

生物荧光技术在医院物表清洗质量评价的应用综述

周星华

宁波市镇海区人民医院

DOI:10.12238/carnc.v3i3.14201

[摘要] ATP生物荧光技术是一种快速评价物体清洁质量的技术，具有便捷，灵敏和快速量化的优点。该研究从ATP生物荧光技术原理，优劣势分析及其在医疗器械清洗质量，内镜清洗质量等多方面综述，并分析ATP生物荧光技术检测标准值的界定。

[关键词] ATP生物荧光技术；清洁质量评价

中图分类号：R197.3 **文献标识码：**A

A review of the Application of Biofluorescence Technology in the Quality Evaluation of Hospital Surface Cleaning

Zhou Xinghua

Zhenhai District People's Hospital, Ningbo City

[Abstract] ATP biofluorescent technology is a technology to quickly evaluate the clean quality of objects, which has the advantages of convenience, sensitivity and rapid quantification. This study summarizes the principles of ATP bioluminescent technology, advantages and disadvantages analysis and its application in the evaluation of medical device cleaning quality, endoscopic cleaning quality, environmental object surface cleaning quality and hand hygiene quality, and discusses the definition of the standard value of ATP bioluminescence technology.

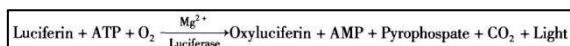
[Keywords] ATP biofluorescent technology; clean quality evaluation

1 前言

目前，国内外医疗机构对污染载体清洗质量的评价方法有目测法、潜血试验、蓝光试验、水合茚三酮法、细菌培养计数法、称重法和ATP生物荧光法^[1]。ATP生物荧光法能反映被测物体有机物和微生物的含量，因其灵敏的快速检测和及时的量化反馈优势，已在食品卫生和化妆品监督领域，卫生防疫领域，生物制品和农业等领域得到了广泛的应用。近年来，该技术在医疗机构清洁消毒领域中也得到了越来越多的关注与应用，本文就该技术在医疗机构清洁消毒领域的应用现状作介绍。

2 ATP生物荧光技术原理

20世纪中叶，来自美国的科学家McElroy率先洞察到ATP生物荧光技术背后潜藏的基础原理^[2]，并首次将荧光素酶-ATP检测法应用到相关研究领域当中^[3]。ATP生物荧光法是一种生物化学反应，



即三磷酸腺苷（ATP）与荧光素在荧光素酶的作用下发生酶促反应，释放波长560nm的荧光，而荧光值与ATP含量成正比关系^[4]，故可以通过荧光检测仪测定荧光值（RLU值）的来间接获得被检物体的ATP含量，进而反映被测物体的微

生物和有机物的含量。

3 ATP生物荧光技术优劣势分析

3.1 技术优势分析

3.1.1 仪器操作简便，能快速量化结果

在医疗机构清洗质量评价过程中：目测法操作虽简便迅速，能快速得出大致结果，但因过于依赖主观判断，准确性欠佳；细菌菌落计数法，虽能相对精准地统计细菌数量，可完成检测得耗费48小时，要是测定霉菌、酵母菌这类微生物，耗时更久，长达7天^[5]。与之形成鲜明对比的是ATP生物荧光法，检测过程极为高效，短短15秒就能结束流程得出结果，而且仪器操作简便，重现性好，可通过专用的荧光检测仪器直接获得荧光值（RLU值）^[6]，能够快速量化检测结果，客观的数据可作为现场督查管理和现场警示教育的有效依据。

3.1.2 灵敏度高，准确性好，可靠性尚可，应用范围广

目前，ATP生物荧光检测仪主要被划分为台式ATP与手持ATP这两大类型。通常情况下，台式ATP的检测限能够达到 10^{-18}mol/L 。而手持ATP检测仪的检测限为 10^{-15}mol/L ，这种灵敏度已经能达到大部分样品的检测要求。邢书霞^[7]等研究显示在定量测定血液残留量方面，ATP生物荧光法展现出了独特优势，相较于潜血试验和蓝光试验，它的灵敏度更

高，能够更为精准地检测出极微量的血液残留。

许慧琼^[8]等人对3种试验菌的CFU对数值与3种检测仪RLU对数值的相关性研究显示，两者基本成直线正相关($r > 0.90$, $P < 0.01$)，而组内相关系数ICC值分别为0.68 (BT-112D)，0.92 (hygiena System SURE Plus) 和0.82 (Clean-Trace NGi)，说明ATP生物荧光法准确性好，可重复性、可靠性尚可。这一结果与王绍鑫^[9]等人的研究结果一致。

