

DNA 分析技术在法庭科学领域的进展

姜先华

(辽宁省刑事科学技术研究所 沈阳 110032)

摘要 DNA 多态性分析技术是当前法医生物物证鉴定中最主要的技术手段,并由此诞生法医分子遗传学这一新生学科。本文对法医 DNA 多态性分析技术的诞生、技术种类、科研进展、重大应用进行综述报道。

关键词 DNA 多态性分析 法庭科学 进展与应用

1 法医 DNA 分析技术的诞生和发展

DNA 是脱氧核糖核酸的英文缩写,几乎是所有生物的基本遗传物质。1953 年 4 月 25 日,美国科学家 James. waston 和英国科学家 Francisco. crick,在英国《自然》杂志正式提出 DNA 分子的双螺旋结构模型,使 DNA 成为现代生物学与医学中最重要的研究内容之一。随着 DNA 结构被阐明,诞生一系列的 DNA 检验技术并迅速在许多研究和应用领域发挥重要的作用。1985 年英国 Leister 大学的遗传学家 Alec. Jeffreys 教授首次报道 DNA 指纹图技术,标志着法医 DNA 分析技术的问世。DNA 指纹图技术一经应用,就迅速在多起重大的刑事犯罪侦破和民事诉讼中发挥重要的作用。国内的法医学者在了解这一重要信息后,迅速进行调研和预实验,1987 年该项技术成功应用到国内的法医物证鉴定中。通过 DNA 指纹图检验,可以直接认定物证的个体来源,或直接确定亲子遗传关系,改变法医物证鉴定只能排除不能认定的历史,建立法医分子遗传学,开创法医物证鉴定发展的新纪元。20 世纪 80 年代末 DNA 扩增(PCR 技术)为法医 DNA 分析提供更加快速简便、准确可靠的技术手段,从此揭开法医 DNA 分析技术迅猛发展的序幕。十余年来,法医 DNA 技术经历多位点 DNA 指纹图技术、扩增片段长度多态性分析技术(AMPFLP)、线粒体 DNA(mtDNA)测序技术三大技术革命,目前已发展到以荧光标记多基因座 STR 复合扩增检测技术与线粒体 DNA(mtDNA)测序技术为主导分析技术的阶段。

2 法医 DNA 分析主要技术方法及科研进展

当前法医 DNA 分析所采用的主要技术方法包括:STR 分析技术、线粒体 DNA 序列分析技术、以 PCR 技术为基础的其他 DNA 分析方法。

2.1 STR 分析技术

2.1.1 常染色体 STR 分析技术 20 世纪 90 年代初,随着 PCR 技术的广泛应用,扩增片段长度多态性检测(AMPFLP)方法成为法医 DNA 检验中的主要技术手段。从最初的小卫星串联重复序列(VNTR)到后来普遍应用的微卫星串联重复序列(STR),国内外法医学者先后开发大量的个体识别 DNA 遗传标记,并进行群体遗传学调查。90 年代中期以后常染色体 STR 分析技术研究不断深入,生物试剂开发公司(ABI、PROMEGA 公司等)先后研制推出四色、五色荧光 STR 复合扩增检测试剂盒。应用该方法灵敏度可达到 30pg,对各种微量、降解的 DNA 检验都很适用,并可直接认定个体,因此成为当前法医生物物证鉴定和 DNA 数据库建设中首选的技术手段。

2.1.2 性染色体 STR 分析技术 常染色体 STR 检验技术是法医 DNA 鉴定领域的主流技术。但有时为解决特殊问题,如当男性成分在男女混合样品中比例极少时,如何鉴定男性样品来源,或需要进行父系或母系亲缘关系分析时,都提出进行性染色体上特异性 STR 遗传标记 DNA 鉴定的要求。2002 年之前国内外进行 Y-STR 检验主要集中于单个基因座分析和群体调查。近年来出现复合检测的研究报告,如辽宁建立 10 个 Y-STR 基因座复合检测的方法,美国出现 5 个、6 个乃至 12 个 Y-STR 检验的成品试剂盒等,为这项技术的应用提供方便条件。

