

# 提高刑案證物 DNA 型別檢出率方法 之實務研究

內政部警政署刑事警察局自行研究報告

中華民國 105 年 12 月



105301010200C0002

# 提高刑案證物 DNA 型別檢出率方法 之實務研究

研究人員：黃女恩、柳國蘭、蘇志文、楊力靜、黎正源

內政部警政署刑事警察局自行研究報告

中華民國 105 年 12 月

## 提高刑案證物 DNA 型別檢出率方法之實務研究

105301010200C0002

**CRIMINAL INVESTIGATION BUREAU  
NATIONAL POLICE AGENCY  
RESEARCH PROJECT REPORT**

**Raising the success rate of  
DNA profiling in forensic  
investigation**

BY

NU-EN HUANG

KUO-LAN LIU

CHIH-WEN SU

LI-CHING YANG

ZHENG-YUAN LEE

December, 2016

## 提高刑案證物 DNA 型別檢出率方法之實務研究

# 目次

圖次	III
摘要	V
ABSTRACT	IX
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 生物跡證之鑑定流程	2
第三節 生物跡證之採樣與受理	9
第四節 證物篩選政策之探討	10
第五節 DNA 證據的評價	15
第六節 本研究之目標	18
第二章 提高生物跡證檢出率之採樣方法研究	19
第一節 前言	19
第二節 實驗材料與方法	21
第三節 結果與討論	26
第四節 結論	35
第三章 提升 DNA 定量及 PCR 效能之研究	37
第一節 前言	37
第二節 實驗材料及方法	37
第三節 結果與討論	43
第四節 結論	50
第四章 特殊刑事案件證物採樣及鑑定之研究	53
第一節 前言	53
第二節 實驗材料與方法	54
第三節 結果與案例討論	59
第四節 結論	64
第五章 結論及建議	67
第一節 結論	67
第二節 建議事項	70
附表	77

## 表 次

表 1 警政署 105 年 11 月 22 日公布之刑案發生統計.....	13
表 2 本局 105 年 1 至 6 月受理竊盜案件之證物種類 .....	14
表 3 Identifiler Kit 循環複製條件 .....	25
表 4 DNA 定量結果表(單位 pg/ $\mu$ l).....	26
表 5 STR 型別檢出結果 .....	27
表 6 Quantifiler Y 定量為 0 之檢體再以 TRIO 定量結果與 Y-STR 型別分析結果 .....	44
表 7 15 個 DNA-STR 型別圖譜有明顯裂解情形之檢體其 TRIO 定量結果表 .....	45
表 8 Identifiler 及 Identifiler Plus 偵測能力之比較表.....	47
表 9 各分組之數量、定量結果區間及分別以 Identifiler 及 Minifiler 複製出 8 組以上型別比較表 .....	48
表 10 男性 Y DNA 續列稀釋後，YfilerPlus 及 PPY23 STR Dropout 組數比較表 .....	50
表 11 新北市警局證物檢出鑑識人員 DNA.....	72

## 圖 次

圖 1 刑事案件之衣物證物破損情形紀錄結果 .....	3
圖 2 Kastle-Meyer 血跡檢測法之檢測結果 .....	4
圖 3 ACP 檢測法之檢測結果 .....	4
圖 4 電泳標準品(Ladder)圖譜示意圖 .....	6
圖 5 DNA-STR 型別圖譜之示意圖 .....	7
圖 6 現場生物跡證鑑定流程 .....	8
圖 7 本局 93 至 99 年之案件數 .....	11
圖 8 一般常見竊盜案件送檢生物檢體之種類及其檢出率 .....	13
圖 9 研究現場手套樣本採樣方法之流程圖 .....	21
圖 10 DNA 採樣方法 .....	22
圖 11 實驗流程圖 實驗設計分為樣品製作、採樣及 DNA 萃取 3 個 步驟 .....	23
圖 12 採證工具及 Lyse&Spin 萃取套管 .....	24
圖 13 DNA 定量結果 .....	27
圖 14 控制組的 DNA 定量結果 .....	29
圖 15 控制組的 DNA-STR 圖譜 .....	30
圖 16 非吸水性表面證物以不同採樣及萃取方式所得之 DNA 定量 結果 .....	31
圖 17 棉布以不同採樣工具及萃取方式所得之 DNA 定量結果 .....	33
圖 18 棉布以普通棉棒及採證膠帶採樣之 STR 型別結果 .....	34
圖 19 成功的個案 .....	36
圖 20 某尿液檢體以 Identifiler 分析之結果 .....	41
圖 21 某尿液檢體以 Minifiler 分析之結果 .....	41
圖 22 煙蒂 A 以 Identifiler plus 分析檢出一型別 .....	46
圖 23 煙蒂 A 以 Identifiler 分析未檢出型別 .....	47
圖 24 「疑似性侵害案件證物袋」之外觀及其內容物 .....	55
圖 25 特殊性侵害案件證物 DNA 鑑定分析流程圖 .....	56
圖 26 受測者持握 9mm 口徑手槍 .....	58
圖 27 9mm 子彈及彈殼 .....	58
圖 28 槍枝上微量 DNA 檢測分析結果比較圖 .....	63
圖 29 德國證物 DNA 污染原因分析 .....	71



## 摘要

關鍵字：生物性跡證、DNA 鑑定、檢出率、DNA 萃取、STR

### 一、研究緣起：

DNA (Deoxyribonucleic acid) 在犯罪偵查所扮演的角色，越來越重要，隨著 PCR (Polymerase chain reaction) 技術的發明，已可成功複製 DNA 量進行分析，Short tandem repeat (STR) 在目前刑事鑑識 DNA 鑑定的實際應用上，最普遍被應用且最有價值的工具，其特點為核心單位重複序列短(約 2-6 個檢基對)、在人類族群中的變異性大、鑑別力高、且在人類基因體中含多至數千個具多型性的 STR markers，故 STR 被當作最常見的人類 DNA 鑑定工具。而進行 STR 型別複製時，複製產物片段越小，成功複製出 STR 的機率越大。隨著科技的進步及司法人員對證據之要求愈趨嚴格嚴謹，科學方法之靈敏度亦成為現今鑑識科學的重要議題，DNA 鑑識人員必須不斷充實刑事鑑識專業知識，並加強物證科學之教育訓練，提升 DNA 檢體之檢出率，方能有效因應日趨嚴苛的治安工作挑戰。

### 二、研究結果及重要貢獻：

本研究針對 DNA 鑑定流程，從檢體採樣的工具及方法、檢體的篩選策略、DNA 萃取方法、DNA 定量及 PCR 效能之相關流程及方法等四個面向分別探討及分析：在採樣工具及方法方面，本研究結果顯示在刑案現場蒐集生物跡證時，應考量跡證附著之基質(載體)材質與狀況(例如吸水性表面、非吸水性表面、織布染料或表面平整程度等)、跡證遺留面積範圍、攜帶運送方便性及 DNA 含量多寡(例如 DNA 含量高之精液、唾液、血液跡證，或為皮屑、汗液等微量 DNA 跡證)等特性，評估並選擇最佳方式蒐集生物跡證，目前常用來轉移現場跡證的生理食鹽水(PBS)或無菌水(ddH<sub>2</sub>O)，其跡證轉移效果尚佳，而本研究所使用之採樣試劑 Lysis buffer 因有打破細胞之功能，反不利於

DNA 保存。此外，對於易攜帶運送之證物上的微量 DNA 跡證(如安全帽內襯、手套及凶器)，建議不要在現場進行檢體轉取，應直接將證物送至 DNA 實驗室進行採證與鑑定，實驗室可評估並選擇最佳採樣工具進行採樣，以提升 DNA 檢出率。在證物採樣及篩選方面，本研究分析各類證物之檢出情形，針對一般刑案提出篩選建議，在考量鑑驗成本及人力的情形下，應列出檢體鑑定之優先順序，以利實驗室人員決定鑑驗之次序，另外也針對少數特殊案件之證物進行實驗測試及案例分析，發現在槍擊案件之槍枝採證或可提供有效結果，尤其是在嫌犯長時間持有的情況下。在模擬刑案現場手套實驗中，我們發現就採樣位置而不論採樣方式，食指第一指節處檢出之 DNA 量較平均，且所檢出之 DNA 量大多優於虎口處，而大範圍黏取手套內側之 DNA 型別檢出率為 100%，明顯優於小範圍區域之採樣，而以採證膠帶進行採樣之 DNA 回收率約為 73% (0.032 / 0.044 ng/ $\mu$ l)，較普通棉棒轉移之 DNA 回收率高，與尼龍棉棒採樣效果相當。在 DNA 萃取方法、DNA 定量及 PCR 效能等實驗結果，本研究由分析所得數據顯示，若結合新一代 Lyse&Spin 萃取套管進行 DNA 萃取，DNA 回收率由 34% 提升至 87%，在 15 組基因位中平均檢出 STR 型別組數由 12 組提升到 14 組，效果卓著。此外，本研究亦針對 Quantifiler® Trio DNA quantification kit 進行測試分析，經分析以 Quantifiler™ Y Human Male DNA Quantification Kit 定量結果為 0 之 DNA 檢體(n=75)再以 Quantifiler® Trio DNA quantification kit 定量，發現仍有 32 個檢體其定量結果大於 0，顯示其定量結果更為精準，並可分析 DNA 裂解情形。再以 AmpFLSTR® Identifiler® Plus PCR amplification kit 及 AmpFISTR® MiniFiler™ PCR amplification kit 等試劑進行分析，Identifiler Plus 成功偵測對偶基因訊號為 Identifiler 之 1.66 倍，Identifiler Plus 可判讀之基因座數為 Identifiler 之 2 倍，Minifiler 也可以提升 DNA 檢出率約 2 倍以上。這些研究

成果對於從事DNA鑑定工作之鑑定人員及使用DNA證據之司法體系工作者(如法官、檢察官、律師等)皆有相當大的助益，並有利縮短流程所需時間，提昇效能。本研究非常符合實務需求，在司法實務上具有重大的影響與意義，可提供刑事DNA實驗室做為未來之提高DNA檢出率之重要策略參考。



## ABSTRACT

**Key word : Biological evidence, DNA identification, success rate, DNA extraction, STR**

DNA usually can be obtained from biological samples and DNA identification has been widely used in criminal investigation. The most useful method for DNA identification is STR. With the advance of science and technology, the success rate of DNA profiling have been desired from judicial officers. Raising the success rate of DNA profiling can help to give more supporting information to the police department for further investigation.

In this study, we evaluated several the possibilities to boost the success rate from DNA profiling. First, we estimated different swabs used for the transfer of biological samples on different surfaces from the crime scene. The result showed that it is recommended to send the trace evidence directly without transfer by swabs in advance. To transfer the sample by swabs, using PBS and water as the reagent is better than using lysis buffer since lysis buffer would break the cells which could reduce the recovery rate of DNA extraction. Secondly, based on the result of DNA profiles from the samples we investigated in this study, it is recommended that the samples should be screened and the priority should be set before sending to the forensic department because DNA analysis is labor- and time-consuming and costs a lot. It is relatively efficient and economic to use other technologies, such as fingerprintings, for the investigation. Moreover, based on our study, several methods can help to increase the success rate of DNA profiling: DNA extraction using Investigator Lyse&Spin Basket Kit can increase its recovery rate from 34% to 87%. Quantifiler® Trio DNA quantification kit can help to estimate the degradation of DNA extracted from the sample by calculating the degradation index, which can help to evaluate the strategy for following DNA analysis. Finally, AmpFLSTR® Identifiler® Plus PCR amplification kit and AmpFISTR® MiniFiler™ PCR amplification kit were evaluated for their sensitivity and stability. Comparing to Identifiler, Identifiler Plus raised the signal of profiles (166%) and success rate (200%) and Minifiler can also increase the success rate (~200%). The finding of this study can be useful to set the standard operating procedures for the forensic DNA laboratory.



## 第一章 緒論

### 第一節 研究緣起與背景

依據「路卡交換理論(Locard Exchange Principle)」[1]:「凡兩個物體接觸，必會產生轉移現象」，在犯罪發生時，在現場或嫌犯身上必會留下相關的微量跡證，常見的跡證可分成生物性跡證(例如：現場遺留的血跡)、物理性跡證(例如：指紋)及化學性跡證(例如：火災現場遺留的縱火劑)，此外，還有一種是非上述種類的情況性跡證(例如：被打開的窗戶表示可能是被侵入的地方)。其中，最常見的跡證就屬生物性跡證，尤其是在重大暴力犯罪，例如：在命案現場往往都有大量血跡，又如在性侵害案件則可能在被害人的私密部位找到嫌犯的精液或唾液而得以鑑定來源，故生物性跡證一直以來都是鑑定人員注意的標的，也是刑事生物學家、遺傳學家研究的目標。

生物跡證之鑑定又以體液種類之鑑定及檢體個化來源鑑定為主，在以往，因為科學技術的限制，鑑識人員在鑑定生物性跡證時，只能透過血清學中抗原抗體反應的原理，作為生物跡證之種類及人別鑑定的方法，在體液種類鑑定方面，多利用一些具個別體液特異性之化學或酵素反應，例如以 Kastle-Meyer 檢測法 (KM test) 檢測血跡，或是以 ACP 酵素檢測法檢測精液是否存在。在人別鑑定方面，以往則以鑑定抗原或蛋白質多型性為主的方法如 ABO、MN、Rh、Kell、Duffy、Kidd 等血型系統，因為這些血跡系統型別種類很少，所以其鑑別力不高，再者，此類物質仍具有活性時才能鑑定，由於蛋白質易受環境溫度、濕度等影響，其保存活性的時間亦相當有限，因此這類遺傳標記之應用受到很大的限制，尤其對陳舊的刑案檢體困難度更高。

DNA 在刑事鑑識的應用最早是 1985 年在英國的 Alec Jeffrey 利用限制片斷長度多型(Restricted Fragment Length Polymorphism, RFLP)而確認嫌犯 [2]。自此生物跡證之個化鑑定進入了新的紀元，DNA 聚合酶連鎖反應複製鑑定法(Polymerase Chain Reaction, PCR) [3]的發明與成熟，更讓 DNA 的應用如虎添翼。時至今日，目前短片段相連重複序列(short tandem repeats, STR)多型標記已普遍為各犯罪實驗室所使用，該標記具有高多型性(high polymorphism)、高鑑別力(high discriminating power)之優點。此外，因為 PCR

複製產物片段通常只有幾百個 bp，對於刑事案件證物常見的品質不佳或受裂解情形可有效提升其檢出率。另外，由於大量的 STR 基因已被發現，配合商業化之鑑定套組及自動化之毛細管電泳儀器可快速鑑驗出個體之 STR 基因型，尤其是目前的毛細管電泳儀器愈來愈靈敏，更增加 DNA 鑑定的成功機會。

雖然隨著科技的進步，DNA 的鑑定的成效也愈來愈彰顯，但是在實務上往往會碰到檢體量少或有嚴重裂解情形[4]，因此仍時有鑑定上的困難，如何提昇證物 DNA 的檢出率，是目前大家努力的重要課題，除了提昇分析儀器的靈敏度外，在鑑定的每一個階段，包含證物檢體採樣、檢體前處理、DNA 萃取、DNA 複製及最後的電泳分析，都需採取最佳的策略以取得最好的結果。為了達到這個目標，本研究針對了 DNA 鑑定的檢體採取及電泳分析分別進行試驗，期能找出較好的方法，俾提高刑事檢體 DNA 檢出率。以下，我們從生物跡證的鑑定流程開始說明，進一步討論生物跡證篩選原則之建立，並討論提升生物跡證 DNA 別檢出率之可能方法。

## 第二節 生物跡證之鑑定流程

為偵查犯罪，各直轄市、縣（市）政府警察局 DNA 實驗室鑑驗刑案現場跡證須與 DNA 資料庫比對，以利發現犯嫌，為維護刑事 DNA 實驗室鑑定品質，確保 DNA 資料庫比對之正確性，於去氧核糖核酸樣本與紀錄監督管理辦法第三條第二項規定，辦理 DNA 鑑定之警察機關實驗室，應符合內政部警政署所定刑事 DNA 實驗室作業規範，內政部警政署於九十七年五月十四日以警署刑醫字第○九七○○○二八六九號函訂定「內政部警政署去氧核糖核酸實驗室標準作業程序」，該標準作業程序除包含實驗室 ISO 認證精神外，並針對刑事 DNA 實驗室鑑定特性訂定更詳細的規定，並規定須受警政署定期考核。然而本局與這 4 個 DNA 實驗室均已於 101 年通過財團法人全國認證基金會（Taiwan Accreditation Foundation，簡稱 TAF）之實驗室認證(如附件 1)。

就 DNA 鑑定而言，首先，最重要的就是刑案現場的證物檢體採樣，採樣的方法、工具及時機等對 DNA 之檢出率息息相關。如果有精良的採樣方法及精確的採樣工具，配合正確的採樣時機，則可以大大提升後續的 DNA 檢出率，例如：針對微量生物性跡證檢體，應以較小的尼龍棉棒加以轉移採

取[5]，若採取的方式不佳或採樣的工具不對，則可能降低檢出率，亦可能容易造成檢體污染，使後續鑑定工作更加困難。採樣後需以適當的容器及適當的保存方式加以保存，例如：現場採取之血跡轉移棉棒，不應該放置在塑膠袋中，因為密閉的環境可能使得生物檢體發霉，破壞 DNA，而是應該在陰乾後放置在紙袋中，以避免交互污染。

生物跡證在採取後即應適當保存，並在適當的證物交接鏈管理原則下，交給生物鑑定實驗室以下列的步驟加以鑑定：

#### 一、找尋可疑生物跡證與檢測斑跡屬性

鑑定的第一步通常是先檢視證物，多利用目視檢視證物[5]，或利用多波段光源或紫外光蒐尋肉眼無法辨識之生物性斑跡，並加以照相紀錄外觀及特殊情況（如衣物破損等情況，如圖 1 範例），對於可疑斑跡再以初步試驗檢測其可能屬性（例如是否可能為血斑、精液斑、唾液斑等），以不同的體液初步檢測法研判體液種類，例如：利用 KM 血跡檢測法測試待測檢體是否為血跡[6]（如圖 2），以做為下一步萃取 DNA 之方法研判。此步驟相當重要，例如碰到疑似性侵害案件，證物可能含有精液及女性分泌物，此時以 ACP 檢測法[7]（如圖 3）可以了解精液是否存在及其大概的濃度，俾做為接下來是否進行精子細胞分層萃取之判斷依據[8]，其餘斑跡需綜合個案情形與檢測結果綜合研判，然而亦可能無法確認其斑跡屬性。

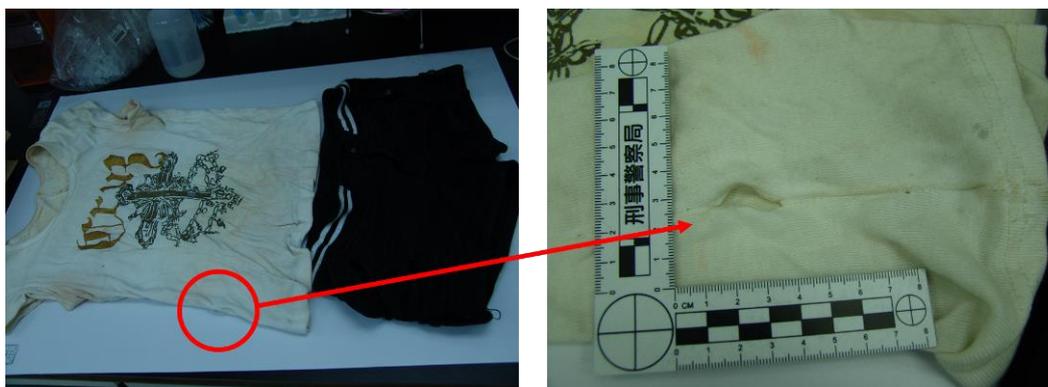


圖 1 刑事案件之衣物證物破損情形紀錄結果

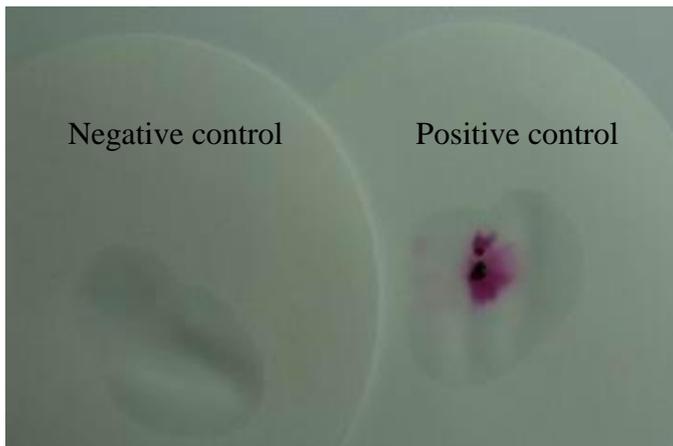


圖 2 Kastle-Meyer 血跡檢測法之檢測結果

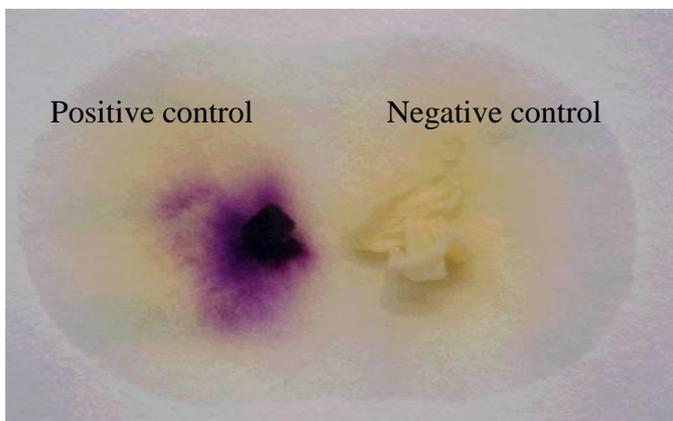


圖 3 ACP 檢測法之檢測結果

在進行初步檢測後，仍應進一步以其他方式進行體液種類之確定性試驗，例如可以以 P30 之免疫分析法[9]檢測可疑精液斑跡是否含有 P30，該酵素在精液中較其他體液含量高近千倍，可以做為研判是否為精液之依據，惟仍有少數情形會發生有偽陽性或偽陰性之結果。可疑精液斑可進行顯微鏡檢，以觀察是否含有精子細胞，如果可以觀察到精子細胞，則可確認含有精液，如果未發現精子細胞，需考量無精症、輸精管結紮或精液含量微量之情形。了解體液種類後，選擇最適當方式進行 DNA 萃取。

## 二、DNA 萃取

將檢體中之 DNA 萃取出來。對於精子細胞可利用分層萃取方式將精子

細胞、上皮細胞分層萃取出來。萃取的方法如前述，應由先前的初步檢測結果來決定萃取的方法，俾能獲取最佳的 DNA 品質供後續分析。

### 三、DNA 定量

萃取好之 DNA 無法直接進行分析，需先以即時聚合酶連鎖反應定量法 (Real-Time PCR) 確認萃取結果是否含有足夠分析之 DNA 量及品質，再決定進行後續 PCR 複製時應加入之 DNA 量，亦可利用 DNA 定量方法以估計檢體中之 DNA 含量及男女 DNA 含量比例。目前本局所使用之 DNA 定量試劑為人類 DNA 定量試劑 (Quantifiler™ Human DNA Quantification Kit) 及人類 Y 染色體 DNA 定量試劑 (Quantifiler™ Y Human Male DNA Quantification Kit)。

### 四、DNA 複製

利用聚合酶連鎖反應複製 STR 型別，目前本局主要使用下列商用鑑定盒：

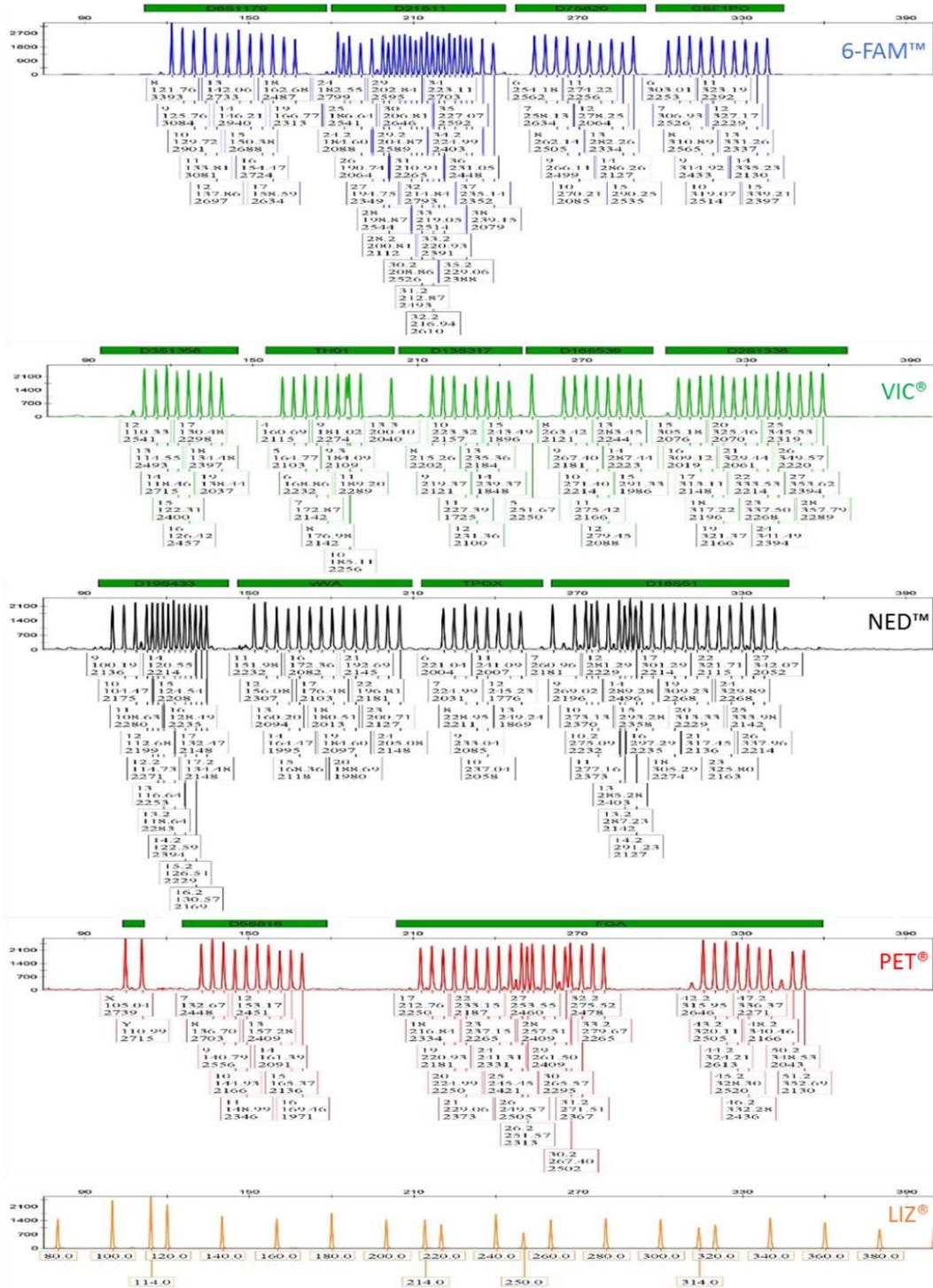
(1) 體染色體：使用 Identifiler Plus 商用鑑定盒 (15 組 STR 基因位及 1 組性別基因位) 為主，另以 Mini STR 商用鑑定盒 (微小 STR；8 組 STR 基因位及 1 組性別基因位) 為輔。

(2) Y 染色體：使用 Y-Filer Plus 商用鑑定盒 (23 組 STR 基因位)

萃取好之 DNA 先進行 PCR 複製反應，將欲分析之目標 DNA 序列加以複製，目前已有多種商用 PCR 鑑定盒供使用，惟其使用方法及條件，例如溫控循環 (thermal cycle) 次數對於複製結果有重大影響，cycle 數太少則無法獲得可分析之足夠產物，cycle 數太多則又容易產生非特異性產物，造成後續分析的干擾，因此，在條件上的調整也應特別注意。

### 五、DNA-STR 型別圖譜分析

複製完成後的 DNA 產物再以毛細管電泳進行片斷長度分析，以其產物在電泳時經過分析點之時間及由雷射激發後產生的螢光強弱，加以紀錄分析，並與標準品 (Ladder，如圖 4) 比對後判讀型別，運用軟體推算其 DNA 型別 (如圖 5)。



PCR product size standard (bp)

圖 4 電泳標準品(Ladder)圖譜示意圖

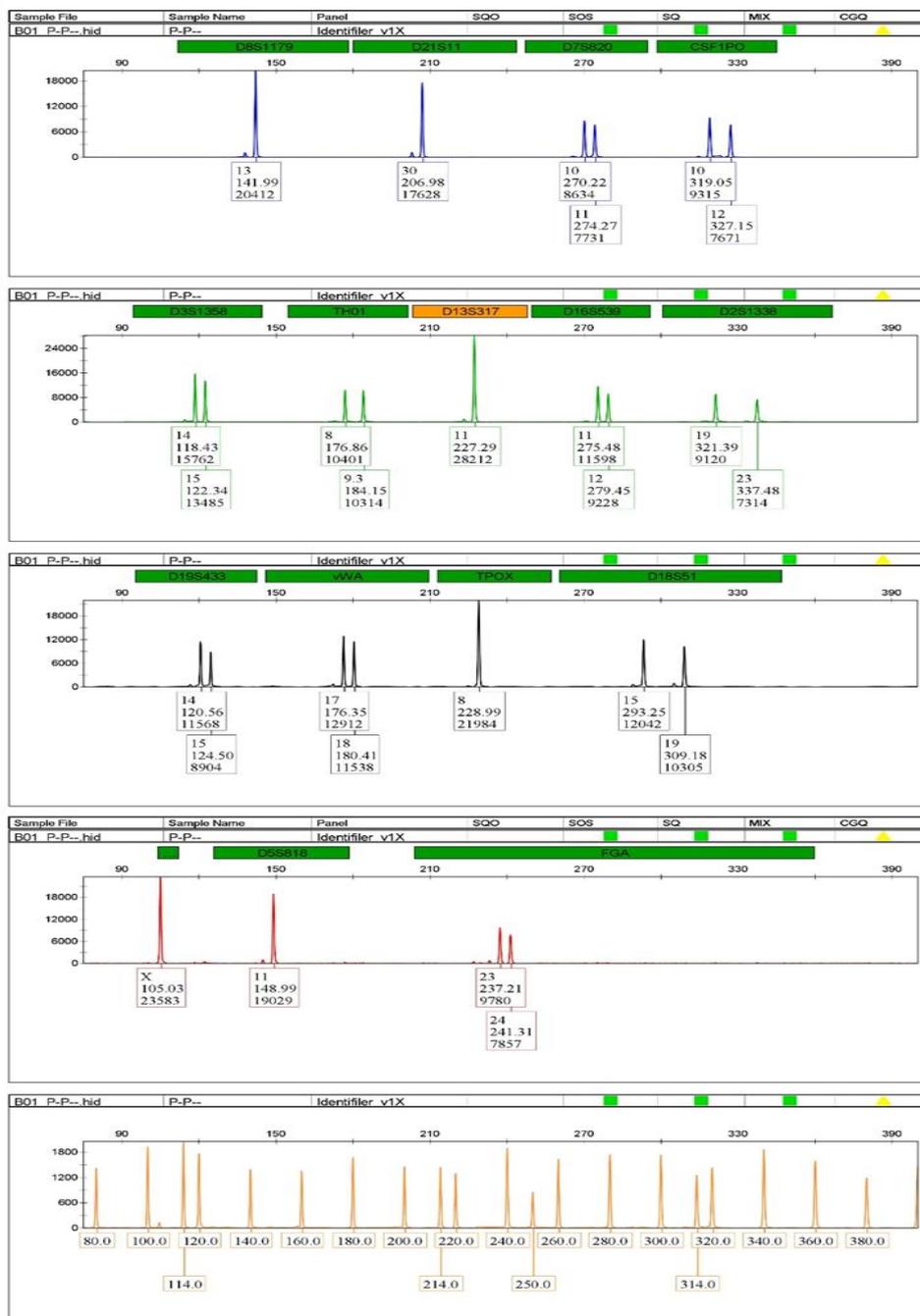


圖 5 DNA-STR 型別圖譜之示意圖

### 六、資料庫比對

將證物 DNA 型別鍵入本局建置之去氧核糖核酸資料庫建檔與比對。DNA 資料分為兩大類，第一類為生物性跡證，也就是上述的刑案現場證物檢體，一般來說是未知來源的檢體，第二類為已知人之標準檢體，也就是從已知身份之人身上取得之細胞檢體，用以代表其個人 DNA 型別之檢體，此兩

