

目次

圖次.....	II
摘要.....	III
第一章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	1
第二節 本局刑事生物實驗室簡介	5
第三節 研究目的	9
第四節 名詞解釋	11
第二章 文獻探討	15
第一節 採證工具與方法相關文獻研究	15
第二節 萃取工具相關文獻研究	20
第三章 研究方法與過程	21
第一節 研究方向	21
第二節 實驗過程	22
壹、探討萃取用輔助離心管柱與尼龍採集棒對 DNA 檢出率之比較.....	22
貳、探討傳統膠帶與水溶性膠帶對於 DNA 回收量之比較.....	23
參、探討上衣採證不同位置 DNA 回收量之比較.....	26
第三節 研究發現	28
第四章 破案實錄	33
第一節 醃頭案	33
第二節 外籍人士遭分屍案	34
第三節 自小客車車內財物遭竊案	35
第四節 傷害案	36
第五章 結論與建議	37
第一節 結論	37
第二節 建議	40
文獻參考.....	42

圖次

【圖一】歷年檢出率變化	3
【圖二】歷年六大類證物比例變化	4
【圖三】本局 DNA 鑑定流程	8
【圖四】萃取用輔助離心管柱	12
【圖五】尼龍採集棒	12
【圖六】水溶性膠帶(一).....	13
【圖七】水溶性膠帶(二).....	13
【圖八】4 種採集棒	17
【圖九】傳統膠帶	24
【圖十】使用傳統棉棒(非尼龍)與尼龍採集棒檢出率之比較.....	29
【圖十一】僅使用傳統棉棒(102-103 年)與使用尼龍採集棒搭配萃取用輔助離心管柱(107-108 年)檢出率之比較.....	30
【圖十二】以不同種類膠帶採樣檢出 DNA 濃度比較.....	31
【圖十三】上衣採樣不同位置檢出 DNA 濃度比較.....	32
【圖十四】醃頭案關鍵證物	33
【圖十五】外籍人士遭分屍案棄屍現場	34
【圖十六】自小客車車內財物遭竊案關鍵證物	35
【圖十七】傷害案關鍵證物	36

摘要

壹、 研究目的

近年來 DNA 鑑定結果逐漸成為呈堂證供之重要證據，隨著 DNA 鑑定技術不斷的精進，微量 DNA(如 touch DNA)檢出率之提升成為現今研究重點，運用新的設備、試劑或耗材輔助即可能讓過去認為無法檢出之證物(如擦抹痕、觸物遺痕、汗液等類型)得以檢出型別，故如何提升微量 DNA 證物之檢出率，值得研究。本文在 DNA 萃取階段新增採用輔助離心管柱及尼龍採集棒 2 項簡單耗材，比較與未採用輔助離心管柱及使用傳統棉棒對 DNA 檢出率之影響。

此外，實驗室鑑定人員在採集刑案證物表面 DNA 時，常使用膠帶黏取，本局 DNA 實驗室現有係使用傳統膠帶作為採樣工具，而國外部分 DNA 鑑定實驗室則採取水溶性膠帶進行 DNA 採樣。本文對於水溶性膠帶及傳統膠帶進行 DNA 回收量之比較，作為本局 DNA 實驗室日後是否改採用水溶性膠帶之參考。

再者，許多重大暴力犯罪及住宅竊盜案件中，發現嫌犯為掩飾身分以躲避警方追查，常在刑案現場換穿被害人上衣而將自己上衣遺留現場之情事。在此類案件中嫌犯遺留現場上衣為重要物證，若能從嫌犯遺留現場上衣採得嫌犯 DNA，對案件偵辦將大有助益。而上衣採

集 DNA 不同位置對於檢出 DNA 型別是否有差異，亦是本局 DNA 實驗室常遇到的問題。本文對於上衣選擇領口、袖口及腋下 3 處進行採樣，探討上衣那一個位置 DNA 回收量較高，以作為日後鑑定上衣證物採集位置之參考。

貳、 研究方法

- 一、 探討萃取用輔助離心管柱與尼龍採集棒對 DNA 檢出率之影響：本文對於微量 DNA 證物以尼龍採集棒取代傳統棉棒進行採集，並於萃取過程中選擇是否增加使用萃取用輔助離心管柱，以比較對於微量 DNA 證物檢出率是否提升。
- 二、 探討傳統膠帶與水溶性膠帶對於 DNA 回收量之比較：參考國外文獻發現水溶性膠帶可提升 DNA 檢出率，本文將水溶性膠帶與本局 DNA 實驗室目前所使用傳統膠帶進行比較，以檢視採用何種膠帶可得較高之 DNA 回收量。
- 三、 探討上衣採證不同位置 DNA 回收量之比較：本文將上衣選擇領口、袖口及腋下 3 處進行採樣，探討那一個位置 DNA 回收量較高，以作為日後實務鑑定上採集上衣證物位置之參考。

參、重要發現

- 一、 探討萃取用輔助離心管柱與尼龍採集棒對 DNA 檢出率之影響：整體而言，對於微量 DNA 證物使用尼龍採集棒之檢出率較使用傳統棉棒之檢出率提高 6.74%；若再搭配增加使用萃取用輔助離心管柱進行萃取，檢出率更可提高至 11.04%。
- 二、 探討傳統膠帶與水溶性膠帶對於 DNA 回收量之比較：使用不同種類膠帶進行 DNA 回收量比較結果，發現本局 DNA 實驗室現有使用傳統膠帶對於 DNA 回收量優於水溶性膠帶。
- 三、 探討上衣採證不同位置 DNA 回收量之比較：針對上衣領口、袖口及腋下 3 個位置處進行採樣結果，發現採集領口處 DNA 回收量明顯較袖口處及腋下處高，而袖口及腋下位置 DNA 回收量相仿。實驗結果認為領口處為上衣證物 DNA 最佳採集位置。

肆、主要建議及政策意涵

本研究結果提供 3 種建議及策略：

- 一、 針對微量 DNA 證物採集方法，建議採用尼龍採集棒取代傳統棉棒進行採樣，並於 DNA 萃取階段增加使用萃取用輔助離心管柱，以提升微量 DNA 證物檢出率。
- 二、 沿用本局 DNA 實驗室所使用傳統膠帶進行採樣，可得較佳

之 DNA 回收量，毋需更換為水溶性膠帶。

三、 針對上衣類證物進行 DNA 採樣時，建議選擇領口處為優先進行採樣位置，以提升上衣類證物 DNA 回收量。

第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

壹、現況與緣由：

凡走過必留下痕跡，凡兩個物體接觸，必會產生物質轉移現象，這是路卡交換原理[1]，也是鑑識科學的重要依據。當一件刑事案件發生，現場存在的各類跡證、現場狀態都在透漏訊息，只要我們能了解這些訊息並且把他們串聯起來，便能還原現場，了解案發當時的狀況。若有接觸的情況發生，在物體表面相對應位置上必有轉移跡證，包括指紋、生物跡證、纖維、火藥殘跡、工具痕跡、鞋印等各類跡證。這些跡證都是刑案現場中隱而不顯且具有高證明力的重要物證，透過適當的技術或方法，就有機會彰顯並提供偵審參考。

現今鑑識科學中廣泛使用、具高證明力且有明確科學機率佐證的鑑定項目，莫屬生物跡證類別中的「DNA 鑑定」。因為細胞在減數分裂時染色體獨立分配、聯會互換，加上生殖細胞隨機結合等前提下，除了同卵多胞胎之外，理論上不同個體不可能具有相同 DNA 型別。由於 DNA 具有個化特徵的特性使得鑑定結果儼然成為法庭上重要證據，亦成為協助偵辦案件之犀利工具。DNA 在刑事鑑識領域的運用最早可溯及 1985 年英國 Alec Jeffrey 利用限制片斷長度多型