2.2 线粒体 DNA 分析技术

线粒体 DNA(mtDNA)序列分析自 20 世纪 90 年代中期开始兴起,其出现主要为解决毛干等无核生物组织或极微量检材的 DNA 鉴定难题。日本开展本项研究的时间较早。1996 年国内正式建立成熟的 mtDNA 序列测定方法,并与计算机检索、管理相结合,在实际应用方面达到国际领先水平。早期的测序多采用放射性同位素标记或银染色的方法,费时费力,污染环境并对检验人员身体可能造成损害。随着荧光测序技术和 DNA 测序仪的问世,mtDNA 测

序分析技术得到广泛的推广和应用,使法医 DNA 鉴定的应用范围不断扩大,可以对来自人体的全部生物样品进行检验,真正成为物证鉴定之首。

2.3 其他 DNA 检验方法

2.3.1 ABO 基因分型技术 ABO 血型系统是最早被发现,也是一直被广泛应用于法医物证鉴定的血型系统,在大批量嫌疑人的排查中具有重要的意义。但传统的血清学检测方法在实际应用时受到一定的限制。ABO 血型基因分型方法则克服了这些不足,具有重要的实用价值。ABO 基因分型的方法最早采用 PCR 结合酶切技术,逐步发展为直接测序方法,特异性引物扩增方法(ASPCR)和引物消耗测定法。目前的荧光标记特异性引物扩增方法不仅灵敏度高,而且操作简便、兼容性好。

2.3.2 种属 DNA 鉴定技术 种属鉴定是法医物证鉴定中一项重要的研究内容,对于判断生物检材的物证价值,满足特殊的案件检验要求具有重要的作用。种属的 DNA 鉴定主要有利用 PCR-SSCP 方法分析该 DNA 上 SON 基因或通过直接测序技术检验 mtDNA 上细胞色素 B 基因进行动物中枢鉴别的方法。前者主要用于鉴别常见哺乳类动物,后者则可以利用基因数据库中的大量信息源进行各类动物的种属鉴定。

3 法庭科学 DNA 数据库建设

法庭科学 DNA 数据库是将 DNA 多态性分析技术、计算机网络技术和大型数据库管理技术相结合,建立复杂的数据存储、检索比对系统。法庭科学 DNA 数据库的建成将进一步提高 DNA 多态性分析技术在侦查和诉讼中的作用,提高工作效率,有力地打击流串犯罪、重复犯罪和其他各种犯罪活动。

3.1 国外 DNA 数据库建设情况

作为法庭科学 DNA 多态性分析技术发源地的英国,是建立 DNA 数据库最早的国家之一。1994 年英国正式立法授权英国法庭科学服务部(FSS)建立全英 DNA 数据库。随后,在美国的部分州、加拿大、澳大利亚、少数欧洲、亚洲、非洲国家也开始本国 DNA 数据库的建设。如 1992 年,西班牙开始建设现场数据库,1997 年加拿大众议院通过立法授权加拿大皇家骑警建立 DNA 数据库,奥地利、荷兰也于 1997 年开始建库,法国、葡萄牙、芬兰、挪威则在 1998 年开始 DNA 数据库建设。在亚洲,中国香港特别行政区于 1999 年通过立法启动数据库。在非洲,南非在数据库建设方面也取得一定的进展。2002 年在法