ATP生物荧光法不仅能检测微生物，比如喷气燃料微生物^[10]、化妆品微生物^[11]的检测等，还适用于检测有机物的残留和设备表面清洁度，比如农药残留的检测^[12]，餐饮用具清洁度的检测^[13]等，可见其应用范围之广。

3.2 技术劣势分析

3.2.1 RLU值受影响因素多，不直接反应细菌数

ATP检测值的精确程度极易受到诸多因素干扰。首先，微生物的种类繁多多样，不同类别对检测结果有着不同程度的作用；采样区域的差异以及面积大小的变化，同样会对检测准确性产生影响；再者，残留消毒剂的含量高低与具体类别，在检测过程中也不容忽视；此外，非细菌性生物体细胞会干扰ATP的检测，进而影响检测值。值得注意的是，ATP检测值无法直接表明被测物体的污染状况，仅仅是一种间接反映。检测所得的相对光单位(RLU值)数量，与细菌实际数量之间并不存在直接的对应关系。

3.2.2 检测成本高，实际应用受限

ATP荧光检测仪及耗材价格相对较贵，使其在实际工作中的应用受限制。钟晓^[14]等研究显示ATP生物荧光检测法成本需要41.45元/每阳性例次、菌落计数法35.5元/每阳性例次和荧光标记法2.35元/每阳性例次，其中ATP生物荧光法所需成本最高，在实际推广中应评估其应用时机，场所和检测对象，结合各种清洁质量评价方法，达到最佳效益。

4 在医疗器械设备清洁质量评价中的应用

应用ATP生物荧光法评价医疗器械设备清洁质量主要可分为内镜器械，非管腔类复用器械，管腔类复用器械，微型精密器械和其他特殊类别。

目前，国内外应用ATP法评价内镜清洁质量涉及种类有硬式内镜、胃镜、肠镜、十二指肠镜、输尿管软镜和纤维支气管镜等；涉及的环节有预处理、酶洗后机洗前、干燥后、全流程手工清洗后、机器自动清洗后和再处理过程；采样的部位有内镜表面、管腔内表面、活检孔口、钳齿等处。内镜

外表面的采样方法主要为使用专用采样拭子涂抹内镜末端和活检孔处采样，采样长度以插入部前端为起点向上50cm^[15]、40cm^[16]、20cm或10cm^[17]、10cm^[18]等，于内镜外表面的规则区域，选取100cm²的面积展开采样；针对内镜末端，采样面积则设定为30cm²；而对于内镜的不规则处，为确保数据的一致性和有效性，每次都需固定采集同一部位^[19]，将涂抹好的采样棒插入荧光检测仪的测试管内，读取结果即可。内镜管腔内表面的采样方法有用10ml灭菌盐水^[20]或者40ml灭菌注射用水^[17]冲洗内镜管腔，然后用10ml或者60ml的空气将管腔内的液体排出，冲洗液用容器收集后进行检测。也有将收集的将液体再次注入内镜内部，如此操作重复5遍，随后收集第5次的冲洗液，用于后续检测^[21]。

5 在医院环境表面清洁消毒质量检测中的应用

在医院环境物表面清洁消毒质量的评估领域，ATP生物荧光法已成为备受关注的研究焦点。国内外针对此方法开展诸多研究，重点运用ATP生物荧光法对医院内的关键部门进行检测，像重症监护病房、等区域的环境物体表面，通过检测来判断这些地方的清洁成效，具体文献信息详见表1。

ATP生物荧光法评价环境物表清洁质量的检测的时段分为清洁前后都检测或者只检测清洁后。一般采样时机为清洁前或清洁前1—2小时^[22]，清洁消毒后10分钟或清洁消毒后。ATP生物荧光法检测指标为相对光单位(RLU值)，当前，在运用ATP生物荧光法检测的结果判定环节，尚未形成统一的标准。现阶段，主要参考检测仪器生产企业依据检测灵敏度所给出的标准值，例如常见的100RLU,250RLU,300RLU和500RLU，也有自定参考标准值5RLU/CM²,10RLU/CM²。检测的设备主要有台式的BT-112D(北京创新世纪生化有限公司)，手持式ATP检测仪Accupoint Healthcare (HC) system, 3M Clean-Trace ATP System, USA 和 System SURE Plus, Hygiena, UK。采样的面积主要为10-100cm²，也有当被测物表在100cm²—200cm²范围内时，采样面积为被测物表面积的一半。