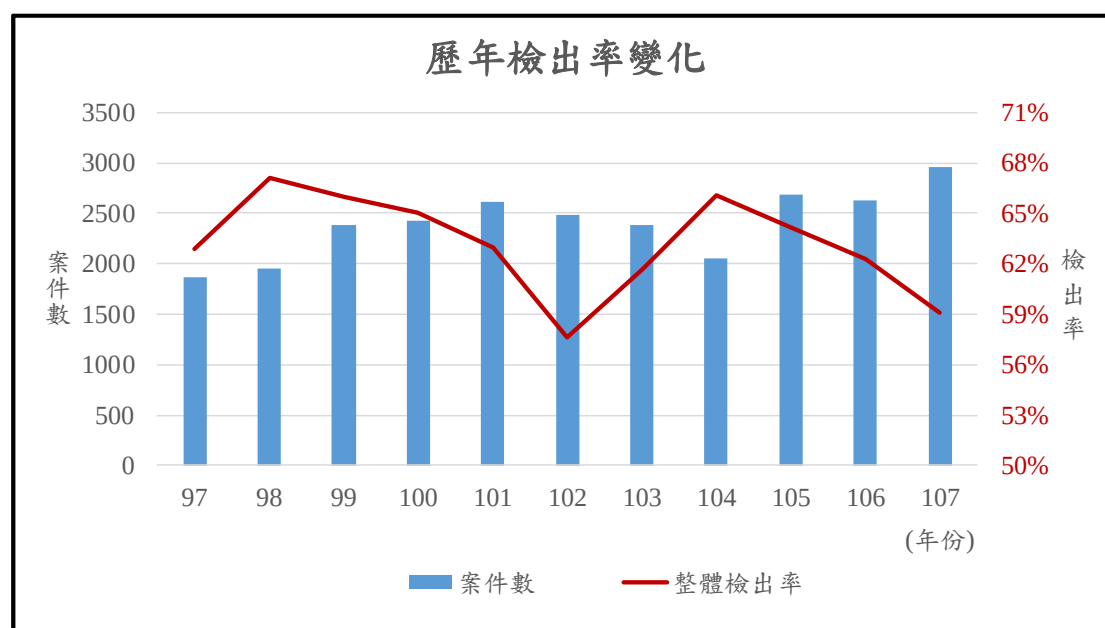
(Restricted Fragment Length Polymorphism, RFLP)確認嫌犯[2]，所以 DNA 鑑定距今僅有 30 多年的發展。惟由於 DNA 鑑定在刑事鑑識領域的特性，鑑定技術及商用試劑的發展相當迅速。現今短片段相連重複序列多型標記(short tandem repeats，STR)是 DNA 鑑定的主流，而 STR 型別分析鑑定方法也是本局對於全般刑案現場生物跡證主要使用的鑑定方法。

由於生物跡證類證物易受到環境因素(溫度、濕度、紫外線等)影響，保存條件不佳易造成 DNA 裂解損壞[3]，而無法檢出 DNA 型別。甚者，若原本遺留現場證物 DNA 量已甚微，再加上環境因素的影響，要鑑定出 DNA 型別更加困難。如何提高此類證物 DNA 型別比例，提升 DNA 鑑驗能量，俾提供更多的偵審證據，持續為本局刑事生物實驗室努力的方向。

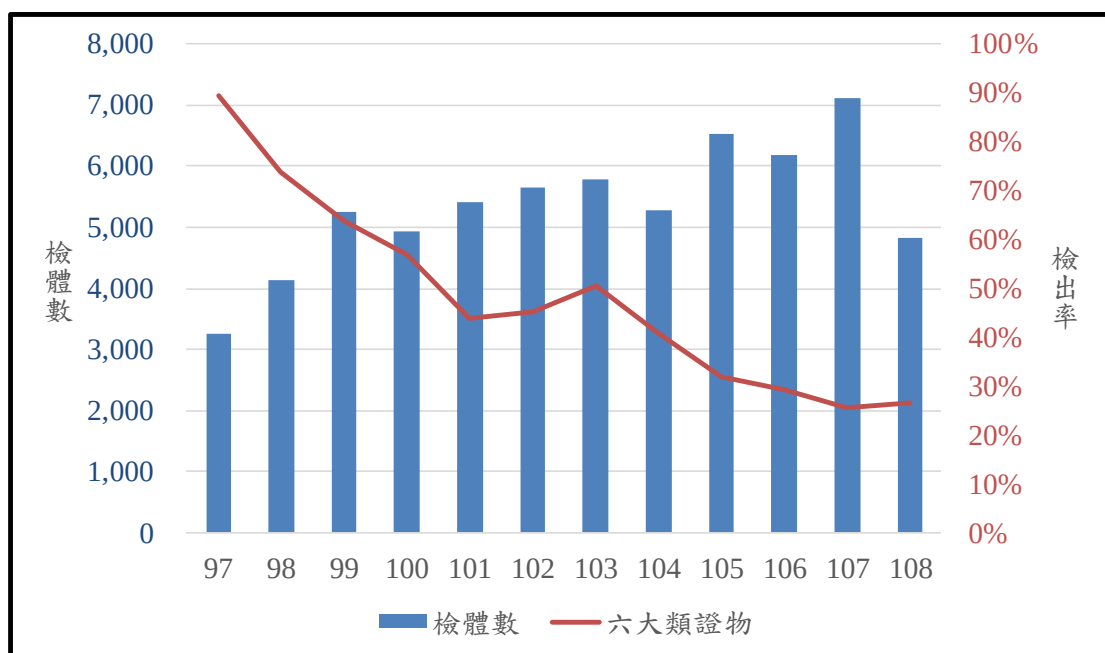
貳、研究動機：

由於 DNA 檢出率為 DNA 鑑定項目認證要求中品質保證的重要環節，定期檢視 DNA 檢出率可評估鑑定試劑或者儀器是否正常，同時也檢視鑑定人員操作程序上是否一致。本局 DNA 實驗室自民國 97 年成立迄今，本局對於本市所轄刑案現場各類證物 DNA 檢出率約介於 57.60%~67.10%【如圖一】，由於實驗室鑑定人員的努力及商用鑑

定試劑靈敏度的提升，DNA 品質較差種類證物檢出率逐漸提高，本局 DNA 實驗室受理刑案現場證物鑑定種類亦隨之改變。過去以 DNA 品質較佳證物如菸蒂、檳榔渣、瓶口棉棒、血跡棉棒、吸管及手套(俗稱六大類證物)為主要鑑定證物，取而代之則為 DNA 品質較差證物如擦抹痕、汗液、觸物遺痕等非六大類證物【如圖二】。DNA 品質較佳的六大類證物由 97 年約佔全般證物 89.45%，逐年遞減至 108 年 26.52%。面對目前刑案現場約達 75 %DNA 品質較差證物，預期持續維持甚至高於以往刑案現場整體證物 DNA 檢出率，為本局 DNA 實驗室所面臨的挑戰，亦為本研究之重點。



【圖一】歷年檢出率變化



【圖二】歷年六大類證物比例變化

註：六大類為菸蒂、檳榔渣、瓶口棉棒、血跡棉棒、吸管與手套。

第二節 本局刑事生物實驗室簡介

本局 DNA 實驗室於 97 年成立並開始受理本市轄內刑事案件現場證物 DNA 鑑定工作。98 年通過實驗室認證(ISO/IEC 17025)，成為國內警察機關第一個以「DNA 鑑定」項目通過國際認證的實驗室。目前本局 DNA 實驗室除受理本局暨各分局送驗刑案現場生物性證物鑑定外，亦為臺灣臺北、士林、新北與基隆 4 個地方檢察署概括委託之鑑定機關。

本局 DNA 實驗室受理本局暨各分局及其他機關囑鑑案件，年度受理案件數平均約達 3000 件，比中特定對象人數平均約達 1100 人次，無論鑑定量或比中人次均為全國地方警察機關 DNA 實驗室之冠。是以本局 DNA 實驗室鑑定人員所承擔的工作量大，實務鑑定技術的養成亦可在短時間內累積，鑑定人員均具備相當豐富的工作經驗及良好的鑑定技術。

本局 DNA 實驗室受理生物性證物鑑定工作概分成 2 類，1 類是刑案現場證物，如菸蒂、手套、檳榔渣、瓶口棉棒等證物，也就是未知 DNA 來源的證物；另 1 類是標準檢體，係由已知人身上採集之生物跡證，如：涉嫌人唾液棉棒、被害人血跡棉棒等證物，也就是已知 DNA 來源的證物。由於標準檢體屬於 DNA 高濃度類別證物，為避免污染刑案現場證物，始自收受證物終至產出鑑定報告之過程中，標準

檢體與刑案現場證物均分流進行，避免污染情形發生。

無論是刑案現場證物或標準檢體，本局鑑定流程均為萃取、定量、複製(核酸擴增)及型別分析 4 個步驟【如圖三】，茲簡述本局 DNA 鑑定流程如次：

DNA 萃取階段工作首先在於檢視證物並選定萃取標的，通常視證物類型使用不同方式取樣。舉例而言現場遺留口罩可使用非破壞性光源(如紫外光或特定波段藍光)搜尋可疑斑跡進行取樣，若是未發現可疑斑跡，則依經驗法則判斷可能遺留 DNA 的位置，如口鼻處或耳掛處等容易遺留 DNA 的位置進行取樣。決定好萃取標的後便以無菌剪刀剪下並放入微量離心管中。若為無法剪下標的且材質為非吸水性者，可使用無菌棉棒沾生理食鹽水轉移，再將棉棒上的棉花剪下放入微量離心管；若為吸水性材質，可使用膠帶黏取，再將膠帶剪下置入微量離心管。將萃取標的置入微量離心管後，繼續進行 DNA 萃取。這個步驟就是將細胞打破，讓細胞核內的 DNA 被萃取出來。本局 DNA 實驗室目前使用的萃取方式是採用商用試劑進行萃取。

DNA 定量階段工作在於確定檢體中 DNA 含量、檢體中是否含有抑制物而影響下一個 DNA 複製階段工作及偵測 DNA 裂解的程度。目前本局 DNA 實驗室使用的定量方式是採用即時螢光偵測量系統，藉由複製特定 DNA 片段，每複製成功一次，便會發出螢

