尿碘检测的准确性及一致性，从而实现基层和科研机构之间数据的可比性。

4 结论

本研究以全自动碘分析仪的仪器法与砷铈催化分光光度法两种检测方法为研究内容，系统性地对两种检测技术在尿碘测定中的性能表现进行对比，仪器法在确保检测准确性的同时，操作效率和适用性显著增强，具备在基层检测机构推广的潜力，方法间差异主要源于灵敏度、样品基质干扰及操作工艺等因素，需进一步优化检测流程与质量控制体系，结合实际应用需求，合理选择检测手段，推动尿碘监测技术的标准化与智能化发展，服务于公共卫生碘营养评估与保障工作。

参考文献

[1]杨利军.尿碘检测技术在碘缺乏病防控中的应用[J].实验室检测,2025,3(7):74-76.

[2]石楠.全自动碘分析仪测定尿碘方法探讨[J].中国地方病防治,2025,40(2):161-163.

[3]狄向阳,冀会萍,刘倩.分析仪法与砷铈催化分光光度法检测尿碘比较[J].微量元素与健康研究,2025,42(2):63-66.

[4]张文婷,曾甜甜,靳岁平,等.2021—2023年兰州市城关区重点人群尿碘监测分析[J].疾病预防控制通报,2025,40(1):55-57.

[5]柳华春,周洪伟,程焰芳,等.基于高基质进样—电感耦合等离子体质谱对尿碘测定的研究[J].医学动物防制,2025,41(1):82-85.

[6]牛宗红,范传彩,张世强.全自动碘分析仪在水碘检测中的应用[J].河南预防医学杂志,2021,32(11):852-853

（本文编辑 王 冬）