類的結果相互比對，如果未知來源的證物比中標準檢體，則可以知道其為證物 DNA 來源者，其即為可能的嫌犯或關係人，如果未知來源的證物比中另一未知來源的證物，則可研判此可能為同一涉嫌人所犯之連續案件。

第一類刑案現場證物檢體之鑑定流程較為複雜，因檢體所含 DNA 品質與含量變化很大，從蒐尋斑跡開始即須嚴謹地評估是否含有 DNA，圖 6 即為現場生物跡證鑑定流程。一般而言，實驗室為避免證物檢體與標準檢體交互污染或錯置，會將證物檢體與標準檢體分流處理，利用檢體處理時間、操作空間或人員之不同，避免這兩類檢體同時進行實驗，而本局係採完全分開之流程，即在不同空間、不同設備，由不同人員操作(如附件 3)。



圖 6 現場生物跡證鑑定流程

### 第三節 生物跡證之採樣與受理

DNA 證據具個化能力，對於刑案偵查是非常有用的利器，可利用 DNA 證據確認犯嫌或排除犯嫌，提供偵查方向；刑案現場常發現各種生物性跡證，例如血跡、精液、唾液、毛髮等，這些生物性跡證採取後，經由 DNA 鑑定分析比對，可得知這些生物跡證是源自於誰的？亦即 DNA 是誰留下來的？進而得知誰曾經到過現場？曾經在現場做過什麼事？DNA 鑑定分析需要在一個擁有專業技能與設備精良的刑事實驗室進行，該實驗室必須有適當的空間、完備的設施與儀器、以及具有專業知識與相當經驗的鑑定人等條件，才能獲得正確、可信的鑑定結果。相較其他刑事鑑識技術例如指紋、槍彈等，DNA 鑑定所需之成本，DNA 鑑定費用是非常龐大的，平均每一個檢體需花費約新台幣 2,000 元，如果計算包含空間、儀器、耗材、人力等費用，則更不只是 2,000 元而已，故對於一個刑事 DNA 實驗室而言，編列充足的 DNA 鑑驗經費與善用 DNA 資源是非常重要的。

試想，假設在某個住宅公寓發生命案，現場發現死者倒臥在客廳地板的血泊中，死者雙手遭繩索綑綁、口鼻以膠帶封住、胸部被砍數刀，現場椅子、桌子被翻倒，垃圾桶內有 10 餘個飲料空瓶，客廳的煙灰缸與地上菸蒂 20 餘個，現場浴室、浴室洗手台、廚房、走道、門口發現少量血跡，另外在樓梯間、大門口、街道都發現少許疑似血跡，一把生鏽的菜刀被發現在離公寓大門 2 公尺的街道旁。由上述情形可知刑案現場的生物跡證是相當多的，包括現場血跡、菸蒂、飲料空瓶、繩索、膠帶等跡證，以及現場附近可疑的血跡與菜刀，甚至還有死者的衣物與身上的跡證，所有鉅細靡遺的生物跡證共採樣近 200 個生物跡證，若是未經篩選全部送進實驗室要求鑑定，鑑定時間需花費數十天甚至幾個月，且其餘案件會受到排擠而影響鑑定。此時若由現場勘查人員與實驗室的鑑定人員一起思考哪些跡證極可能是嫌犯遺留，進而優先篩選 10 項關鍵的跡證送實驗室鑑定，DNA 實驗室最快可在 1 至 2 天完成鑑定，若這些重要跡證驗出之 DNA 型別，經輸入本局 DNA 資料庫比對中某個嫌犯，這個命案可能迅速露出破案曙光；若未能比中犯嫌，亦能透過其他偵查作為與線索找出可疑犯嫌進行 DNA 比對，DNA 證據可協助確認犯嫌，提供偵查方向。但若遇到重大案件，當這些篩選出來的關鍵跡證均未檢出明確的結果時，則再研討其他次要的跡證，進行第二次送驗，這種將 DNA 檢體分成重要和次要依序送鑑的原則，才是資源分配明智的作法，它不但能

及時協助重大命案偵查，第一時間提供重要線索，亦能利用高度證明力之 DNA 證據，偵查各類刑案偵查，使 DNA 鑑定資源發揮最大的效益。

以前有些檢察官或偵查人員想推敲嫌犯在犯罪現場的行徑，想要了解嫌犯是否在現場之浴室或廚房洗手台清除血跡，進而蒐集浴室或廚房洗手台上、地上之疑似血跡送往實驗室進行 DNA 鑑定；或想要知道歹徒逃跑方向而採樣其可能行經道路上之血跡或毛髮，以利確認逃跑路線，進而追查兇手，這些作法大多徒勞無功，一方面可能將無關的人或不相干的跡證納入，不但可能誤導偵查方向，而且增加大量的證物亦可能壓垮實驗室的工作負荷和花費。另一方面在審判時，若遇到狡猾的犯嫌，會利用這些無關的證物鑑定結果讓犯嫌有機可趁，藉以混淆事實影響審判之正確性。所以現場鑑識人員在勘查現場後，根據現場狀況如何有效篩選與犯罪關聯性高的關鍵證物送鑑定是非常重要的，有時需要現場鑑識人員與實驗室鑑定人員一起討論研究，根據現場留有的跡證狀況與過去的鑑定經驗篩檢出最關鍵的證物優先鑑定，掌握時效，在案發後即時提供偵查人員 DNA 鑑定結果，使其確認偵查方向，進而迅速有效地打擊犯罪，例如，103 年的高鐵爆炸案就是最好的例子，現場鑑識人員在爆裂物上採獲關鍵的生物跡證，在案發後短短的 1 天內，關鍵的 DNA 證據提供偵查人員重要的線索，進而迅速破案。

#### 第四節 證物篩選政策之探討

在性侵害、殺人、傷害或強盜案件中較有可能留下生物性跡證，因為在這類案件中被害人與嫌犯有直接接觸，可能在犯罪現場或被害人身上會遺留涉嫌人的跡證，相反地，涉嫌人身上也可能會留有被害人跡證。然而是否只有這類案件才會遺留連結涉嫌人的 DNA 證據？答案是否定的，也就是說並非只有在被害人與嫌犯直接接觸的情形下才會留有 DNA 證據，例如一個侵入性住宅竊案現場留有歹徒的檳榔渣、或煙蒂、或手套等，從查獲的毒品工廠可發現歹徒們留下的便當盒、飲料罐，從煙毒犯的吸食器或針筒可發現誰是吸毒者、從炸彈客製造炸彈的飲料瓶口可找到犯嫌的唾液斑跡等等，從這裡我們知道有很多案件都可利用 DNA 證據連結嫌犯；雖然 DNA 證據有時無法證明犯罪行為，但仍可證明他到過現場、或證明他曾經觸摸過這些證物，當他無從解釋為何會留有自己 DNA 時，DNA 證據便是使歹徒無法狡賴的關鍵，導致各類大大小小的刑案都想要利用 DNA 鑑定協助偵查，包括恐嚇案、

傷害案、毀損案、住宅竊案、汽(機)車竊案、詐欺案、肇逃案等等，以本局統計全國各警察機關 DNA 實驗室受理刑事案件數，案件量在民國 100 年之前一直增加(詳如圖 7)，無法負荷之結果促使新北市政府警察局(前台北縣警察局)、台北市政府警察局陸續於 96、97 年設立刑事 DNA 實驗室，以滿足各警察局偵查單位的鑑定需求。

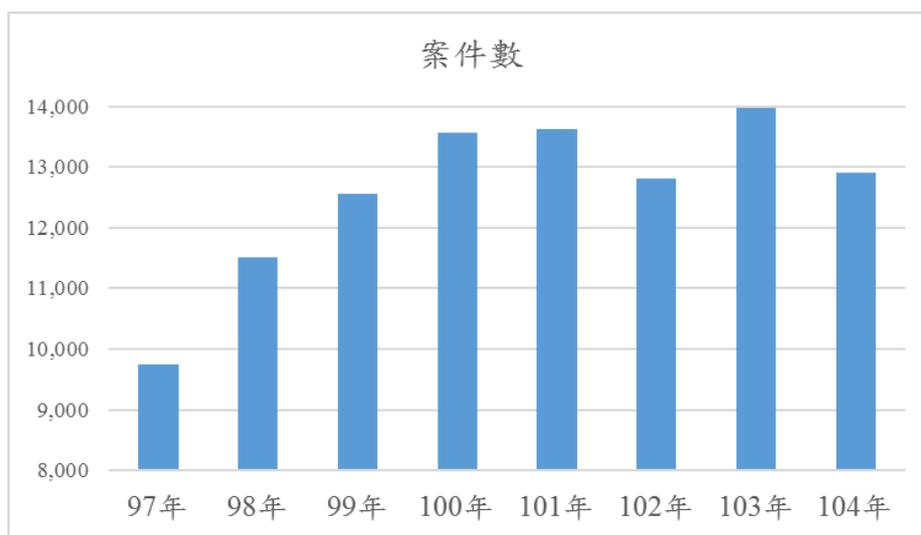


圖 7 本局 93 至 99 年之案件數

特別是最常發生在你我周遭的竊盜案件，依據警政署公布的刑案發生數統計資料，竊盜案之發生率目前佔全般刑案的 20%，每個月有 4 千餘件，與詐欺案件、公共危險罪為全般刑案發生數的前三名(詳如表 1)。由於竊案犯嫌很有可能在現場或贓物上遺留生物跡證，現場鑑識人員會採集現場生物跡證送實驗室鑑定。故在刑事 DNA 實驗室受理的案件中，以竊盜案件佔大宗，一般而言，竊盜案件具有下列特性：

#### 一、民眾感受度較高：

根據中央警察大學的研究中，民眾大多認為偵破重大案件固然重要，但是由於民眾生活週遭不常遭遇重大案件，故民眾對重大案件的感受度較不高。相對於一般民眾對竊盜犯罪的感受而言，因為每個人自己或是周遭的親朋好友都可能曾經為竊盜犯罪的被害客體，加上竊案所侵害之客體不只是人身的部份，也牽涉到各人所擁有的財物等，可能讓一般民眾隨時處於被害危險中，因此竊盜犯罪一直是民眾最切身關心的問題，而竊盜犯罪的發生率也

成為民眾對治安感受的測量指標之一[10]。

## 二、再犯率高

竊盜案件屬輕罪，因量刑不高，且竊盜案件嫌犯多有經濟問題，往往在短期入監服刑後又繼續犯案，故累、再犯率相當高，造成惡性循環，由近十年矯正機關新入監及在監人數中竊盜罪之再犯率統計結果發現，竊盜罪再犯率高達六成以上，這也證明了竊案再犯率相當高。

## 三、連續犯罪可能性高

竊盜案件是典型少數人犯大多數的案件，嫌犯往往在短期內犯罪多次，或者是在犯罪所得款項花用完畢後，又再行犯案，因此竊盜案件常常有同一人或同一組嫌犯多次連續犯案的情況，甚至為常業竊盜犯，且多具有地緣性。

## 四、重大刑案嫌疑人有竊盜案件前科比例高

近年來由於毒品氾濫，由警方統計資料顯示，強盜、搶奪、竊盜等案件大多與毒品人口有關，經分析毒品犯罪判決有罪之人，發現約有 4 成 5 有竊盜前科[11]，3 成 3 有暴力犯罪前科，吸毒人口為長期籌措毒品費用，在入不敷出狀況下，而不顧被逮捕風險犯下各類型犯，其中大多數為竊盜案件，竊盜因屬輕罪，且容易完成，故常成為歹徒為惡的「入門第一步」，而後由一般的竊嫌再「進化」為重大暴力及其他案件之犯罪人。

由於很多竊嫌是竊盜常業慣犯或是吸食毒品犯罪者，這類犯罪之刑度不高，依據刑法 320 普通竊盜罪或刑法 321 條加重竊盜罪均屬五年以下有期徒刑之輕罪，若是初犯刑法 320 普通竊盜罪，亦可處拘役或五百元以下罰金，若犯罪事證明確又無逃亡之虞，在漫長的司法偵審訴訟過程中也可繼續犯案，即使短期刑服刑期滿出獄後亦可能繼續犯罪，所以針對這種案件數多、反覆犯罪、刑度不高的案件，刑事 DNA 實驗室亦須擬定相關鑑定政策，限縮受理證物數，本局自 95 年對於竊盜案件 DNA 鑑定就其檢出率結果圖 8，擬定六大類證物送驗策略[12]，主要是蒐集與犯罪關聯性高的體液類跡證包括瓶口棉棒、血跡棉棒、吸管、檳榔渣、菸蒂、以及手套，地區的刑事實驗室亦比照本局受理政策辦理。另外對於重大的案件，亦擬訂優先鑑定策略，使有限的鑑識資源能發揮最大的效能。

表 1 警政署 105 年 11 月 22 日公布之刑案發生統計

年(月)別 Year(Month)	總計 Grand Total	竊盜 Larceny	暴力 暴力罪 Violent Crime	竊取 竊取 Stolen Property	賭博 賭博 Gambling	傷害 傷害 Assault	詐欺 詐欺 Fraud	毒品 毒品 Narcotics	單位：件 Unit: Case										
									妨害自由 Interference with Personal Liberty	駕駛過失 Negligence in Traffic Accidents	偽造文書 偽造文書 Forging Instruments or Seals	一般 一般 ① Obscenity	侵占 侵占 Embezzlement	違反槍械彈藥刀械管制條例 Violation of Firearms, Ammunition and Knives Control Act	公然危險 公然危險 Offense Against Public Safety	妨害電腦使用 妨害電腦使用 Interference with Computer Usage	其他 其他 Others		
民國 96 年 2007	491,815	241,091	9,554	1,003	5,512	12,110	40,348	52,835	3,854	7,434	4,331	4,688	4,918	1,770	52,309	6,677	43,401		
民國 97 年 2008	453,619	209,351	8,117	1,209	5,490	11,223	40,963	52,457	3,799	7,924	4,328	7,121	6,434	1,992	53,416	4,216	35,709		
民國 98 年 2009	386,075	155,151	6,764	1,037	5,782	11,250	38,802	44,913	4,097	8,245	4,357	5,567	6,702	1,358	56,546	4,048	31,656		
民國 99 年 2010	371,534	142,774	5,312	1,223	6,155	12,506	28,494	48,218	5,053	10,194	3,919	4,150	7,893	1,350	57,654	3,851	33,088		
民國 100 年 2011	347,674	116,831	4,190	1,387	6,837	13,439	23,612	45,999	5,876	11,327	3,409	4,673	8,434	1,981	58,046	8,887	33,866		
民國 101 年 2012	317,256	100,264	3,461	1,133	6,943	12,848	20,421	44,001	6,215	12,306	3,314	4,716	6,894	1,349	58,035	4,387	31,169		
民國 102 年 2013	298,967	80,496	2,575	1,078	6,417	17,401	18,777	40,180	6,161	13,310	3,379	4,825	6,540	1,297	66,172	3,115	30,404		
民國 103 年 2014	306,900	76,540	2,399	1,111	6,308	11,501	23,874	38,999	5,985	13,198	3,515	4,667	6,389	1,426	73,098	7,843	31,322		
民國 104 年 2015	297,800	66,255	1,896	665	6,969	11,119	21,172	48,576	6,261	13,431	3,406	5,122	5,671	1,663	71,075	2,999	30,798		
10 月 Oct.	24,538	4,985	214	35	494	948	1,810	4,627	518	1,106	283	403	522	158	5,767	182	2,475		
11 月 Nov.	24,373	4,493	173	17	441	936	1,935	4,477	557	1,108	288	365	456	156	5,861	178	2,624		
12 月 Dec.	23,241	5,141	127	25	397	960	2,068	4,004	578	1,260	291	330	495	125	4,872	223	2,312		
民國 105 年 2016	246,294	47,821	1,435	243	6,102	9,792	18,694	46,437	5,916	11,403	2,842	3,966	5,158	1,428	57,854	1,873	25,963		
1 月 Jan.	22,561	4,566	149	23	650	931	1,916	3,619	546	1,169	261	377	488	170	4,814	163	2,679		
2 月 Feb.	21,561	4,072	117	20	2,614	781	1,774	2,399	421	906	249	270	413	90	5,633	128	1,844		
3 月 Mar.	25,464	5,080	157	33	794	992	2,090	4,707	630	1,330	299	504	539	116	5,907	198	2,663		
4 月 Apr.	24,644	4,886	150	21	385	875	1,843	4,766	578	1,162	291	386	507	132	6,149	165	2,428		
5 月 May	26,009	5,271	166	21	513	1,049	1,807	5,194	657	1,329	286	483	563	187	6,407	240	2,756		
6 月 June	24,383	5,029	151	29	264	1,071	1,917	4,116	625	1,177	265	409	519	117	6,111	215	2,568		
7 月 July	26,795	4,785	122	19	233	1,034	2,041	6,674	593	1,115	292	397	485	179	6,038	171	2,665		
8 月 Aug.	26,776	4,932	131	20	324	1,038	2,035	5,805	653	1,124	342	405	577	160	5,600	209	3,181		
9 月 Sept.	22,409	4,410	152	20	496	955	1,722	3,846	546	971	254	365	473	144	5,449	143	2,583		
10 月 Oct.	25,492	4,940	140	47	427	1,046	2,199	4,946	667	1,130	303	372	594	133	5,746	221	2,596		

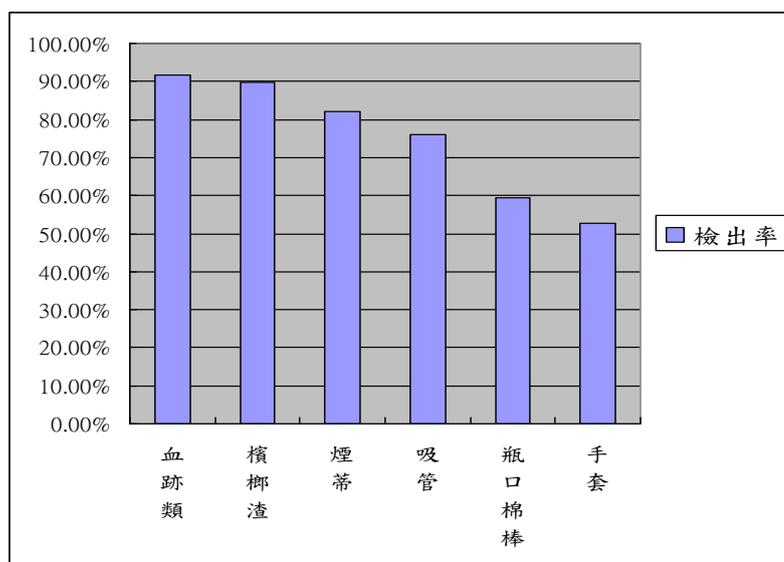


圖 8 一般常見竊盜案件送檢生物檢體之種類及其檢出率

國外 DNA 實驗室對於案件的受理亦擬定一些策略，筆者 102 年前往美國加州州立刑事 DNA 實驗室參訪，發現他們對於性侵害案件證物也有些擬定快速鑑定策略(Rapid test)，現場鑑識人員依據案情先篩選 2 樣重要跡證送 DNA 實驗鑑定，實驗室必須在 3 天內完成鑑定，以提供偵查人員偵查方向，這樣的策略在犯罪偵查發揮非常強大的功效，很多案件因此迅速破案，節省很多的偵查資源與社會成本，另外美國有些州對於命案或重大案件，亦律定先篩選 5 項關鍵跡證送鑑定。根據美國的研究指出，對「DNA 鑑定」投資 1

美元，可省下 35 美元之社會成本支出。以最嚴重的性犯罪為例，全美一年須耗費美金 1,270 億元用於受害者醫療、精神健康照顧等方面，並造成被害人生產力、生活品質下降，平均每一被害人損失 8 萬 7000 元美金。假設性犯罪涉嫌人平均犯下 8 件性侵害案件，若其中半數被阻止，則每年可省下 635 兆美金。假設一年有超過 100 件現場證物 DNA 比中 DNA 資料庫之涉嫌對象，以 25% 定罪率估算，可省下 217 兆美金。善用 DNA 鑑定技術有效打擊犯罪的策略可提升民眾對政府的信賴，保障人民生命、身體與財產的安全。

過去僅針對重大刑案蒐集現場微量 DNA 跡證進行 DNA 鑑定例如汽車方向盤上、停車卡上的跡證，因為這類微量汗液或皮屑跡證 DNA 檢出率不高，為妥善運用有限的鑑識資源，對於案件量極大的竊盜案件，大都不受理此類微量 DNA 跡證。然近年來隨著 DNA 鑑定試劑與儀器的不斷精進、微量 DNA 採樣技術提升，DNA 鑑定的靈敏度亦大幅提升，DNA 檢出率亦隨之提升，在部分竊案現場發現犯嫌使用剪刀、鉗子等工具破壞門窗，或是拿著被害人家中的菜刀行竊，而現場並未發現犯嫌遺留的上述 6 大類跡證，亦未發現其他可疑的指紋跡證，苦無其他線索，為了突破偵查瓶頸，紛紛請求刑事實驗室可否採樣工具握把上之生物跡證進行 DNA 鑑定，以利發現犯嫌。近年來本局為加強竊盜案件偵查，對於一些偵辦上較困難的竊案，開放受理非上述 6 大類跡證，只要研判為犯嫌留下的跡證且未受環境破壞，經實驗室技術主管審核後即受理鑑定，經統計本局 105 年 1 至 6 月受理的竊案證物(如表 2)，其中非上述 6 大類跡證佔 17.47%，包含安全帽、方向盤轉移棉棒、拖鞋、衣物、膠帶等，很多案件亦因此檢出 DNA 並發現犯嫌身分。

表 2 本局 105 年 1 至 6 月受理竊盜案件之證物種類

證物種類	數量	百分比例(%)
檳榔類證物	47	3.70%
菸蒂	371	29.19%
手套	294	23.13%
瓶口棉棒	234	18.41%
血跡棉棒	53	4.17%
吸管	50	3.93%
其他微量跡證	222	17.47%
總計	1271	100.00%

## 第五節 DNA 證據的評價

在犯罪偵查上，DNA 鑑定是繼指紋分析之後最偉大的科技成就，其理論基礎是建立在分子生物學的技術上，鑑定過程需遵循經實驗室驗證所建立之標準規範，使鑑驗結果具有再現性與可性度，最大的效果就是 DNA 鑑定方法幾乎是可以肯定地排除無辜的嫌疑人；近 10 幾年來由於 DNA 鑑定能力的精進與時效的大幅提昇，各式微量生物跡證均能有效正確地鑑驗出 DNA 型別，以致 DNA 鑑識技術廣泛應用於各種生物跡證物，各類重大刑案包括命案、性侵害案、槍擊案，乃至最大宗的竊案都使用 DNA 找尋嫌犯或關聯重要跡證，最主要的原因就是目前使用之 DNA-STR 型別具有高度個化能力，且已獲得各國司法體系所接受。

然而 DNA 鑑定技術在尚未普遍被接受前，其雖有穩固的理論基礎與客觀的統計數據，但司法人員對於這項技術仍抱持很多質疑，包括 DNA 鑑定技術是否具有再現性、穩定性、可信度？DNA-STR 型別出現機率之計算為何？如何認定型別出現機率之正確性等。當時為了使檢察官、辯護律師和法官等不熟悉分子生物學、遺傳學和統計學之執法人員了解 DNA 鑑定技術之術語和觀念，美國政府執法機構在 DNA 鑑定技術投入了很多資源，美國國家研究委員會(National Research Council)首先在 1992 年提出報告說明 DNA 鑑定科學與技術的基礎知識，提出相關建議事項以提升 DNA 鑑定的品質與能力，供執法者在使用 DNA 鑑定技術時之參考，同時努力化解反對 DNA 鑑定者之質疑。然而，這份報告解決了一些問題，但也遭致一些反對與爭議，這些爭議同時亦成為科學家與司法界雙方批評的目標，甚至亦有誤解報告內容而在法庭上造成誤用之情形。以致當時 DNA 鑑定技術與結果解釋受到各方的挑戰與嚴格的批評，之後經過進一步的研究與實務經驗的納入，再經由法律專家與生物遺傳學家多次的討論後，終於在 1995 年訂定了「刑事 DNA 證據評價之建議事項」，若 DNA 鑑定報告能符合這些建議事項，表示 DNA 證據具有證據能力與證明力，為司法體系所接受，這 10 多年來，DNA 鑑定技術就是在「刑事 DNA 證據評價之建議事項」的檢驗下，使得 DNA 鑑定技術成熟與穩定。其中在實驗室品質管理與維護部分，該報告建議如下(原文節錄詳如附件 2)[13]：

### 3.1 建議-實驗室必須遵循高品質的標準操作流程，盡全力達到 DNA 鑑定領

**域認可的標準，並通過刑事實驗室認證機構之認證。**美國聯邦調查局(FBI)針對各類刑事鑑識技術與方法建立規範(Scientific Working Group)，並公佈予犯罪實驗室遵循；美國刑事實驗室認證委員會(The American Society of Crime Laboratory Directors /Laboratory Accreditation Board，以下簡稱 ASCLD/LAB)是在密蘇里州註冊成立之非營利認證機構，於 1981 年成立該委員會，並於 1982 年開始評鑑美國犯罪實驗室。ASCLD/LAB 目前在美國與世界各地提供公立和私人犯罪實驗室認證服務。一個通過認證的實驗室可昭告其報告使用者(司法偵審單位)，該實驗室已建立了一個品質管理系統，讓後端使用之司法偵審單位對於鑑定事項深具信心，確定與證明該實驗室作業流程已符合所建立之規範標準。然而通過認證絕對不能視為一個結束，而是一個開端，並朝向將來繼續成長與改進之目標前進，故在第一份 ASCLD/LAB 認證計劃即建立了下列 4 個目標，這些目標隨著時代的演進，至今並未改變，一直繼續指引認證之推行。

- 1.為了提升實驗室服務品質，供刑事司法系統應用。
- 2.為了評估執行層面及提升工作效力，建立、使用、發展與維護實驗室所建立之標準作業規範。
- 3.藉由實驗室總體的作業審查，提供一個獨立、公正、客觀的鑑定系統。
- 4.提供給廣大市民和實驗室報告書使用者信心，確定並證明該實驗室已符合所建立之規範標準。

**3.2 建議-實驗室應定期地參加能力測試，而這些能力試驗結果在法庭進行程序中可提供。**

**3.3 建議-如果可能，刑案證物（例如血斑）在第一次實施鑑定時，應將其分成 2 份或多份以上，未使用的部分必須妥善保存，供日後必要時重新分析鑑定(例如鑑定結果被質疑)，已使用與保留的部分應分開保存與處理，日後之重新鑑定必需和第一次的鑑定人員不同，最好由不同實驗室實施鑑定。實驗室任何的努力與改善措施都不可能保證錯誤零發生率，無辜者若因鑑定錯誤而遭牽連，最好防護措施就是將尚未使用的證物檢體由另一個單位進行重新鑑定，使無辜受冤者得有平反之機會。**

為澄清適用於 DNA 鑑定上之族群遺傳學、統計學，這份報告嘗試著去解釋與 DNA 鑑定相關的基礎科學及技術，期望能提升刑事 DNA 鑑定及其在法庭上的運用，解決法庭中有關 DNA 型別鑑定的爭議，該報告主要在處理

有關計算機率的問題，著重的課題是證物 DNA 型別和犯罪嫌疑人 DNA 型別相符的情形，該報告提出的核心問題是法醫科學家、族群遺傳學家及統計學家可以提供給法院什麼樣的訊息，以協助法官或陪審團推論證物與嫌犯是相符的。族群遺傳學(population genetics) 是一門連接孟德爾定律 (Mendelian law) 及達爾文演化論的學科，其最基本的定律是 Hardy-Weinberg(哈溫平衡)，此學科特色是利用數學的方法來研究受到選擇 (selection)、突變 (mutation)、遷移 (migration)、近親交配 (inbreeding) 及其他因素影響下的族群基因結構情形 (gene structure)。它肯定了數學在生物學上的角色，而且是被公認為數學應用在生物學上成功的例子。

**6.1 建議-如有需要實驗室人員應對該型別可能形成原因進行確認、研判，並清楚什麼樣的情況會造成對型別的誤解，及該如何避免陪審團對該證據的錯誤解讀。** 犯罪是否成立，除了科學物證相符外，還須考量刑法構成要件，然而在實務上法院僅有冷冰冰的鑑定報告，可能無法僅從鑑定結果協助判斷，有時仍需要相關專家或鑑定人員提供更多的資訊，此時法院會要求實驗室協助了解有無相關文獻探或研究報告等以利研判犯罪時的行為與鑑定結果的關聯，在近年來有關鑑識科學之文獻中我們也發現國外實驗室為了釐清部分案情，設計相關模擬實驗並經過多次實驗結果，再研討這些模擬行為能驗出 DNA 型別之可能性，進而提供司法體系參考，由此可知 DNA 鑑定結果的詮釋也是另一重要課題。

法律人期待科學家能提出客觀的事實訊息，諷刺的是科學方法常常是「量」的不確定性，也就是可能性多少的問題，而法庭審判最後往往只有黑(有罪)與白(無罪)兩種結果，但科學卻像是各種濃淡不同的灰階所組成；基本上刑案證物之鑑定與比對工作，大部分都是一種分類的過程(processs)，刑事鑑定專家致力於鑑別樣本(或物質)的來源，在這個前提下，進而發現某些形式的鑑定證據是比較有價值的，於是具有個化能力之指紋與 DNA 證據在現今受到高度的重視。自從 DNA 證據受法庭高度重視與使用之後，其鑑別犯罪嫌疑人所使用的鑑定統計學概念已成為一種模範(model)，對於指紋、工具痕跡、微物跡證、化學等其他刑事鑑識領域形成一大挑戰；因為在法庭交互詰問制度下，檢察官、辯護律師及法官都會針對與證據有關之各種問題提出質疑，包括證物所能證明的範圍與限制、個化或類化鑑定之方法論、可能性機率(Likelihood Ratio)之計算與評估、專家證人的能力與經驗等，並進行激烈的言詞辯論。法庭對於鑑識專家們在證物鑑別力或可證明範圍等專家證言之需