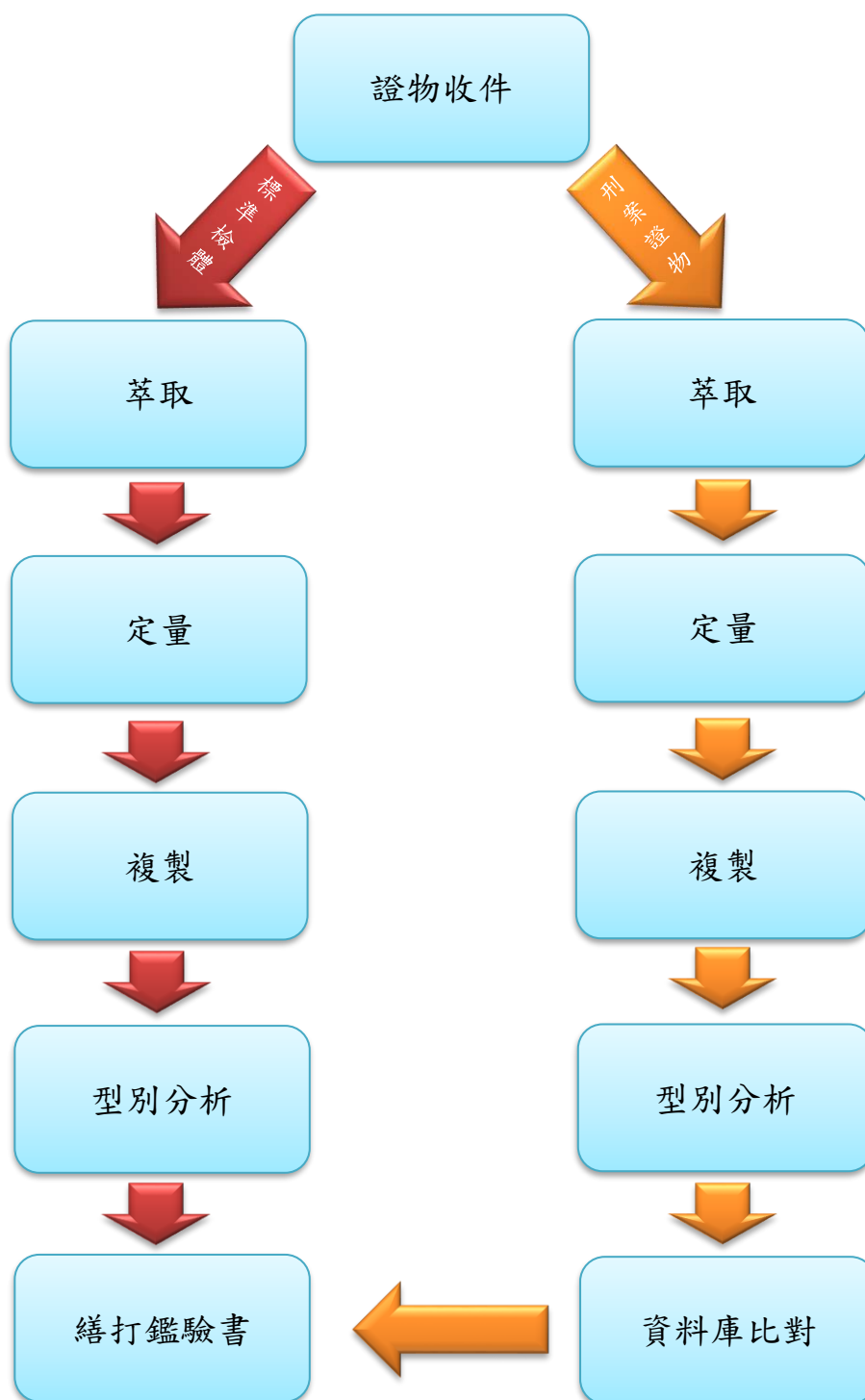
光，隨著複製成功次數越多，螢光強度越強，當螢光強度超過閾值，記錄最低超過閾值之複製次數，由系統估算檢體 DNA 含量。

DNA 複製階段係以上一階段檢體 DNA 含量為參考，利用聚合酶連鎖反應複製 STR 型別。目前本局 DNA 實驗室所使用商用試劑建議加入 DNA 模板量為 1 至 2ng。依據定量結果計算出該檢體需加入多少體積進行聚合酶連鎖反應。目前本局使用之商用試劑分為 4 種，1 種是針對體染色體進行聚合酶連鎖反應，標的為刑案現場證物與標準檢體。第 2 種是針對 Y 染色體進行聚合酶連鎖反應，標的為男性檢體。第 3 種是針對短片段之體染色體進行聚合酶連鎖反應，標的為 DNA 裂解嚴重的檢體。第 4 種也是針對體染色體進行聚合酶連鎖反應，標的為 2 人親子鑑定檢體，主要是補充更多基因位，提高 2 人親子鑑定之鑑別率。

DNA 型別分析階段係針對 DNA 複製後產物，以毛細管電泳進行片段長度分析。在電泳時產物經過分析點之時間與被雷射激發後產生螢光的強弱加以記錄並分析，再與標準品(Ladder)比對後，運用軟體分析 DNA 型別。

型別分析結果需與 DNA 資料庫進行比對，才能知道該檢體為何人所遺留。證物檢出之 DNA 型別經上傳內政部警政署刑事警察局資料庫進行比對後，判定該檢體為何人所提供。最後產出 DNA 鑑定報

告書，提供偵查人員偵辦案件參考。



【圖三】本局 DNA 鑑定流程

註：標準檢體為已知人別來源；刑案證物為未知人別來源。

第三節 研究目的

近年來 DNA 鑑定結果逐漸成為呈堂證供之重要證據，隨著 DNA 鑑定技術不斷的精進，微量 DNA(如 touch DNA)檢出率之提升成為現今研究重點[4]。運用新的設備、試劑或耗材輔助即可能讓過去認為無法檢出之證物(如擦抹痕、觸物遺痕、汗液等類型)得以檢出型別，故如何提升微量 DNA 證物之檢出率，值得研究。本文在 DNA 萃取階段新增採用輔助離心管柱及尼龍採集棒 2 項簡單耗材，比較與未採用輔助離心管柱及使用傳統棉棒對 DNA 檢出率之影響。

此外，實驗室鑑定人員在採集刑案證物表面 DNA 時，常使用膠帶黏取，本局 DNA 實驗室現有係使用一般傳統膠帶作為採樣工具，而國外部分 DNA 鑑定實驗室則採取水溶性膠帶進行 DNA 採樣。本文對於水溶性膠帶及傳統膠帶進行 DNA 回收量之比較，作為本局 DNA 實驗室日後是否改採用水溶性膠帶之參考。

再者，許多重大暴力犯罪及住宅竊盜案件中，發現嫌犯為掩飾身分以躲避警方追查，常在刑案現場換穿被害人上衣而將自己上衣遺留現場之情事。在此類案件中嫌犯遺留現場上衣為重要物證，若能從嫌犯遺留現場上衣採得嫌犯 DNA，對案件偵辦將大有助益。而上衣採集 DNA 不同位置對於檢出 DNA 型別是否有差異，亦是本局 DNA 實驗室常遇到的問題。本文對於上衣選擇領口、袖口及腋下 3 處進行採

樣，探討上衣那一個位置 DNA 回收量較高，以作為日後鑑定上衣證物採集位置之參考。

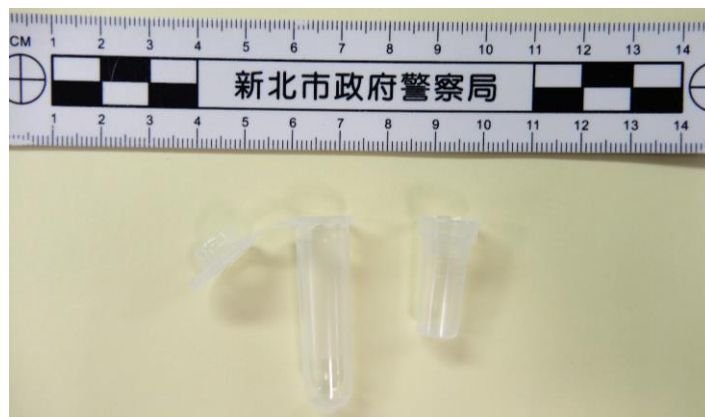
第四節 名詞解釋

壹、 生物跡證

舉凡具有細胞的證物均為生物跡證，包括生物個體本身、排泄物及各式分泌物。以人類為例，從頭髮、皮膚、血液、唾液及汗液等，甚至身體碰觸過的物體表面，都屬於生物跡證的範疇。所以生物跡證與我們的生活息息相關，無時無刻都在產出。因此生物跡證在鑑識科學領域中扮演重要的角色，只要在刑案現場發現生物性跡證，如涉嫌人遺留於贓車方向盤上皮屑，便可佐證涉嫌人曾經駕駛或待過贓車。