近年来，随着互联网的不断发展，各种智能化的医疗设备的应用也越来越多，各种高频接触表面也开始有所变化，比如宋林燕等^[23]用ATP生物荧光法评价个人数字助理设备(PDA)的清洁质量；李宁等^[24]用ATP生物荧光法评价医院电梯按钮清洁时机的选择；李倩等^[25]应用ATP生物荧光法对医务人员的手机表面细菌进行快速检测。

表1 环境物表清洁评价文献基本信息

年份	国家	采样地点	面积 cm ²	标准值 RLU	ATP 检测设备
2010	USA	病房 ²	-	250	Clean-Trace ATP System; 3M
2010	UK	ICU ¹	100	250	Clean-Trace System
				500	

Clinical Application Research of Nursing Care					
2011	USA	内外科病房 ¹	103.2 ³	250	Clean—Trace ATP System; 3M
2013	USA	病房 ¹	16	250	Accupoint Healthcare (HC) system
2014	Italy	病房和工作室 ²	100	100	Lumicontrol II
2015	CHINA	内外科病房和 ICU 病房 ¹	100	500	3M Clean-Trace System
2015	CHINA	医务人员手机	-	500	AccuPoint HC
2016	Brazil	步入式急救室 ¹	100	500	Clean—Trace ATP System; 3M
2017	CHINA	电梯按钮	-	100	System SUREPlus, Hygiena, UK
				300	UltraSnap™ ATP Surface Test
2018	Italy	手术间 ¹	100	100	3 M™ Clean-Trace™ Surface
2018	CHINA	个人数字助理设备 ²	84.5	100	AccuPoint ATP, Neogen, USA
2019	USA	移动患者设备 ¹	-	250	3M Clean Trace NG Luminometer, 3M, St Paul, MN
2020	USA	ICU 病房和公共区域 ¹	100	250	3M Clean-Trace ATP Surface Tests 3M Clean-Trace Ngi Luminometer

注：1.清洁前后 2.清洁后 3.4 平方英尺

6 在手卫生清洁消毒质量检测的应用

Carlo Marena 团队开展一项针对评估医护人员洗手效果研究，他们运用 ATP 生物荧光法，同时探究 ATP 法与 ACC 法之间的关联。研究人员使用经无菌水浸润的拭子，在医护人员手部约 25 cm² 的区域进行采样操作，50RLU 属于其合格评价设定标准值为。在国内，评估医护人员手卫生情况普遍采用手持式 ATP，常见的仪器有美国 Medical Packaging Corporation 公司的 System SURE 采样仪、北京创新世纪生化科技发展有限公司的采样仪。采样时，在手指曲面自指根向指端进行反复涂擦，采样面积约 30 cm²，国内所制定的合格评价标准值为每只手的检测结果不超过 30RLU。

7 关于 RLU 标准值的设定问题

ATP 检测数值会受到多种因素的作用，比如光度计的类型、被测物体的特性等。鉴于此，当前 ATP 荧光检测法还未能确立统一的评价标准数值。基于现有的实验室研究以及现场实践探究，针对 ATP 物体表面检测的评价标准值，主要存在 500RLU、250RLU 和 100RLU 这几种。

8 未来展望

ATP 生物荧光检测法是一种评估环境清洁效果行之有效的手段。经研究验证，该方法能够应用于医院的清洗消毒范畴，可用于检测环境物体表面、医疗器械、内镜的清洗消毒效果以及医务人员手卫生效果，同时还能在监督与教育方面发挥作用。不过，鉴于 ATP 荧光检测方法存在较多的影响因素，且评价标准尚未统一，所以现阶段无法用 ATP 荧光检测法完全取代传统细菌培养法。但可以将 ATP 荧光检测法当作预警和筛查的指标，与细菌培养法共同应用于医院清洁消毒的检查和考核工作中。

【参考文献】

[1] 朱亭亭, 李涛, 张流波. 《医用清洗剂卫生要求》(TWSJD 002-2019)标准解读[J]. 环境卫生学杂志, 2021, 11(1): 75-78.

[2] McElroy W D, Ballentine R. The Mechanism of Bioluminescence[J]. Proc Natl Acad Sci U S A, 1944, 30(12): 377-382.

[3] MCELROY W D, SELIGER H E. THE CHEMISTRY OF LIGHT EMISSION[J]. Advances in enzymology and related subjects of biochemistry, 1963, 25.

[4] McElroy. Firefly and bacterial luminescence: basic science and applications[J]. J Appl Bi l chem, 1983, 5(3): 197-209.