求日益提升，可預期日後刑事鑑定技術與方法將面臨鑑定統計學的挑戰。

## 第六節 本研究之目標

過去現場鑑識人員在刑案現場主要蒐集犯嫌遺留的血跡、精液、與唾液等體液類跡證送實驗室鑑定，這些體液類生物跡證的 DNA 含量較多，DNA 檢出率較高、較穩定。隨著 DNA 鑑定試劑與儀器靈敏度大幅提升，犯嫌遺留在現場各類微物跡證均有可能驗出 DNA，包括眼鏡、帽子、衣物、拖鞋、方向盤、機車握把上，甚至塑膠袋、置物袋提把處等等，亦就是犯嫌遺留的汗液與皮屑均有可能驗出 DNA 型別。但「有可能驗出 DNA」並不代表「一定驗出 DNA」，能否成功驗出 DNA 在於行為人是否遺留足夠的 DNA？在於是否依據生物跡證所依附之載體特性選用最佳採集方法？是否選用最佳的萃取方法？是否引進最新的試劑與儀器？當犯嫌在現場遺留少量之 DNA 時（一般稱為 trace DNA），在前端採證時若無法蒐集到足夠量的 DNA，就無法成功檢出 DNA 型別而無法聯結犯嫌，所以提升微量跡證 DNA 採集已成為刑事實驗室當前重要的課題。

隨著科技的進步，DNA 鑑定技術也愈來愈發達，然而，鑑識人員不應只依靠新的鑑定技術，也應該在目前現有的鑑定工具及材料中，找尋最佳的方法，為達到這個目的，本研究就採樣材料及採樣方法之最佳化、提升 DNA 定量及鑑定試劑靈敏度及鑑別力，嘗試就目前現有的材料及方法，測試其 DNA 檢出情形，期能歸納出最佳化的方法。此外，本研究亦針對部分特殊案件，例如特殊性侵害案件及槍枝上微量 DNA 之鑑定加以研究分析，期能對於我國之 DNA 鑑定能有所助益。

## 第二章 提高生物跡證檢出率之採樣方法研究

### 第一節 前言

生物跡證採集是 DNA 鑑定流程的第一步，對於僅含有微量細胞的生物跡證例如手套、槍枝或凶器握把等，若是無法蒐集到足夠量的細胞，就無法成功檢出 DNA 型別而失去關聯犯嫌的機會。在實驗室內檢視證物並記錄是第一步驟，如果可以一眼就發現跡證所在位置，則後續的採樣及萃取 DNA 就簡單的多，但如果跡證遺留量少或位置不明顯，則需要借由特殊方法來辨視。例如紙張上殘留的細胞，無法用目視及打光的方式發現，可以使用指紋顯現試劑先行處理，再針對可能的區域進行採樣，但使用這類指紋顯現試劑時須同時考慮是否會影響後續的 DNA 實驗[14]。另外像是深色布塊上的微量血跡、唾液或精液，也很難用多波域光源檢視後發現，因此需要將微量的斑跡轉移至濾紙上後再利用呈色反應鎖定位置。

如果無法有效的辨識微量跡證的所在位置及大小，則後續以棉棒採樣的過程就有可能發生採樣面積過小或採樣面積過大的問題，採樣面積過小表示得到的細胞較少，可能無法成功檢出 DNA 型別，採樣面積過大同時也有可能將跡證中的細胞推散至周圍，造成殘留在棉棒上的細胞減少。因此除了要知道跡證的所在位置，採樣的方式也很重要。

#### 一、採樣方式

棉棒轉移其具有便宜、容易取得及轉移效果好的優點[15]，轉移前棉棒頭需先用適當的液體沾濕，在跡證的範圍內多次的來回擦拭，並稍為施加壓力及旋轉棉棒，以取得最多的跡證。一般國內 DNA 實驗室多使用 PBS 來沾濕棉棒，但 PBS 並不是唯一的選擇，在國外也有實驗室使用水[[16]、SDS [17] 或 Isopropanol [18]來沾溼棉棒轉移跡證，因此在這次的實驗中，我們也將加入了不同的溶劑來比較轉移效果的差異。

普通棉棒為目前最為廣泛應用的 DNA 轉移工具，但缺點是跡證轉移後的脫附能力差，故 DNA 回收率較差[15]，為了改善這個缺點，有廠商開始推出新式的棉棒，以尼龍材質來取代傳統的棉花材質，也有利用海綿來取代棉

花的設計，並期待這些改變可以提高 DNA 的檢出率，但這些新式棉棒的採證效果並沒有經過完整的實際測試，所以我們無法得知是否適用於所有物體表面，也無法知道與普通棉棒比較後是否真的可以提高檢出率，所以在這次的實驗中加入了不同種棉棒與不同溶劑的組合，並比較光華非吸水性與吸水性表面的微量跡證檢出率。

除了改善棉棒的材質，近年來有廠商想到將日常生活使用的膠帶加以改良並應用於刑案現場及實驗室，而誕生了採證膠帶。這類採證膠帶的使用方式就如同利用膠帶黏除衣服上的棉絮，在目標範圍內多次按壓直到膠帶沒有黏性，之後再將採證膠帶剪碎放入微量試管中進行 DNA 萃取。在這次的實驗中，我們也將採證膠帶的檢出率放入比較中。

## 二、DNA 萃取

早期刑事 DNA 實驗室多使用 Chelex 100 [19]的方法萃取 DNA，這種萃取方法快速、簡便及便宜，在 90 年代有針對各種不同的證物類型作最佳化，但以現今的技術來看，缺點也很明顯，首先是抑制物的問題，因為沒有經過純化分離，所以萃取物中含有部分的 PCR 抑制物會影響後續的定量及型別分析，再來是 DNA 萃取的回收率也不佳，因此目前幾乎沒有使用這種萃取法，取而代之的是以二氧化矽(silica)做薄膜的離心分離萃取法，例如本實驗室目前使用的 QIAamp DNA Mini Kit 就是其中之一，除了骨頭等少數檢體萃取效果不佳外，幾乎可以用於各種檢體，經過清洗步驟後所得的萃取物純度高，而且方便調整濃度，可以適用於各種型別分析試劑。但這種萃取方法的 DNA 回收率仍然有進步的空間，因此 Qiagen 推出新的 QIAGEN Investigator Lyse&Spin Baskets 輔助萃取套管，號稱可以提高刑事證物的 DNA 回收率，因此我們用不同的採樣方式轉移了跡證後，再比較有無使用 Lyse&Spin Baskets 是否真的可以提供較佳的 DNA 回收率，並增加檢出的 STR 組數。

## 三、提高刑案現場手套 DNA 檢出率

歹徒作案時為避免遺留指紋，最常用的方法就是穿戴手套，以本科每年近 2000 件的竊盜案來觀察，手套類的證物占其中的一大部分，現場採獲之手套的材質大致可分為非纖維性手套(乳膠或 PVC 手套)[20]與纖維性手套(尼龍或棉質手套)，前者因材質不具吸收力，故可利用棉棒沾取生理食鹽水大範圍轉移手套內側斑跡後再進行 DNA 鑑定，即能獲得較佳之 DNA 鑑定結果，後者因纖維材質極具吸收力，致棉棒轉移效果不佳，對於這類手套之處理，

實驗室人員大都在虎口、食指第一節處或手套外觀上明顯殘留斑跡處直接剪取約莫 1.5x1.5 平方公分[4, 21]小布塊進行 DNA 鑑定；現場遺留之證物，若能剪取也多以直接剪取為主。但礙於目前多數刑事實驗室所採用之 DNA 萃取方法(QIAamp DNA Blood Mini Kits)，檢體須溶於 200 $\mu$ l 之萃取液，故在萃取物體積上有相當之限制，僅能剪取小範圍布塊進行鑑定，另外由於剪取之布塊同時含有手套內、外側所有遺留之生物跡證，故常常受所處環境 DNA 干擾而檢出 DNA 混合型別；此外若檢出 DNA 型別與犯嫌相同時，嫌犯往往辯稱所檢出之 DNA 可能因間接轉移(二次以上之轉移)至手套外側表面所致，若採樣時能將手套內、外側斑跡區隔，而僅蒐集內側斑跡進行 DNA 鑑定，則可擺脫嫌犯藉故脫罪之詞。故此次特別針對了棉織類的手套，比較不同採樣方法所得的定量結果及 STR 型別檢出率。

## 第二節 實驗材料與方法

本實驗共分為兩個部分：

### 一、現場手套樣本模擬研究

以模擬之現場手套樣本，比較剪取法及膠帶黏取法的對於 DNA 檢出率的結果差異，此外，膠帶黏取法還分為黏取特定位置及大範圍黏取兩種方式，俾歸納出最佳使用方法，詳細流程如下圖。

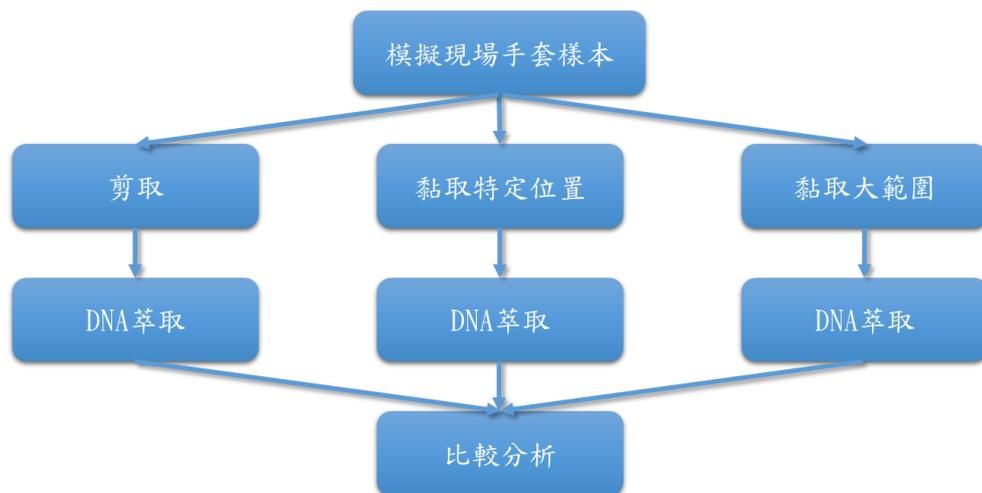


圖 9 研究現場手套樣本採樣方法之流程圖

1. 樣本製作：以市售 20 兩棉紗手套，由五名受測者雙手均戴上棉紗手套，從事不同勞務(包括從事打字、搬運檔案、騎車、健身活動等)二小時後取下，同一受測者提供 3 份手套樣本，其中騎車與健身活動者係同時穿戴左、右手手套而提供 2 份手套樣本，其餘均穿戴右手手套，每份手套從事相同工作二小時後置於紙袋中待檢測，而每次右手穿戴手套後間隔至少 6 小時再穿戴另一份手套樣本。
2. 檢體採樣方法：
  - (1) 每位受測者第一份手套直接剪取食指第一節指腹及虎口約 1.5cm×1.5 cm 範圍處(如圖 10)。
  - (2) 每位受測者第二份手套以 Scenesafe FASTTM 微量證物膠帶(採證膠帶法)黏取食指第一節指腹及虎口約 1.5cm×1.5 cm。
  - (3) 3、每位受測者第三份手套以 Scenesafe FASTTM 微量證物膠帶(採證膠帶法)大範圍黏取棉布手套內側掌面所有部份(包含 5 根手指指腹處、虎口、掌心等處)，至膠帶沒有黏性為止。



圖 10 DNA 採樣方法

(左圖-1.a) 為剪取 1.5cm×1.5 cm 範圍，(中圖-1.b) 以 Scenesafe FASTTM 黏取食指第一節指腹處，(右圖-1.c) 黏取虎口處。

## 二、織物及光滑表面採樣方式評估

比較吸水性及非吸水性表面對於 DNA 檢出率的結果差異，俾歸納出最佳使用方法，詳細流程如下圖。

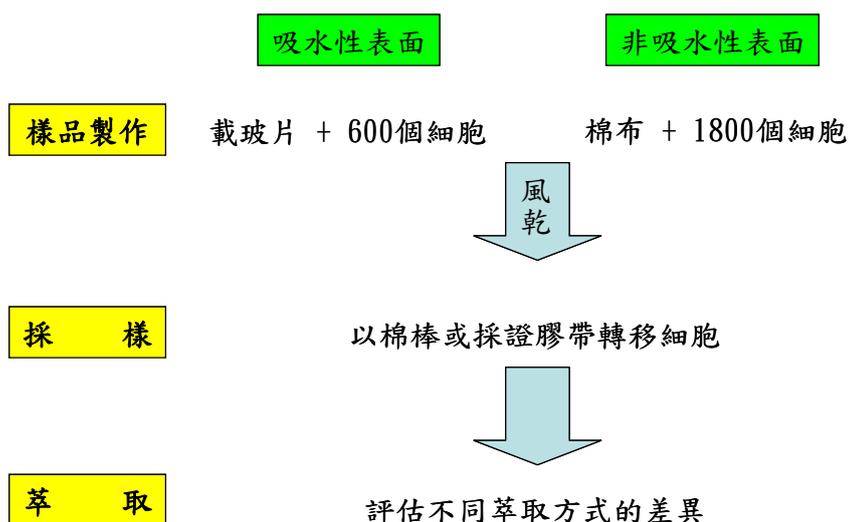


圖 11 實驗流程圖 實驗設計分為樣品製作、採樣及 DNA 萃取 3 個步驟

### 1. 製作非吸水性表面樣本

以載玻片模擬非吸水性表面，取唾液約 1 ml，加入 20 ml PBS 洗滌後離心，丟棄上清液，續以 PBS 稀釋後利用細胞計數盤(The Neubauer Chamber) 計數上皮細胞，稀釋並調整細胞數量至 20 個/ $\mu\text{l}$ ，取 600 個細胞(約 30 $\mu\text{l}$  稀釋唾液)均勻塗抹其上，待其完全乾燥後再進行採樣；控制組實驗中細胞不塗抹於載玻片直接萃取 DNA。

### 2. 製作吸水性表面樣本

以棉布模擬吸水性表面，唾液上皮細胞洗滌及稀釋方式如上，但調整細胞數量至 60 個/ $\mu\text{l}$ ，取 1800 個細胞(約 30 $\mu\text{l}$  稀釋唾液)均勻滴落於平面棉布上，形成約 1cm X 4cm 的斑跡範圍，待其完全乾燥後再進行採樣；控制組實驗中細胞不滴落於平面棉布，直接萃取 DNA。

### 3. 以不同的採樣工具進行 DNA 採樣

分別以下列不同之採樣工具進行採樣：

- (1) 普通棉棒(豐全興業有限公司，臺灣)
- (2) 尼龍棉棒(4N6 FLOQSwabs™，Copan，USA)
- (3) Self-Saturating 棉棒(Puritan)
- (4) 採證膠帶(Scenesafe FAST™，Scenesafe™，UK)

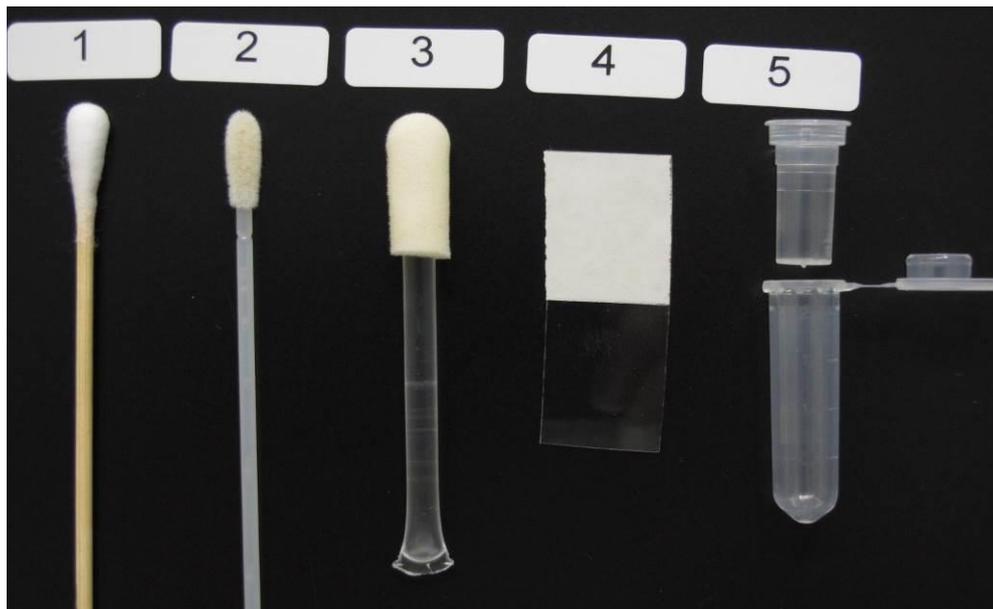


圖 12 採證工具及 Lyse&Spin 萃取套管

由左至右分別為①普通棉棒②尼龍棉棒③Self-Saturating 棉棒④採證膠帶⑤Lyse&Spin 萃取套管

### 三、DNA 萃取

1. 使用 QIAGEN QIAamp DNA Mini Kit 進行萃取檢，所有步驟均按照原廠建議之組織萃取流程進行。
2. 部分檢體另使用 Lyse&Spin 萃取套管輔助萃取，步驟如下：
  - (1) 將檢體放入套有收集管(2ml)之萃取套管(QIAGEN Investigator Lyse&Spin Baskets)中，加 475  $\mu$ l 的 ATL buffer 及 25  $\mu$ l 的 proteinase K (QIA kit 所附) 置於 56°C 中約 3 小時。
  - (2) 以轉速 10,000 rpm 離心約 1 分鐘，確認液體全部移至下層收集管後丟棄套管。
  - (3) 加入 500  $\mu$ l 的 AL buffer，vortex 混合，放入 70°C 中 10 分鐘。
  - (4) 加入 250  $\mu$ l 的 100%酒精，vortex 混合。
  - (5) 分 2 次將液體移入 spin column 內，8000rpm 離心 1 分鐘。
  - (6) 加入 500  $\mu$ l 的 AW1 buffer，8000rpm 離心 1 分鐘。
  - (7) 加入 500  $\mu$ l 的 AW2 buffer，14000rpm 離心 3 分鐘。
  - (8) 加入 100  $\mu$ l 的 D.D.water，置於室溫下 1 分鐘，再以 8000rpm 離心 1 分鐘。

#### 四、DNA 定量

利用即時聚合酶連鎖反應定量法(Real-Time PCR 定量方法)進行 DNA 品質與含量之評估，以 Life Technologies 公司之 ABI PRISM<sup>®</sup> 7500 Sequence Detection System 搭配 Quantifiler<sup>™</sup> Kit [22]評估所萃取出之 DNA 濃度。當定量值高於 0.023 ng/ $\mu$ l 的樣品計算其 DNA 回收率，DNA 回收率=實驗組的 DNA 定量值除以控制組的 DNA 定量值，所得的值再乘以 100%，並以 Excel 中的 Student's *t* test 進行統計分析，當兩組數值的  $p < 0.05$  表示有顯著差異。

#### 五、STR 型別分析

取回溶 DNA 10 $\mu$ l 進行聚合酶連鎖反應，採用 AmpFISTR<sup>®</sup> Identifiler<sup>™</sup> Plus PCR Amplification Kit (Life Technologies)，以 GeneAmp<sup>®</sup> PCR System 9700 進行 PCR 反應，其循環複製條件如表 3，3500XL 定序儀進行毛細管電泳，最後以 GeneMapper<sup>®</sup> ID-X software Version 1.2 (Applied Biosystems)分析體染色體 DNA-STR 型別。

表 3 Identifiler Kit 循環複製條件

溫度	時間	
95 $^{\circ}$ C 變性	11 分鐘	
95 $^{\circ}$ C 變性	30 秒	
59 $^{\circ}$ C 接合	15 秒	循環 28 次
72 $^{\circ}$ C 延伸	30 秒	
72 $^{\circ}$ C 延伸	60 分鐘	

#### 六、STR 型別研判標準

15 組 STR 基因位分別為 D8S1179、D21S11、D7S820、CSF1PO、D3S1358、TH01、D13S317、D16S539、D2S1338、D19S433、vWA、TPOX、D18S51、D5S818 及 FGA，性別決定基因位為 Amelogenin。依據本實驗室確效實驗結果，將 Analytical Threshold(AT, 螢光雜訊閾值)及 Stochastic Threshold(ST, 同型合子閾值)分別設定為 150 及 600 RFU，異型合子之 Peak Height Ratio (PHR) 設定為 50%，當 STR 基因位之對偶基因訊號符合上述 AT、ST 及 PHR 時，始判讀其 STR 型別，當檢體檢出 8 組以上 STR 型別時，即符合本實驗室判定為成功檢出 STR 型別之標準。

### 第三節 結果與討論

#### 一、模擬刑案現場手套實驗

比較棉布手套以剪取與採證膠帶黏取方式採樣部分，共完成五名受測者，每人取樣 5 次（剪取棉布手套食指第一節指腹及虎口處、採證膠帶黏取棉布手套食指第一節指腹及虎口處，採證膠帶黏取手套內側大範圍區域跡證），共 25 次萃取 DNA，進行 3 重複後定量結果如表 4。雖然部分 DNA 定量結果皆小於 Real-time PCR 之定量極限，但考量刑事 DNA 實驗室並不以定量結果為終止實驗的唯一參考依據，仍可與後續 STR 分析結果互相比較，且綜觀 DNA 定量結果亦可看到一些趨勢如圖 13，發現在食指、虎口小範圍區域，以剪取方式檢出之 DNA 量大都優於採證膠帶黏取的結果。在這五種採樣方式中，以大範圍黏取內側（定量結果平均 0.033ng/μl）與直接剪取食指第一節指腹處（定量結果平均 0.034ng/μl）檢出較多之 DNA。另由圖 13 定量結果分析顯示，若僅就採樣位置而不論採樣方式，食指第一指節處檢出之 DNA 量較平均，且所檢出之 DNA 量大多優於虎口處。

表 4 DNA 定量結果表(單位 pg/μl)

採樣方式	直接剪取		採證膠帶黏取		平均值
	食指第一指節	虎口	食指第一指節	虎口	
受測者 1	64	13	24	<b>2</b>	23
受測者 2	6	<b>0</b>	<b>4</b>	3	11
受測者 3	27	6	13	50	22
受測者 4	51	29	14	6	37
受測者 5	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	8	11
平均值±標準差	34 ± 21	11 ± 11	11 ± 8	14 ± 18	33 ± 28

表註：**粗體字**表示未成功檢出型別者。

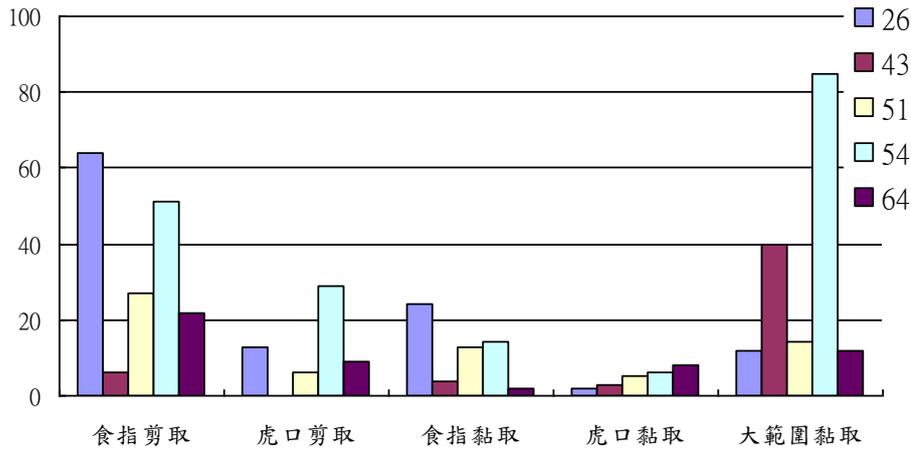


圖 13 DNA 定量結果

上述檢體 DNA 經定量完後全部進行 STR 分析，結果詳如表 5，對於 DNA 含量不足或第一次 DNA-STR 型別檢測結果不佳者，例如對偶基因訊號強度未達判讀標準或 STR 組數不足者，則另取 70 $\mu$ l DNA 經真空濃縮為 10 $\mu$ l 後重新進行聚合酶連鎖反應檢測 STR 型別，共有 3 個檢體原未達判讀標準經濃縮後可成功判讀 DNA-STR 型別(如表 5 之上標 # 號處)。

表 5 STR 型別檢出結果

採樣方式	直接剪取		採證膠帶黏取		整個手套 內側
	食指第一指節	虎口	食指第一指節	虎口	
受測者 1	Y <sup>#</sup> (M)	Y (S, 9)	Y (S, 7)	N N	Y <sup>#</sup> (M)
受測者 2	Y (S, 10)	N <sup>#</sup> (N)	N <sup>#</sup> (N)	Y <sup>#</sup> (S, 6)	Y(S, 16)
受測者 3	Y(S, 15)	Y(S, 15)	Y(S, 15)	Y(S, 16)	Y(S, 16)
受測者 4	Y(S, 6)	Y(S, 6)	Y(S, 14)	Y(S, 7)	Y(S, 16)
受測者 5	N <sup>#</sup> (N)	N <sup>#</sup> (N)	N <sup>#</sup> (N)	Y(N)	Y(S, 16)
成功檢出率	4/5	3/5	3/5	4/5	5/5
(百分比)	(80%)	(60%)	(60%)	(80%)	(100%)

表註：Y 表示檢出 6 組以上 STR 型別，N 表示檢出 STR 型別低於 6 組，<sup>#</sup>表示經過濃縮後進行第二次聚合酶連鎖反應，M 為 Mixture 表示檢出混合型別，S 為 Single 檢出單一型別，數字表示檢出 STR 型別基因位數(15 組 STR 加上 1 組性別基因位)

實驗結果發現剪取食指第一節指腹及虎口處斑跡而成功檢出 DNA 型別比率分別為 80% 及 60%，而黏取的結果則分別為 60% 及 80%，故就食指第一

節指腹、虎口處斑跡(小範圍區域)DNA 型別檢出率而言，剪取與黏取採樣方式差異不大，反觀大範圍黏取手套內側之 DNA 型別檢出率為 100%，明顯優於小範圍區域之採樣。

因受測者均在開放空間進行實驗，若檢體僅檢出受測者本身 DNA-STR 型別者，或檢出混合型別而主要型別與受測者型別相符者，均表示該檢體檢出單一來源型別 (Single, S)，若檢出混合型別而無法區分強、弱型別者，且發現受測者 DNA 混入其中者，則表示該檢體檢出混合型別(Mixture, M)。除受測者 1 在剪取食指第一節指腹處及大範圍黏取手套內側之檢體檢出 DNA 混合型別外，其餘受測者均檢出單一來源 DNA 型別，經查受測者 1 穿戴手套後曾接觸不同桌面，可能係手套外側遭二次轉移斑跡污染所致，但受測者 1 在大範圍黏取手套內側斑跡仍檢出 DNA 混合型別，顯示黏取手套內側之採樣方式並不能確保僅採得穿戴手套者 DNA，仍可檢出外來非穿戴者之 DNA，亦可能是穿戴手套者本身手上已沾附外來 DNA。

先前本局研究膠帶指紋 DNA 時[23]，發現不同受試者間，因個人生理因素影響，其指紋所含 DNA 量差異極大。本研究檢體來源係由實驗室同仁著棉布手套進行不同活動與勞動，由表 4 相同採樣位置或方法而不同受測者間之 DNA 定量結果之平均值與標準差，顯示不同受測者間之 DNA 檢出結果差異較大。但仍可藉由比較同一測試者檢出之 DNA 而了解剪取與黏取採樣方式之優劣，由本次 DNA 定量及 STR 型別檢測結果，顯示受測者 3 無論剪取或黏取方式採樣均檢出幾乎完整的 STR 型別，結果相當一致。反觀受測者 2 及 5 之 DNA 檢出結果普遍不佳，但仍可發現大範圍黏取方式採樣可成功檢出 DNA 型別；經查受測者 1、2 及 5 僅從事文書打字工作，研判 DNA 遺留量與受測者所從事活動及本身易殘留 DNA 程度有相當之關連性[23-25]。

## 二、微物轉移及萃取實驗

### 1. 非吸水性表面

為進一步將採證方式的差異標準化，我們利用細胞計數的方式控制實驗參數，將數量分別為 300、600、1200 及 1800 之細胞直接萃取 DNA 後，進行 DNA 定量及 STR 型別分析，結果詳如圖 14 及圖 15。由圖 14 結果顯示在細胞數量及 DNA 定量值間呈現高度的正相關( $R^2=0.9922$ )，經由 STR 圖譜的訊號強度也顯示具有相關性(圖 15)。當細胞數量為 300 或 600 個時，其 DNA 平均定量結果均低於 Quantifiler Kit 之檢量線校正範圍最低值 0.023 ng/μl，但均大於 0.015 ng/μl，經由 3 重複實驗之分析結果誤差不大，並將第

一次實驗檢體進行 STR 型別分析(未進行 3 重複實驗),均可檢出完整 15 組 STR 型別。因為本研究的目的係針對微量 DNA 跡證找出最佳採集及萃取方法,在前述的模擬實驗及刑事案件中微量跡證之 DNA 定量值很可能低於 0.023 ng/μl,甚至低於 0.01 ng/μl,此時加入 10μl(PCR 反應之最大量) DNA 萃取物或濃縮後的萃取物進行 PCR 複製反應,發現在定量值越接近 0.023 ng/μl 的檢體,檢出符合本實驗室判定為成功檢出 STR 型別的機率越高,顯示這些低於 0.023 ng/μl 之定量結果對於 STR 型別檢測之評估仍具有部分參考價值。

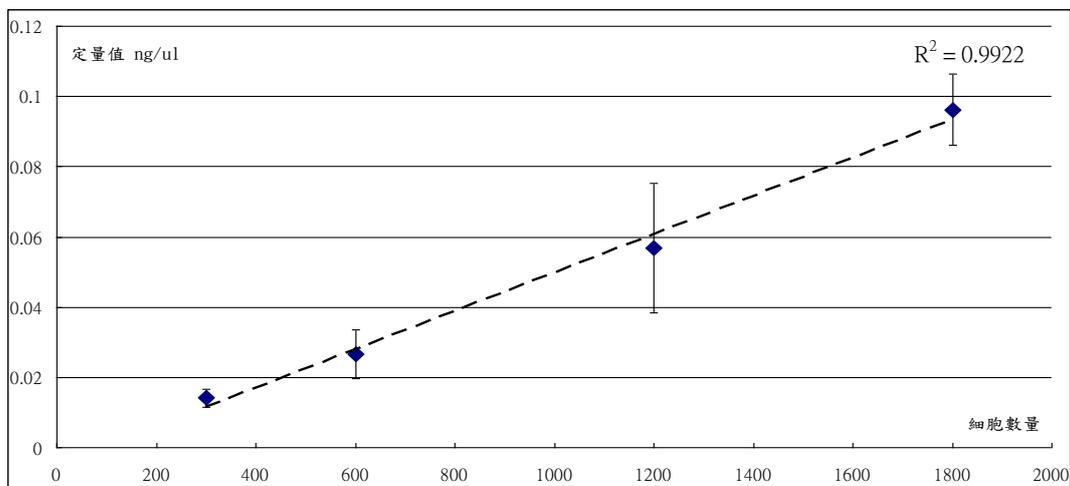


圖 14 控制組的 DNA 定量結果

X 軸為細胞數量, Y 軸為定量值, 誤差線為 3 次 DNA 定量結果的標準差, 虛線表示線性回歸線, 相關係數如圖所示。

非吸水性的玻片表面塗抹約 600 個細胞, 風乾後以不同的採證工具轉移其上細胞並萃取 DNA, 定量結果如圖 16。編號 1~4 直條圖表示玻片上跡證以普通棉棒分別搭配 PBS、ddH<sub>2</sub>O、Lysis Buffer 及酒精 4 種溶劑進行轉移所得之 DNA 定量平均值, 分別為 0.015、0.017、0.017、0.021 ng/μl, 因皆低於 Quantifiler Kit 之檢量線校正範圍最低值 0.023 ng/μl, 無法評估其 DNA 真正含量, 故以 STR 型別檢出組數評估其 DNA 採證效果, 所有檢體均以 10μl 的模板量進行 PCR 複製反應, 以普通棉棒搭配 PBS、ddH<sub>2</sub>O、Lysis Buffer 及酒精 4 種試劑檢出 STR 型別之組數分別為 14、12、14、12 組, 顯示以不同試劑採樣, 其結果並無顯著差異, 均符合本實驗室判定為成功檢出 STR 型別之標準。