貳、 萃取用輔助離心管柱

萃取用輔助離心管柱(Investigator[®] Lyse&Spin Basket Kit)【如圖四】是 DNA 萃取過程中使用的輔助工具，形狀為小塑膠桶，具上蓋及底部設計有 4 個微孔，平時微孔上有薄膜覆蓋以避免萃取用輔助離心管柱內液體流出，當實驗完成需將萃取用輔助離心管柱內液體流出時，只要離心轉速達 8000 rpm 以上，底部的薄膜便會打開使液體流入底下之微量離心管內，為輔助萃取 DNA 使用。



【圖四】萃取用輔助離心管柱

參、 尼龍採集棒

尼龍採集棒【如圖五】特色在於採集材質使用尼龍材質取代傳統棉材質。因為尼龍材質不易吸水，脫附性佳，所以萃取過程中，DNA 不易殘留在尼龍採集棒上。此外尼龍採集棒棒頭是由許多微小的棒狀物所構成，在採樣檢體時更能將附著在物體表面上的 DNA 回收。

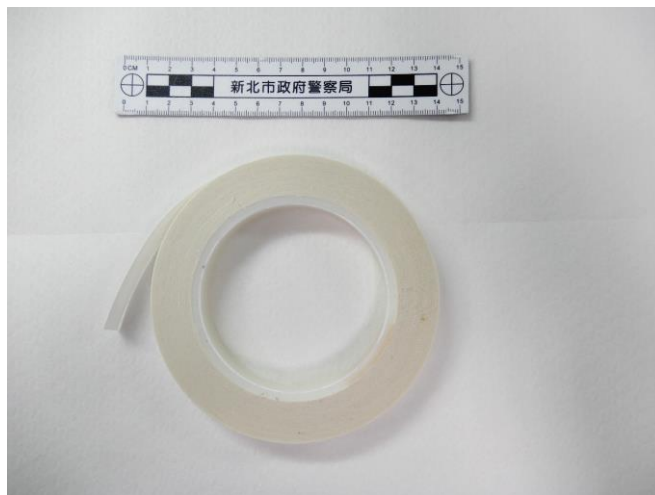


【圖五】尼龍採集棒

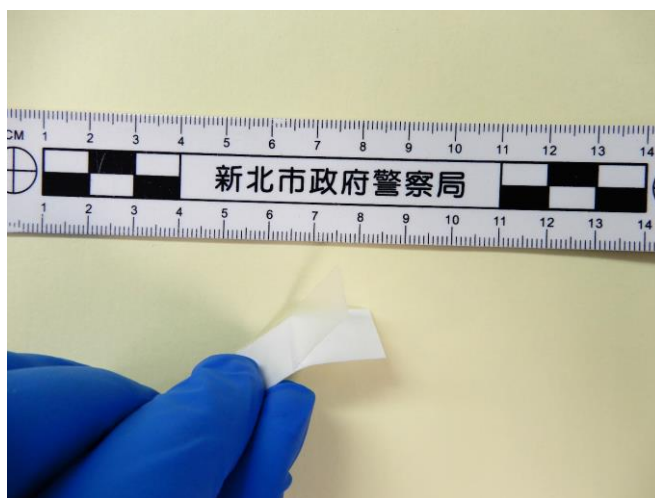
肆、 水溶性膠帶

本研究使用 Scotch™ 3M(No 5414)的水溶性膠帶【如圖六、七】，是 3M 公司所生產之產品，該膠帶需在 60℃以上的溫度才會溶於水中，屬於熱溶性塑膠。因本局 DNA 鑑定實驗室的標準作業程序在萃

取步驟中需將溫度提升至 70°C，故水溶性膠帶可以溶於水中成液態狀。



【圖六】水溶性膠帶(一)



【圖七】水溶性膠帶(二)

伍、 微量 DNA(touch DNA)

微量 DNA(touch DNA)係指運用在刑事鑑識領域中 DNA 含量較少的檢體，來源非個人專屬或常用的物品，多來自自然脫落的細胞或是

陳舊的體液。由於是類檢體除 DNA 含量少之外，細胞死亡後細胞內的蛋白酶開始作用，把細胞膜與細胞核膜打破，讓其內的遺傳物質暴露在空氣中，與空氣中的 DNase 與 RNase 接觸後，DNA 與 RNA 便會被切成小片段，也就是我們稱的裂解，裂解之 DNA 會造成型別分析失敗，所以微量 DNA 的檢出率如何去提升，具有挑戰性。

第二章 文獻探討

第一節 採證工具與方法相關文獻研究

壹、 微量 DNA 搜尋與採樣方法

採集微量 DNA 之最適當方法是目前許多專家學者研究的方向，若是採集的標的是軟質物體，常見的方法便是直接剪取，這個方法常搭配多波域光源搜尋可疑斑跡使用，由於生物性檢體中含有胜肽鍵，受到激發會產生螢光，只要使用適當波段光源搭配濾鏡，便能搜尋到採集標的。若非可直接剪取者，則需借助其他採樣工具將物體上 DNA 採集下來。

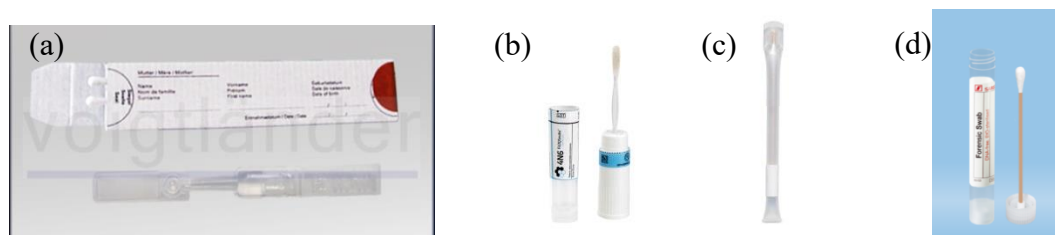
一直以來，傳統棉棒是一種最常被用來採集微量 DNA 的重要採證工具，由於觸物遺痕，身體任何部分碰觸到物體都可能遺留 DNA，最常使用手去拿、握、碰、摸等動作，只要接觸時間夠長，物體表面遺留足夠多皮膚上脫落的細胞，都可以使用棉棒轉移物體表面進行採集。傳統棉棒是很好的 DNA 採集工具，適用於非吸水性材質，若為吸水性材質，則不適用。2019 年杜拜警方發表了傳統棉棒採集方法的確效實驗，實驗設計常見的 3 種棉棒採集方法。實驗結果發現使用噴瓶將去離子水噴在傳統棉棒上再進行採證的方法，可得最佳的 DNA

回收量，其次是使用 2 根傳統棉棒採集法(先有 1 根濕潤的棉棒去做採樣的動作，再使用 1 根乾燥的棉棒將濕潤的物體表面轉乾)，而單 1 傳統棉棒採集法之 DNA 回收量最低。此外，實驗結果也發現使用傳統棉棒採集後立即進行 DNA 萃取，可得最多的 DNA 回收量，其次是傳統棉棒採集後未經陰乾直接放入冷凍庫冰存，而使用棉棒採集後經過陰乾程序之 DNA 回收量最低[5]。

除了傳統棉棒外，近年來研發出許多不同材質、不同形狀之採集棒。2019 年瑞士法醫學中心針對 4 種採集棒進行比較，分別是 Prionics cardboard evidence collection kit〔棉材質，如【圖八】(a)〕[6]、COPAN 4N6FLOQSwabs™〔尼龍材質，如【圖八】(b)〕[7]、Puritan FAB-MINI-AP〔棉材質，如【圖八】(c)〕[8]與 Sarstedt Forensic Swab〔棉材質，如【圖八】(d)〕[9]等 4 種品牌採集棒。實驗設計針對項鍊、螺絲起子與方向盤上微量 DNA 進行採集，經萃取後進行定量。實驗結果發現 COPAN 4N6FLOQSwabs™(尼龍材質)之 DNA 回收量最多，明顯高於其他 3 種棉質採集棒且具顯著差異，其他 3 種棉質採集棒 DNA 回收量則無顯著差異。另外，針對 COPAN 4N6FLOQSwabs™(尼龍材質)生產之 Genetics 與 Crime Scene 的 2 種不同系列採集棒，探討採集後保存時間的長短是否會影響 DNA 檢出量，發現使用 Genetics 系列採集棒採集後檢體放置 1 年，仍有很好的 DNA 回收量，但使用 Crime

Scene 系列採集棒採集後檢體放置 1 年，其 DNA 回收量則大幅降低。

由於 Crime Scene 系列採集棒上有抗菌劑會造成 DNA 裂解，而 Genetics 系列採集棒的塑膠管內有乾燥劑，可以吸附多餘的水分，使得 DNA 容易保存[10]。



【圖八】4 種採集棒

另外，近年來有別傳統棉棒或採集棒之採集方法，係使用傳統膠帶黏取物體表面特定位置範圍的 DNA，增加 DNA 被採集到的可能，亦可視為將特定位置範圍內 DNA 濃縮在膠帶上。由於本方法容易不小心黏取到其他物體而造成污染，採集人員必須受過訓練且採集時必須十分謹慎。故目前僅適用於實驗室乾淨的環境內且由經驗豐富的鑑定人員操作，不適用於刑案現場生物性跡證採集使用。

