

法医物证 DNA 自动化检验技术分析

尚煜洁¹ 丁霞²

1 贵州省毕节市公安局 2 贵州省六盘水市公安局司法鉴定中心

DOI:10.12238/bmtr.v7i3.14418

[摘要] 目的: 剖析法医物证自动化检验中应用DNA技术的意义。方法: 随机收集2020年5月-2024年4月在**实验室接受生物检查的生物样本300例, 根据不同检验技术检验生物样本, 根据检验结果划分为自动化检验组(DNA自动化检验)、手工检验组(手工技术检验), 应用两种方法检验法医物证。结果: DNA自动化总检验成功比例为95.33%, 显著高于手工检验的86.00%, 差异有统计价值($P<0.05$); 与手工检验组比较, DNA自动化检验组在24h、48h、72h以及96h的检验时间更短, 差异有统计价值($P<0.05$)。结论: 法医物证检验领域, DNA自动化检验技术相较于传统手工检验技术优势显著, 不仅提升了生物样本的检验成功率, 而且缩短了送检样本检验时长, 显著增强了工作效能和鉴定精准度。

[关键词] DNA自动化检验; 手工检验; 法医物证; 生物样本

中图分类号: R89 文献标识码: A

Analysis of Automated DNA Testing Technology for Forensic Evidence

Yujie Shang¹ Xia Ding²

1 Bijie Public Security Bureau, Guizhou Province

2 Liupanshui Public Security Judicial Appraisal Center, Guizhou Province

[Abstract] Objective: To analyze the significance of the application of DNA technology in the automated examination of forensic evidence. Methods: A total of 300 biological samples undergoing biological examination in ** laboratory from May 2020 to April 2024 were randomly collected, and the biological samples were detected according to different testing techniques, and according to the test results, they were divided into automatic testing group (automatic DNA testing) and manual testing group (manual technical testing), and the forensic physical evidence was tested by two methods. Results: The success rate of total DNA detection was 95.33%, which was significantly higher than that of manual testing (86.00%), and the difference was statistically valuable ($P<0.05$). Compared with the manual test group, the detection time of the DNA test group was shorter at 24h, 48h, 72h and 96h, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). Conclusion: In the field of forensic forensic evidence detection, the automatic DNA detection technology has significant advantages over the traditional manual detection technology, which not only improves the detection success rate of biological samples, but also shortens the testing time of the submitted samples, and significantly enhances the work efficiency and identification accuracy.

[Key words] DNA automated testing; Manual inspection; Forensic evidence; Biological samples

引言

社会经济发展突飞猛进的现如今, 生物检验与DNA技术也呈现持续发展状态, 且该类技术在刑侦侦查中应用范围逐渐扩大, 且成效显著。借助DNA与相关生物检验技术对刑侦侦查案件的攻破具有推进作用, 特别是用于法医物证检验中, 有助于提升法医工作效率^[1]。现阶段, DNA技术和相关生物检验技术在法医物质检验中所用方法主要是自动化检验、手工检验^[2]。为评估自动化检验、手工检验的区别, 提升法医物质检验能力, 该研究以300

例生物样本为对象, 重点剖析法医物证自动化检验中应用DNA技术的意义, 以下为详细报告内容。

1 资料和方法

1.1 基础资料

选择回顾性分析法, 随机收集2020年5月-2024年4月在**实验室接受生物检查的生物样本300例, 根据不同检验技术检验生物样本, 根据检验结果划分为自动化检验组(DNA自动化检验)、手工检验组(手工技术检验), 所收集的300例生物样本有115例为

血迹样本、68例为毛发样本、65例为组织样本、21例为软骨样本以及31例为精斑样本。

生物样本纳入标准：(1)样本检验数据为原始存档；(2)研究委员会审核后通过。排除标准：(1)样本资料缺失；(2)样本受到污染。

1.2 检验方法

1.2.1 检验仪器

所用检验仪器为BSD600-DUTE取样机(澳大利亚BSD公司)、75-2型、Freedom EVO 100-4型工作站(瑞士TECAN公司)、9700型扩增仪(美国AB公司)以及测序仪, DNA系统试剂盒、法医DNA提取试剂盒分别由Promaga公司、北京东胜创新提供。

1.2.2 样本准备

提前备妥U型板, 同时可借助1.5ml离心管以承载样本, 严格把握样本量度。该实验中的DNA样本以女性上皮组织细胞精斑为主, 先差异化裂解并分离精斑, 由此即可清除组织内多余细胞。其次实施离心操作, 以处理精斑样本。在物证检验中至关重要血迹, 同样需提取样本并实施检验, 血迹采样量通常控制在3-5根3mm的纱线长度。此外, 可利用特制FTA滤纸, 这一滤纸能自行对收集的细胞实施裂解处理, 同时与核酸联合后, 可有效避免血迹样品DNA遭受不良因素的破坏, 实验期间可阻止微生物、细菌的生长, 所取毛发样本多为毛囊端, 以3mm长度为主; 所采集组织样本则为10-12mg肌肉, 或者是脑组织; 所采集软骨样本多为1-2片肋骨软骨组织切片, 以圈口烟纸作为烟蒂, 而指甲拭子则和精斑相同, 均需3-5根纱线。