[5] 许慧琼, 梁建生. ATP 生物荧光法在现场快速检测中的应用现状[J]. 中国消毒学杂志, 2016, 33(6): 587-590.

[6] 周露, 常桂芝, 钱升昌. 荧光标记法在医院环境卫生质量管理中的应用[J]. 中国保健营养, 2023, 33(12): 64-66.

[7] 李俊霞. PDCA 循环管理法联合标准操作规程在手术室物表周期性清洁管理中的应用[J]. 医疗装备, 2023, 36(9): 36-38. DOI:10.3969/j.issn.1002-2376.2023.09.010.

[8] 翁嘉鑫. 移动机器人医院环境物表区域样本采集方法研究[D]. 江苏:江苏大学, 2022.

[9]孙新枫, 苏鹏, 许天瑜, 等. 喷气燃料微生物 ATP 荧光检测酶反应体系研究[J]. 当代化工, 2021, 50(4): 877-880.

[10] 刘瑞娜, 孙思佳, 葛媛媛, 等. ATP 生物荧光增幅法在控制菌检测中的验证研究—应用于化妆品领域[J]. 食品与发酵工业, 2021: 1-9.

Clinical Application Research of Nursing Care

[11] 赵嵩. ATP生物发光技术用于食品接触表面清洁效果评价的验证研究[J]. 食品安全导刊, 2023(12): 91-94.

[12] 刘龙飞, 卜庆婧. 先进的农药残留快速检测技术——生物荧光法[J]. 食品安全导刊, 2019(25): 24-26.

[13] 许卓睿, 郭智成, 姚海斌. ATP生物荧光法检测餐饮具集中消毒清洁效果分析[J]. 浙江预防医学, 2014, 26(11): 1150-1152.

[14] 钟晓, 肖丽华, 吴庆飞, 等. 比较三种检测方法在检测医院高频接触物体表面清洁消毒效果的作用和成本效果[J]. 热带医学杂志, 2018, 18(1): 32-35.

[15] 杨凡, 高玉华, 千年松, 等. ATP生物荧光检测在气管镜清洗消毒质量监测中的应用研究[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(4): 620-625.

[16] 王惠芳, 来瑞平, 廖汉林, 等. ATP生物荧光法检测在提高消化内镜洗消质量中的应用[J]. 中国消毒学杂志, 2015, 32(9): 922-924.

[17] 邵春梅, 申瑶, 柴西英, 等. 两种方法对软式内镜的清洗效果比较[J]. 中国消毒学杂志, 2019, 36(9): 712-713.

[18] 丁欢, 刘承军, 肖长. ATP生物荧光技术应用于软式内镜消毒质量检测的可行性研究[J]. 医疗卫生装备, 2017, 38(5): 107-109.

[19] Obee P C, Griffith C J, Cooper R A, et al. Real-time monitoring in managing the decontamination of flexible gastrointestinal endoscopes[J]. American Journal of Infection Control, 2005, 33(4): 202-206.

[20] Gonzalez J A, Vanzieleghe T, Dumazy A, et al.

On-site comparison of an enzymatic detergent and a non-enzymatic detergent-disinfectant for routine manual cleaning of flexible endoscopes[J]. Endosc Int Open, 2019, 7(4): E412-E420.

[21] Fushimi R, Takashina M, Yoshikawa H, et al. Comparison of adenosine triphosphate, microbiological load, and residual protein as indicators for assessing the cleanliness of flexible gastrointestinal endoscopes[J]. American Journal of Infection Control, 2013, 41(2): 161-164.

[22] Deshpande A, Dunn A N, Fox J, et al. Monitoring the effectiveness of daily cleaning practices in an intensive care unit (ICU) setting using an adenosine triphosphate (ATP) bioluminescence assay[J]. American Journal of Infection Control, 2020, 48(7): 757-760.

[23] 宋林燕, 孙育红, 马嘉睿, 等. 个人数字助理设备表面洁净度及清洁消毒效果评价[J]. 中国感染控制杂志, 2018, 17(3): 260-263.

[24] 秦瑾, 李宁, 杜霏, 等. ATP生物荧光法在医院电梯按钮清洁时机选择中的应用[J]. 中国消毒学杂志, 2017, 34(11): 1075-1077.

[25] 李倩, 李宝珍, 平宝华. ATP荧光检测仪在医务人员手机表面细菌快速检测中的应用[J]. 中国感染控制杂志, 2015, 14(12): 849-850.

作者简介:

周星华(1988.08-), 男, 汉族, 浙江江山人, 本科, 主管护师, 研究方向为手术室护理管理。