除了傳統膠帶外，部分國外實驗室使用水溶性膠帶進行 DNA 採樣工作。水溶性膠帶運用在鑑識領域可溯及 1994 年，當時是用來收集纖維證物。2003 年開始成為 DNA 採集工具，早期使用膠帶採集 DNA 後，需再使用傳統棉棒轉移膠帶上的 DNA 後再進行萃取，造成 DNA 檢出率不佳。後來發現水溶性膠帶的特質可溶於水，將採集 DNA

後的水溶性膠帶直接進行萃取，並配合萃取用輔助離心管柱操作，可提高 DNA 的檢出率[11]。

貳、常見證物之實驗室採樣方法研究

除各式 DNA 採樣工具之探討外，手套、安全帽、衣物等刑案現場常見證物採樣方法亦為近年來研究重點之一。

手套經常出現在汽車解體工廠、製毒工廠及電纜線遭竊案之現場，尋獲失竊汽機車時也常在車上發現手套，但手套之檢出率不如菸蒂、檳榔渣等 DNA 量高之證物，且取樣位置之 DNA 多寡決定是否能檢出，所以採集位置十分重要。2016 年內政部警政署刑事警察局發表自行研究報告[12]，針對手套採證位置提出建議，使用膠帶大範圍黏取手套內面相較於小範圍黏取特定位置，可得最佳的 DNA 檢出率。

安全帽為另一種刑案現場常見微量 DNA 證物，由於機車為國人相當普遍且使用頻繁的代步工具，自 86 年起規定騎乘機車需戴安全帽，所以安全帽對於尋獲機車案類而言，是一項重要的證物。2016 年本局 DNA 鑑定實驗室在社團法人臺灣鑑識科學學會 2016 犯罪偵查與鑑識科學國際研討會上發表相關論文[13]，結果顯示安全帽的採集方式以膠帶黏取採樣之 DNA 檢出率較佳。

衣物類生物跡證較屬於個人專用物品，是以在嫌犯遺留刑案現場

衣物上採得 DNA，具有高度證明力。目前研究結果發現剪取法與膠帶黏取法為採集 DNA 最佳方法[14]。

第二節 萃取工具相關文獻研究

除了採證工具與採證方法的研究之外，萃取輔助工具的選擇亦會影響檢出率。2016 年內政部警政署刑事警察局發表自行研究報告指出，萃取 DNA 時搭配使用萃取用輔助離心管柱，能大幅提升部分檢體 DNA 回收率[12]。2017 年本局 DNA 鑑定實驗室在社團法人臺灣鑑識科學學會 2017 犯罪偵查與鑑識科學研討會上發表相關論文[15]，顯示萃取 DNA 時搭配使用萃取用輔助離心管柱，亦有助於整體檢體 DNA 之檢出率。2 個機關之研究結果均顯示萃取用輔助離心管柱對於提升檢出率是有幫助的。

第三章 研究方法與過程

第一節 研究方向

本研究以本局 DNA 實驗室實務案件鑑定現況並與國內外相關文獻進行比較，並以下列 3 個方向進行研討。分述如次：

壹、探討萃取用輔助離心管柱與尼龍採集棒對 DNA 檢出率之影響：

對於量微 DNA 證物以尼龍採集棒取代傳統棉棒進行採集，並於萃取過程中選擇是否增加使用萃取用輔助離心管柱，以比較對於量微 DNA 證物檢出率是否提升。

貳、探討傳統膠帶與水溶性膠帶對於 DNA 回收量之比較：參考國

外文獻發現水溶性膠帶可提升 DNA 回收量，將水溶性膠帶與本局 DNA 實驗室目前所使用傳統膠帶進行比較，以檢視採用何種膠帶可得較高之 DNA 回收量。

參、探討上衣採證不同位置 DNA 回收量之比較：將上衣選擇領口、

袖口及腋下 3 處，探討那一個位置 DNA 回收量較高，以作為日後鑑定上衣證物採集位置之參考。

第二節 實驗過程

壹、探討萃取用輔助離心管柱與尼龍採集棒對 DNA 檢出率之影響

內政部警政署刑事警察局於 2014 年社團法人臺灣鑑識科學學會 2014 犯罪偵查與鑑識科學研討會上發表論文，研究顯示以尼龍採集棒沾滅菌去離子水採集微量唾液檢體，搭配萃取用輔助離心管柱進行萃取之 DNA 回收量最佳。該實驗係以模擬試驗方式在實驗室環境下進行。本文係以本局 DNA 鑑定實驗室受理本市所轄實際案例為研究標的，實驗設計說明如次：

一、實驗材料

取材 102 年至 103 年(未使用萃取用輔助離心管柱與尼龍採集棒，檢體數為 3,146 個)與民國 107 年至 108 年 10 月(部分使用萃取用輔助離心管柱與尼龍採集棒，檢體數為 3,082 個)之鑑定資料為範圍進行比較。藉由統計各種類別證物之檢出率，探討尼龍採集棒搭配萃取用輔助離心管柱之組合是否對提升 DNA 檢出率有所幫助，以提供實驗室鑑定人員參考。

二、實驗方法

(一) 探討尼龍採集棒對微量 DNA 證物檢出率之影響：

針對 107 年度 1 至 12 月與 108 年度 1 月至 10 月案件中，挑選使用傳統棉棒及尼龍採集棒採集微量 DNA 檢體為對象，並依據證物類別區分為犯罪工具類、車輛方向盤及檔桿、機踏車把手、槍枝握把及扳機、槍枝滑套彈匣與其他生物跡證 6 類，分別進行 DNA 檢出率之比較。

(二) 探討尼龍採集棒搭配萃取用輔助離心管柱對微量 DNA 證物檢出率之影響：

針對 102 年至 103 年僅使用傳統棉棒採集微量證物，與 107 至 108 年 10 月使用尼龍採集棒採集搭配萃取用輔助離心管柱之檢體為對象，並依據證物類別區分為犯罪工具類、車輛方向盤及檔桿、機踏車把手、槍枝握把及扳機、槍枝滑套彈匣與其他生物跡證 6 類，分別進行 DNA 檢出率之比較。

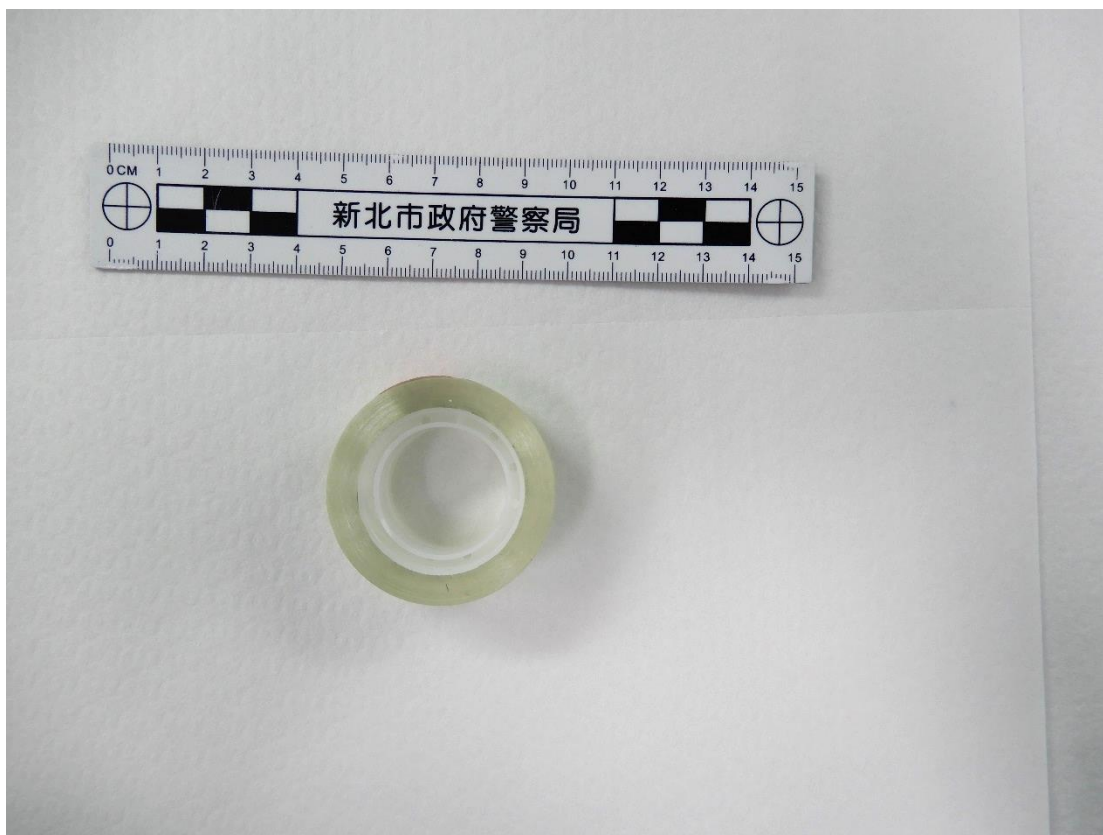
三、以 Z 分配、雙尾檢定及顯著水準 $\alpha=0.05$ 進行統計分析，以評估尼龍採集棒與萃取用輔助離心管柱對於微量證物檢出率之提升是否具有顯著差異。