国由国际刑警组织召开的国际 DNA 工作组研讨会上,提出建立国际 DNA 数据库,提高 DNA 信息资源的利用率。

3.2 国内的法庭科学 DNA 数据库建设

国内从 1999 年开始着手法庭科学 DNA 数据库建设的论证和准备工作,部分有条件的地区目前已经开始前期的尝试性实践。如辽宁、公安部物证鉴定中心、上海、江苏、广东等地先后在本地区建设小规模 DNA 信息存储比对系统。特别是随着国家“十五”项目“法庭科学 DNA 数据库关键技术研究”课题的进行,提出建设我国违法犯罪 DNA 数据库的基本结构、模式、内容和有关检验规程、质量标准、立法草案等一系列设想和规划,编制 DNA 数据库软件,并在全国 23 个省、市公安机关推广应用,为全国 DNA 数据库建设提供有针对性、切实可行的方案,为建成全国统一的 DNA 数据库打下基础。

4 DNA 分析技术在法庭科学中的应用

随着 DNA 分析技术的不断完善,技术手段的不断丰富,其应用的范围也不断扩大,从对生物物证的个体识别鉴定到对其进行种属、性别、ABO 血型的基因分型,乃至目前通过 DNA 检验可以对人的部分外观特征如头发的颜色、下颌的形状等进行初步描述,可以说为案件的侦查和诉讼的各个环节提供科学的物质证据。DNA 鉴定的科学性和实用性也得到广大司法部门和社会各界的一致认可和高度重视,从而在各类案件和事件的调查中发挥其作用。

4.1 DNA 在刑事案件中的应用

目前随着 DNA 分析技术应用范围的不断扩大,其作用和效果已经得到各司法部门和广大社会各界的一致认可。通过综合应用荧光 STR 多基因座的复合检验和 mtDNA 序列分析技术,目前可以对现场发现的来自人体的任何生物组织进行个体来源鉴定,从而直接认定罪犯或串并案件。仅辽宁省刑事科学技术研究所 DNA 鉴定中心每年收检各类案件近 800 起,直接认定率近 50%,通过 DNA 鉴定手段使一系列的重特大案件得以快速侦破,打击犯罪,维护社会稳定。如利用 DNA 分析技术串并、侦破沈阳串联 10 号案件,该案件中自 2001 年 10 月至 2002 年 3 月,在沈阳市内六个公园相继发生 9 起抢劫、强奸案件,造成 1 人死亡、17 人受伤的严重后果,罪犯作案手段残忍、气焰嚣张。办案单位将 9 起案件现场勘查中得到的物证送至有关部门进行 DNA 检验后,结果认定此系列强奸案为同一伙犯罪分子所为。后

经侦查发现河北保定也发生类似案件,在对保定发生案件的现场物证 DNA 检验后,再次确认保定的案件也是同一伙罪犯所为,并通过对重点嫌疑人父母样品的检验,间接认定了罪犯。办案单位据此在全国发布通缉令,几小时后在陕西省宝鸡市将犯罪分子共 6 人全部抓获。此后通过审查,继续深挖该犯罪团伙先后在沈阳、盘锦、保定、太原、宝鸡等城市实施的杀人、抢劫和强奸作案共 74 起,使这起公安部督办的特大系列抢劫杀人案得以告破。除直接认定罪犯外, DNA 检验技术还不断地横向扩展到法医物证鉴定的各个领域,成功地建立包括对生物物证的种属、性别、ABO 血型基因分型等一系列的检验方法,为案件的侦查、嫌疑人的排查提供方向,节约大量的时间、警力和财力,使 DNA 成为真正意义上的“物证之首”。

4.2 DNA 在民事案件中的应用

亲权鉴定是法医物证鉴定中的两项基本任务之一,也是法医 DNA 检验的重要应用领域。科学地确认亲子关系将为移民申请、离婚诉讼、抚养、赡养权利、义务纠纷等民事案件提供必要的证据。统计资料显示,美国仅 2002 年一年,通过 DNA 检验进行亲权关系鉴定的案例就达 30 余万起,较以往有明显的增多。国内近年来要求进行亲权鉴定的案件也呈逐年增多的趋势。除常规的亲权鉴定外,随着当前人口流动的日益频繁,在重点城市的户口管理、遗产继承,内地居民赴港澳定居,亲属出国移民等情况时,常需要进行亲子关系或其他亲缘关系鉴定,以满足公安司法和其他行政管理职能部门提出的要求。此外,目前在医疗行为中产生的部分纠纷也会提出 DNA 检验的要求。如手术治疗后,切除组织是否是该名病患的,用于病理诊断检验的组织、切片个体来源等,都要求通过 DNA 检验提供明确的证据。