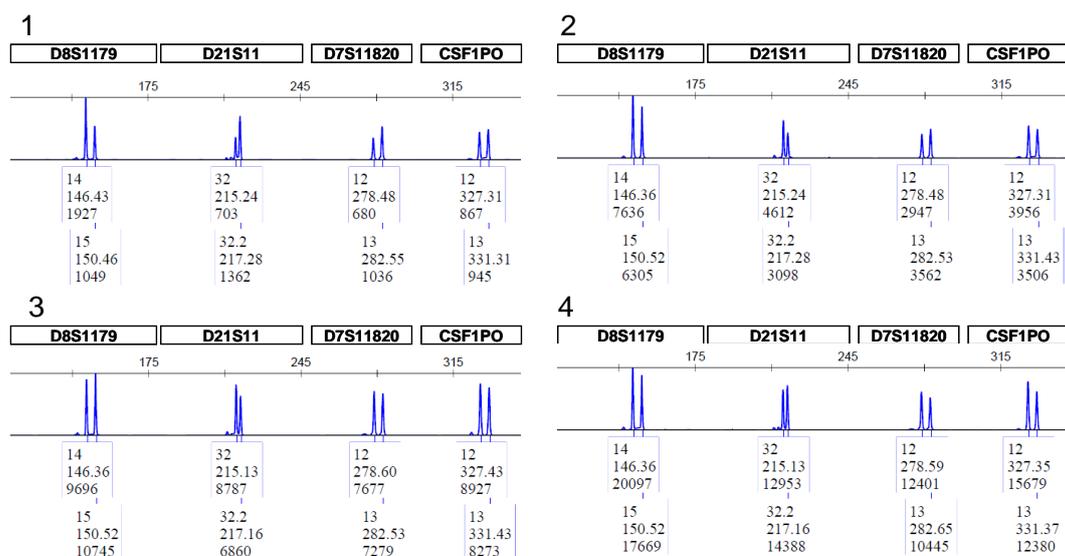


圖 15 控制組的 DNA-STR 圖譜

編號 1、2、3 和 4，分別代表細胞數量為 300、600、1200 及 1800 的部分型別。

圖 16 之編號 5 ~ 8 直條圖表示以尼龍棉棒搭配 4 種試劑進行採樣所得之 DNA 定量結果，PBS、ddH<sub>2</sub>O、Lysis Buffer 及酒精 4 種試劑的 DNA 定量平均值分別為 0.029、0.035、0.027、0.024 ng/μl，平均為 0.028 ng/μl，平均 DNA 回收率約 64% (控制組 DNA 定量值為 0.044 ng/μl，回收率=0.028/0.044 x 100%)，因尼龍棉棒對於細胞之脫附(desorption)能力較普通棉棒佳[1]，所以 DNA 回收率均比普通棉棒採集之 DNA 回收率高。在所使用的 4 種採證試劑中，以水的 DNA 回收率最高(0.035/0.044 ng/μl=78%)，但與其他 3 種試劑的 DNA 回收率並無明顯的差異(p > 0.05)。經加入 10μl 萃取物進行 PCR 複製反應，除酒精之採樣方式檢出 14 組 STR 型別外，其餘 3 組均檢出完整 15 組 STR 型別。理論上每個細胞所含的 DNA 量約 6 pg，600 個細胞所含的 DNA 總量約為 3.6 ng，溶於 100 ul 中所得的定量約 0.036 ng/ul，因計數盤非精準的細胞計數方式，而本實驗控制組實際測出的定量值為 0.044 ng/ul，高於理論值，故有可能實際所使用的細胞數量大於預估數量。

Self-Saturating 棉棒(Puritan)的前端是泡棉，後方則是中空的聚丙烯塑膠管，塑膠管內裝有異丙醇，將棉棒的頭朝下並適當地擠壓塑膠管後，可以聽到”啵”一聲，將泡棉朝下使異丙醇流至前方的泡棉，就可以開始進行採樣，採樣完後再將整個泡棉剪下進行 DNA 萃取，實驗所得之 DNA 定量結果平均值 0.012 ng/μl，詳如圖 16 編號 9 直條圖；經加入 10μl 萃取物進行 PCR 複製反應，可檢出 8 組 STR 型別，符合本實驗室判定為成功檢出 STR 型別之標

準，但觀察 STR 圖譜的對偶基因訊號強度(RFU)顯示，以此棉棒轉移所獲得之 DNA 含量較普通棉棒及尼龍棉棒低。

以採證膠帶進行採樣之 DNA 回收率約為 73% (0.032 / 0.044 ng/ $\mu$ l)，較普通棉棒轉移之 DNA 回收率高，與尼龍棉棒採樣效果相當，詳如圖 16 編號 10 直條圖。經加入 10 $\mu$ l 萃取物進行 PCR 複製反應，3 重複均可成功檢出 15 組 STR 型別，顯示採證膠帶除對吸水性表面採樣效果佳外[3]，在平面光滑之非吸水性表面證物上亦可發揮良效。

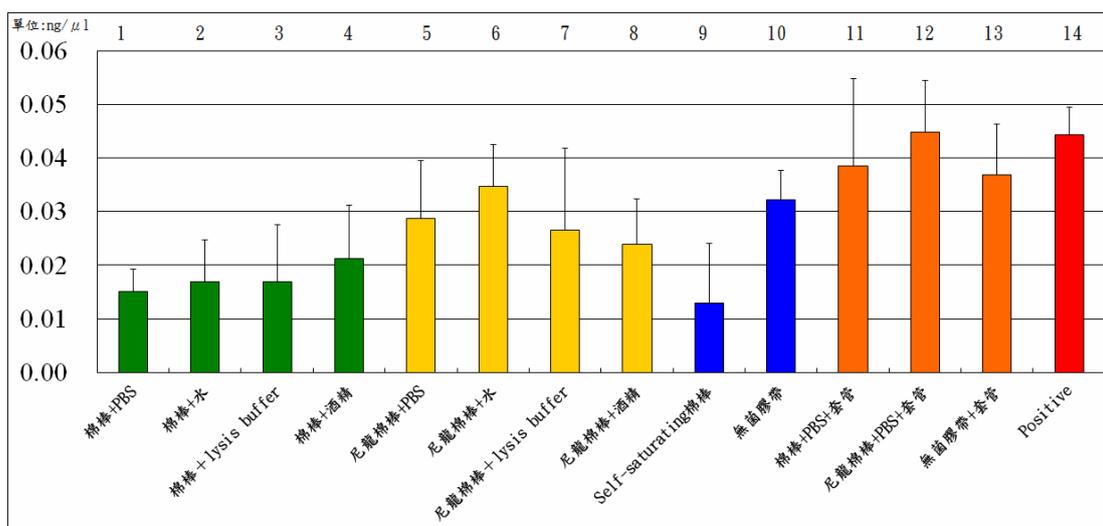


圖 16 非吸水性表面證物以不同採樣及萃取方式所得之 DNA 定量結果

直條圖下方標示不同採樣與萃取方式，其中編號 1-10 及 14 以 QIA 法進行萃取，編號 11-13 以 Lyse&Spin 萃取套管進行萃取，Y 軸為 DNA 定量結果。Positive 為 600 個細胞直接萃取 DNA 後的定量結果，所有實驗皆進行 3 重複。

由前述的實驗結果顯示，玻片上微量證物的轉移效果或 DNA 回收率與所使用的溶劑無顯著差異，反而是棉棒的種類影響較大，故在後續萃取方法評估部分，僅以普通棉棒+PBS、尼龍棉棒+PBS 及採證膠帶等三種採樣方式進行評估。

圖 16 編號 11 至 13 直條圖為 Lyse&Spin 萃取法的結果，與 QIA 萃取法對比的結果(圖 5 編號 1:11、5:12 及 10:13 直條圖)，發現可提升 DNA 回收率，其中以普通棉棒(比較圖 16 直條圖 1 與 11)的 DNA 回收率提升效果最為顯著，其 DNA 定量平均值由 0.015 ng/ $\mu$ l (QIA 萃取法)提升至 0.039 ng/ $\mu$ l (Lyse&Spin 萃取法)，DNA 回收率由 34% 提升至 87% (0.039/0.044 ng/ $\mu$ l)，顯示以普通棉棒採證雖可轉移到證物上大多數的細胞，但以 QIA 萃取法卻無法有效取得其上多數細胞的 DNA，所以在使用 Lyse&Spin 萃取套管後可萃取出

更多 DNA。在尼龍棉棒的部分(比較圖 16 之直條圖 5 與 12)，其 DNA 定量平均值也由原本的 0.029 ng/μl (QIA 萃取法)提升至 0.045 ng/μl，DNA 回收率由 66% 提升至 100%。在採證膠帶實驗結果部分，其 DNA 定量平均值也由原本的 0.032 ng/μl (QIA 萃取法)提升至 0.037ng/μl，DNA 回收率由 73% 提升至 84%(比較圖 16 之直條圖 10 與 13)。由上述結果顯示使用 Lyse&Spin 萃取套可增加 DNA 回收率，惟實驗流程中必須使用 2 ml 微量試管進行水浴，但試劑所附之 2 ml 微量試管管蓋之緊密度不足，若使用水浴器進行實驗時須注意污染防制，建議購置可放置 2 ml 微量試管之乾浴器，使實驗流程更加安全、便利。

## 2. 非吸水性表面

由玻片的實驗結果顯示，影響 DNA 回收量最主要的因素是採證工具及萃取方法，與所使用之採樣試劑並無顯著關聯，故在後續實驗中，僅針對採證工具與萃取方式進行評估。因棉布具有良好之吸收性，將 600 個細胞塗抹於棉布上經採證與萃取後所得到之 DNA 含量非常低，無法進行比較，故在製備吸水性表面之模擬證物時，將塗抹的細胞量提高至 1800 個，以利比較 DNA 回收率，各組定量結果詳如圖 17。

棉布上的微物跡證不論是使用普通棉棒或是尼龍棉棒進行採證(圖 17 之直條圖 1、3)，QIA 萃取法的 DNA 定量值均非常低( $< 0.01$  ng/μl)，符合先前的模擬手套實驗，取 10μl 的萃取物進行 PCR 複製反應(3 重複)，普通棉棒實驗組平均僅檢出 2 組 STR 型別(2、0、4)，均未達本實驗室判定為成功檢出 STR 型別之標準；以尼龍棉棒進行採證者，平均檢出 3 組 STR 型別(0、9、1)，僅有 1 次檢出 9 組 STR 型別，符合本實驗室判定為成功檢出 STR 型別之標準。

換用採證膠帶黏取所得的結果較佳(圖 17 之直條圖 5)，其 DNA 定量值平均為 0.013 ng/μl (低於 Quantifiler Kit 之檢量線校正範圍最低值)，取 10μl 萃取物進行 PCR 複製反應(3 重複)，平均可檢出 12 組 STR 型別(11、12、13)，均符合本實驗室判定為成功檢出 STR 型別之標準。DNA 回收率最高的採證方式為直接剪取，DNA 定量平均值為 0.044 ng/μl，DNA 回收率為 46% (控制組 DNA 定量值為 0.096 ng/μl，回收率= $0.044/0.096 \times 100\%$ )，且均可檢出完整 15 組 STR 型別，亦符合先前的實驗結果。

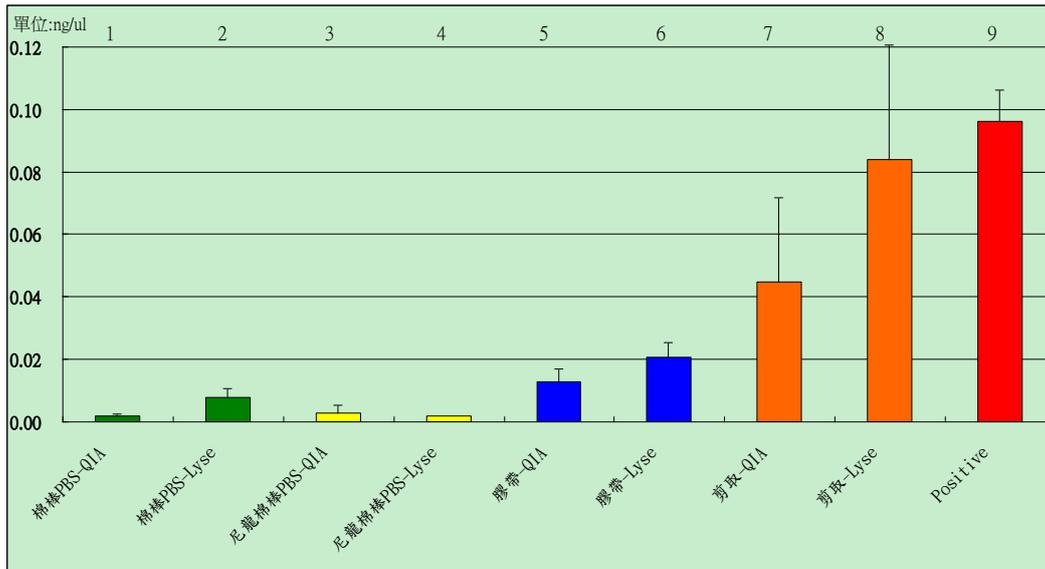


圖 17 棉布以不同採樣工具及萃取方式所得之 DNA 定量結果

直條圖下方標示採樣及萃取方法，Y 軸為 DNA 定量結果。Positive 為 1800 個細胞直接萃取 DNA 後的定量結果，所有實驗皆進行 3 重複。

在同樣的實驗條件下，以下實驗將萃取方法改為 Lyse&Spin 萃取法(詳如圖 17 直條圖 2、6 及 8)，除尼龍棉棒採樣方法無顯著差異外，其餘 3 種採樣方法的 DNA 回收率(相較 QIA 萃取法)均有提升，以直接剪取法所得到之 DNA 回收率最高，DNA 定量平均值由 0.044 ng/ul (QIA 萃取法)提升至 0.081 ng/ul (Lyse&Spin 萃取法)，DNA 回收率由 46% 提升至 84%(0.081 / 0.096 ng/ul)，且均可檢出完整 15 組 STR 型別。因其他採證方式所得到之 DNA 定量結果均小於 0.023 ng/ul，故取 10 ul 的萃取物進行 PCR 複製反應(3 重複)後，以 STR 型別檢出結果比較其萃取效果差異。

在棉棒類的實驗中，普通棉棒採樣後改用 Lyse&Spin 萃取法平均可檢出 13 組 STR 型別(12、12、14)(擷取部分圖譜如圖 18 中編號 2 小圖)，均符合本實驗室判定為成功檢出 STR 型別之標準，相較於平均僅檢出 2 組 STR 型別(2、0、4)的 QIA 萃取法(擷取部分圖譜如圖 18 中編號 1 小圖)，顯示以普通棉棒蒐集之微量跡證，利用 Lyse&Spin 萃取套管進行萃取可大幅提升 STR 型別檢出率。以尼龍棉棒採證後搭配 Lyse&Spin 萃取套管進行萃取，平均檢出 6 組 STR 型別(3、6、8)，其中 1 次檢出 8 組 STR 型別，符合本實驗室判定為成功檢出 STR 型別之標準；相較 QIA 法平均僅檢出 3 組 STR 型別(0、9、1)，亦有 1 次 STR 型別檢測結果符合本實驗室判定為成功檢出 STR 型別之標準，顯示以尼龍棉棒蒐集之微量跡證在這 2 種萃取方法間無顯著差異。

在採證膠帶黏取的實驗中，以 QIA 萃取法平均檢出 12 組 STR 型別(11、12、13)(擷取部分圖譜如圖 18 中編號 3 小圖)，若改用 Lyse&Spin 萃取套管檢出 STR 組數略有提升，平均檢出 14 組 STR 型別(14、15、14)(擷取部分圖譜如圖 18 中編號 4 小圖)，其 STR 型別檢出組數均符合本實驗室判定為成功檢出 STR 型別之標準。

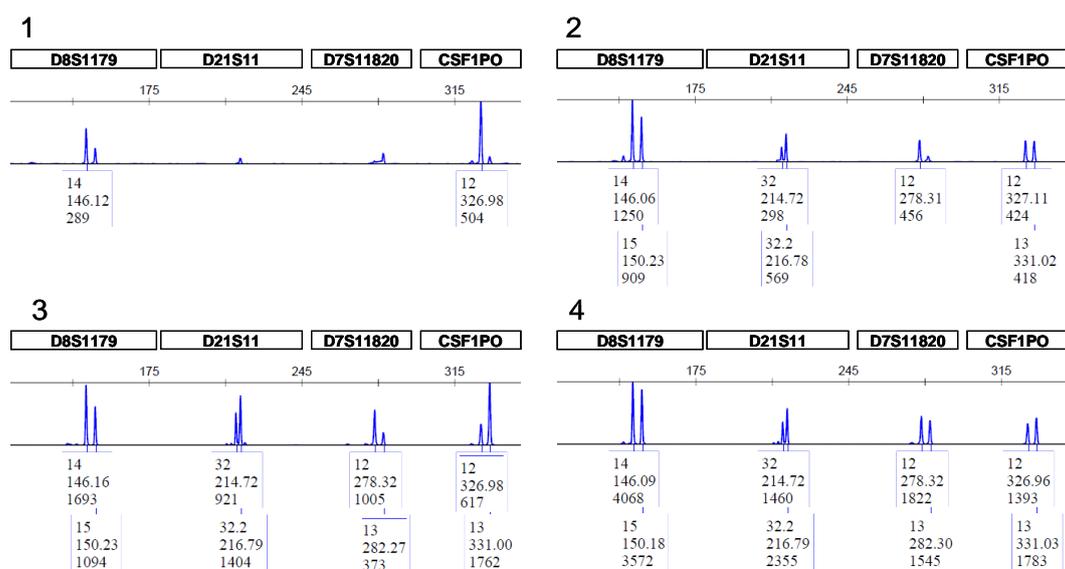


圖 18 棉布以普通棉棒及採證膠帶採樣之 STR 型別結果

吸水性的模擬證物棉布以普通棉棒(1、2)及採證膠帶(3、4)採樣後，分別以 QIA 法(1、3)及 Lyse&Spin 萃取法(2、4)萃取 DNA 並分析其 STR 型別。僅擷取部分的 STR 型別。

綜合上述棉布實驗的結果顯示，DNA 回收率最高的方式為直接剪取，但僅能針對小面積範圍(< 2 X 2 cm<sup>2</sup>)斑跡進行採證，故剪取前必須精確鎖定跡證位置，若微量跡證位置不明確或均勻分布於大面積範圍之情況下，則無法使用剪取法進行採證。此外，若織物或其染料中含有 DNA 抑制物，伴隨萃取的過程中釋出，亦會影響後續 DNA 定量及 STR 型別分析。故在大面積範圍的跡證採集、或織物染料含有 DNA 抑制物的情形下，最好使用採證膠帶進行採證。普通棉棒與尼龍棉棒在此之採證效果均不佳，但若在現場已使用普通棉棒採集跡證，建議使用 Lyse&Spin 萃取套管進行萃取，以提升 STR 型別檢出率。

使用 Qiagen 新一代 Lyse&Spin 萃取套管進行 DNA 萃取，對於大多數之採證方法可提升 DNA 回收率(相較於 QIA 法)，其中以直接剪取及普通棉棒採證法之提升率最為顯著，在棉布上以直接剪取方式採集斑跡後，使用

Lyse&Spin 萃取套管萃取 DNA，可使 DNA 回收率從 46% (QIA 法) 提升至 84% (Lyse&Spin 萃取法)。使用普通棉棒採樣非吸水性表面證物之實驗結果，使得 DNA 定量平均值由 0.015 ng/μl (QIA 法) 提升至 0.039 ng/μl (Lyse&Spin 萃取法)，而在吸水性棉布之實驗結果，檢出 STR 型別組數由原本 (QIA 法) 未達本實驗室判定為成功檢出 STR 型別 (檢出 8 組 STR 型別) 之標準，提升至平均可檢出 13 組 STR 型別，成為符合本實驗室判定為成功檢出 STR 型別之標準，顯示使用 Lyse&Spin 萃取套管萃取法，可提升微量生物跡證 DNA 檢出率。

#### 第四節 結論

遺留於刑案現場中之手套或棉織品千奇百怪，很難由實驗室模擬出各種狀況而訂定最佳採證方法，但實驗室中針對微量 DNA 跡證的採樣重點在於盡可能蒐集到足夠量的 DNA 及避免 DNA 流失。以棉布手套為例，黏取斑跡的目的在轉移殘留於手套內側之穿戴者皮屑，但部分細胞深埋於棉布纖維中無法全部黏取，故其 DNA 量必定減少，所以就小區域採樣而言，直接剪取的效果應優於採證膠帶轉移，故若證物本身發現明顯接觸區域 (如有明顯斑跡或血跡)，建議使用直接剪取方式採集微量 DNA。

但若手套無明顯斑跡時，例如無法區別歹徒使用左手或右手，亦無法區分手套之手背面或手掌面，無法鎖定細胞可能殘留的最佳區域；亦或手套上有明顯油汙或沙土時，直接剪取手套會將抑制物一併溶出，使用採證膠帶大範圍黏取其內側所遺留之微量跡證，再搭配 Lyse&Spin 萃取套管，其 DNA 檢出率優於小區域跡證的採樣，可明顯提升 DNA 檢出率。

除手套外採證膠帶亦可用於各類織物的採樣，以下是本科成功的實際案例，例如遺留於竊案現場的運動帽帽沿 (圖 19a)、歹徒遺留現場之手提袋把手上 (圖 19b)、歹徒遺留現場之外套衣領上 (圖 19c) 檢出 DNA-STR 型別，並比中多起連續案而發現更多歹徒線索，証實採證膠帶在纖維性表面之採樣效果非常好。此外，實務上在檢測手套斑跡時，亦常發現手套沾附大量的污漬、油漆或沙土，若以剪取採樣方式進行 DNA 鑑定時，易受抑制物 (鐵鏽、油漬等) 干擾而無法成功檢出 DNA 型別，此時若改用黏取手套內側斑跡 (圖 19d)，則能克服外來抑制物問題而成功檢出 DNA 型別。

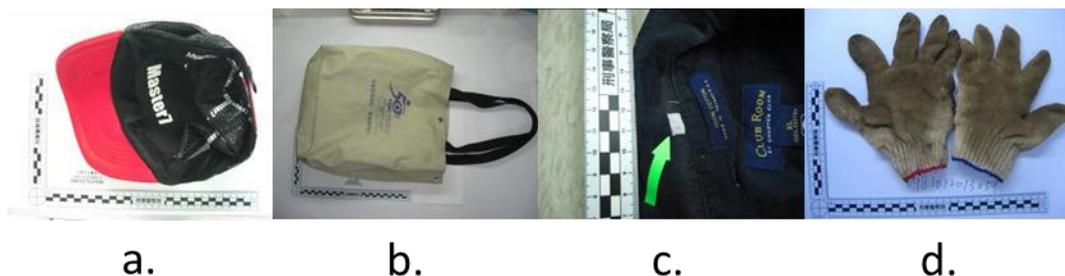


圖 19 成功的個案

a.針對帽沿黏取 b.提袋把手上的纖維性材質黏取 c.歹徒遺留衣服之領口處 d.手套外側沾附明顯的污跡，可針對內側黏取。

根據 Minitape 使用說明，使用上有許多要特別注意的事項包括：

- 1、 使用過程避免與皮膚接觸，避免採集到被接觸者 DNA。
- 2、 在表面有刻紋的物品上，不建議使用 Minitape 轉移其上斑跡，因膠帶對於細縫或角落斑跡黏取不易，建議仍使用棉棒轉移。

3、 對於 Minitape 採集的檢體，不建議進行 LCN(Low copy number)鑑定流程。

4、 建議由實驗室人員使用 Minitape 採樣，由於 Minitape 在採集過程中極易發生污染，不建議由第一線現場勘查人員在有限的時間、空間等不佳條件下使用，建議將證物帶回實驗室，由實驗室人員使用 Minitape 採樣。

由於 Minitape 的黏取效果明顯優於傳統的棉棒轉移，相對其潛在汙染的風險也相對來的高，由於其殘膠易沾附於剪刀上，清潔上若僅使用 70%酒精及 1%漂白水，仍難以去除其殘膠，須輔以專用之去膠劑(Glue remover)處理，增加實驗檢測過程之複雜性。故為能使 Minitape 大量應用於刑事案件，提升 DNA 檢出率，應進一步改良現行膠帶設計，避免膠帶接觸剪刀等器具，使實驗流程簡化並防止污染產生。另外因膠帶採樣之靈敏度較高，相對地增加採樣污染之風險，為確保檢體完整未受破壞，並有效偵測污染發生，應加強員警教育訓練，避免證物遭受污染，並建議第一線現場勘查人員應建立完整之 DNA 檔案，可供各刑事實驗室及時偵測污染發生，儘早釐清 DNA 來源者，進而協助犯罪偵查。

## 第三章 提升 DNA 定量及 PCR 效能之研究

### 第一節 前言

近年來，人類 DNA 分析應用在刑案證物鑑定漸趨廣泛，案件種類從侵害人身暴力犯罪、毒品、槍擊到搶奪、竊盜等財產犯罪，都利用 DNA 鑑定協助偵查犯罪與確認犯嫌，刑事實驗室面臨各式各樣的檢體，包括 DNA 量不足、裂解、含有 PCR 抑制物或 DNA 混合型等高難度檢體[26-28]，這些困難檢體常需多次進行 PCR 反應測試，例如稀釋、濃縮後進行 PCR 反應[29]，又因常常效果不佳，不符合實驗室型別判讀標準而無法出具報告，因此刑事實驗室都在尋找各種方法，以提升證物 DNA 檢出率。

本節是探討藉由更準確的人類 DNA 及男性 Y 染色體 DNA 定量試劑，評估檢體之 DNA 含量及裂解程度，進而研判較適合的 PCR 試劑及 PCR 反應所需的模板量，以降低 PCR 反應失敗的機率。另外藉由更靈敏的 PCR 試劑，提升證物檢出率，提高 DNA 偵辦刑案之效能，將歹徒繩之以法。

### 第二節 實驗材料及方法

#### 一、提升 DNA 定量靈敏度及效能試驗

目前本科 DNA 定量使用人類基因定量試劑套組(以下簡稱 Quantifiler H)與男性基因定量試劑套組(以下簡稱 Quantifiler Y)[30]，而 Quantifiler Y 靈敏度不夠高，常有 Y 定量為 0 卻成功檢出男性 Y 染色體 DNA-STR 型別之情形，造成我們無法從定量結果準確研判 DNA 含量。另為評估性侵害證物後續所使用的 STR 鑑定試劑，需同時進行 H 與 Y 的定量，定量 2 次費時費力。本科於 104 年新購入之 Quantifiler® Trio DNA quantification kit [30](以下簡稱 TRIO)試劑，不僅能節省 DNA 檢體與人力同時偵測人類及男性 DNA 量，亦能偵測嚴重裂解之檢體，且全程僅需 1 小時即可定量完畢。

本確效實驗分兩部分，第一部分為靈敏度試驗，收集 75 個 Y 量微 (Quantifiler Y 定量結果均為 0)之實際案例證物檢體以 TRIO 進行定量、Y-STR 型別分析後，比較圖譜檢出結果；第二部分為裂解檢體測試，收集 15 個

DNA-STR 型別圖譜有明顯裂解情形之檢體以 TRIO 定量，來檢測 TRIO 的 Degradation Index 值是否能有效偵測裂解檢體。

#### 1. 靈敏度試驗

##### (1) 搜集男性 DNA 量微之案件檢體

本研究取樣本局生物科受理之性侵害案件鑑驗案件中送檢之疑以含有男性 DNA 之檢體，相關檢體皆由各相關責任醫院由社工陪同被害人並專任醫師依標準流程採樣。

##### (2) DNA 萃取

依本局標準作業流程(如附件 3)，以 QIAamp DNA 萃取試劑套組 (QIAamp® DNA Mini Kit and QIAamp DNA Blood Mini Kit) 進行 DNA 萃取，若有疑似精液檢體時，先以顯微鏡觀察是否有精子細胞，並研判男女性檢體含量比例，以決定是否以單一或分層方式進行 DNA 萃取。

##### (3) DNA 定量

本研究之定量方式分為兩種，第一種是以 AB 公司 (Applied Biology) 之 ABI PRISM® 7900HT Sequence Detection System 搭配使用人類 Y 染色體 DNA 定量(Quantifiler™ Y Human Male DNA Quantification Kit [30])加以定量分析，選取結果 Y 染色體定量為 0 之檢體共 75 個，再以 Quantifiler® Trio DNA quantification kit 試劑進行定量分析，以比較其定量結果是否一致及不同 kit 之靈敏度。

##### (4) DNA 複製

依所得之 DNA 定量結果，以 AmpFISTR® Yfiler™ PCR Amplification Kit、PowerPlex® Y23 System 做為 Y 染色體 DNA-STR 型別分析試劑進行 Y-STR 複製。

##### (5) DNA 電泳片斷分析

依本局標準作業流程，以 ABI PRISM® 3130xl Genetic Analyzer 或 ABI PRISM® 3500xL Genetic Analyzer 進行電泳，再以 GeneMapper® ID Software Version 3.2.1 或 GeneMapper® ID-X Software Version 1.4 軟體進行資料分析，最後再由合格之鑑定人加以研判以獲得最後確認之型別，因本研究為靈敏度之分析，故不依實驗室研判標準 (8 組) 做為判定型別基因為檢出 DNA 型別之依據，而是逕以可研判之組數做為靈敏度判斷標準。

## 二、提升 DNA 鑑定試劑靈敏度試驗

為提升 DNA 鑑定試劑靈敏度，針對本局目前及未來規畫使用之

DNA-STR 鑑定試劑分別進行靈敏度試驗，相關檢體之 DNA 萃取及定量皆依據依本局標準作業流程進行操作。

#### 1. AmpFLSTR® Identifiler® Plus PCR amplification kit

Applied Biosystems 生產之 AmpFLSTR® Identifiler® Plus PCR amplification kit 具有較低之雜訊值、較佳的 PCR 條件可克服抑制物干擾等優點，其引子序列、產物大小與現今使用之 Identifiler kit 相同，其優點有：

- i. 對於嚴重抑制的檢體藉由 high performance PCR buffer system 及最佳化的 thermal cycling parameter 可提昇 PCR 效能。
- ii. 提升微量 DNA 檢出率。
- iii. 針對不同 DNA 濃度，提供完成確效之 28 個循環及 29 個循環 PCR 條件供選擇。
- iv. 使用 improved primer manufacturing process 協助降低 PCR 複製的偽產物。

目前刑事 DNA 實驗使用 Applied Biosystems 3130xl 或 3500xL Genetic Analyzer 進行 STR 型別電泳分析，本研究比較 Identifiler Plus 與 Identifiler 在 3130xl 及 3500xL Genetic Analyzer 之雜訊及隨機效應(stochastic effect)，進而評估何者較符合本實驗室需求，相關測試如下：

##### (1) 刑案檢體測試

將 60 個刑案檢體分別以 Identifiler 及 Identifiler Plus(29 個循環)試劑進行 PCR 複製，並以 3130xl 儀器進行分析，將 Identifiler Plus 雜訊值設定為 50RFU、stochastic 閾值設定為 200RFU，而 Identifiler 雜訊值沿用本實驗先前內部確效過後的結果設定為 50 RFU，stochastic 閾值設定為 150RFU，再以 GeneMapper ID v3.2.1 軟體進行分析。