貳、探討傳統膠帶與水溶性膠帶對於 DNA 回收量之比較

一、實驗材料

(一) 以水溶性膠帶(Scotch™ 3M, No 5414)與傳統膠帶【如圖

九】針對相同檢體進行採樣，比較兩者 DNA 回收量的差異。



【圖九】傳統膠帶

- (二) 檢體提供者：本局刑事鑑識中心現場勘察人員於每週執行現場勘察勤務後，將換下之現場勘察服上衣送本局 DNA 鑑定實驗室進行採樣，實驗用現場勘察服上衣合計 30 件。

二、實驗方法

- (一) 取樣方法：針對領口位置分成左右 2 邊，分別使用傳統膠帶與水溶性膠帶進行採樣。為避免左右 2 處之 DNA 量因個人活動習慣而造成差異，不固定何種膠帶採樣左側或右側，隨機採樣並記錄之。

(二) 萃取：置入萃取用輔助離心管柱中，依照本局刑案證物萃取標準作業程序並以 QIAGEN QIAamp DNA Mini Kit 進行萃取，步驟如下：

1. 將檢體放入萃取用輔助離心管柱中，加 180 μ L 的 ATL buffer 及 20 μ L 的 proteinase K，混合均勻後置於 56°C，2 小時以上。
2. 加入 200 μ L AL buffer，混合均勻後置於 70°C，30 分鐘。
3. 高速離心 14000rpm 離心 3 分鐘後收集濾液。
4. 加入 200 μ L 無水酒精，混合均勻。
5. 將液體全部移入 spin column 中，8000rpm 離心 1 分鐘。
6. 將 spin column 放入乾淨之 collection tube，丟棄濾液。
7. 加入 500 μ L AW1 buffer，8000rpm 離心 1 分鐘，將 spin column 放入乾淨之 collection tube，丟棄濾液。
8. 加入 500 μ L AW2 buffer，14000rpm 離心 3 分鐘，將 spin column 放入乾淨之 1.5mL 微量離心管，丟棄濾液。
9. 加入 100 μ L 滅菌去離子水，於室溫放置 1-5 分鐘，8000rpm 離心 1 分鐘，將 spin column 丟棄，保留濾液。

(三) 定量：將上述萃取後之 DNA 檢體使用 Quantifiler™

Human DNA Quantification Kit 搭配 Applied Biosystems 7500

Real-Time PCR System 進行 DNA 定量。

三、以 t 分配、雙尾檢定及顯著水準 $\alpha=0.05$ 進行統計分析，以評估使用水溶性膠帶與傳統膠帶對於微量證物 DNA 回收量是否具有顯著差異。

參、探討上衣採證不同位置 DNA 回收量之比較

一、實驗材料

- (一) 上衣提供者：本局刑事鑑識中心現場勘察人員於每週執行現場勘察勤務後，將換下之現場勘察服上衣送本局 DNA 鑑定實驗室進行採樣，實驗用現場勘察服上衣合計 30 件。
- (二) 以傳統膠帶進行採樣。

二、實驗方法

- (一) 取樣方法：針對領口、袖口及腋下 3 個位置，使用傳統膠帶進行採樣。
- (二) 萃取：置入萃取用輔助離心管柱中，依照本局刑案證物萃取標準作業程序並以 QIAGEN QIAamp DNA Mini Kit 進行萃取，步驟如下：
 1. 將檢體放入萃取用輔助離心管柱中，加 180 μ L 的 ATL buffer 及 20 μ L 的 proteinase K，混合均勻後置於 56 $^{\circ}$ C，2 小時以上。

2. 加入 200 μ L AL buffer，混合均勻後置於 70°C，30 分鐘。
3. 高速離心 14000rpm 離心 3 分鐘後收集濾液。
4. 加入 200 μ L 無水酒精，混合均勻。
5. 將液體全部移入 spin column 中，8000rpm 離心 1 分鐘。
6. 將 spin column 放入乾淨之 collection tube，丟棄濾液。
7. 加入 500 μ L AW1 buffer，8000rpm 離心 1 分鐘，將 spin column 放入乾淨之 collection tube，丟棄濾液。
8. 加入 500 μ L AW2 buffer，14000rpm 離心 3 分鐘，將 spin column 放入乾淨之 1.5mL 微量離心管，丟棄濾液。
9. 加入 100 μ L 滅菌去離子水，於室溫放置 1-5 分鐘，8000rpm 離心 1 分鐘，將 spin column 丟棄，保留濾液。

(三) 定量：將上述萃取後之 DNA 檢體使用 Quantifiler™

Human DNA Quantification Kit 搭配 Applied Biosystems 7500

Real-Time PCR System 進行 DNA 定量。

三、以 t 分配、雙尾檢定及顯著水準 $\alpha=0.05$ 進行統計分析，以評估使用水溶性膠帶與傳統膠帶對於微量證物 DNA 回收量是否具有顯著差異。

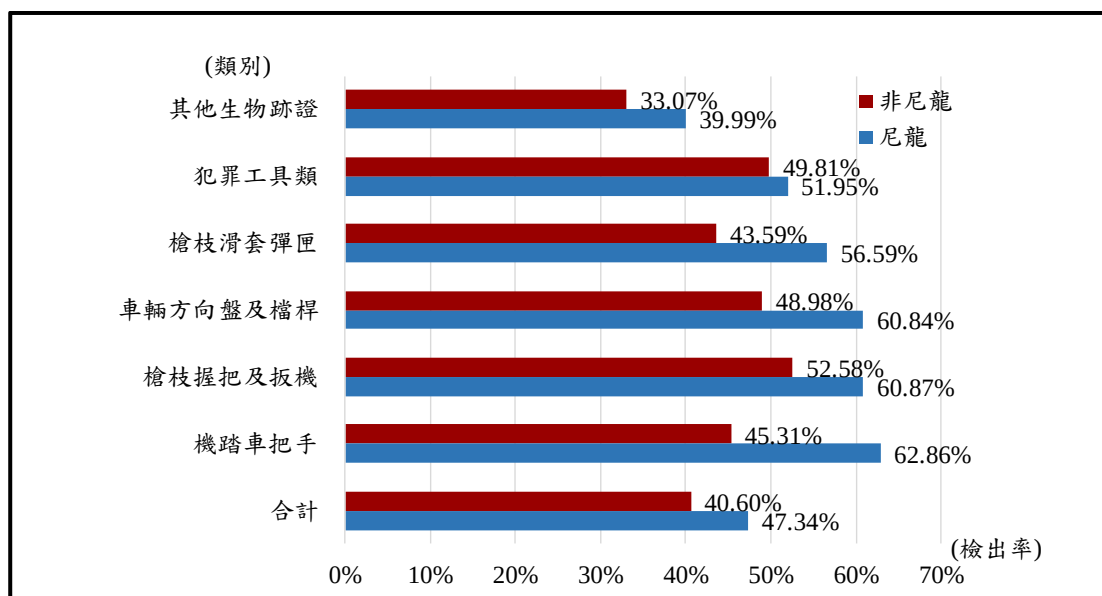
第三節 研究發現

壹、實驗結果

一、探討萃取用輔助離心管柱與尼龍採集棒對 DNA 檢出率之影響：

(一) 探討尼龍採集棒對微量 DNA 證物檢出率之影響(相較於使用傳統棉棒)：

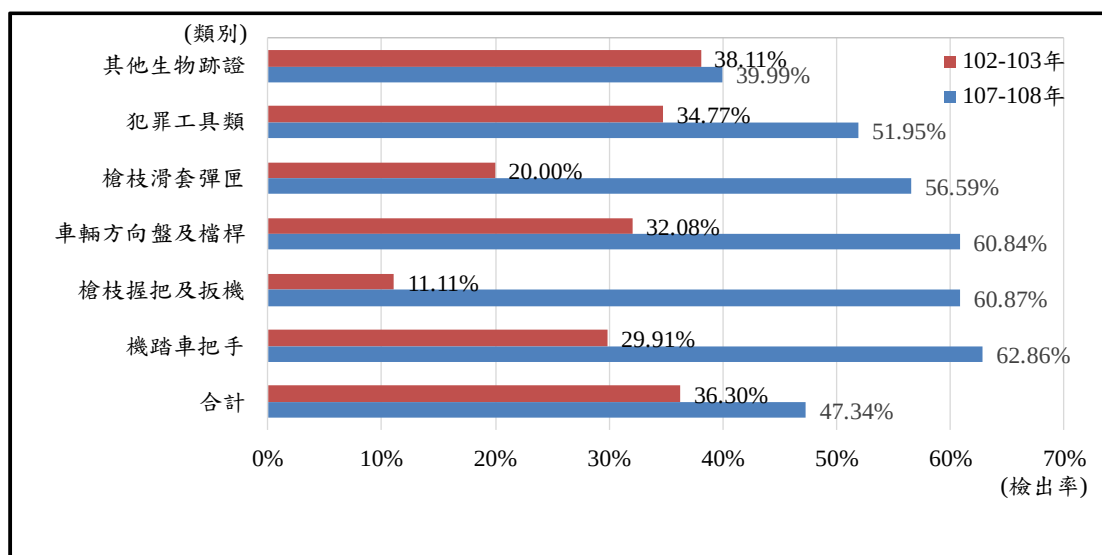
微量 DNA 證物類別檢出率結果詳如【圖十】。各類別證物之檢出率，均為以尼龍採集棒採集之檢體檢出率較高，尤其是機踏車把手類，尼龍採集棒檢出率為 62.86 %，傳統棉棒檢出率為 45.31 %，檢出率高出 17.55 % 最多。以整體檢出率而言，尼龍採集棒檢出率為 47.34 %，傳統棉棒檢出率為 40.60 %，檢出率高出 6.74 %，經 Z 分配、雙尾檢定結果，Z 值為 4.28，大於 1.96($Z_{0.025}$)，顯示使用尼龍採集棒相較於傳統棉棒對於 DNA 檢出率之提升具有顯著差異。