4.3 DNA 在重大灾难事件调查中的应用

重大灾难事件会给人们的生命、财产、感情、心理都造成永远无法弥补的损失和创伤。在这些事件中,由于罹难者的尸体受到严重的破坏,从外观上难以确定身份,只有依靠现代的、成熟的 DNA 分析技术,才得以明确认定死者身源,从而为事件的善后处理提供依据,为事件性质的确定提供科学的证据,同时也起到抚慰罹难者亲属、稳定社会环境的关键作用。如 2002 年 5 月 7 日,一架由北京飞往大连的北航客机在大连海域坠毁,机上乘客及机组人员共 112 人全部遇难。在整个 5.7 空难事故原因调查和善后处理工作中,对罹难者身源的确定是至关重

要的环节。通过对打捞出的 214 块尸骨的 DNA 检验和应用数据库进行亲缘关系比对分析,很快确定 104 名罹难者身源, DNA 鉴定结果不仅为政府在短时间内妥善处理善后事宜提供依据,更重要的是也为事件的原因调查提供可靠的证据。

4.4 DNA 在打击恐怖犯罪活动中的应用

近年来国际恐怖组织活动猖獗,美国“9·11”事件、印尼巴厘岛恐怖爆炸事件不仅造成了巨大的财产损失和社会动荡,更夺去许多无辜百姓的生命。对这些恐怖事件中罹难者身源的鉴定不仅是对无辜受害者及家属的告慰,也是对国际恐怖势力的有力抗议和反击。美国在“9·11”事件后,在全国范围内调动大量的人力、物力和技术力量,集中对罹难者的身源进行鉴定,不仅应用目前国际通用的法医 DNA 检验方法,同时也积极开发许多快速、准确的新的 DNA 检验方法,保证身源鉴定工作的顺利、快速进行。而且在 FBI 的年度报告中明确指出“防止恐怖组织的再次攻击是当前 FBI 的头等大事”。巴厘岛爆炸事件中,也通过技术鉴定手段不仅确定罹难者的身份,同时也对制造爆炸事件的方式提出初步意见,对于打击国际恐怖势力提供坚实有力的证据。

4.5 DNA 数据库的应用

DNA 数据库建设规模不断扩大、方法日益成熟,其所发挥的巨大作用也在国际范围内得到广泛的认可和关注。如英国有 6000 万人口,平均年发案率约为 67.5 万起,目前,英国分别在伯明翰、韦斯比和伦敦设立实验室进行全英 DNA 数据库建设,目前数据库中存有人员数据 150 万条、现场物证 13 万条。利用这些数据,不论是串并案件或直接认定犯罪的数量也都呈逐年递增的趋势(见表 1)。

表 1 英国 DNA 数据库历年串并案件及认定罪犯数据

年度	现场检材 间匹配数	较前年度上 升比例(倍)	嫌疑人与现场 检材匹配数	较前年度上 升比例(倍)
1996	348		46	
1997	976	2.8	2531	55.0
1998	3357	3.4	16673	6.6
1999	5244	1.6	23235	1.4
2000	10400	1.98	70400	3.0
2001	15000	1.4	160000	2.3

国内目前在 DNA 数据库建设也取得长足的进展,数据库建设规模不断扩大,相关规范、标准日益完备,并在实际应用中发挥巨大的作用。例如轰动全国的沈阳“1.18”、“1.10”系列爆炸持枪抢劫运钞车案并案,并最终侦破;有些异地作案、手段不同甚至在当地办案机关不知情的情况下通过数据库比对