##### (2) Identifiler 及 Identifiler Plus 偵測能力之評估

在部分型別部分，共計 20 個檢體，分別統計其對偶基因訊號超過 50 RFU 之數量及依各試劑研判標準可判讀之 STR 型別組數，以評估此二種試劑偵測能力。

#### 2. AmpFISTR® MiniFiler™ PCR amplification kit [31]

本研究比較現行所使用之 STR 商用鑑定盒及 miniSTR 商用鑑定盒在實際案例上之差異性及鑑定成功率，並評估將 miniSTR 應用在刑案鑑定上之可行性。

##### (1) 以一般刑案檢體測試

本研究共分析 258 個刑事類生物檢體，其 DNA 含量均以 Quantifiler® Human DNA Quantification Kit 商業套組進行估計，並以 Identifiler 分析其 DNA-STR 圖譜。

### (2) 以特殊檢體評估 Minifiler 在實際案件上的使用情形

刑事類生物檢體其來源與一般實驗室所用檢體不同，非為嚴格控管之實驗材料，而是採自生活環境中可能沾染到 DNA 的任何物質，而常見的抑制物如檳榔渣、尿液中之尿素、衣物布料中的色素等，常造成 PCR 複製失敗，進而無法分析檢體。另外在死者骨骼檢體部分，需要以死者之骨骼進行 DNA-STR 型別分析者多為無名屍案件，常因死者死亡過久或檢體保存環境十分不適當（如日光曝曬、埋於土壤中，或於流水中），造成骨骼中之 DNA 大量損壞，而無法成功鑑定出。實驗室會以重新沈澱 DNA 方式去除抑制物，或以冷凍濃縮方式，提高 DNA 濃度，或以分析骨骼與其母系家屬之粒線體方式，進行親屬關係鑑定，但以上方式均有曠日廢時或易造成污染的危險，若以較有效率之 Minifiler 商業套組進行分析，期望可達較佳之分析，可在最短時間內得到鑑驗結果，由於 Minifiler 的特別之處在於其 PCR 複製次數增加至 30 次（與 Identifiler 複製 28 次相比），可得較大量的短片段 DNA，進而達到成功分析的目的。本研究以刑事檢體分析中，含有 15 個骨頭檢體，及 71 個尿液檢體，分別以 Identifiler 及 Minifiler 進行分析並比較其結果。

### (3) Identifiler 與 Minifiler 在實際案件合併使用的情形

在某些情況下，分別以 Identifiler 與 Minifiler 進行分析之結果，均無法得出大於 8 組 DNA-STR 型別，但如果將 Identifiler 與 Minifiler 所得到之型別綜合研判，則可得到大於 8 組 DNA-STR 型別之結果，此結果可視為有意義的結果，亦即成功之鑑定，但是 Identifiler 與 Minifiler 型別綜合研判，需資深人員與報告簽署人一同判定。



圖 20 某尿液檢體以 Identifiler 分析之結果

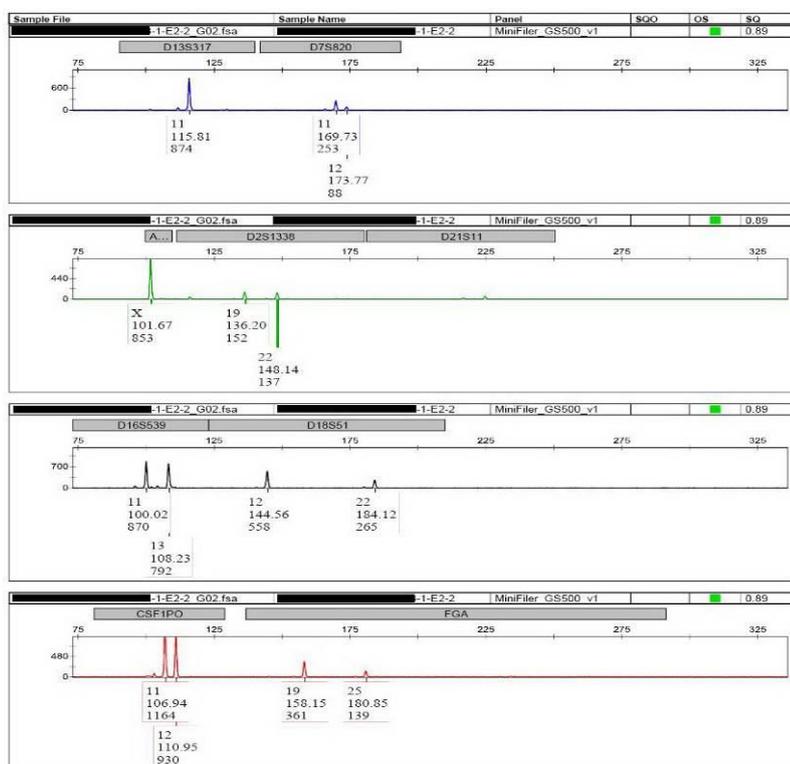


圖 21 某尿液檢體以 MiniFiler 分析之結果

以圖 20 及圖 21 為例，此為尿液檢體，定量結果為 0.4439ng/μl，理論上應該可以得到完整的 Identifiler 結果，但是不論減量、增量，均無法得到大於 8 組之 DNA-STR 型別結果（包含 VWA、D3S1358、D5S818、D8S1179、D19S433 與 Amelogenin）（圖 20），推測可能原因為尿液檢體裂解嚴重，且尿液中含有許多 PCR 抑制物，導致無法複製出 8 組以上 DNA-STR 型別，此時將該檢體嘗試應用於 Minifiler，得到 6 組 DNA-STR 型別（包含 D13S317、Amelogenin、D2S1338、D16S539、D18S51、CSF1PO 與 FGA）（圖 21），則將兩份結果綜合研判，可得 11 組 DNA-STR 型別結果。由此例可知，對於可能因檢體裂解或有抑制物，以 Identifiler 分析結果較不好之檢體，若能輔以 Minifiler 分析結果綜合研判，應可得到較好之結果，對於檢體的型別研判有相當的幫助。

本研究利用 AmpFLSTR® MiniFiler™ PCR Amplification Kit 進行 MiniSTR 分析其有效性、評估性、序列稀釋方式分析與混合性檢體分析所得結果。

### 三、PowerPlex® Y23 及 Yfiler® Plus 試劑之靈敏度與穩定性比較

刑事實驗室目前所使用的 17 組 Y-STRs(AmpFLSTR® Yfiler® PCR Amplification Kit, Y-Filer 試劑)已可區分不同父系族群來源的檢體，但在某些案件仍發現其鑑別力不足而無法區分，提升 Y STR 型別鑑別力，現今仍然是非常重要的課題。

近來發現 RM Y-STRs(Rapidly Mutating Y-STRs)可解決目前刑事鑑定上 Y 染色體 STR 鑑別力不足的困境，市面上有 2 套含有 RM Y-STR 基因位之 Y-STR 試劑，其一為 PowerPlex® Y23 System(以下簡稱 PPY23)，可同時擴增 23 組 Y 染色體基因位(Loci)，其中含有 2 組為 RM Y-STR 基因位；其二為 Yfiler® Plus PCR Amplification Kit(以下簡稱 YfilerPlus)，可同時擴增 27 組 Y 染色體基因位，其中含有 6 組為 RM Y-STR 基因位，此二試劑均包含現行使用之 AmpFLSTR® Yfiler® PCR Amplification Kit 17 組基因位，為評估此二試劑對刑案檢體之使用與效果，本研究對這兩套試劑進行靈敏度之確效實驗，發現 PPY23 靈敏度較高，可以減少檢體耗損，對於微量檢體幫助很大，此研究結果可供其他實驗室參考。

Kaye N.Ballantyne 等人在 2010 年研究 2,000 個經由 DNA 確認為父子的檢體，分析其 186 個 Y-STR 基因位，結果發現有些 Y-STR 的基因位之突變率高於其他基因位，他們將這些基因位命名為” Rapidly Mutating” 或 RM Y-STRs，在 2012 年他們利用這 13 組 RM Y-STRs 分析 305 個具親緣關係檢

體，在同父系來源檢體中有 66% 可區分出不同個體，而 Yfiler 僅可區分出 15%，證明 RM Y-STRs 在區分親緣關係相近的男性親屬具有相當的鑑別能力，約 50% 的父子關係檢體及 60% 的兄弟關係檢體可區分出來，而 Yfiler 僅可區分 7.7% 及 8%，因此使用 RM Y-STRs 可解決目前刑事鑑定上部分案件在 Y 染色體 Y-STRs 鑑別力不足困境，Butler J.M 也提到這是顯而易見的，當增加 Y-STR 基因位，會降低單倍型(Haplotype)隨機相符的機率，經查閱相關文獻，增加 DYS449、DYS481、DYS570 及 DYS576 基因位是解決目前 Y-STRs 鑑別力的最佳方法

在一 84 個實驗室參與之全球的研究中，分別使用 MHT(9 個 YSTR 基因位)、SWGDAM(11 個 YSTR 基因位)、PPY12(12 個 YSTR 基因位)、Yfiler(17 個 YSTR 基因位)及 PPY23(23 個 YSTR 基因位)分析了 19,630 個檢體(51 個國家、129 種族)，每增加 1 個基因位會增加 888 個獨特的單倍型，使用 Yfiler 試劑，在 19,630 個檢體中有 77.8% 檢體具有獨特的單倍型，PPY23 試劑有 92.9% 檢體具獨特的單倍型，亦即增加基因位，在族群中可區分個體的能力是呈線性成長的，另外比較 Yfiler 及 PPY23 在 PCR 產物小於 220bp 之 Y-STRs 鑑別力，在 Yfiler 有 8 組基因位，分別是 DYS456、DYS389I、DYS458、DYS19、DYS393、DYS391、GATAH4 及 DYS437，在 PPY23 亦有 8 組基因位，分別是 DYS576、DYS389I、DYS391、DYS481、DYS570、DYS635、DYS393 及 DYS458，大體上來說，PPY23 的鑑別力大於 Yfiler，因為 PPY23 在小於 220bp 片段之 DYS576、DYS481、DYS570、DYS635 基因位屬於高度多型性的基因位，在短片段的 Y-STR 鑑別力，PPY23 幾乎是 Yfiler 的 2 倍。

為增加性害案件之男女 DNA 混合檢體之 Y-STR 檢出率，本研究比較並分析 PowerPlex® Y23 及 Yfiler® Plus 試劑之靈敏度與穩定性，分別以 4 個標準參考檢體經序列稀釋為 0.5ng、0.25ng、125pg、62.5pg、31.25pg 及 15.625pg，分別以 PPY23 及 YfilerPlus 複製後，依據所建立閾值(Analytical Threshold)，評估其各濃度可研判型別組數。其中 62.5pg、31.25pg 及 15.625pg 濃度進行 2 重複分析。並觀察上述檢體之 Y-STR 型別，評估其型別正確性與穩定性。

### 第三節 結果與討論

#### 一、提升 DNA 定量靈敏度及效能試驗

##### 1. 靈敏度試驗

75 個 Y 量微(Quantifiler Y 定量結果均為 0)之實際案例證物檢體以 TRIO 進行定量、Y-STR 型別分析，定量結果與圖譜檢出結果分析如表 6。

表 6 Quantifiler Y 定量為 0 之檢體再以 TRIO 定量結果與 Y-STR 型別分析結果

	Y-STR>8 組	Y-STR>1 組	Y-STR NR
T.Y>0	12	20	17(偽陽性)
T.Y=0	0	0	26
總計	12	20	43

備註：Quantifiler Y 定量偵測範圍為 0.023~50ng/μl，TRIO 定量偵測範圍為 0.005~50ng/μl

- (1) 結果顯示 75 個 Quantifiler Y 定量為 0 的檢體中，有 49 個檢體 T.Y>0，其中 12 個檢體檢出 8 組以上 Y-STR 型別 (以 17 組 Y-filer 試劑檢測，以下同)，達本科出具報告之允收標準。故 Quantifiler Y 定量的誤判率(偽陰性)為  $12/75=16\%$ 。
- (2) 承上，49 個 T.Y>0 之檢體，有 20 個檢體檢出 1~7 組之 STR 型別，未達本科出具報告之允收標準；17 個檢體雖然 T.Y>0 卻未檢出 STR 型別，顯示 TRIO 定量仍有偽陽性之情形( $17/49=34.7\%$ )。
- (3) 26 個檢體兩種定量方法均為 0，且 T.Y 定量=0 的檢體經加藥分析均未發現有檢出型別之情形。顯示 TRIO 定量準確性、靈敏度均較 Quantifiler Y 定量為佳，符合本實驗室需求。

## 2. 裂解檢體測試

本實驗使用 15 個 DNA-STR 型別圖譜有明顯裂解情形之檢體(含證物及標準檢體)進行 TRIO 定量，由 T.SA 和 T.LA 的比值可得到裂解比率 (Degradation Index)，如表 7。

表 7 15 個 DNA-STR 型別圖譜有明顯裂解情形之檢體其 TRIO 定量結果表

Sample ID	Target	Quantity (ng/ $\mu$ l)	Degradation Index (T.SA/T.LA)
23005906	T.LA	ud	ud
	T.SA	0.0445	
53008469	T.LA	0.0704	3.5551
	T.SA	0.2503	
59004553	T.LA	0.1403	3.5075
	T.SA	0.4921	
68001221	T.LA	0.0033	15.9588
	T.SA	0.0533	
330208YY	T.LA	0.1488	10.4477
	T.SA	1.5549	
REP26116	T.LA	0.1606	7.2793
	T.SA	1.1693	
REP27022	T.LA	0.0961	98.1639
	T.SA	9.4310	
93000215	T.LA	0.7250	12.6555
	T.SA	9.1749	
93004291	T.LA	0.0683	39.0437
	T.SA	2.6681	
93010306	T.LA	0.0007	20.1257
	T.SA	0.0144	
93013780	T.LA	0.4386	21.9882
	T.SA	9.6438	
93015436	T.LA	0.2795	32.2994
	T.SA	9.0286	
93031137	T.LA	0.0927	1.6150
	T.SA	0.1497	
66002097	T.LA	0.0069	3.0248
	T.SA	0.0210	
66002141	T.LA	0.001307	6.538128
	T.SA	0.008544	

由表 7 顯示，該等檢體的 Degradation Index 大部分均大於 3，即表示 T.LA 較 T.SA 裂解情形嚴重，故若是檢體之 Degradation Index 數值大於 3 即有可能有圖譜裂解之情形，我們可針對該等檢體優先採用 mini STR 等分析方

法。

## 二、提升 DNA 鑑定試劑靈敏度試驗

### 1. AmpFLSTR® Identifiler® Plus PCR amplification kit

#### (1) 刑案檢體測試

分析結果發現 Identifiler Plus 螢光雜訊值均較 Identifiler 小，研判該試劑較不易受儀器雜訊干擾。結果發現有 46 個檢體為單一型別，12 個檢體為混合型別，Identifiler 及 Identifiler Plus 在這 58 個檢體檢測結果均檢出相同 ST 型別 (96.67%)，而另外 2 個檢體分別是煙蒂 A 與檳榔汁棉棒 B，Identifiler 及 Identifiler Plus 檢測結果效能不同。

上述煙蒂 A 以 Identifiler Plus 分析檢出單一型別如圖 22，檳榔汁棉棒 B 檢出混合型，而這 2 個檢體以 Identifiler 分析均未檢出型別如圖 23，經查這 2 個檢體 DNA 定量結果分別為 0.017 ng/μl 與 0.084ng/μl，將定量結果為 0.084ng/μl 之檳榔渣棉棒 B 檢體 DNA 模板量減半重新以 Identifiler 分析後，其結果與 Identifiler Plus 分析結果相同，研判檳榔汁棉棒 B 含有 PCR 抑制物而影響第一次 Identifiler 結果；而煙蒂 A 檢體經重新取樣進行萃取與 Identifiler 分析，仍未檢出足資比對之型別，但從偵測出之螢光訊號位置判斷，與 Identifiler Plus 分析結果相符，研判該煙蒂 A 確實含有 Identifiler Plus 驗出之型別，但因 DNA 量微，以 Identifiler 試劑分析無法檢出型別。從這 2 個刑案檢體鑑定結果，可發現 Identifiler Plus 對於含有 PCR 抑制物或 DNA 量微之檢體，確實能提升 DNA 檢出率。

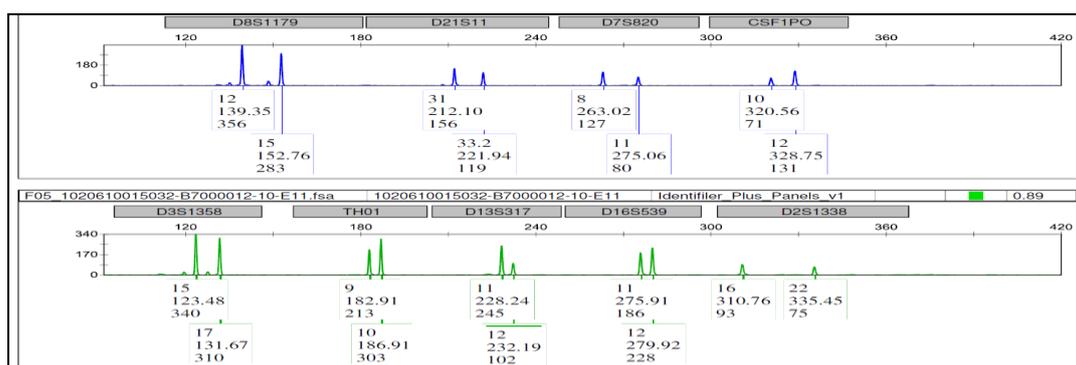


圖 22 煙蒂 A 以 Identifiler plus 分析檢出一型別

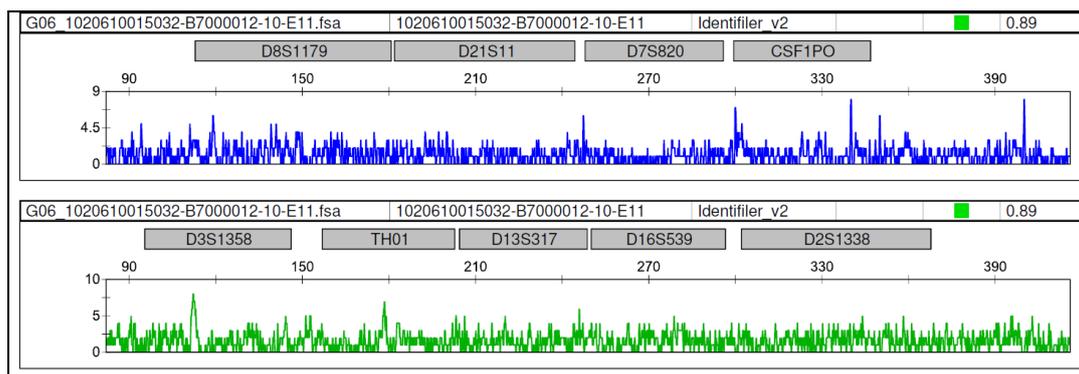


圖 23 煙蒂 A 以 Identifiler 分析未檢出型別

## (2) Identifiler 及 Identifiler Plus 偵測能力之評估

經分析 Identifiler 及 Identifiler Plus 偵測能力詳如表 8，Identifiler Plus 成功偵測對偶基因訊號為 Identifiler 之 1.66 倍，Identifiler Plus 可判讀之基因座數為 Identifiler 之 2 倍，顯示不論在對偶基因偵測能力與可判讀之 STR 型別組數，Identifiler Plus 之 DNA 檢出率均優於 Identifiler。

表 8 Identifiler 及 Identifiler Plus 偵測能力之比較表

鑑驗盒種類	高於 50RFU peak 的數	可判讀之基因座數
Identifiler	224	74
Identifiler Plus	372	154

由結果可知 Identifiler Plus 之雜訊值確較 Identifiler 低，且 Identifiler Plus 對於含有 PCR 抑制物或 DNA 量微之檢體，確實能提升 DNA 檢出率，另對於 DNA 量不足而檢出部分型別之檢體，可提升檢出率及檢出更多 STR 型別組數，進而提高整體案件檢出率。

## 2. AmpFISTR® MiniFiler™ PCR amplification kit

在研究結果中，發現當證物 DNA 含量較低時，以 miniSTR 商用鑑定盒分析可得到較好的結果，本研究共分析了 258 個刑事檢體，一般 STR 商用鑑定盒與 miniSTR 商用鑑定盒之成功率分別為 20.93% 及 36.43%，尤其在 DNA 含量為 0.005ng/μl 至 0.05ng/μl 之間的檢體，其成功分析率分別約為 22.58% 與 40.86%，除了對案件偵辦相當有助益外，對於證物的鑑別率，更是相當有幫助；而部份無法以現行所使用之 STR 商用鑑定盒鑑定成功之證物，在以

miniSTR 商用鑑定盒鑑析，卻能成功鑑驗，另外，某些檢體無法個別以 STR 商用鑑定盒及 miniSTR 商用鑑定盒成功分析者，若將兩分析結果綜合研判，則可成功得到 8 組以上之型別，因此，本研究所使用之 miniSTR 商用鑑定盒，可對於目前刑案證物 DNA 的鑑驗有相當大的幫助。

(1) 以一般刑案檢體測試

由其 DNA 含量估計(以 Quantifiler Human Quantification kit 定量)，得知此 258 個刑事類生物檢體其 DNA 估計含量分佈由 0ng/μl 至 0.97ng/μl 之間，並將檢體分為 3 組，第一組為 DNA 估計含量在 0 至 0.005ng/μl 之間，有 126 個檢體；第二組為 DNA 估計含量在 0.005ng/μl 至 0.05ng/μl 之間，有 93 個檢體；第三組為 DNA 估計含量在 0.05 至 1ng/μl 之間，有 39 個檢體，詳細分析結果如表 9。

以 Identifiler 分析三組的 DNA-STR 型別，發現在第 1 組中，126 個檢體僅有 3 個檢體複製出多於 8 組型別；在第 2 組中，93 個檢體有 21 個檢體複製出多於 8 組型別；在第 3 組中，39 個檢體有 30 個檢體複製出多於 8 組型別，由此可知，以 Quantifiler® Human DNA Quantification Kit 進行 DNA 含量估計具有相當的準確度，且定量與以 Identifiler 分析 DNA-STR 型別結果是一致的。

在以 Minifiler 分析以上 3 組檢體後發現，在第 1 組中，有 19 個檢體複製出多於 8 組型別；在第 2 組中有 38 個檢體複製出多於 8 組型別；第 3 組中，有 37 個檢體複製出多於 8 組型別。

而以檢出型別的品質分析，在以 Minifiler 分析 3 組的檢體，在第 2 與第 3 組中，其型別多可研判來自單一來源者，少數為兩人混合狀況，而在第 1 組的分析結果之中，有部分檢體具有超過 4 個 Allele，為多人混合狀況，探究其原因，可能為檢體本身即為多人混合來源之檢體。

表 9 各分組之數量、定量結果區間及分別以 Identifiler 及 Minifiler 複製出 8 組以上型別比較表

組別	DNA 濃度 (ng/μl)	檢體數	以 Identifiler 複製出 8 組以上型別		以 Minifiler 複製出 8 組以上型別	
			檢體數	百分比	檢體數	百分比
第 1 組	0-0.005	126	3	2.38%	19	15.08%
第 2 組	0.005-0.05	93	21	22.58%	38	40.86%
第 3 組	0.05-1	39	30	76.92%	37	94.87%
總計		258	54	20.93%	94	36.43%

(2) 以特殊檢體評估 Minifiler 在實際案件上的使用情形

本研究以刑事檢體分析中，含有 15 個骨頭檢體，及 71 個尿液檢體，分別以 Identifiler 及 Minifiler 進行分析，發現此 86 個特殊檢體中，以 Identifiler 分析僅有 10 個檢體檢出大於 8 組 DNA-STR 型別（成功率 11.63%），其餘 76 個檢體，均檢出低於 8 組型別，而在以 Minifiler 分析，則有 25 個檢體檢出 8 組以上型別（成功率 29.07%），此 25 個檢體有 4 個檢體其 DNA 含量估計低於 0.005ng/μl，其餘均高於 0.005ng/μl。

本研究利用 AmpFISTR® MiniFiler™ PCR Amplification Kit 進行 MiniSTR 分析，其有效性、評估性、序列稀釋方式分析與混合性檢體分析所得結果均與試劑所附之使用者手冊建議十分相近。而以骨頭及尿液之刑事檢體試驗中，Identifiler 與 Minifiler 之成功率分別為 11.63% 及 29.07%，若以全部刑事檢體來看，其 Identifiler 與 Minifiler 之成功率分別為 20.93% 及 36.43%，另外，若將 Identifiler 與 Minifiler 型別綜合研判，則可得到較好之結果，有助於得到 8 組以上之型別。探究 Minifiler 分析結果較佳之原因，因係以下二點：  
1.Minifiler 所分析之 PCR 產物較短，降低因模板過長而導致之失敗率。  
2.Minifiler 其 PCR 循環複製達 30 次，較 Identifiler 之 28 次多，理論上，可得 4 倍之產物。至於商業試劑中是否有降低抑制物之配方，則不得而知。

(3) Identifiler 與 Minifiler 在實際案件合併使用的情形

本研究利用 AmpFISTR® MiniFiler™ PCR Amplification Kit 進行 MiniSTR 分析，其有效性、評估性、序列稀釋方式分析與混合性檢體分析所得結果均與試劑所附之使用者手冊建議十分相近。而以骨頭及尿液之刑事檢體試驗中，Identifiler 與 Minifiler 之成功率分別為 11.63% 及 29.07%，若以全部刑事檢體來看，其 Identifiler 與 Minifiler 之成功率分別為 20.93% 及 36.43%，另外，若將 Identifiler 與 Minifiler 型別綜合研判，則可得到較好之結果，有助於得到 8 組以上之型別。探究 Minifiler 分析結果較佳之原因，因係以下二點：  
1.Minifiler 所分析之 PCR 產物較短，降低因模板過長而導致之失敗率。  
2.Minifiler 其 PCR 循環複製達 30 次，較 Identifiler 之 28 次多，理論上，可得 4 倍之產物。

三、PowerPlex® Y23 及 Yfiler® Plus 試劑之靈敏度與穩定性比較

YfilerPlus 及 PPY23 在 PCR 反應體積為 25μl，DNA 模板總量為 125pg

時，均可獲得所有 Y-STRs 型別，當 DNA 模板總量降為 62.5pg 時，2 種試劑在部分基因位均發現有 drop out 情形，平均 drop out 的基因位數在 YfilerPlus 為 4.2 組，在 PPY23 為 1.8 組；DNA 總量為 31.25pg 時，YfilerPlus 平均 drop out 的基因位數為 11.4 組，在 PPY23 為 6.3 組；DNA 總量為 15.63pg 時，YfilerPlus 平均 drop out 的基因位數為 18 組，在 PPY23 為 9.6 組(如表 10)。由此數據得知，在 DNA 含量低之情況，PPY23 之檢出率優於 YfilerPlus，即 PPY23 之靈敏度較 YfilerPlus 高。

表 10 男性 Y DNA 續列稀釋後，YfilerPlus 及 PPY23 STR Dropout 組數比較表

男性 Y DNA 含量	YfilerPlus Dropout 組數	PPY23 Dropout 組數
125pg	0 組	0 組
62.5pg	4.2 組	1.8 組
31.25pg	11.4 組	6.3 組
15.63pg	18 組	9.6 組

#### 第四節 結論

提升 DNA 定量靈敏度及效能試驗部分，我們發現 TRIO 定量靈敏度較 Quantifiler Y 為佳，Trio Y 定量=0 的檢體經加藥分析均未發現有檢出型別之情形，較符合本實驗室需求。且經 TRIO 定量後，可藉由評估檢體之 Degradation Index，若數值大於 3 即有可能有圖譜裂解之情形，可先採用 mini STR 分析，以避免 PCR 反應不佳，造成 DNA 模板之浪費。

提升 DNA 鑑定試劑靈敏度試驗部分，經分析 Identifiler 及 Identifiler Plus 偵測能力，顯示不論在對偶基因偵測能力與及可判讀之 STR 型別組數，Identifiler Plus 之 DNA 檢出率均優於 Identifiler。研究亦顯示 Identifiler Plus 對於含有 PCR 抑制物或 DNA 量微之檢體，確實能提升 DNA 檢出率。

本研究所使用之 miniSTR 商用鑑定盒，對於 DNA 裂解嚴重之檢體有較好的複製結果，以 Identifiler 分析結果較不好之檢體，若能輔以 Minifiler 分析結果綜合研判，可得到更多能研判的基因位組數，對於檢體的型別研判有相當的幫助。

刑事鑑定上使用 RM Y-STRs 確實可解決目前刑事鑑定上部分案件在 Y 染色體 Y-STRs 鑑別力不足困境，當增加 Y-STR 基因位，會降低單倍型 (Haplotype) 隨機相符的機率，本研究發現擁有 RM Y-STRs 的兩組商用試劑

PPY23 和 YfilerPlus, 在 DNA 含量低之情況, PPY23 之檢出率優於 YfilerPlus, 即 PPY23 之靈敏度較 YfilerPlus 高。



## 第四章 特殊刑事案件證物採樣及鑑定之研究

### 第一節 前言

前述章節中，分別由最前端的生物檢體的採樣及送檢過程，討論訂定證物篩選政策，並針對竊盜案件最常見的手套檢體及針對吸水性之織物及光滑表面以不同的採樣工具進行模擬研究，找出最佳化的採樣方法，此外，也將目前常用的 DNA 萃取方式加以改良，找出有效提高 DNA 檢出率之方法。然而，某些特殊刑事案件，要能檢出有效結果之問題不在於提高 DNA 萃取效率等問題，而是在於是否能有效找出關鍵之生物跡證。例如：在性侵害案件中少部分特殊類型之性侵害案件，例如男童遭性侵害及亂倫等案件，因此類案件常延遲報案，導致被害人身上跡證滅失，檢測結果往往無法對案件有所幫助，又如涉嫌人以手指性侵、涉嫌人未射精等案件，因遺留於被害人身上之 DNA 跡證極少量，故 DNA 檢出率不高，另對於強迫被害人口交等案件，因被害人口腔有吞嚥作用，若未立即採證，被害人口腔檢體檢出嫌犯 DNA 之可能性亦極低，針對這類特殊案件之證物採樣如果還是以一般的原則加以採樣，可能無法獲得有效之結果。

此外，在以往在槍擊案件發生時，現場鑑識的採樣重點多在槍枝本身及彈頭、彈殼，鑑定的重點也多在槍枝本身及彈頭、彈殼之來復線、抓子痕及退子痕等物理性痕跡比對，這些比對只能提供子彈是否為某一槍枝所擊發等訊息，無法提供是由誰擊發等重要關鍵資訊。隨著 DNA 鑑定技術的進步，生物鑑識人員也開始把目標轉向這些以往認為無法檢出 DNA 型別的跡證 [32]。在槍擊案件中如何成功採集到槍枝上微物跡證，在案件中扮演極關鍵的角色，若能透過槍枝上微量 DNA 連結找出槍枝使用者，對於偵破槍擊案有莫大助益，然而，槍枝、彈匣及子彈上殘留之生物檢體已相當微量，再經高速、高溫及轉移等狀況，極可能造成微量 DNA-STR 型別檢出率極低之情形。針對這些槍擊案件之特殊性生物跡證，本研究亦模擬了不同的情形並採取不同的位置，期能獲得具體之結果提供相關資訊予現場採證人員在採證時之參考。