1.2.3 检验方法

(1)手工检验。选择工作站自动化操作, 在动作站系统内输入相应自动化操作程序, DNA提取程序与规范标准为chelex检验方式, 选择手工检验措施提取所选检验材料, 从而得到标准DNA样本。(2)DNA自动化检验。通过聚合酶链式分子生物技术复制DNA, 以提升DNA对比精准性, 同时放大、扩增DNA片段, 通过该技术放大实验内部的微量DNA, 该技术能够根据当前所发刑事案件或数十年前作案人员的血迹、毛发、皮肤组织等, 进行微量DNA的提取与分离, 继而通过DNA自动化检验技术方法, 便于法医检验。该实验中, 聚合酶链式反应技术可充分发挥其灵敏性优势, 提升DNA片段的扩增效率, 采用几何级数增长模式, 实现对众多细胞中目标细胞的精准识别, 针对细菌和病毒的检验, 聚合酶链反应技术展现出极高的灵敏度。此技术在进行实验操作时, 流程迅速且简单, 通常仅需2至4小时便能完成目标片段的扩增, 而且对样本的纯度要求不高, 省去了细菌和病毒的前期分离步骤。

在样本检验的过程中, 必须严格遵守电泳操作规程和标准, 特别是在毛细管电泳的操作中, 要严格按照工作站的预设程序对放大和扩增后的DNA片段进行变性处理, 并逐一构建检验体系。毛细管电泳作为一种先进的液态分离技术, 其利用毛细管作为通道, 依靠高压直流电场作为驱动力, 促使DNA样本发生反应, 同时能够细致分析色谱及交联成分, 且具有较高的检验精度, 可有效检验、分析单一细胞或单分子结构。分离处理DNA样本的实

验期间, 所反映的毛细管电泳可以实现快速分离, 通过少量样本即可达到实验要求, 具有较低消耗量, 且实验成本较低, 所用技术方法自动化水平较高。但该实验也存在不足之处, 例如: DNA检验技术具有较差的制备能力, 当毛细管的直径较小时, 其光路也会随之变短, 这些特性在使用特定的检验手段的过程中, 可能会限制其灵敏度, 进而对实验流程产生一定干扰。

1.3 观察指标

比较不同检验方法的送检市场、检验成功情况。(1)检验成功情况。检验血迹样本、软骨样本、毛发样本、精斑样本以及组织样本, 比较不同检验手段的成功情况;(2)检验时间。比较样本送检24h、48h、72h以及96h的检验时间。

1.4 统计学处理

在统计学软件SPSS26.0中纳入检验数据, 百分率(%)表示检验成功等计数数据, 卡方检验, 均数±标准差表示检验时间等计量数据, t检验, 如果P在0.05以下, 说明数据差异存在统计价值。

2 结果

2.1 样本检验成功情况

经检验, DNA总检验成功比例为95.33%, 显著高于手工检验的86.00%, 差异有统计价值(P<0.05), 说明DNA用于法医物证检验工作的成功率更高, 具体数据如表1所示。

表1 样本检验成功数据[n(%)]

组别	血迹样本检验 成功(n=115)	毛发样本检验 成功(n=68)	组织样本检验 成功(n=65)	软骨样本检验 成功(n=21)	精斑样本检验 成功(n=31)	总检验 成功
手工检验组	101(87.83)	58(85.29)	57(87.69)	16(76.19)	26(83.87)	258(86.00)
自动化检验组	112(97.39)	61(89.71)	63(96.92)	20(95.24)	30(96.77)	286(95.33)
χ^2						15.428
P						<0.001

2.2 样本检验时间比较

通过两种方法检验后, 与手工检验组比较, DNA自动化检验组在24h、48h、72h以及96h的检验时间更短, 分别为(2.13±0.82)h、(3.64±0.86)h、(4.08±0.55)h以及(4.37±0.68)h, 差异有统计价值(P<0.05), 表2为详细数据。

表2 样本检验时间比较($\bar{x} \pm s$)

组别	24h	48h	72h	96h
手工检验组	3.45±0.22	5.25±0.64	8.48±0.82	9.29±0.73
自动化检验组	2.13±0.82	3.64±0.86	4.08±0.55	4.37±0.68
t	4.283	6.482	10.428	14.217
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