实现串案乃至直接认定罪犯,如沈阳、铁岭两市的9起系列强奸、杀人案件的串并,鞍山、营口两地4起、历时5年的系列强奸杀人案件的串并。有些是案件侦查中没有明确线索,但经过DNA数据库比对,在前科人员库中认定罪犯,从而破获案件,如本溪市的金某被杀案。DNA数据库在这些案件中的成功应用充分说明DNA鉴定这一高新技术的直接破案力作用,也初步显示DNA数据库在快速打击罪犯、制止犯罪,保护人民、维护社会稳定方面所能起到的事半功倍的巨大作用。

DNA分析技术作为法庭科学领域一项崭新的技术手段,其诞生时间不长,但发展迅速,应用效果惊人。可以预见随着技术手段的日益完善,应用范围的不断扩大以及数据库建设不断发展,其在促进学科进步和快速打击犯罪、维护社会稳定方面将发挥更大的作用。

参考文献

- 1 第十六届国际法庭科学大会论文集,2002
- 2 Johnson LA, Ferris JA. Analysis of postmortem DNA degradation by single-cell gel electrophoresis. *Forensic Sci Int*, 2002 Mar, 126(1): 43~7
- 3 Ye J, Parra E, Sosnoski DM, et al. Melting curve SNP(McSNP) genotyping: a useful approach for diallelic genotyping in forensic science. *J Forensic Sci*, 2002, 47(3): 593~600
- 4 Iida R, Tsubota E, Sawazaki K, et al. Characterization and haplotype analysis of the polymorphic Y-STRs DYS443, DYS444 and DYS445 in a Japanese population. *Int J Legal Med*, 2002, 116(3): 191~4
- 5 姜先华, 李军, 于蛟等. 中国汉族人群8个STR位点荧光标记同步检测及其频率分析. *法医学杂志*, 2001, 17
- 6 葛璐璐, 刘超, 王穗保. 端粒DNA与年龄相关性的研究进展. *中国法医学杂志*, 2001, 16(2): 121~123
- 7 叶健, 郑秀芬, 季安全等. 用溶解曲线分析插入/缺失多态性和Y染色体-SNPs多态性. *中国法医学杂志*, 2001, 16(4): 214~217
- 8 葛百川, 叶健, 陈连康等. 第二届国际刑警组织DNA用户大会概述. *刑事技术*, 2002, 2: 3~6
- 9 郑秀芬, 凌凤俊, 叶健等. 单核苷酸多态性分析方法. *刑事技术*, 2002, 2: 31~35
- 10 郑秀芬, 凌凤俊, 程建波等. 法医DNA分析的其他应用. *刑事技术*, 2002, 4: 29~33

The application and progress of DNA polymorphism analysis in legal medicine

Jiang Xianhua

(Liaoning criminal science and technology institute, Shenyang 110032)

Abstract DNA polymorphism analysis is the most important technology for biological evidence test in legal medicine nowadays, and based on which, a new subject - Forensic Molecular genetics came up. In this article, the emergence, classification of technique, progress in research and important application of forensic DNA analysis were discussed as a summarization.

Key words DNA polymorphism analysis Legal medicine Progress and application

消 息

北京电子仪器行业协会网站(www. Beiiia. Com)于2002年8月29日正式开通以来,扩大了协会的影响,起到宣传协会的作用。为更好的为会员单位和用户服务,协会决定自2004年11月20日起将网站进行部分改版,改版后的网页将增加:

1. 滚动的行业动态栏目;
2. 滚动的协会工作动态栏目;
3. 滚动的电子仪器产品和技术供求信息栏目(以上栏目将随时发布新信息);
4. 设置若干固定广告位置;
5. 链接有关行业和会员单位网站。

改版后的网站计划试运行到2005年3月31日,在此期间,协会网站将免费为会员单位做广告宣传,希望会员单位尽快将广告材料提供给协会秘书处。

联系人:马嘉

电话:68326126

E-mail: beiiia @beiiia. com