## 第二節 實驗材料與方法

本實驗共分為兩個部分：

### 一、特殊性侵害案件證物 DNA 鑑定分析

相較於一般刑事案件，性侵害案件具有私密性質，因此，司法機關在調查性侵害案件時，常常會遇到蒐證上的困難，除了當事人以外，通常缺乏第三人的目擊等人證[33]，再加上性侵害案件可能有是否合意及金錢交易等情形，往往事後演變成各說各話。此外，另依性侵害案件被害人年齡分析，以 12-17 歲之兒童及青少年居多[34]，這些被害人族群往往對於性侵害尚無完整及正確概念，難以確定證言可信度[35]，或宥於權勢不敢主張及舉證相關事證，且大多數性侵害被害人為女性，更增加刑事跡證採樣的困難性。

有鑑於性侵害往往發生在私密的環境中，舉證困難，為成功將涉嫌人繩之以法，除被害人對案情之陳述外，案發現場跡證、被害人身上之傷痕及生物跡證等各類證據亦更是連結涉嫌人犯案之重要依據，故本局於 87 年間就參考國外制度[36]，首次制發「疑似性侵害案件證物袋」(如圖 24)，並與衛福部合作陸續增加藥毒物採證、驗傷拍照工具及胚胎採證袋等項目[37]，並協調組織性侵害報案處理團隊 (Sexual Assault Response Team) [38]，協助被害人從驚恐的心裡中平復情緒，再至專責醫療院所負責並由社工人員協助進行統一的診斷及採集[39]，並協助製作被害人警詢筆錄，警察人員負責受理與偵查案件，送交本局負責鑑驗證物[40]，最後再由檢察官調查相關證據後起訴犯罪或為不起訴處分，俾利後續的刑事鑑定及司法程序。



圖 24 「疑似性侵害案件證物袋」之外觀及其內容物

依據本局統計受理之 528 件一般性侵害案件之證物蒐集時效性及 DNA 鑑定成效加以分析發現在案發 3 天內採證的案件，證物 DNA 成功檢出率高達 7 成，成效可謂相當卓著，但是案發 3~7 天內採證者，證物 DNA 成功檢出率遽降至 3 成，且成功檢出 DNA 的證物大多為非被害人身上採得的跡證。案發 7 天以上採證者，證物 DNA 成功檢出率僅有 1 成 5 [41]，針對案發與證物採證時間間隔較久之性侵害案件若仍依一般採證被害人身上跡證之鑑識思維處理，可能檢出有利破案之跡證機會渺茫。

再者，除了一般的性侵害案件外，對於少部分類型之性侵害案件，其對象與一般性侵害案件不同（例如男童遭性侵害案件）、或是特殊犯罪手法（例如強迫被害人口交等案件），如果一味只依『疑似性侵害案件證物袋』所列之建議採樣項目加以採樣，則可能無法獲得可以證明犯罪之有力證據。過去主要係針對被害人身上跡證進行採樣與鑑定，但是有些案件無法在被害人身上蒐集到重要跡證，例如因為案發與採證時間間隔超過 3 天，被害人身上跡證已排出分解而無法檢出，或是涉嫌人以手指性侵被害人下體或生殖器短暫插

入而未射精之情況下，其遺留於被害人下體之 DNA 量極微無法檢出，對於這類案件應加強其他跡證之採取，並佐以個案分析與討論，提供未來類似案件採樣及分析方向之參考。

此部分研究之流程如下列流程圖，詳細流程如下。

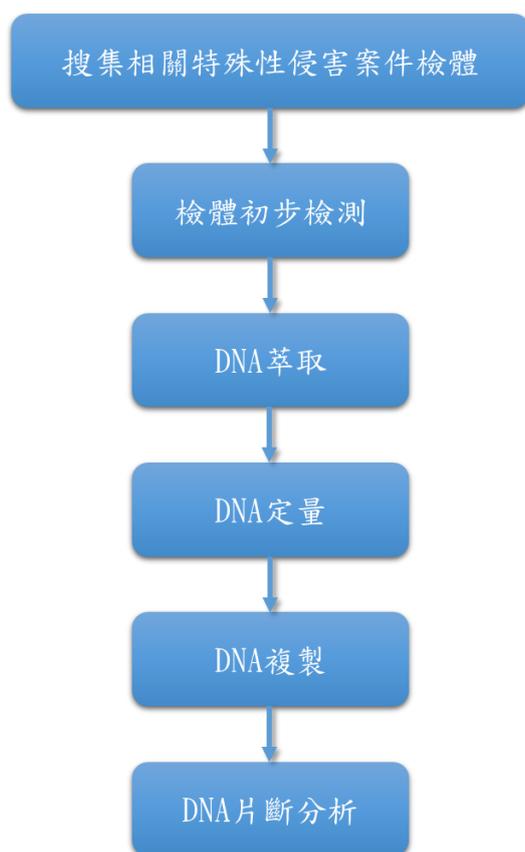


圖 25 特殊性侵害案件證物 DNA 鑑定分析流程圖

### 1. 檢體初步檢測

上述檢體依本局標準作業流程進行初步檢測，依案情及檢體種類可能包含血液、唾液或精液等初步檢測。

### 2. DNA 萃取

依本局標準作業流程，以 QIAamp DNA 萃取試劑套組 (QIAamp® DNA Mini Kit and QIAamp DNA Blood Mini Kit) 進行 DNA 萃取，若有疑似精液檢體時，先以顯微鏡觀察是否有精子細胞，並研判男女性檢體含量比例，以決定是否以單一或分層方式進行 DNA 萃取。

### 3. DNA 定量

DNA 樣本完成萃取後，接下來進行品質與含量的評估，依本局標準作業

流程，以 AB 公司 (Applied Biology) 之 ABI PRISM® 7900HT Sequence Detection System 搭配使用包括人類 DNA 定量(Quantifiler™ Human DNA Quantification Kit [22])及人類 Y 染色體 DNA 定量(Quantifiler™ Y Human Male DNA Quantification Kit [30])兩種方法分別進行人類及男性 DNA 定量，定量結果可以研判男女性 DNA 之比例，可以用來判斷後續要以那一種 STR 分析方式進行分析。

#### 4. DNA 複製

依所得之 DNA 定量結果，如果男性 DNA 含量比例較女性 DNA 高，則以 Identifiler™ PCR Amplification Kit、Identifiler® Plus PCR Amplification Kit、Minifiler™ PCR Amplification Kit 或 Investigator HDplex 等分析試劑進行體染色體 DNA-STR 複製。如果男性 DNA 含量比例遠比女性 DNA 少，則以 AmpFISTR® Yfiler™ PCR Amplification Kit、PowerPlex® Y23 System 做為 Y 染色體 DNA-STR 型別分析試劑進行 Y-STR 複製，蓋此因女性無 Y 染色體，故可以只複製出男性 Y 染色體之 STR。

#### 5. DNA 片斷分析

依本局標準作業流程，以 ABI PRISM® 3130xl Genetic Analyzer 或 ABI PRISM® 3500xL Genetic Analyzer 進行電泳，再以 GeneMapper® ID Software Version 3.2.1 或 GeneMapper® ID-X Software Version 1.4 軟體進行資料分析，最後再由合格之鑑定人加以研判以獲得最後確認之型別，依實驗室研判標準可研判型別基因位數達 8 組以上者判定為檢出 DNA 型別，未達 8 組以上者則判定為未檢出足資比對之 DNA 型別。

## 二、槍枝上微量 DNA 採證之研究

### 1. 檢體之採集

分別依下面 4 種不同情況模擬可能之生物跡證可能在槍枝或子彈之殘留情形：

#### (1) 9mm 口徑手槍短時間持有試驗

將 9mm 口徑手槍以 3% 漂白水擦拭，確保槍枝無殘留 DNA，請 15 位受測者持握槍枝 5-7 分鐘(如圖 26)，其持握動作包含拉滑套、壓擊錘及扣板機等動作，用 Double Swab[42]方式係利用乾、濕 2 枝棉棒進行採證，先使用濕的棉棒(以 PBS 濕潤)採集手槍滑套、擊錘、板機及握把等部位上所有跡證，再使用乾的棉棒將手槍滑套、擊錘、板機及握把等部位上所有跡證轉移至棉棒上，最後將 2 枝棉棒一同進行 DNA 萃取。

(2) 9mm 口徑手槍長時間持有試驗

本實驗受測者為本局警備隊 7 名員警，其所使用之 9mm 口徑手槍為個人保管使用，手槍使用時間長達二個月以上，將 7 位受測者之 9mm 口徑手槍用 Double Swab 方式以 PBS 潤溼棉棒轉移後，再以乾棉棒轉移手槍滑套、擊錘、板機及握把等部位。

(3) 射擊前之 9mm 子彈轉移試驗

將 9mm 子彈(如圖 27)以 3% 漂白水酒精擦拭，確保子彈上無殘留 DNA，請 15 位受測者持握子彈，用 Double Swab 方式以 PBS 潤溼棉棒轉移後，再以乾棉棒轉移 9mm 子彈。

(4) 射擊後之 9mm 子彈彈殼轉移試驗

將 9mm 子彈以 3% 漂白水酒精擦拭，確保子彈上無殘留 DNA，請 15 位受測者裝填子彈後進行射擊，檢取射擊後之彈殼，用 Double Swab 方式以 PBS 潤溼棉棒轉移後，再以乾棉棒轉移 9mm 子彈彈殼。



圖 26 受測者持握 9mm 口徑手槍



圖 27 9mm 子彈及彈殼

## 2. DNA 萃取、複製及分析

均依上述特殊性侵害案件證物 DNA 鑑定分析之萃取、複製及分析方法進行實驗分析。

### 第三節 結果與案例討論

#### 一、特殊性侵害案件證物 DNA 鑑定分析

##### 1. 搜集相關特殊性侵害案件檢體

近年來發現某些性侵害案件，雖有蒐集被害人身上檢體卻無法驗出嫌疑人遺留之 DNA，部分案件係案發與採證時間間隔超過 3 天以上、甚或 5 天以上，由於被害人陰道有自淨作用，嫌疑人留存於被害人陰部之精液或細胞，會隨著時間經過而分解或排出體外，若案發後被害人立即(或 1 天內)進行身體採樣，其檢出嫌疑人 DNA 之機率較高，隨著時間經過檢出率逐漸遞減，案發後 3 天以上始進行採證，其檢出率已降至非常低，故應將加強宣導性侵害被害人及時採證之重要性，例如在醫療院所放置宣導品，向社會大眾加強宣導，性侵害案件發生後，被害人須立即前往專責醫院進行生物跡證採樣，避免重要證物遭流失。此外，歹徒之犯案手法亦會影響 DNA 檢出率，當歹徒用手指性侵害被害人下體，歹徒手指上的皮屑 DNA 遺留於被害人陰部，由於皮屑 DNA 含量極微，且受個體差異影響很大，其 DNA 檢出率極低，根據國外文獻資料，被害人於案發後 12 小時內進行採證始有可能驗出歹徒皮屑 DNA，惟很多案件既使案發後被害人立即進行採證，亦無法檢出歹徒 DNA。另外嫌疑人令被害人口交的案件亦有類似情形，被害人口腔受吞嚥作用及不斷分泌唾液影響，遺留在被害人口腔的精液會分解與吞進消化系統，根據國外文獻資料，被害人於案發後 12 小時內採集口腔棉棒始有可能驗出歹徒 DNA，且受個體差異影響很大，其 DNA 檢出率亦極低。同樣地若嫌疑人以生殖器接觸或插入被害人陰部而未射精之情況，其遺留之 DNA 量微，亦很可能無法驗出 DNA。故在過去遇有上述情形難以利用 DNA 證據佐證犯罪行為。

由於女性陰部含有大量的女性陰道分泌物，若歹徒以手指或生殖器接觸女性陰部，其上很可能沾附大量女性陰部分泌物，同樣地在口交的案件亦相

同，女性口腔含有大量唾液，若歹徒將生殖器放置於女性口腔，其生殖器上很可能沾附大量女性唾液，此時若嫌疑人立即(或 1 天內)到案可採集嫌疑人手指上或生殖器上 DNA 跡證，很有可能驗出被害人 DNA，而成為佐證犯罪之重要證據。近年來本局亦發現一些成功案例，即嫌疑人到案後，採集嫌疑人生殖器或手指上跡證而成功驗出被害人 DNA 的案件。故在性侵害案件採證講習中亦特別宣導這類不易在被害人身上留有歹徒 DNA 之特殊案件應如何蒐證，亦有明顯的成效，今年上半年收到這類特殊檢體共 84 個，包含嫌疑人陰莖採樣檢體及手指轉移採樣檢體，對於案件有相當大的幫助，顯示加強前端採證的重要性，若能針對個案犯罪手法評估各種 DNA 跡證檢出之可能性，並視個案狀況加強偵查與採證，以提升 DNA 檢出率，對於案件佐證幫助非常大，例如當偵查人員得知歹徒並未未射精而是以手指性侵或生殖器插入方式性侵得逞，除依規定帶被害人前往專責醫院驗傷採證外，此時盡速將嫌疑人通知或逮捕到案，採集嫌疑人手指或生殖器上跡證送實驗室進行鑑定，對於案件的偵查亦非常重要。

## 2. 相關案例分析

### (1) 幼童遭老師性侵害案(於男性幼童被害人內褲之生殖器對應處檢出嫌疑人 DNA 型別)

104 年 5 月某家長向警方報案指稱小孩遭幼兒園直排輪老師 S1 男性侵害，被害人 V1 於筆錄中證稱嫌疑人 S1 多次利用被害人上幼兒園直排輪課程陪同 V1 上廁所之機會，在廁所內違反 V1 之意願，先以口含被害人 V1 之陰莖，復令被害人 V1 為其口交，性侵得逞。嗣被害人 V1 當日於返家途中，因覺噁心不甘受辱在車上將上情告知父親，並由母親報警並提出告訴。經詢問被害人 V1，類以情事已發生多次，皆由嫌疑人 S1 於陪同被害人 V1 上廁所時加以性侵，案經警方偵辦並採證相關物證，惟被害人 V1 為未滿 7 歲之幼兒，雖然陳述嫌疑人並無射精的情形，但對於被害過程無法完整描述，且對於性侵尚無概念，無法確認嫌疑人是否有射精，且被害人為男性，無法逕以『疑似性侵害案件證物袋』所列採證項目加以蒐證，最後先行採證被害人 V1 於被害時所著之衣物、短褲及內褲，連同被害人 V1 及嫌疑人 S1 標準檢體送本局生物科進行 DNA 鑑驗。

一般性侵害案件嫌疑人多為男性而被害人則多為女性，因此在『疑似性侵害案件證物袋』的設計上，也是以女性被害人為主要採集對象，雖然也有針對男性被害人的採樣部分，但是往往容易遭到忽略或誤解。因本案被害人

為男童，只有採集被害人衣物進行鑑驗。

而在實驗室部分，若依一般性侵害採樣檢體鑑驗流程，在初步檢測及後續 DNA 鑑定上多把目標放在於被害人身體(尤其是性器官上)或親密衣物上找出可能遺留之涉嫌人體液(例如精液或唾液等)，可以直接連結涉嫌人涉案可能性，所以一般是先利用多波域光源檢視有無可疑斑跡(主要是針對精液斑)，若有觀察到可疑斑跡，再以相關的呈色反應法進行初步檢測，例如以酸性磷酸酵素檢測法可以初步篩選是否為精液，以唾液澱粉酶檢測法可以初步篩選是否為唾液，完成初步篩選後再以其他方式進行進一步檢測。本案因被害人主述涉嫌人並未射精，實驗室鑑定人員除檢測可能之精液斑外，亦在內褲檢體上找尋可能之唾液斑跡，經檢測未發現可疑精液斑跡，但於被害人內褲內層對應陰莖處發現有疑似之唾液斑跡，經萃取 DNA 檢測 STR 型別結果，檢出一男性體染色體 DNA-STR 主要型別，與涉嫌人 S1 之 DNA-STR 型別相符，惟涉嫌人辯稱：「係因被害人當時上廁所尿完後，未尿乾淨，因此用手幫被害人抖動生殖器，將尿液排泄乾淨，或許因此被害人底褲留下被告之汗水，而汗水可能夾雜毛屑等物而驗出 DNA 云云…」，因此生物科鑑驗人員在被害人內褲上另隨機採樣數點斑跡進行鑑定，以唾液澱粉酶檢測法另於被害人內褲內層處檢出結果為弱陽性，並於該位置檢出涉嫌人 DNA-STR 型別，研判該斑含有涉嫌人唾液之可能性高，提供涉嫌人犯罪之有效佐證，終被依相關法規起訴。

(2) 未成年少女遭性侵害及殺人未遂案(於涉嫌人生殖器轉移棉棒檢出涉嫌人與被害人 DNA 混合型別)

本案涉嫌人 S2 係被害人 V2 之父雇用之員工，平時只要有工作涉嫌人 S2 均會留宿於被害人 V2 家中，某晚涉嫌人 S2 與被害人之父在家中飲酒聊天，涉嫌人 S2 於酒後見被害人 V2 年幼可欺，遂以行動電話連絡被害人 S2，以陪同向叔叔拿錢為理由，誑邀被害人搭乘其自小客車後，強制取走並關閉其手機，使其無法對外聯絡，載送至偏僻處，對被害人 V2 上下其手，被害人雖極力反抗，但仍遭涉嫌人性侵。嗣後，涉嫌人竟將被害人載至溪邊，喝令被害人下車後將被害人丟入溪中，並以車輛大燈照明監控被害人在水中之情況，不讓被害人上岸，意圖滅口，幸被害人 V2 自幼即學會游泳，且因當時天色已暗，被害人成功避開涉嫌人之監控，於涉嫌人離開後並在水中泡了數小時後方爬上岸求救並報案，送專責醫療院所由專責醫護及社工人員協助依「疑似性侵害案件證物袋」採樣後送本局生物科進行 DNA 鑑定。

本案於被害人身上採獲多項檢體，包含被害人陰道棉棒、肛門棉棒及內褲等，惟因被害人泡在水中數小時，相關跡證已稀釋或流失，且被害人不確定涉嫌人有無射精，依標準流程進行鑑驗結果，被害人外陰道棉棒、陰道深部棉棒、肛門棉棒及內褲之酸性磷酸酶素檢測結果為弱陽性，DNA 檢測結果僅檢出男性 Y 染色體型別。幸好本案相關採證人員機警盡責，於採證時另行採樣涉嫌人之生殖器轉移棉棒，該轉移棉棒經萃取 DNA 檢測結果，檢出混合之 DNA 型別，不排除混有被害人 V2 及涉嫌人 S2 之 DNA，提供最直接的證據證明涉嫌人確實有以其生殖器接觸被害人，令涉嫌人無法抗辯。

### (3) 隨機性侵害及傷害案(於涉嫌人手指轉移棉棒檢出被害人 DNA 型別)

涉嫌人 S3 騎乘重機於路上閒逛時，見被害人 V3 年幼可欺，竟跟蹤尾隨被害人至其住處門口，以暴力脅迫方式從背後抱住被害人，並抓其頭部撞擊消防栓，至被害人額頭受傷後將其壓制在地撫摸其胸部，並用手伸入被害人褲內撫摸並插入其陰部性侵，案經被害人呼救其父親下樓查看，涉嫌人隨即逃逸，經被害人父親騎乘機車在社區內發現涉嫌人而報警查獲。

本案涉嫌人並未以生殖器性侵害被害人，因此若只依「疑似性侵害案件證物袋」採樣相關證物，將無法證明涉嫌人之犯罪行為，幸好警方在逮捕涉嫌人時另外採取了涉嫌人手指轉移棉棒，經送檢本局生物科進行鑑驗，成功地在涉嫌人手指轉移棉棒檢出被害人之 DNA 型別，令涉嫌人無從狡辯。

## 二、槍枝上微量 DNA 採證之研究

### 1. 9mm 口徑手槍短時間持有試驗及長時間持有試驗

9mm 口徑手槍長、短時間持有試驗，15 名短時間手槍持有者中，發現 12 位有人類 DNA 定量值，進行 STR 序列分析，檢出 3 位有 8 組以上之 STR 型別；7 名長時間手槍持有者中，發現 7 位均有人類 DNA 定量值，進行 STR 序列分析，均檢出 8 組以上之 STR 型別，如圖 28 所示。

### 2. 射擊前及射擊後之 9mm 子彈轉移試驗

射擊前 9mm 子彈轉移試驗，15 位受測者中，發現 1 位有人類 DNA 定量值，進行 STR 序列分析，未檢出 STR 型別；射擊後 9mm 彈殼轉移試驗，15 位受測者中，發現 4 位有人類 DNA 定量值，進行 STR 序列分析，均未檢出 STR 型別，如圖 28 所示。

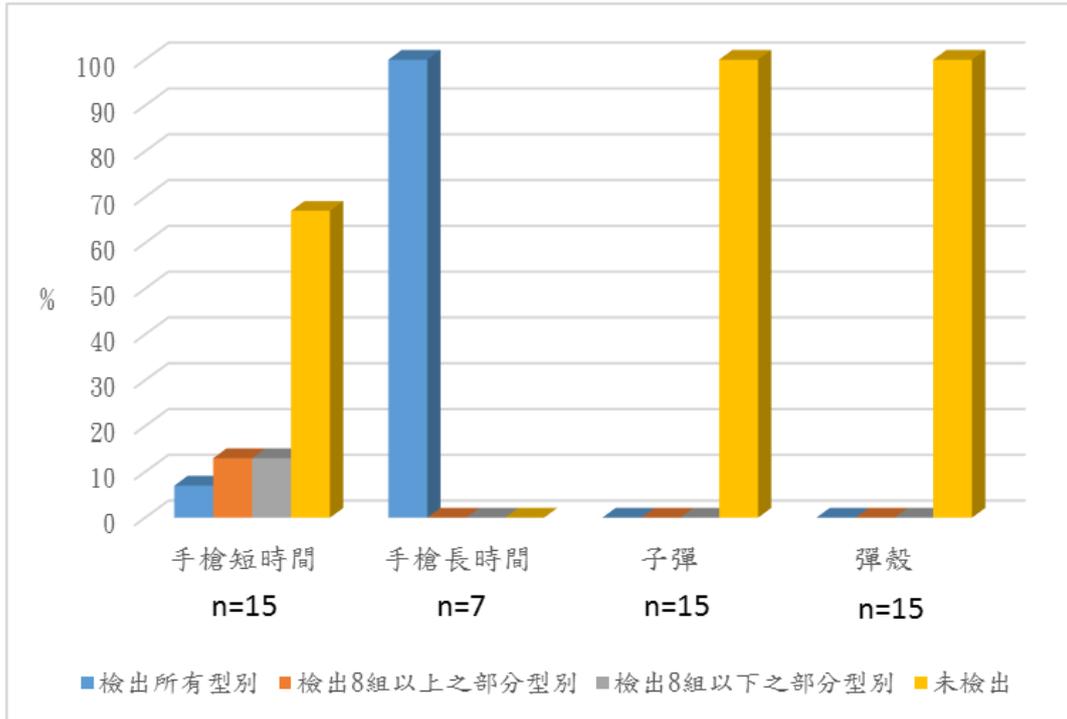


圖 28 槍枝上微量 DNA 檢測分析結果比較圖

本實驗用 Double Swab 方式針對槍枝持有者之時間長短、射擊前之子彈、射擊後之彈殼進行研究，研究結果發現子彈及射擊後之彈殼檢出 DNA 量極低，其中 15 名受測者均未檢出 DNA-STR 型別，此結果與我們預期的相同，推測原因係為受測人僅在拿取子彈及裝填子彈時方有接觸子彈，其接觸時相當短暫，故可能遺留生物性跡證的時間非常短，再加上子彈的體積小，可有效轉移受測人之生物性跡證之機會又更小，故無法檢出結果。

由本研究之結果，雖在所有子彈及彈殼均未檢出結果，但仍可證明在子彈及彈殼上檢出 DNA 之可能性極低，對未來鑑識人員碰到此類跡證時提供一個鑑識方向，可能檢出 DNA 的機會是很小的，應把鑑識的標的放在子彈或彈殼可能存的潛伏指紋等跡證上。

另外，槍枝經 15 名受測者短時間手持握把、拉滑套及壓擊錘動作 5 至 7 分鐘，檢出 8 組以上 DNA-STR 型別之比例約 20% (n=3)，另長時間持有者之檢出率可達 100% (n=7)，明顯優於短時間持有，因此，針對槍枝部分可以利用針對其生物性跡證加以採集以進行 DNA 鑑定，可用於個化持有者身份。

#### 第四節 結論

本研究針對兩類特殊案件(特殊性侵害案件及槍擊案件)之生物性跡證加以分析，並佐以案例討論，分別獲得下列結論：本研究以實際性侵害案件之相關特殊檢體分析其檢出率，發現涉嫌人生殖器轉移採樣檢體及手指轉移採樣檢體之檢出率為 68%，雖然依不同案情其結果不一定能證明涉嫌人與被害人之犯罪關聯性，但有很大機會可以提供偵查人員有用之資訊。此外，本文另以 3 件實際發生之特殊案件為例，證明此類特殊檢體分析確實可以達到實際協助案件偵查之功能，建議相關醫療院所由專責醫護、社工及警察人員在協助採樣性侵害案件證物時，可依案情不同考慮採取此類檢體，俾增加涉嫌人定罪之證明力。

此外，本研究結果發現，針對長時間持有 9mm 口徑手槍用 Double Swab 方式以 PBS 潤溼棉棒轉移後，再以乾棉棒轉移 9mm 口徑手槍滑套、擊錘、板機及握把等部位，均能成功地檢出 STR 型別，成功率高達百分之百，而針對短時間持有 9mm 口徑手槍檢出 8 組以上之 STR 型別僅有 3 人，成功率 20%；而 9mm 子彈及射擊後之 9mm 子彈彈殼，均未能檢出人類 DNA 量或 STR 型別。

本研究結果可推估刑案現場槍枝若經長時間持有，經與槍枝接觸時間較長，可能遺留之個人生物性跡證較多，故較能成功地檢出 STR 型別，有助於個化持有者身份，所以如果在碰到懷疑查獲之槍枝為涉嫌人長期持有者，則可以以本研究之方法進行採證及進行 DNA 鑑定，此外，反過來說，如果我們在槍枝上檢出足以確認之 DNA 型別且與涉嫌人相符，但是涉嫌人辯稱槍枝是朋友寄放，非其所有，則此時依 DNA 之檢出情形，不太可能在沒有長期接觸下可檢出其 DNA 型別，藉此可以反駁涉嫌人之說法。

由長時間持有 9mm 口徑手槍用 Double Swab 方式以 PBS 潤溼棉棒轉移結果可以 100% 檢出結果，建議現場採證人員或實驗室人員轉移槍枝 DNA 時以 Double Swab 方式，轉移槍枝滑套、擊槌、板機及握把部位，其所採集到的 DNA 量較能全面性且可達到最大量。此外，本研究結果也顯示在查獲的子彈及現場所採獲的彈殼上檢出 DNA 型別之可能性相當低，因此，如果在現場採獲未使用之子彈及或已使用之彈殼時，應考量其他鑑驗方法，DNA 鑑定應列為最後的方法。

本研究結果並可提供相關資訊予現場採證人員在槍擊案件證物採證時及

實驗室人員在轉移槍擊案件證物時之參考，可以提供在碰到此類特殊案件時採樣證物之參考。



## 第五章 結論及建議

在現代社會中，一切都講求科學證據，藉由科學的鑑定方式，除了可以辨證犯罪事實外、兼顧人權保障外，更能避免造成冤屈、提高政府公信力及民眾對司法的信任。放眼世界各先進國家，莫不重視物證之鑑定工作並極力推展刑事鑑識科學。提供正確、迅速、高品質之鑑識結果，協助犯罪偵查與司法追訴審判是我們努力追求的目標，在我們的品質政策中即明訂為秉持專業、堅持品質、保持創新、追求效率。隨著科技的進步，我們對於跡證的檢驗能力也愈加提升，以往無法檢出之生物跡證，現在檢出結果之可能性也大增。此外，司法對證據之要求也隨著民眾之教育程度不斷提升及歹徒之犯罪手法的日益精細而愈趨嚴格嚴謹，因此，對於鑑定結果的要求亦愈加提升。為此，本研究把目標放在提高生物跡證之 DNA 檢出率，俾有效協助刑案偵辦。

此外，也因 DNA 鑑定之成效顯著，偵查人員及現場勘查人員常常寄望在現場能採獲直接之 DNA 來源跡證，期待一舉破案，因此，常常採取大量生物性跡證，然而 DNA 鑑定需要大量的人力及物力，如果無所限制的進行大量生物跡證之鑑定，必然會造成鑑驗品質及效能的下降，因此，在適當的證物篩選政策有其必要，惟在訂定篩選政策時亦應有所依據，因此本研究亦從不同種類之檢體重要性及檢出率探討了篩選有效物證原則之訂定。

本研究從針對前端的證物採樣方法及送驗證物篩選進行探討，再針對實驗室之 DNA 萃取及鑑定方法進行實驗分析，期能提升 DNA 證據之精準度與鑑別力，特別是針對微量生物跡證，進而提升偵審品質，對於司法實務工有莫大之幫助。

### 第一節 結論

本研究以目前實務上之生物性跡證之採樣及鑑定流程為分析目標，藉由分析各階段之步驟，找出可以提高檢出率之方法，這裡我們所謂的檢出率不只是在科學實驗上的靈敏度而已，而是還包含了適當的篩選，以提高鑑定能量的效率。這些研究成果對於從事 DNA 鑑定工作之鑑定人員有相當大的助

益。

本研究針對 DNA 鑑定流程，從檢體採樣的工具及方法、檢體的篩選策略、DNA 萃取方法及 DNA 定量及 PCR 效能之相關流程及方法等四個面向分別探討及分析，對於實務上的重大貢獻摘列如下：

### 一、針對微量生物跡證找出可有效提升檢出率之採樣方法，更有效提供偵查人員寶貴之破案資訊

採證工具的選用對於微量 DNA 跡證之檢出率影響很大，尼龍棉棒因有特殊設計較普通棉棒易脫附(desorption)細胞，在非吸水性表面證物上可得到最佳之 DNA 回收率，而採證膠帶使用在平面非吸水性表面證物上亦可得到相當高之 DNA 回收率；對於吸水性布塊上跡證則以剪取方式之 DNA 回收率最佳，其次是採證膠帶。但具有黏性之膠帶在處理過程中易發生人員或環境汙染，故不論在採證階段，或是後續之包裝、運送時均需特別注意，建議使用採證膠帶之單位建立所有採證與處理人員之 DNA 檔案，以利及時發現汙染；而普通棉棒或尼龍棉棒在織物上的採證效果不佳。尼龍棉棒或採證膠帶因價格因素均無法普遍用於所有案件與證物，實務上大都使用普通棉棒進行採證，DNA 實驗室對這類微量跡證建議可使用 Lyse&Spin 萃取套管進行萃取，以提升 STR 型別檢出率。

現場勘查人員在刑案現場蒐集生物跡證時，應考量跡證附著之基質(載體)材質與狀況(例如吸水性表面、非吸水性表面、織布染料或表面平整程度等)、跡證遺留面積範圍、攜帶運送方便性及 DNA 含量多寡(例如 DNA 含量高之精液、唾液、血液跡證，或為皮屑、汗液等微量 DNA 跡證)等特性，評估並選擇最佳方式蒐集生物跡證，目前常用來轉移現場跡證的生理食鹽水(PBS)或無菌水(ddH<sub>2</sub>O)，其跡證轉移效果尚佳，而本研究所使用之採樣試劑 Lysis buffer 因有打破細胞之功能，不利於 DNA 保存。此外，對於易攜帶運送之證物上的微量 DNA 跡證(如安全帽內襯、手套及凶器)，建議直接將證物送至 DNA 實驗室進行採證與鑑定，實驗室可評估並選擇最佳採樣工具進行採樣，以提升 DNA 檢出率。