【圖十】使用傳統棉棒(非尼龍)與尼龍採集棒檢出率之比較

(二) 探討尼龍採集棒搭配萃取用輔助離心管柱對微量 DNA 證物檢出率之影響(相較於僅使用傳統棉棒)：

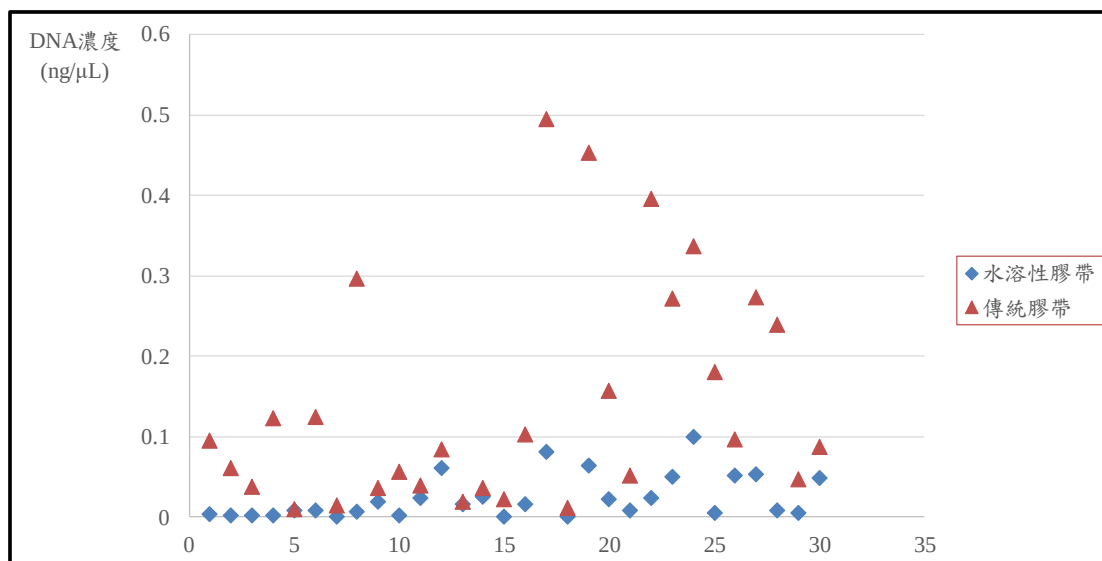
微量 DNA 證物類別檢出率結果詳如【圖十一】。各類別證物之檢出率，均是以尼龍採集棒採集並搭配萃取用輔助離心管柱萃取之檢體檢出率較高，檢出率差距最大的為槍枝握把及扳機類 60.87%，僅用傳統棉棒的檢出率為 11.11%，檢出率高出 49.76%，整體檢出率差距達 11.04%，經 Z 分配、雙尾檢定結果，Z 值為 8.83，大於 1.96 ($Z_{0.025}$)，顯示使用尼龍採集棒搭配萃取用輔助離心管柱相較於僅使用傳統棉棒對於 DNA 檢出率之提升具有顯著差異。



【圖十一】僅使用傳統棉棒(102-103 年)與使用尼龍採集棒搭配萃取
用輔助離心管柱(107-108 年)檢出率之比較

二、 探討傳統膠帶與水溶性膠帶對於 DNA 回收量之比較：

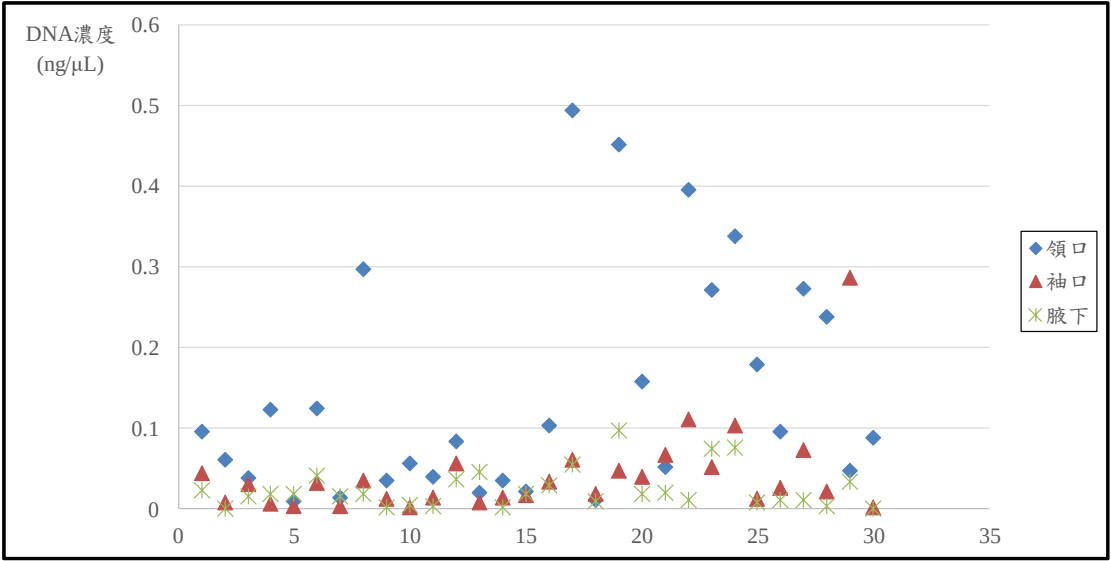
使用傳統膠帶與水溶性膠帶採集衣服領口對於 DNA 回收量結果詳如【圖十二】。使用傳統膠帶對於 DNA 回收量優於使用水溶性膠帶，經 t 分配、雙尾檢定結果，p-value 值為 7.49×10^{-5} ，小於 0.05，顯示使用傳統膠帶相較於水溶性膠帶對於 DNA 回收量具有明顯差異。



【圖十二】以不同種類膠帶採樣檢出 DNA 濃度比較

三、 探討上衣採證不同位置 DNA 回收量之比較：

使用傳統膠帶採集上衣領口、袖口與腋下 3 處不同位置檢出 DNA 濃度結果詳如【圖十三】。實驗結果顯示領口處檢出 DNA 量優於袖口處及腋下處。而袖口處及腋下處檢出 DNA 量相仿。經統計分析發現，領口處 DNA 濃度之平均值最高，為 0.14 ng/μL。其次是袖口，DNA 濃度之平均值為 0.04 ng/μL。而腋下檢出之 DNA 量最低，為 0.02 ng/μL。經 t 分配、雙尾檢定結果，領口處與袖口處之 p-value 值為 7.23×10^{-4} ，小於 0.05，顯示有顯著差異。而袖口處與腋下處之 p-value 值為 0.12，大於 0.05，顯示無顯著差異。顯示上衣領口處檢出 DNA 回收量優於袖口處及腋下處，且具有顯著差異。袖口處及腋下處檢出 DNA 回收量相仿，無顯著差異。



【圖十三】上衣採樣不同位置檢出 DNA 濃度比較

第四章 破案實錄

第一節 醃頭案

102 年三重分局轄內發生陳姓兇嫌殺害自己胞妹後分屍，並將頭顱部分使用鹽巴醃漬而呈現乾癟，並將頭顱丟棄至嘉義水上村媽祖廟男廁內。本案在陳姓兇嫌家中鐵鍋內側部分，使用尼龍採集棒進行採集並進行 DNA 鑑定結果，成功檢出死者之 DNA-STR 型別，經測量鐵鍋大小與死者頭顱大小，研判陳姓兇嫌將死者頭顱放置於此鐵鍋內。