3 讨论

在办理刑事案件中, 警方利用案发现场提取的遗传信息作为法医证据进行详尽的科学分析, 借此准确地识别出犯罪嫌疑人及受害者的身份, 这一过程展现出其独有的高效率、准确性与实际应用价值。进行法医遗传学证据检验时, 对遗传信息样本的分析主要采取手工检验与自动化检验两大技术路径。手工遗传信息检验技术依赖于技术人员的人工操作, 对获得的遗传数据进行详查, 但其步骤繁琐, 耗时较长, 并且有污染样本的风

险^[3]。而引入自动化遗传信息检验技术,则可在一定程度上克服传统手工检验不足之处。

基因自动化检验技术在法医学领域展示了显著的效用,特别是当运用该技术中的STR-PCR手段对证据进行检验时,显著提升了检验的灵敏度。STR-PCR技术依托于STR在基因链中的重复序列特性,极大提高了检验与识别的效率^[4]。由于STR的碱基数相对较少,在执行基因自动化检验过程中,STR-PCR的应用在法医学证据检验上显示出高效率,增强了检验灵敏度,对于年代久远、证据较为老旧以及降解程度较高的证据,其鉴定精确度较高^[5]。在基因自动化检验技术群中,单核苷酸变异分析技术也是一种普遍应用的检验手段。该技术通过单核苷酸的变异引发证据的DNA序列改变,从而稳定传递遗传信息,在处理腐败的证据样本时,表现出优秀的检验成效,有效提升了检验的成功率^[6]。此外,线粒体技术在基因自动化检验中以其高准确度而著称,线粒体作为人体必备结构含有遗传物质,利用该技术能有效地从法医证据样本中分离出遗传信息^[7]。线粒体DNA的提取范围广泛,可以从指甲、毛发等处提取,操作便捷,鉴定效率及精确度均很高^[8]。应用基因自动化检验技术,可以准确地对血液、毛发、组织、软骨、精斑等各类生物样本进行DNA分析,从而精确锁定嫌疑人身份,为刑侦机构破案提供确凿的数据支撑。在本研究中,DNA自动化检验成功比例为95.33%,显著高于手工检验的86.00%,差异有统计价值($P < 0.05$),说明DNA自动化检验用于法医物证检验工作的成功率更高;与手工检验组比较,DNA自动化检验组在24h、48h、72h以及96h的检验时间更短,分别为 $(2.13 \pm 0.82)h$ 、 $(3.64 \pm 0.86)h$ 、 $(4.08 \pm 0.55)h$ 以及 $(4.37 \pm 0.68)h$,差异有统计价值($P < 0.05$)。因此可以看出,随着DNA自动化检验技术的进步,它在提升刑事侦查效率方面起到了关键作用,极大地减少了冤错案件的出现,为刑事案件的定罪提供了确凿的证据支持,并且优化了法医物证检验的效率,缩减了检验所需时

间。自动化检验手段的应用,减少了人力资源和物质资源的消耗,使得检验过程更加高效率。

综上,在法医物证检验领域,DNA自动化检验技术相较于传统手工检验技术优势显著,它不仅提升了生物样本的检验成功率,还缩短了送检样本在不同时间段内的检验时长,显著增强了工作效能和鉴定精准度。因而,这种检验模式应在法医领域得到更广泛的推广和使用。

[参考文献]

- [1]张峰华,牛青山,张嘉盈,等.毛发DNA检验在法医物证学中的研究进展[J].科技创新与生产力,2024,45(12):12-14,17.
- [2]杨琪.法医物证DNA检验中遇到的性反转案例的应用思考[J].法制博览,2024(1):106-108.
- [3]韦和,卢诚,杨汉勇.DNA鉴定技术在法医物证检验中的应用解析[J].法制博览,2021(12):118-119.
- [4]杨亚鲜.法医物证学DNA检验现状及展望[J].养生大世界,2021(16):19.
- [5]陈晴晴,常雨,王幸.DNA自动化检验技术在法医物证检验中的应用价值[J].法制博览,2021(28):92-93.
- [6]袁文勇,伏东科,俞卫东.抗污染扩增试剂在法医物证检验中的应用[J].刑事技术,2024,49(2):155-159.
- [7]严安心,涂政,赵禾苗,等.蓝影试剂在法医血痕DNA检验中的适用性[J].刑事技术,2022,47(6):618-622.
- [8]杨应勇.法医物证DNA检验技术的应用现状与质量控制探讨[J].大科技,2021(23):280-282.

作者简介:

尚煜洁(1987--),男,白族,贵州毕节人,大学本科,副主任法医医师,研究方向:法医物证检验及应用。

丁霞(1984--),女,汉族,贵州六盘水,大学本科、职称职务:主检法医医师、研究方向:DNA检验等。