### 二、分析目前各類刑案證物之檢出情形，以訂定證物採樣及篩選政策

就刑案而言，一般較常見是竊盜案件，本研究分析了竊案之特性及其一般常見竊盜案件送檢生物檢體之種類及其檢出率，用以做為篩選政策之參考依據，惟因應 DNA 鑑定技術之發展，先前無法檢出之微量生物跡證現在可

能可以檢出 DNA 型別，因此，可以依本研究之方法，重新審視目前證物篩選機制。

此外，部分特殊案件在發生時往往不容易採得有效之生物跡證，針對此類案件，本研究亦針對特殊性侵害案及槍擊案件，分析其實際上之檢出結果及案例，其中，對於少部分類型之性侵害案件，例如男童遭性侵害及亂倫等案件，因此類案件常延遲報案，導致被害人身上跡證滅失，檢測結果往往無法對案件有所幫助，又如涉嫌人以手指性侵、涉嫌人未射精等案件，因遺留於被害人身上之 DNA 跡證極少量，故 DNA 檢出率不高，另對於強迫被害人口交等案件，因被害人口腔有吞嚥作用，若未立即採證，被害人口腔檢體檢出嫌犯 DNA 之可能性亦極低。故對於這些無法從被害人身上採獲性侵害跡證之案件，應考慮加強其他物證之蒐集，例如加強嫌犯身上的採證、刑案現場的採證及其他物證蒐集，本文針對這類特殊個案，進行案例分析研討，經由成功的案例，訂定特殊案件性侵害案件證物蒐集與採樣之策略，以提升 DNA 檢出率，使科學物證證明嫌犯之犯罪行為，進而成為起訴與審判上之重要佐證。而針對槍擊案件，在最重要的槍枝上，因為遺留在槍枝上的生物性跡證通常量微，所以往往無法以 DNA 鑑定來證明曾經使用過的嫌犯或長期持有者，本研究顯示如果槍枝為歹徒所長期持有，則檢出其 DNA 型別之可能性高，如果非長期持有，則仍有可能檢出其 DNA 型別。此外，本研究結果也顯示在查獲的子彈及現場所採獲的彈殼上檢出 DNA 型別之可能性相當低，因此，如果在現場採獲未使用之子彈及或已使用之彈殼時，不建議使用 DNA 鑑定，應考量用其他鑑驗方法。

### 三、測試刑事生物檢體之不同 DNA 萃取方法，分析最佳化之萃取方式

欲提高 DNA 鑑定之檢出率，除了注意前端的檢體採樣及後端的 DNA 複製及片斷分析外，最重要的就是提升 DNA 萃取之效率，若能有效提高 DNA 萃取之回收率，對於後續的 DNA 鑑定有直接的幫助，本研究測試使用 Qiagen 新一代 Lyse&Spin 萃取套管進行 DNA 萃取，相較於目前一般刑事實驗室所使用的 QIA 萃取法，結果發現對於大多數之採證方法可提升 DNA 回收率，其中以直接剪取及普通棉棒採證法之提升率最為顯著，本研究結果可以立即提供各刑事 DNA 實驗室參考。

### 四、驗證提升 DNA 定量及 PCR 效能之相關流程及方法，有效提升生物跡證之 DNA 檢出率

刑事類生物檢體其來源與一般實驗室所用檢體不同，非為嚴格控管之實驗材料，而是採自生活環境中可能沾染到 DNA 的任何物質，而常見的抑制物如檳榔渣、尿液中之尿素、衣物布料中的色素等，常造成 PCR 複製失敗，進而無法分析檢體。另外在死者骨骼檢體部分，需要以死者之骨骼進行 DNA-STR 型別分析者多為無名屍案件，常因死者死亡過久或檢體保存環境十分不適當（如日光曝曬、埋於土壤中，或於流水中），造成骨骼中之 DNA 大量損壞，而無法成功鑑定出。實驗室會以重新沈澱 DNA 方式去除抑制物，或以冷凍濃縮方式，提高 DNA 濃度，然而，DNA 的裂解及可能的 PCR 抑制物還是會造成後續分析上的困擾。針對這些問題，本研究測試並驗證了新的定量方法，除了可以更精準的定量萃取之 DNA 檢體，更可以由不同的長短片斷之定量結果推斷 DNA 之裂解程度，可提供接下來 DNA 複製及片斷分析方法之參考，避免無謂的浪費 DNA 檢體及檢測時間，除了可以提高檢出率外，也可以節省反覆測試 PCR 條件的情形，可謂是一舉多得。此外，本研究亦分別測試了不同的 PCR 反應試劑（包含 Y 染色體部分），驗證其靈敏度及實際案件檢體之結果，由驗證之結果可以發現確實提升 DNA 之檢出率，可以解決刑事鑑定上部分案件在體染色體及 Y 染色體 STRs 鑑別力不足之問題。本研究結果可以供國內 DNA 鑑定實驗做為未來之實驗室使用試劑上的參考，若能配合上述之 Lyse&Spin 萃取套管進行 DNA 萃取，應可更有效提高檢出率。

## 第二節 建議事項

### 建議一：提升現場鑑識人員生物跡證採樣技術並加強訓練

主要辦理機關：警政署刑事警察局（生物科）

由本研究之結果可知針對不同採樣標的，要有不同的採樣工具及採樣方法，本研究亦針對對不同狀態的檢體提出最佳化的採樣策略，為避免採樣不佳、DNA 量不足的無效檢體送進實驗室，加強第一線員警生物跡證採集技術是非常重要的，特別是微量 DNA 跡證之收集，首先必須騰出一個隱蔽的潔淨空間，鑑識人員穿戴手套、口罩、帽套後，於桌上鋪設抗汗紙墊或白報紙，拿取 1 支中型棉棒或尼龍棉棒，沾取少許生理食鹽水，用力轉移微量跡證至棉棒上，並儘量將跡證集中於棉棒上之小範圍內，待棉棒完全乾燥後裝入紙袋封緘後盡速送至實驗室鑑驗。在處理下一件證物前，必須先更換手套與抗汗紙墊或白報紙。切記勿在證物旁說話聊天，以免汙染證物。對於衣物、火

車票等需利用高效能膠帶採集的跡證，請逕送至刑事實驗室處理。

對於刑事 DNA 實驗室而言，微量 DNA 檢出率之提升可強化犯罪偵查效能，但現場鑑識人員汙染證物情事亦時有所聞，當靈敏度提升後，汙染情形亦隨之升高。根據 2009 年德國警方之研究，德國證物 DNA 資料庫中，未知來源者之微量 DNA 證物中，發現有 30% 與現場勘查人員 DNA 相符，汙染原因分析詳如圖 29，包括案發前即存在的 DNA、使用器具、材料造成、刑案現場工作時造成、員警處理證物時造成、進行其他鑑識處理時造成、DNA 實驗室處理時造成等，並發現即使是非常資深小心的鑑識人員亦會發生汙染，顯示除了加強基層員警採證訓練避免汙染發生外，建立現場鑑識人員 DNA 排除資料庫是發現汙染的最好方法；新北市政府警察局在 101 年警大鑑識研討會論文集亦發現刑案證物檢出勘查人員 DNA(詳如表 11)[43]，檢出率逐年增加，在 101 年上半年達 0.87%。為有效防制 DNA 汙染發生，刑事 DNA 實驗室必須定期檢討汙染發生原因，並加強現場鑑識人員汙染防制意識與訓練，其次建立現場鑑識人員 DNA 排除資料庫以有效偵測汙染、避免誤導偵查方向亦是非常重要的。由於大量的微量 DNA 跡證送至實驗室鑑定，為提升 DNA 檢出率，必須加強第一線人員生物跡證採集技術，並建立完善的汙染防制計畫，確保 DNA 鑑定品質及結果之正確性。



圖 29 德國證物 DNA 汙染原因分析

表 11 新北市警局證物檢出鑑識人員 DNA

新北市98-101年 刑案證物檢出勘查人員件數					
年度	98	99	100	101 1-6月	總數
檢出件數	4	8	8	10	30
鑑定件數	1,950	2,387	2,427	1,152	7,916
檢出比率	0.21%	0.34%	0.33%	0.87%	0.38%

## 建議二：訂定證物篩選之因應政策

主要辦理機關：警政署刑事警察局（生物科）

為處理大量之刑事 DNA 鑑定案件，又要避免排擠其他鑑定案件之經費及時效，擬定刑事案件送檢與鑑定原則是刻不容緩的，因此，我們建議訂定以下列政策，使有限之鑑定資源發揮最大效益：

### （一）以指紋鑑定或其他偵查方法為優先

以 DNA 鑑定跟指紋鑑定或其他偵查方法（例如：現場之錄影資料）比較，DNA 鑑定成本相對較高，且需要較多時間及人力方能獲得結果，若現場發現指紋跡證者，以指紋比對為優先，若現場未遺留指紋或指紋未比中犯嫌者，再送驗 DNA 證物進行鑑定，如此可有效降低整體鑑定資源的浪費。又如在車禍案件來說，如果可以調閱路口監視器之錄影資料，則可以很快掌握肇事涉嫌人及車輛資料，有助快速偵破案件，然而實務上也發現，不同案件之現場證物 DNA 型別比對相符者可串連很多連續案件，若能經由其他偵查情資而發現其中一件犯嫌身份，進而採樣其 DNA 進行比對，常能因此擴大偵破連續案件。故當偵查單位分析嫌犯作案手法為連續案件時，除了指紋鑑定及其他偵查方式外，仍會送驗生物跡證進行 DNA 鑑定，以利偵破更多案件。

### （二）送檢生物檢體種類之原則規範

我們知道血液、唾液、精液等體液之 DNA 含量較高，而汗液、脫落細胞之 DNA 量含較少，為提升刑事案件證物 DNA 檢出率，若犯嫌在現場留有上述 DNA 含量較多之體液跡證應優先採樣送驗，另外，以竊盜案件為例，我們也發現竊嫌為避免在現場遺留指紋，常常穿戴手套犯案，故竊案現場常留有犯嫌作案之手套，故考量證物與犯罪關聯性是非常重要的，否則即使檢出證物 DNA 型別，僅能證明嫌犯到過現場，若該現場為公共場所，則難以證明與犯罪有關。故送檢檢體以確認犯嫌遺留為主要原則，除了透過監視器、目擊證人指證犯嫌遺留跡證外，對於侵入住宅或汽車竊案，被害人常能指出歹徒遺留之跡證，除此之外，現場鑑識人員之專業判斷也是一個重要參考指標。對於公共場所遺留之跡證，若無法具體指出該證物與案件之關連性者應把該證物之重要性列為較次要者。

### （三）送檢生物跡證與犯罪之關聯性及重要性提示

再以竊盜案件為例，此類案件送鑑之案件數及證物數皆有大量成長，因此，除了積極研究提高送檢檢體之檢出率外，在證物送檢之篩選上亦須有所限制，首先，送檢生物性跡證應以對於犯罪有關聯性之跡證為主，且在送鑑時應列出重要性之順序，如果採樣之生物跡證是可以直接證明犯罪嫌疑人之犯罪者，例如：在現場疑似嫌犯之血跡，則應列為重要性高之檢體；若是間接性的或不確定性的生物性跡證，則在送驗時應向實驗室人員說明，以利實驗室鑑定人員在鑑驗時了解應該要注意的順序。此外，針對部分案件，例如一般竊盜案件，因考量案件及檢體數對於鑑識資源及人力上的負擔，研擬送檢證物數量原則，如有必要，再依前述之證物重要性再做其他證物之鑑定，如此一來，不只可以有效減輕實驗室的負擔，更重要的是在這樣的原則下，送檢單位在採樣及送檢證物時，會考量證物與犯罪之關連性而更為嚴謹，不致於「亂槍打鳥」，送檢較不相關或檢出率低的證物，能提高竊案整體檢出率，可說是一舉兩得。

### 建議三：使用更準確之定量試劑及鑑別力更高之 STR 型別試劑

主要辦理機關：警政署刑事警察局（生物科）

DNA 鑑定結果常是偵審單位起訴、審判之重要依據，近年來，現場的微量 DNA(Trace DNA 或 Touch DNA)跡證，如穿戴的手套、口罩、安全帽等，甚至自然脫落的毛髮，往往成為案件偵辦的關鍵，由於量微，是否可以獲得

可資鑑定的結果成為莫大的挑戰。再者刑案現場證物 DNA 量和質往往不佳，現場中有許多因素會損壞證物中的 DNA，如多量的水分、陽光中的紫外線，火災現場的高熱，大量的霉菌等，會以物理或生物性的方法造成 DNA 裂解成小片段，造成實驗室無法複製出完整的 STR 型別，便無法出具有效結果的鑑驗報告。本研究探討利用更準確之定量試劑及鑑別力更高之 STR 型別試劑提高證物 DNA 成功鑑驗之可行性，所得之結果證明可以這些試劑進行分析時，可得較佳之結果，建議各 DNA 鑑定單位可以考量使用，惟在使用前各單位仍應依其實驗室之儀器之不同針對新試劑進行測試及驗證後方可進一步使用，此外，因此類方法較為靈敏之故，故在使用上應特別注意交叉污染的問題。

#### **建議四：引進自動化鑑定技術以減少人力之浪費，並持續進步與國際接軌**

主要辦理機關：警政署刑事警察局（生物科）

DNA 鑑定是 21 世紀科學辦案的利器，精進 DNA 鑑定技術是各國刑事鑑識技術研究重點，故本局定期派員參加國際鑑識技術會議，參訪先進國家刑事實驗室，除掌握國際發展趨勢外，並進行經驗交流，持續與國際接軌。在發展微量 DNA 分析技術方面，引進最新之鑑定試劑組，期能提高檢出率，並針對部分實驗流程引進自動化設備，包括規劃自動分注儀器、竊案現場證物自動化萃取設備，同時發展更完整之實驗資訊整合系統，以減少人為錯誤及增進鑑定效率。

近年來 DNA 鑑定技術長足進步，而法庭對證據要求日趨嚴格，善用鑑識科技提升犯罪偵查效能乃時勢所趨，自本局成立刑事 DNA 實驗室迄今已逾 20 年，協助偵破案件不計其數。102 年發生高鐵爆炸案後，藉由 DNA 比對結果提供寶貴線索始能迅速偵破，此外，除了協助刑事案件之偵破外，因 DNA 資料庫比對而排除涉案之無辜者更是不勝枚舉。國外曾有研究指出「對 DNA 鑑定投資 1 美金，可省下 35 美金之社會成本支出」。現今刑事科技技術發展及刑案偵辦以 DNA 鑑定最為矚目，本局掌握現今國際現況，引進新技術與設備，充分應用於刑案鑑定中，以作為犯罪偵查團隊堅強後盾，進而提升偵審品質，實現司法正義。為維護鑑驗品質，藉國際認證制度建立實驗室品質管理系統，本局 DNA 實驗室亦通過財團法人全國認證基金會(TAF)認證，並藉由每年外部監督評鑑持續改善，強化刑事 DNA 鑑定公信力。另為增進建檔效能，研究採樣工具、辦理基層採樣訓練、落實樣本保管、封緘及

交接之證物鍊，從前端改善採樣品質，並加強管理考核，以提升建檔樣本成功率。



## 附 表

### 附件 1 TAF 財團法人全國認證基金會 (Taiwan Accreditation Foundation)的實驗室認證



證書編號：L2477-160901

財團法人全國認證基金會  
Taiwan Accreditation Foundation

# 認 證 證 書

茲證明

**內政部警政署刑事警察局**

**刑事警察局生物科**

台北市信義區忠孝東路4段553巷5號

**為本會認證之實驗室**

認 證 依 據：ISO/IEC 17025：2005

認 證 編 號：2477

初 次 認 證 日 期：一 百 年 十 二 月 二 十 七 日

認 證 有 效 期 間：一 百 零 三 年 十 二 月 二 十 七 日 至 一 百 零 六 年 十 二 月 二 十 六 日 止

認 證 範 圍：測 試 領 域，如 續 頁

董事長

## 陳 介 山

中華民國一百零五年九月一日

本認證證書與續頁分開使用無效

第 1 頁，共 2 頁



證書編號：L2477-160901

財團法人全國認證基金會  
Taiwan Accreditation Foundation

認證編號：2477

實驗室主管：黃女恩

14.08 生物科技

毛髮、血液、體液與組織

B207 親緣 DNA 鑑定

體染色體 DNA-STR 型別研判與解釋標準操作流程(BIO-3-20-03)

Y 染色體 DNA-STR 型別研判與解釋標準操作流程 (BIO-3-20-04)

粒線體型別研判標準操作流程(BIO-3-20-05)

X 染色體 DNA-STR 型別研判與解釋標準操作流程(BIO-3-20-06)

人類體染色體、X 染色體與 Y 染色體 DNA-STR 型別,粒線體 DNA (mtDNA)序列型別

報告簽署人:朱聖宇; 吳昆典; 李雅郁; 官元揚; 侯儒君; 姜曉玲; 柳國蘭; 高章肇;  
楊力靜; 劉佳玲; 劉素炆; 鄧瑞林; 黎正源; 錢文賢; 蘇至誠; 蘇志文

27.03 鑑識科學試驗

毛髮,血液,體液與組織

Z008 DNA 鑑定

體染色體 DNA-STR 型別研判與解釋標準操作流程(BIO-3-20-03)

Y 染色體 DNA-STR 型別研判與解釋標準操作流程 (BIO-3-20-04)

粒線體型別研判標準操作流程(BIO-3-20-05)

X 染色體 DNA-STR 型別研判與解釋標準操作流程(BIO-3-20-06)

人類體染色體、X 染色體與 Y 染色體 DNA-STR 型別

報告簽署人:朱聖宇; 吳昆典; 李文仁; 李雅郁; 官元揚; 侯儒君; 姜曉玲; 柳國蘭;  
高章肇; 陳振銘; 曾奕慈; 楊力靜; 劉佳玲; 劉素炆; 鄧瑞林; 黎正源; 錢文賢;  
蘇至誠; 蘇志文; 粘凱俐

(以下空白)

## 附件 2 節錄美國國家研究委員會訂定之「刑事 DNA 證據評價之建議事項」部份內容

### RECOMMENDATIONS

Major conclusions and recommendations are given at the end of the chapter in which the subject is discussed. For convenience, the report also lists them as a group at the end of the overview. This executive summary lists the recommendations only and gives some of the reasoning behind them.

#### Recommendations to Improve Laboratory Performance

**Recommendation 3.1. Laboratories should adhere to high quality standards (such as those defined by TWGDAM and the DNA Advisory Board) and make every effort to be accredited for DNA work (by such organizations as ASCLD-LAB).**

**Recommendation 3.2. Laboratories should participate regularly in proficiency tests, and the results should be available for court proceedings.**

**Recommendation 3.3. Whenever feasible, forensic samples should be divided into two or more parts at the earliest practicable stage and the unused parts retained to permit additional tests. The used and saved portions should be stored and handled separately. Any additional tests should be performed independently of the first by personnel not involved in the first test and preferably in a different laboratory.**

*Comment.* The committee offers these recommendations to improve laboratory performance rather than to try to estimate the probability that a particular laboratory makes a mistake by reporting that two DNA profiles match when in fact they do not match. Auditing and proficiency testing cannot be expected to give a meaningful estimate of the probability that a particular laboratory has made such an error in a specific case. An unrealistically large number of proficiency tests would be needed to estimate accurately even an historical error rate. For such reasons, proficiency test results should not be combined with the estimated frequency of an incriminating profile to yield the probability that a laboratory would report that DNA from a person selected at random contains the incriminating profile. No amount of effort and improved technology can reduce the error rate to zero, and the best protection a wrongly implicated, innocent person has is the opportunity for an independent retest.

**Recommendation 4.1. In general, the calculation of a profile frequency should be made with the product rule. If the race of the person who left the evidence-sample DNA is known, the database for the person's race should be used; if the race is not known, calculations for all the racial groups to which possible suspects belong should be made. For systems such as VNTRs, in which a heterozygous locus can be mistaken for a homozygous one, if an upper bound on the frequency of the genotype at an apparently homozygous locus (single band) is desired, then twice the allele (bin) frequency,  $2p$ , should be used instead of  $p^2$ . For systems in which exact genotypes can be determined,  $p^2 + p(1-p)\theta$  should be used for the frequency at such a locus instead of  $p^2$ . A conservative value of  $\theta$  for the US population is 0.01; for some small, isolated populations, a value of 0.03 may be more appropriate. For both kinds of systems,  $2p,p$  should be used for heterozygotes.**

*Comment.* The formulas referred to and the terminology used in this recommendation are explained in the overview and in Chapter 4. The product rule, which gives the profile frequency in a population as a product of coefficients and *allele frequencies*, rests on the assumption that a population can be treated as a single, randomly mating unit. When there are partially isolated subgroups in a population, the situation is more complex; then a suitably altered model leads to slightly different estimates of the quantities that are multiplied together in the formula for the frequency of the profile in the population.

In most cases, there is no special reason to think that the source of the evidence DNA is a member of a particular ethnic subgroup within a broad racial category, and the product rule is adequate for estimating the frequency of DNA profiles. For example, if DNA is recovered from semen in a case in which a woman hitchhiker on an interstate highway has been raped by a white man, the product rule with the  $2p$  rule can be used with VNTR data from a sample of whites to estimate the frequency of the profile among white males.<sup>2</sup> If the race of the rapist were in doubt, the product rule could still be used and the results given for data on whites, blacks, Hispanics, and cast Asians.

**Recommendation 4.2. If the particular subpopulation from which the evidence sample came is known, the allele frequencies for the specific subgroup should be used as described in Recommendation 4.1. If allele frequen**

**cies for the subgroup are not available, although data for the full population are, then the calculations should use the population-structure equations 4.10 for each locus, and the resulting values should then be multiplied.**

*Comment.* This recommendation deals with the case in which the person who is the source of the evidence DNA is known to belong to a particular subgroup of a racial category. For example, if the hitchhiker was not on an interstate highway but in the midst of, say, a small village in New England and we had good reason to believe that the rapist was an inhabitant of the village, the product rule could still be used (as described in Recommendation 4.1) if there is a reasonably large database on the villagers.

If specific data on the villagers are lacking, a more complex model could be used to estimate the random-match probability for the incriminating profile on the basis of data on the major population group (whites) that includes the villagers. The equations referred to in the second sentence of Recommendation 4.2 are derived from this model.

**Recommendation 4.3. If the person who contributed the evidence sample is from a group or tribe for which no adequate database exists, data from several other groups or tribes thought to be closely related to it should be used. The profile frequency should be calculated as described in Recommendation 4.1 for each group or tribe.**

*Comment.* This recommendation deals with the case in which the person who is the source of the evidence DNA is known to belong to a particular subgroup of a racial category but there are no DNA data on either the subgroup or the population to which the subgroup belongs. It would apply, for example, if a person on an isolated Indian reservation in the Southwest, had been assaulted by a member of the tribe, and there were no data on DNA profiles of the tribe. In that case, the recommendation calls for use of the product rule (as described in Recommendation 4.1) with several other closely related tribes for which adequate databases exist.

**Recommendation 4.4. If the possible contributors of the evidence sample include relatives of the suspect, DNA profiles of those relatives should be obtained. If these profiles cannot be obtained, the probability of finding the evidence profile in those relatives should be calculated with Formulae 4.8 or 4.9.**

*Comment.* This recommendation deals with cases in which there is reason to believe that particular relatives of the suspect committed the crime. For example, if the hitchhiker described in the comment to Recommendation 4.2 had accepted a ride in a car containing two brothers and was raped by one of them, but there is doubt as to which one, both should be tested. If one brother cannot be located for testing and the other's DNA matches the evidence DNA, then the probability that a brother of the tested man also would possess the incriminating profile should be computed.

#### **Recommendations on Interpreting the Results of Database Searches, on Binning, and on Establishing the Uniqueness of Profiles**

**Recommendation 5.1. When the suspect is found by a search of DNA databases, the random-match probability should be multiplied by N, the number of persons in the database.**

*Comment.* Recommendations 4.1-4.3 specify the calculation of the random-match probability for an incriminating DNA profile in a relevant population (or subpopulation). When the defendant has been identified as a suspect from information that is unrelated to the DNA profile, the random-match probability is one statistic that helps to indicate the significance of a match. If the random-match probability is very low, it is unlikely that the samples match just because the defendant, though not the source of the evidence sample, coincidentally happens to share that very rare profile.

But when the defendant has been identified by a search through a large database of DNA profiles rather than by non-DNA evidence, the relevance of the random-match probability is less obvious. There are different ways to take the search process into account. Recommendation 5.1 proposes multiplying the random-match probability ( $P$ ) by the number of people in the database ( $N$ ). If the person who left the evidence DNA was not in the database of felons, then the probability that at least one of the profiles in the database would also match the incriminating profile cannot exceed  $NP$ .

**Recommendation 5.2. If floating bins are used to calculate the random match probabilities, each bin should coincide with the corresponding match window. If fixed bins are employed, then the fixed bin that has the largest frequency among those overlapped by the match window should be used.**

This recommendation applies to the computation of a random-match probability when all or part of the profile involves VNTRs, which are fragments of DNA that are separated in the laboratory according to their lengths. Because the lengths of VNTRs cannot be measured exactly, an *uncertainty window* surrounds each measured VNTR, and two VNTRs are said to *match* when their uncertainty windows overlap. To calculate the frequency of matching VNTR profiles, one must find the proportion of VNTRs that fall within a *match window* around each VNTR in the incriminating profile. *Floating bins* do this exactly, whereas *fixed bins* do this approximately. Although the floating-bin procedure is statistically preferable, certain forms of the fixed-bin procedure usually lead to conservative approximations to the floating bin result.

**Recommendation 5.3. Research into the identification and validation of more and better marker systems for forensic analysis should continue with a view to making each profile unique.**

*Comment.* If a sufficient set of DNA characteristics is measured, the resulting DNA profiles can be expected to be unique in all populations. (Only identical twins would share such a profile.) Of course, it is impossible to establish uniqueness by

profiling everyone in the world, but theory and experience suggests that this uniqueness is attainable in forensic typing. Indeed, some scientists would argue that the existing panoply of characteristics is already sufficient to permit unique identification in many cases. For example, it has been suggested that a probability much less than the reciprocal of the world population is a good indication of uniqueness. The committee has not attempted to define a specific probability that corresponds to uniqueness, but the report outlines a framework for considering the issue in terms of probabilities, and it urges that research into new and cumulatively more powerful systems continue until a clear consensus emerges that DNA profiles, like dermal fingerprints, are unique.

#### **Recommendation for Research on Juror Comprehension**

**Recommendation 6.1. Behavioral research should be carried out to identify any conditions that might cause a trier of fact to misinterpret evidence on DNA profiling and to assess how well various ways of presenting expert testimony on DNA can reduce any such misunderstandings.**

*Comment.* Scientifically valid testimony about matching DNA can take many forms. The conceivable alternatives include statements of the *posterior probability* that the defendant is the source of the evidence DNA, qualitative characterizations of this probability, computations of the *likelihood ratio* for the hypothesis that the defendant is the source, qualitative statements of this measure of the strength of the evidence, the currently dominant estimates of profile frequencies or random-match probabilities, and unadorned reports of a match. Courts or legislatures must decide which of these alternatives best meets the needs of the criminal justice system. At present, policymakers must speculate about the ability of jurors to understand the significance of a match as a function of the method of presentation. Solid, empirical research into the extent to which the different methods advance juror understanding is needed.