【圖十四】醃頭案關鍵證物

第二節 外籍人士遭分屍案

107 年永和分局轄內發生外籍人士遭分屍案，孫嫌懷疑死者是警方線民，與班嫌在河濱公園殺害死者並毀棄屍體。於案發現場之河內發現 2 把疑似作案使用之開山刀，雖然開山刀均已泡於水中多時，本局 DNA 實驗室鑑定人員仍不放棄希望，使用尼龍採集棒針對刀刃、刀柄與刀刃刀柄縫間進行採集並進行 DNA 鑑定結果，發現與死者 DNA-STR 型別相符，研判該 2 把開山刀為殺害死者之犯罪工具。



【圖十五】外籍人士遭分屍案棄屍現場

第三節 自小客車車內財物遭竊案

106 年汐止分局轄內發生李姓被害人停放停車格內之自小客車車窗遭毀損且車內財物遭竊。經現場勘察人員發現砸破玻璃的凶器為 1 塊石頭。經模擬犯嫌可能之握拿方式，使用尼龍採集棒針對石頭表面進行採集並進行 DNA 鑑定結果，成功檢出一男性之 DNA-STR 型別，經與 DNA 資料庫比對結果，發現與檔存黃嫌之 DNA-STR 型別相符。



【圖十六】自小客車車內財物遭竊案關鍵證物

第四節 傷害案

108 年三峽分局轄內發生陳姓被害人與一位不明男子攀談後，該不明男子隨即手持石頭攻擊陳姓被害人頭部，造成陳姓被害人頭部重傷，該不明男子犯案後隨即步行逃逸。經現場勘察人員發現攻擊陳姓被害人頭部的石頭，經模擬犯嫌可能之握拿方式，使用尼龍採集棒針對石頭表面進行採集並進行 DNA 鑑定結果，成功檢出一男性之 DNA-STR 型別，經與 DNA 資料庫比對結果，發現與鍾嫌之 DNA-STR 型別相符。



【圖十七】傷害案關鍵證物

第五章 結論與建議

第一節 結論

壹、 使用尼龍採集棒配合萃取用輔助離心管柱可有效提升刑案現場

微量 DNA 證物檢出率

國內外文獻研究指出，傳統棉棒由於纖維構造之原因，部分 DNA 吸附在棉質纖維上而無法脫附，造成 DNA 檢出量較原本採獲 DNA 量少，若是採集微量 DNA，可能會因為 DNA 完全吸附在棉質纖維上而無法脫附，造成未檢出 DNA 之結果。但尼龍採集棒的 DNA 脫附效果很好，DNA 不易殘留於尼龍採集棒之纖維上，有助於提高微量 DNA 之檢出率。

此外，萃取用輔助離心管柱亦能提高 DNA 鑑定效率，以往萃取過程中須使用微量吸管吸取濾液後再轉移至管柱，常會殘留些許液體於原本微量離心管中，造成些許 DNA 流失。如今使用萃取用輔助離心管柱輔助萃取，僅需透過離心的步驟便可取得濾液，省時省工且可有效提升 DNA 檢出率。

經由本研究探討萃取用輔助離心管柱與尼龍採集棒對 DNA 檢出率之比較結果，尼龍採集棒運用於採集微量 DNA 證物，與傳統棉棒比較，整體檢出率提高 6.74 %。若以尼龍採集棒再搭配萃取用

輔助離心管柱，整體檢出率更提高 11.04 %，顯示尼龍採集棒對於採集微量 DNA 是良好的採證工具，而萃取用輔助離心管柱對於萃取微量 DNA 亦是良好的萃取輔助工具，兩者搭配使用，可有效提升微量 DNA 證物檢出率。

本局目前致力推廣本局暨各分局現場勘察採證人員將尼龍採集棉棒實際運用在採集微量 DNA 證物，DNA 鑑定實驗室人員更全面將萃取用輔助離心管柱運用於所有證物 DNA 萃取，期能持續提升微量 DNA 證物之檢出率。

貳、 傳統膠帶較水溶性膠帶可得較佳之刑案現場微量 DNA 證物回收量

參考國外研究文獻，發現國外於採集微量 DNA 多使用水溶性膠帶進行採樣工作，而本局一直以來都是使用傳統膠帶進行採樣，研究結果發現傳統膠帶檢出 DNA 回收量較水溶性膠帶高，而且具有顯著差異。水溶性膠帶採樣微量 DNA 證物之效果不如預期，依研究結果本局 DNA 鑑定實驗室仍沿用原有傳統膠帶進行相關微量 DNA 證物採樣工作。

參、 採集上衣衣領處可得較佳之刑案現場微量 DNA 證物回收量

送鑑物品不同採證位置所含有 DNA 量不盡相同，找尋正確位

置進行採樣，可得到較佳之 DNA 回收量。本研究結果對於上衣證物採樣，若目的在找尋穿著上衣 DNA 提供者，採集衣領處可得較佳之 DNA 回收量，且較袖口處與腋下處具顯著差異。所以在採集上衣類證物 DNA 時，應以領口處為優先採樣位置。

第二節 建議

壹、 關注新技術提供勘察採證人員與 DNA 鑑定人員使用

經本研究證明使用尼龍採集棒搭配萃取用輔助離心管柱，可提升微量 DNA 證物檢出率，故本局已採購足量尼龍採集棒並且配發給本暨各分局勘察採證人員，除了 DNA 量多檢體(如血液、唾液等)之外，對於量微 DNA 證物需使用尼龍採集棒進行採樣，以提高證物檢出率。而本局於萃取過程中亦全面使用萃取用輔助離心管柱，不放棄任何一個證物檢出 DNA 之機會。

此外本局 DNA 鑑定實驗室仍將持續了解國際上最新 DNA 鑑定技術及各種新式採證、鑑定工具，期透過教育訓練及確效實驗，找尋適合本局勘察採證及 DNA 鑑定發展的裝備，並納入本局現場勘察基本配備及 DNA 鑑定流程，強化鑑定能量。

貳、 持續研讀國內外最新發表 DNA 鑑定文獻

參考國外學者研究文獻發現水溶性膠帶作為採集微量 DNA 之工具，經本局實際測試後發現水溶性膠帶之 DNA 回收量不如傳統膠帶之 DNA 回收量，顯示本局使用傳統膠帶作為採集微量 DNA 之工具對於檢出率之提昇是較佳的選擇。是以本局仍將沿用傳統膠帶作為微量 DNA 證物採樣工具。

今後亦將以與國際接軌的 DNA 鑑定技術自我期許，持續研讀國內外最新發表 DNA 文獻，適時比較、調整本局 DNA 鑑定流程，俾提升微量 DNA 證物之檢出率。

參、 累積鑑定經驗適時提供其他單位參考

現場採集 DNA 證物種類包羅萬象，各式各樣的物品都可能成為實驗室中待鑑定的證物。而本局 DNA 鑑定實驗室長期以來一直為全國地方警察機關 DNA 鑑定量最大，亦為成功比中嫌犯最多的實驗室，所以亦擁有豐富的鑑定經驗。本次研究針對上衣類證物進行研究，發現以黏取領口處可獲得較高 DNA 回收量，故建議上衣類的證物，應以採集領口處 DNA 為原則，可獲得較高之 DNA 檢出率。

類此相關 DNA 鑑定經驗將持續透過適當時機及平臺轉知其他單位參考，俾擴大本局 DNA 鑑定能量。

文獻參考

- [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] 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.
- [4] 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.
- [5] Jennifer Comtea, et al. Validating Touch DNA Collection Techniques Using Cotton Swabs. Journal of Forensic Research 2019. 10 : 3.
- [6] <https://webshop.voigtlaendertechnik.de/en/Categories/Biological-Traces/Evidence-Collection/Prionics-forensix-Evidence-Collection-Kit-cardboard-pack-of-5.html>(瀏覽時間：108 年 12 月 31 日)。
- [7] <https://www.copanusa.com/forensic-and-genetic/4n6-floqswabs-casework/>(瀏覽時間：108 年 12 月 31 日)。

- [8] <https://www.puritanmedproducts.com/25-825-1wcs-tt-fabusa.html>
(瀏覽時間：108 年 12 月 31 日)。
- [9] <https://www.sarstedt.com/en/products/laboratory/forensics/product/80.629.001/>(瀏覽時間：108 年 12 月 31 日)。
- [10] Jennifer Comtea, et al. Touch DNA collection – Performance of four different swabs. Forensic Science International: Genetics 2019. 43: p. 102-113.
- [11] Kawin Rasmeepaisarn, et al. DNA Recovery from Water-soluble Adhesive Tape, 2011 Mahidol University, Salaya : 20th National Grad Research Conference.
- [12] 黃女恩等，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，2016 年。
- [13] 黃美慈等，安全帽(帽子)類生物跡證鑑驗成效及採樣方式之探討-以新北市政府警察局為例，犯罪偵查與鑑識科學國際研討會，2016 年。
- [14] Aree Lempan, et al. DNA recovery from forensic clothing samples by tape-lift. Faculty of Graduate Studies, Mahidol University : 8th National Grad Research Conference.
- [15] 胡志榕等，萃取用輔助離心管柱對 DNA 檢出率之影響-以新北市政府警察局為例，犯罪偵查與鑑識科學國際研討會，2017 年。