### 附件 3 生物科各類生物跡證檢測與紀錄標準操作流程

發布日期：104 年 12 月 28 日

#### 壹、目的：

為使證物之初步檢測、採樣、保存及實驗處理過程，能有完整、詳實、標準化之紀錄，以利後續研判證物所含人體細胞種類、選擇最適當之 DNA 萃取方法，並建立 DNA 保存、稀釋、濃縮標準化流程，達到成功檢出 DNA 型別之目的，故訂定本標準操作流程供同仁依循。

#### 貳、適用範圍：

凡實驗室所受理之各類證物皆屬之。

#### 參、內容：

##### 3.1 技術人員收件

3.1.1 收到證物後，應先檢查案號、證物數量、內容、採證地點（醫院）、日期與公文記載是否相符，經確認無誤後親自與收發人員簽收，若發現不符者退回收發人員辦理。

3.1.2 隨案證物中，若應建檔樣本，應注意是否具備「司法警察機關去氧核醣核酸採樣通知書」影本、「移送書」、或鑑定許可書、拘票、傳票等副本或影本，若無，應進一步確認是否符合建檔要件。

3.1.2.1 涉嫌人尚未移送應註明，移送書可至刑案知識庫網頁查詢。

3.1.3 檢查是否有漏送必要檢體，例如被害人標準檢體或已知加害人檢體，若有應立即以電話聯繫送檢單位承辦人並於檔案內留下電話紀錄或於鑑定書中註明請送檢單位補送標準檢體以利鑑定比對。依證物收發標準操作流程（BIO-3-04-01），收發人員將死者、被害人、涉嫌人、關係人標準檢體抽出，並給予一個 DNA 號碼，技術人員應確

認是否已完成交付及註記。

3.1.4 檢查證物封緘是否完整，確認證物標示案號是否正確、完整。

3.1.5 如有移會他單位鑑定必要時，應先了解檢驗項目優先順序後，辦理證物簽移。

3.1.6 證物應存放於證物室，證物依其性質而於不同保存條件存放，新鮮血液放 4°C 冷藏，組織放 -20°C 冰箱（存放證物專用），未乾證物應立即採樣、或設法風乾再行採樣，對於潮濕的證物需風乾再放室溫存放。

3.1.7 未正確包裝證物，應照相或記錄後進行改善；如證物已有異狀應適當描述紀錄。

3.1.8 特殊管制證物，例如槍枝、子彈、管制毒品，應儘速採樣後交原送檢單位帶回，或由本局該管制物品專責單位(如：鑑識科槍彈股)代為保管，應注意交接清點紀錄完整。

### 3.2 初步檢測原則

3.2.1 開始拆開證物時，可利用本科刑事 DNA 鑑驗管理系統 (LIMS) 同步紀錄，初步檢測結果與案情記載顯有不符或案情記載不明有確認必要時，得以電話與送檢單位承辦人聯繫並留下電話記錄。

3.2.2 在檢視同一案件證物時，須先評估證物 DNA 含量，經評估為微量 DNA 證物，應優先檢測；同一案被害人身體採證所得證物、嫌疑人身體採證所得證物與現場證物，應參考相關案情資料並考量待證情形，若為關鍵性需相互比對之證物，為避免處理過程中發生污染或混淆，應分開存放與處理，實驗操作步驟亦應澈底分開。

3.2.3 實驗所用器具、剪刀、鑷子、解剖刀、微量分注器頭使用前應澈底清潔或擦拭乾淨，避免證物間轉移污染。可使用市售漂白水稀釋或市售去 DNA 試劑浸泡處理、或以超音波震盪器處理、或以大量清水沖洗後再以 70% 酒精清潔，以上之處理均為確保器具清潔。另外在處理高濃度 DNA 檢體(例如胚胎)須特別注意，在實驗過程中避免污

染其他檢體。

3.2.4 實驗操作時，應著適當保護裝備，穿實驗衣、戴手套、口罩，必要時，得加戴頭套；操作有噴濺危險液體時，應戴護目鏡。

3.2.5 手套觸摸證物後，應立即更換，避免用同一手套觸摸不同證物，以避免微量證物轉移污染。

3.2.6 實驗操作時，應避免談話，以免操作者唾液污染證物，如無法避免談話除戴口罩外，應避免口沫橫飛。

3.2.7 實驗室技術人員或有機會進出實驗室者應建立本身之 DNA 檔案，以利排除因無意識動作造成之實驗室污染，若無建檔者需採取適當防護措施。

3.2.8 證物檢測時應仔細檢視，記錄其外觀特徵、採樣位置與採樣方式，棉棒檢體、菸蒂、檳榔渣檢體視證物情況之必要性而拍攝相片，對於衣物、衛生紙、手套、內褲、胸罩等無法以文字詳盡敘述採樣位置之檢體，均應拍攝證物全景與斑跡採樣位置，拍攝時需放置比例尺，並以垂直角度攝影(相機與證物呈 90 度)，應將證物全景與斑跡採樣位置照片附於檢測紀錄中。

3.2.9 刑案鑑定之檢測重點在釐清待證事實，可經由檢附之勘查報告與案情說明、所採集之證物種類與現場陳設位置、被害人/涉嫌人人數或送檢單位之需求而選取證物或採樣位置。

3.2.10 為節省鑑定資源，送檢證物數量多時，須與送檢單位溝通或依據本規範 3.2.9 之檢測重點篩選證物，僅需就重點證物優先鑑定即可，其餘證物應注意妥善保存，以利日後有必要時再鑑定。

3.2.11 檢測大型證物(例如床單)或無明顯斑跡之衣物，需運用適當特殊光源輔助，以利發現可能遺留之毛髮、唾液、精液、血液、皮屑等。若發現疑似血跡、精液、唾液斑跡，可利用血清或生化反應進行初步檢測，以利篩選斑跡，並作為後續斑跡種類之研判或確認。

3.2.12 車禍案件，除注意擋風玻璃、輪胎上之血跡檢體外，另應注意是否有組織或被害人皮屑殘留。

3.2.13 同一證物於不同位置採樣之檢體，應分開進行萃取與 PCR 複製實驗，除非研判該檢體屬同一來源(例如骨頭、指甲、手套內側斑跡等)。

### 3.3 性侵害案件之檢測：

3.3.1 檢測時應考量涉嫌人與被害人性別、採證與案發相隔時間、被害人是否清洗或沐浴、被害人或加害人陳述性侵之手法等，對於與性侵害構成要件之關鍵採證位置或證物應進行採樣與檢測。

3.3.2 被害人外衣、內衣與內褲應記錄是否有破損情形，有破損部分應拍照記錄，並列印出附於檢測紀錄表，得附於鑑定書註記。

3.3.3 對於構成性侵害法律要件之關鍵性跡證(例如被害人陰道棉棒／內褲／衛生棉／護墊／保險套／精液衛生紙)應進行採樣與檢測，若案情為肛交或口交時，被害人肛門或口腔棉棒即為關鍵性跡證，應綜合酸性磷酸酵素（ACP）檢測反應、抹片顯微鏡檢或 P30 檢測結果決定是否分層萃取方式。若上述關鍵性跡證檢出之 DNA 型別與送檢涉嫌人相符時，可不需繼續進行其他證物檢測。並依據下列原則處理：

3.3.3.1 ACP 反應呈陽性且抹片顯微鏡檢發現有精子細胞之檢體，應分上皮細胞層及精子細胞層萃取 DNA。

3.3.3.2 案發與採證時間相隔 3 天以上但在 7 天以內，但 ACP 反應呈弱陽性或陰性且抹片顯微鏡檢未發現精子細胞之檢體，應加 DTT 不分層萃取 DNA，再依 Y 染色體 DNA 定量結果研判。若 Y 染色體 DNA 定量值為 0 且有清洗者，該檢體即結束檢測；案發與採證時間相隔 7 天以上，視案情需要與證物種類做檢測。

3.3.3.3 案發與採證時間相隔 3 天以內者，ACP 反應呈弱陽性或陰性、抹片顯微鏡檢未發現精子細胞之檢體，須進行前列腺抗

原 (P-30) 檢測，應加 DTT 不分層萃取 DNA，再依人類 DNA 與 Y 染色體 DNA 定量結果綜合研判後續鑑定方法。若 Y 染色體 DNA 定量值為 0，對於被害人未清洗、或案發與採證時間相隔 3 天以內之關鍵證物、或該證物具有重要關鍵性者，仍應進行 Y 染色體 DNA-STR 型別檢測。

3.3.3.4 保險套檢體應先區分內側與外側並分別採樣，注意不可將內側精液沾染到外側，避免微量女性 DNA 被大量之男性精液 DNA 遮蔽而無法驗出。

3.3.4 對於陌生人性侵害案件(未知嫌犯)，除針對被害人身上檢體進行檢測外，證物以檢出體染色體 STR 型別為要項，以利搜尋比對資料庫之涉嫌人檔案。

3.3.4.1 若送檢被害人內衣或胸罩，應於乳頭相對位置剪取布塊進行唾液澱粉酶檢測或 ACP(或顯微鏡檢或 P30)，並進行 DNA 檢測，以研判斑跡屬性。

3.3.4.2 被害人如為 12 歲以下幼童，陰道棉棒(外陰部或深部)應進行 Kastle- Meyer (KM) 血跡檢測法檢測，以利研判是否有受傷情形。

3.3.4.3 檢體上經目視疑有血跡者亦需進行 KM 血跡檢測法檢測，並記錄結果。

3.3.5 被害人衣物、內褲或衛生紙經檢視未發現明顯斑跡者，可利用 ALS 或紫外光進一步檢視，發現可疑斑跡後(有螢光反應)，再以 ACP 或唾液澱粉酶檢測是否為可疑體液斑跡。

3.3.6 若案發與涉嫌人到案時間不及 1 日，涉嫌人身上跡證亦為關鍵性證據，例如手指性侵案件之涉嫌人指甲、或涉嫌人陰莖棉棒等，亦需列為關鍵性跡證。

3.3.7 其餘性侵害案件證物檢測、加藥原則可參考 104 年 1 月 20 日生物科資深人員技術會議紀錄(BIO-4-18-34)。

### 3.4 其他案件檢測：

3.4.1 全血之處理：應在生物安全櫃或通風良好場所操作，如未在生物安全櫃中操作，應戴口罩、眼罩，以避免血液噴濺，造成細菌或病毒感染。血液類檢體如需保存(例如死者血)，應於取樣後立即製成血斑並標明案號，俟完全風乾後，妥善保存。

3.4.2 對於疑似血斑或送檢單位認為有血斑處，應以 KM 血跡檢測法檢測，若 KM 血跡檢測結果為陽性反應，經萃取 DNA 檢測，人類 DNA 定量結果為 0 者，研判為非人血，得利用人血免疫色層分析法加以確認。

3.4.3 可疑含有唾液、口腔細胞之檢體，如郵票、信封封口、口香糖、菸蒂、飲料瓶口、吸管、口罩等可依據生活經驗合理推論唾液斑跡留存。但對於生活經驗尚無法推論之斑跡或因案有必要時，得進行唾液澱粉酶法檢測，以利唾液斑跡研判。

3.4.4 對於可疑含有汗液、指紋或皮膚上皮細胞之檢體可直接剪取適量檢體萃取 DNA 檢測。

3.4.4.1 對於手套、安全帽、衣物需證明是何人使用或穿著者，應考量材質與使用狀況，在使用者可能殘留跡證處進行檢測或以膠帶黏取內側斑跡。

3.4.4.2 使用膠帶黏取斑跡時需特別注意，應避免沾黏而造成污染。

3.4.4.3 對於觸碰或撫摸等遺留之斑跡、或明顯留有指紋觸碰斑跡，考量其 DNA 量微，應僅對關鍵性與必要性位置進行 DNA 檢測，例如刀柄、槍握把、膠帶等。

3.4.5 可疑毛髮之檢測，將毛髮置於顯微鏡下觀察或在深色背景下目視觀察毛髮是否含有毛囊細胞。若毛髮含有毛囊細胞，萃取 DNA 進行檢測，對於無明顯毛囊者可不進行 DNA 萃取實驗。

3.4.5.1 毛髮之包裝應以乾淨白紙或濾紙包裝為佳，以防毛髮

遺失；萃取時，應一根毛髮萃取一管 DNA，以防不同來源檢體產生 DNA 混合結果，若確認為同一來源者(如死者頭髮做為標準檢體等)，不在此限。

3.4.6 可疑含有組織、皮屑之檢體，視需要得進行 KM 血跡檢測法檢測，可直接剪取適量檢體萃取 DNA 檢測。

3.4.7 尿液之檢體檢測：將尿液混合均勻後靜置 10 分鐘，取上層 10~15mL 的尿液，分別放入 1.5mL 之 tube 內，經高速離心 3 分鐘，或放入 50mL 離心管，經 6,000rpm 離心 10 分鐘，丟棄上清液，將尿液沈澱物集中於同一管之 tube 內，進行 DNA 檢測。

3.4.7.1 依尿液品質選擇 salt-chloroform 方法或 QIA 法萃取。

3.4.8 因現場生物跡證量非常少，為避免過度消耗跡證於初步檢測實驗，可以棉棒沾 PBS 轉移微量斑跡進行血清與生化反應測試。

3.4.8.1 剪取證物進行 DNA 萃取時，應盡可能留存原始量的 1/2 以上，若因量微需全部用盡時，應於檢測紀錄中註記。

3.4.8.2 除量微跡證外，欲將跡証用盡前需報備，由技術主管以上幹部核可註記於證物檢測紀錄表中，再進行最後一次實驗。

3.5 檢測紀錄登錄原則：

3.5.1 記錄應真實呈現證物樣態、鑑定結果。

3.5.2 檢測時，應「即時」記錄，不可以因故暫時離開檢測桌後，以記憶記錄檢測結果。

3.5.3 鑑定人於檢測案件證物前，需先確認案件資料之正確性，包含分局發生案號、生物科案號、DNA 編號、案由、案類、被害人及涉嫌人姓名、案發及採證時間、被害人生日及前次性行為時間、採證醫院及有無沐浴、證物名稱等。

3.5.4 鑑定人應於檢測案件證物時，同步輸入案件資訊於紀錄表之案件資料欄內，如檢測日期、檢測樣品及證物資料各欄位。

3.5.4.1 檢測日期以年月日表示（如 970101）、檢測樣品以各

鑑定人檢體編號表示（如 49000001），並應依檢測先後順序依次填入各次檢測日期及檢體編號。

3.5.4.2 對於證物檢測紀錄、樣本萃取方法、DNA 定量、STR 結果等各項欄位均需詳實紀錄，於報告書送批時，須列印並完成所有紀錄。

3.5.4.3 斑跡屬性檢測方法包括 KM、ACP、鏡檢、P30、唾液澱粉酶等，其檢測結果，陽性者以「P」代表，弱陽性以「WP」、  
「WWP」代表，陰性者以「N」代表，各種方法使用、研判、解釋等請參照檢測與萃取試劑配製與判讀標準操作流程（BIO-3-05-01）。

3.5.4.4 萃取方法以「萃取法+elute 量」表示，一般證物萃取 elute 量為「100 $\mu$ L」，特殊證物若研判 DNA 含量少時，可酌減 elute 量，不得少於 70 $\mu$ L。證物以 QIA 法萃取者以「Q100」表示，以 QIA Investigator<sup>®</sup> Lyse & Spin Basket 萃取者以「BKQ100」表示，以 salt-chloroform 法萃取者以「T100」表示，若證物以 QIA 法分層萃取時，以「Q100SB（精子細胞層）」或「Q100SA（上皮細胞層）」表示，證物以 QIA 法不分層萃取時（需另加 DTT 試劑）以「Q100SW」表示。

3.5.4.5 DNA 定量結果應記錄樣本編號、定量反應盤號位置、DNA 定量值及該檢體是否有異常情形，例如 49001234 \* H97090101N-H1=0.78103656 \* OK \* \* OK，表示 49001234 檢體在 H97090101N 定量反應盤第 H1 位置，人類 DNA 定量結果為 0.78ng/ $\mu$ l，OK 表示該檢體未發現抑制或異常情形。

3.5.5 生物跡證檢測記錄中的「STR 結果」欄位係由服務組匯入產生，當標準檢體 STR 或 Y-STR 圖譜有結果可出具鑑定書者顯示「OK」，若無結果則以「INC」表示。證物檢體若有多組基因位超過 AT 值以上則以「試劑種類盤號-OK」表示，例如：IDPlus1041218-OK 或

PPY1041218-OK；若無結果或多組基因位未達 AT 值者，以「試劑種類盤號-INC」表示，例如：IDPlus1041218-INC 或 PPY1041218-INC；若 DNA 含量過低未進行 STR 或 Y-STR 型別檢測時，STR 結果欄位以空白表示。

3.5.6 生物跡證檢測記錄表中的「備註」欄位係由技術人員依據鑑定書出具與否填入證物型別判讀結果，有結果並出具鑑定書者以「OK」表示，未檢出足資比對型別或型別混亂者，以「INC」表示，無結果者以「NR」表示。

3.5.7 檢體若有進行粒線體 DNA 檢測時、或有其他需註記之情形，可於「備註」欄註記。

3.5.7.1 各類生物跡證血清與生化反應檢測與研判：如檢測與萃取試劑配製與判讀標準操作流程（BIO-3-05-01）。

3.6 各類證物 DNA 萃取流程：如各類生物跡證 DNA 萃取標準操作流程（BIO-3-18-03）。

### 3.7 證物驗後處理

3.7.1 證物驗後處理以「請派員領回」為原則，若為外島警察單位、法院、檢察署或其他無固定派員送鑑單位之證物則以「檢還」為原則；若檢體過於稀少，且全部用盡，可註記「驗完」。

3.7.2 若證物採樣完畢或鑑定完成後需移本局指紋室或鑑識科其他單位繼續鑑定，應以便簽方式移他單位，鑑定書中驗後處理應註明「移本局鑑識科（或指紋室）」。

3.7.3 若鑑定事項單純，惟因證物不易存放而需由實驗室進行銷毀者(如：胚胎、小型骨頭、性侵害被害人血液檢體等)，則暫存於實驗室六個月後辦理銷毀，驗後處理為「保存六個月後銷毀」。銷毀程序如 3.8。

3.7.4 比對對象標準檢體以「請派員領回」為原則，若符合性犯罪與重大暴力犯罪之罪名移送，並經由強制採樣程序進行採樣者，驗後

處理應為「留局建檔」；若符合上述程序但尚未移送者，驗後處理應為「暫存本局」，並於備註中註明補送移送書副本或影本，待收到移送書後於資料庫中更正為建檔。對於非建檔的比對對象標準檢體為「檢還、製成血斑檢還」。

### 3.7.5 各項證物驗後處理如下表所示：

證物種類	驗後處理
性侵害案件證物盒、一般案件證物	請派員領回
外島警察單位、法院、檢察署或其他無固定派員送鑑單位之證物	檢還
死者血跡紗布、唾(血)液棉棒、毛髮	請派員領回
死者小型骨骸(體積小於 5cm <sup>3</sup> 以下者，如脊椎骨或牙齒)、胚胎	驗完、保存六個月後銷毀
死者血液	製成血斑檢還
符合性犯罪與重大暴力犯罪之罪名，且依強制採樣程序採樣，並已移送之嫌疑人標準檢體	留局建檔
符合性犯罪與重大暴力犯罪之罪名，且依強制採樣程序採樣，但尚未移送之嫌疑人標準檢體	暫存本局
非建檔的比對對象標準檢體(如：被害人、關係人等標準檢體)	檢還、製成血斑檢還

### 3.8 證物銷毀

3.8.1 若鑑定事項單純，惟因證物不易存放而需由實驗室進行銷毀者(如：胚胎、小型骨頭、性侵害被害人血液檢體等)，鑑定書之證物驗後處理得填寫「保存六個月後銷毀」。

3.8.2 欲銷毀之證物應自鑑定書發文後至少暫存六個月後再辦理銷毀。

3.8.3 技術人員應將欲銷毀之證物相關資料登記於生物科證物銷毀紀錄表(BIO-4-18-05)中預計銷毀日期之工作表中，依預訂銷毀日期區分成不同工作表，技術人員自行計算保存六個月後之銷毀時間，於最適當之預訂銷毀日期工作表上填寫證物相關資料。由專責人員定期彙整銷毀紀錄表，經技術人員確認所屬銷毀證物與交付證物後，辦理檢體銷毀。

3.8.4 技術人員並在銷毀證物所屬案件之生物跡證檢測紀錄表(BIO-4-18-06)中檢體之「備註欄」登錄預計銷毀時間（依 3.8.3 登錄之銷毀日期）。

3.8.5 欲進行銷毀之證物(如：胚胎、小型骨頭等)，必要時應照相並做紀錄，胚胎、小型骨頭等需銷毀檢體應暫存放證物室專用冰箱（-20°C），血液檢體應暫存證物室專用冰箱（4°C）。參考證物銷毀流程圖（BIO-4-18-07）。

### 3.9 DNA 保存

3.9.1 技術人員萃取完之 DNA，於完成定量、PCR 複製及型別分析之程序後，應置專用冰箱中之個人 DNA 保管盒，技術人員應定期依 DNA 編號整理歸檔，暫存於 4°C 冰箱之個人櫃中，或置於-20°C 冰箱長期保存。

### 3.10 DNA 稀釋

3.10.1 技術人員應視樣本 DNA 定量結果決定進行 PCR 反應加入之 DNA 體積，加入 DNA 體積×DNA 定量結果=PCR 反應 template DNA 總量。DNA 定量濃度過高時，鑑定人應視情況予以稀釋。建議上機量如下表所示：

### 3.11 DNA 濃縮

3.11.1 樣本 DNA 定量濃度過低者，技術人員應先以最大量(10ul) DNA 進行 PCR 反應後，待收到檢體上機圖譜後，再決定是否再次濃

縮後重新分析。濃縮時需從原液中分裝適量(例如 50 $\mu$ l) DNA 進行濃縮，最後濃縮至體積約 10 $\mu$ l，再重新進行 PCR 複製、型別分析，除非需全部 DNA 進行濃縮反應，否則不可直接將原液進行濃縮，。

### 3.12 標準檢體重新確認

3.12.1 若後案比中前案標準檢體者，且有重新萃取確認必要時，技術人員應將欲萃取標準檢體登記於標準檢體登記表 (BIO-4-18-08)。應建檔涉嫌人標準檢體由服務組取出重新萃取，其餘非建檔對象標準檢體（關係人、被害人）若仍於保存期限內，則由各技術人員送至建檔組重新萃取。

### 3.13 DNA 純化

3.13.1 若 DNA 含抑制物，以致無法得到足資比對之 STR 型別時，可再次純化 DNA，期能改善 PCR 複製之成功率。

#### 3.13.2 操作步驟：

3.13.2.1 取出 DNA 之體積為 V  $\mu$ L，加入取出 V/10 之 3M 醋酸鈉(sodium acetate)，再加入總體積 2 倍(2(V+V/10)  $\mu$ L)之 100% 酒精，混合均勻。【例：取 100 $\mu$ l DNA，加入 10 $\mu$ l 之 3M 醋酸鈉，再加入 220 $\mu$ L 之 100% 酒精】

3.13.2.2 準備 2mL 之 collection tube 套上 spin column 並標示好，小心地把步驟 3.13.2.1 之 mixture 移入 spin column 內（不要弄濕邊緣）。

3.13.2.3 蓋上蓋子以 8000rpm 離心 1 分鐘。

3.13.2.4 把 spin column 放入乾淨之 collection tube（丟棄剛剛之濾液），小心打開蓋子加入 500 $\mu$ L AW1 buffer，以 8000rpm 離心 1 分鐘。

3.13.2.5 丟棄剛剛之濾液，小心打開蓋子加入 500 $\mu$ L 的 AW2 buffer，14000rpm 離心 3 分鐘。

3.13.2.6 把 spin column 放入新的 collection tube，小心打開

蓋子加入適量 D.D.water，置於室溫下 1 分鐘，再以 8000rpm 離心 1 分鐘。(加入 D.D.water 之體積視檢體品質而定)。

肆、相關文件及表單：

- 4.1 證物收發標準操作流程 (BIO-3-04-01)
- 4.2 檢測與萃取試劑配製與判讀標準操作流程 (BIO-3-05-01)
- 4.3 各類生物跡證 DNA 萃取標準操作流程 (BIO-3-18-03)
- 4.4 生物科證物銷毀紀錄表(BIO-4-18-05)
- 4.5 生物跡證檢測紀錄表(BIO-4-18-06)
- 4.6 證物銷毀流程圖 (BIO-4-18-07)
- 4.7 標準檢體登記表(BIO-4-18-08)
- 4.8 104 年 1 月 20 日生物科資深人員技術會議紀錄(BIO-4-18-34)

刑事警察局生物科 證物銷毀紀錄表

年 月份 刑事警察局生物科證物銷毀管制表		確定銷毀日期：						
生物科案件編號	案由	銷毀證物名稱	數量	發文日期	承辦人	證物是否已 放置	承辦人簽章	審核人員簽章

銷毀件數

件

主 管  
核 章

備註:銷毀承辦人員應每 2 個月將管制表送品質主管及技術主管審核

表單編號 :BIO-4-18-05

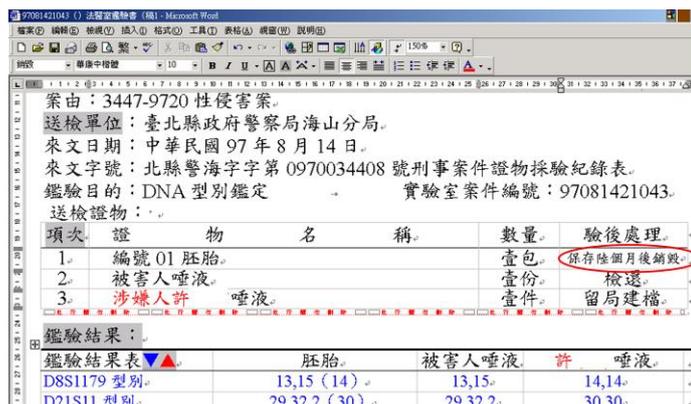
刑事警察局 生物科生物跡證檢測記錄表

生物科生物跡證檢測記錄表															
生物科案號		案由													
E化案號		發文字號								案類					
來文單位		來文字號								前案案號					
被害人姓名		案發時間								採證醫院					
被害人生日		採證時間								有無沐浴					
涉嫌人姓名		前次性行為時間								前次月經時間					
起始檢測時間		備註													
序號	檢體編號	種類	證物名稱	數量	K M / 血 卡	A C P	鏡 檢	P 30	顯 粉 酶 / 唾 液 卡	[取樣日期, 萃取日期] 描述	萃 取 方 法	H 定 量 結 果	Y 定 量 結 果	STR結果	備註
1															

表單編號 : BIO-4-18-06

刑事警察局生物科 證物銷毀流程图

一、 鑑定書之證物「驗後處理」欄位填寫「保存六個月後銷毀」。



二、 將欲銷毀之證物名稱及預訂銷毀日期登記於生物科證物銷毀紀錄表 (BIO-4-18-05)，原則上，收發台人員每 3 個月辦理檢體銷毀一次。生物科證物銷毀紀錄表(BIO-4-18-05)依預訂銷毀日期區分成不同工作表，鑑定人自行計算保存六個月後之銷毀時間，於最適當之預

訂銷毀日期工作表上填寫證物相關資料。

三、於生物跡證檢測紀錄表(BIO-4-18-06)之該檢體的「備註欄位」登錄預計銷毀時間。

生物科生物跡證檢測紀錄表															
生物科案號		案由													
E化案號		發文字號								案類					
來文單位		來文字號								前案案號					
被害人姓名		案發時間								採證醫院					
被害人生日		採證時間								有無沐浴					
涉嫌人姓名		前次性行為時間								前次月經時間					
起始檢測時間		備註													
序號	檢體編號	種類	證物名稱	數量	K M / 血 卡	A C P	鏡 檢	P 30	顯 粉 酶 / 唾 液 卡	[取樣日期, 萃取日期] 描述	萃取 方法	H 定量結果	Y 定量結果	STR結果	備註
1															

四、將欲銷毀證物置放於證物室專用冰箱中。胚胎、小型骨頭等需銷毀檢體應暫存放證物室專用冰箱 (-20°C)，血液檢體應暫存證物室專用冰箱 (4°C)。



## 參考文獻

1. Chisum, W.J. and B. Turvey, *Evidence dynamics: Locard's exchange principle & crime reconstruction*. Journal of Behavioral Profiling, 2000. **1**(1): p. 1-15.
2. Botstein, D., et al., *Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms*. American journal of human genetics, 1980. **32**(3): p. 314.
3. 李俊億, *DNA 鑑定-PCR*. 1995: 中央警察大學出版社.
4. Wickenheiser, R.A., *Trace DNA: a review, discussion of theory, and application of the transfer of trace quantities of DNA through skin contact*. Journal of Forensic Science, 2002. **47**(3): p. 442-450.
5. Templeton, J., et al., *Genetic profiling from challenging samples: direct PCR of touch DNA*. Forensic Science International: Genetics Supplement Series, 2013. **4**(1): p. e224-e225.
6. Tobe, S.S., N. Watson, and N.N. Daeid, *Evaluation of Six Presumptive Tests for Blood, Their Specificity, Sensitivity, and Effect on High Molecular-Weight DNA*. Journal of forensic sciences, 2007. **52**(1): p. 102-109.
7. Sensabaugh, G., *Isolation and characterization of a semen-specific protein from human seminal plasma: a potential new marker for semen identification*. Journal of Forensic Science, 1978. **23**(1): p. 106-115.
8. Yoshida, K., et al., *The modified method of two-step differential extraction of sperm and vaginal epithelial cell DNA from vaginal fluid mixed with semen*. Forensic science international, 1995. **72**(1): p. 25-33.
9. Boward, E.S. and S.L. Wilson, *A comparison of ABACard® p30 and RSID™-Semen test kits for forensic semen identification*. Journal of forensic and legal medicine, 2013. **20**(8): p. 1126-1130.
10. 警政署, *內政部警政署統計資料 (99 年整體治安情勢)*, in *警政統計通報*. 2011.
11. 許福生. *DNA 擴大採樣面面觀*. Available from: <http://www.Tahr.org.tw/files/meeting/iambill.pdf>.
12. 蘇志文, et al., *竊盜案件之生物檢體鑑定策略及成效*, in *鑑識科學研討會*. 2012.
13. Science, N.R.C.C.o.D.F., a. Update, and N.R.C.C.o.D.F. Science, *The evaluation of forensic DNA evidence*. 1996: National Academies Press.
14. Sewell, J., et al., *Recovery of DNA and fingerprints from touched documents*. Forensic Science International: Genetics, 2008. **2**(4): p. 281-285.

15. Brownlow, R.J., K.E. Dagnall, and C.E. Ames, *A comparison of DNA collection and retrieval from two swab types (cotton and nylon flocked swab) when processed using three QIAGEN extraction methods*. Journal of forensic sciences, 2012. **57**(3): p. 713-717.
16. Van Oorschot, R., et al. *Retrieval of genetic profiles from touched objects*. in *Proceedings of the First International Conference in Forensic Human Identification*. 1999.
17. Prinz, M., et al. *Maximization of STR DNA typing success for touched objects*. in *International Congress Series*. 2006. Elsevier.
18. Collopy, C., *Mini-Popule developed to maximize DNA recovery for robotic forensic analysis*. Forensic Mag, 2008. **5**(1): p. 33-6.
19. Walsh, P.S., D.A. Metzger, and R. Higuchi, *Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material*. Biotechniques, 1991. **10**(4): p. 506-513.
20. Raymond, J.J., et al., *Trace DNA analysis: Do you know what your neighbour is doing?: A multi-jurisdictional survey*. Forensic Science International: Genetics, 2008. **2**(1): p. 19-28.
21. Budowle, B., et al., *Simple protocols for typing forensic biological evidence: chemiluminescent detection for human DNA quantitation and restriction fragment length polymorphism (RELP) analyses and manual typing of polymerase chain reaction (PCR) amplified polymorphisms*. Electrophoresis, 1995. **16**(1): p. 1559-1567.
22. Biosystems, A., *Applied Biosystems. Quantifiler Human DNA Quantification Kit User's Manual*. 2003: Foster City, California.
23. Phipps, M. and S. Petricevic, *The tendency of individuals to transfer DNA to handled items*. Forensic science international, 2007. **168**(2): p. 162-168.
24. Alessandrini, F., et al., *Fingerprints as evidence for a genetic profile: morphological study on fingerprints and analysis of exogenous and individual factors affecting DNA typing*. Journal of forensic sciences, 2003. **48**(3): p. 586-592.
25. 陳珮瑜, et al., *膠帶黏膠面指紋顯現方法對 DNA 萃取、STR 型別分析之影響*, in *鑑識研討會論文集*. 2009. p. 331-336.
26. Akane, A., et al., *Identification of the heme compound copurified with deoxyribonucleic acid (DNA) from bloodstains, a major inhibitor of polymerase chain reaction (PCR) amplification*. Journal of Forensic Science, 1994. **39**(2): p. 362-372.
27. Clayton, T., et al., *Analysis and interpretation of mixed forensic stains using*

- DNA STR profiling*. Forensic Science International, 1998. **91**(1): p. 55-70.
28. Swango, K.L., et al., *A quantitative PCR assay for the assessment of DNA degradation in forensic samples*. Forensic science international, 2006. **158**(1): p. 14-26.
  29. Fitch, I.T., P.T. O'Donnell, and S.A. Montpetit, *A simple automated instrument for DNA extraction in forensic casework*. Journal of Forensic Science, 2005. **50**(3): p. 1-9.
  30. Biosystems, A., *User guide: Quantifiler® Human and Y Human Male DNA Quantification Kits*. 2014.
  31. Andrade, L., et al., *AmpFlSTR® MiniFiler™ PCR amplification kit: The new miniSTR multiplex kit*. Forensic Science International: Genetics Supplement Series, 2008. **1**(1): p. 89-91.
  32. Dieltjes, P., et al., *A sensitive method to extract DNA from biological traces present on ammunition for the purpose of genetic profiling*. International journal of legal medicine, 2011. **125**(4): p. 597-602.
  33. 吳景欽, *性侵害案件中以被害人供述為唯一證據的正當性探討*. 2010, 軍法專刊.
  34. 吳志光, *性侵害案件受害者創傷反應與司法程序*. 司法改革雜誌, 2001(34): p. 41-42.
  35. 許潔怡, *刑事訴訟程序中兒童證言之研究-以證言可信度為中心*. 成功大學法律學系學位論文, 2008: p. 1-165.
  36. Women, U.S.D.o.J.O.o.V.A., *A National Protocol for Sexual Assault Medical Forensic Examinations*. 2013.
  37. 柳國蘭, *加強性侵害案件證物蒐集與保全*. 刑事雙月刊, 2009. **30**: p. 12-15.
  38. Selig, C., *Sexual assault nurse examiner and sexual assault response team (SANE/SART) program*. The Nursing Clinics of North America, 2000. **35**(2): p. 311-319.
  39. 徐畢卿, 謝素真, and 趙文查, *認識性侵害*. 護理雜誌, 2001. **48**(2): p. 18-26.
  40. 劉貞汝, *性侵害案件處理流程*「影音光碟-提升被害服務品質」. 刑事雙月刊, 2010: p. 39-42.
  41. 粘凱俐, *性侵害案件 DNA 鑑定成效之探討以 528 件案件為例*. 刑事科學, 2007. **63**(內政部警政署刑事警察局).
  42. Valenzuela, A., et al., *An improved method to recover saliva from human skin: the double swab technique*. Journal of Forensic Science, 1997. **42**(2): p. 320-322.

43. 陳福振, 刑案現場生物跡證檢體採證汙染之實例探討, in 鑑識科學研討會論文集. 2012. p. 41-48.