

新北市政府109年度自行研究報告

快速 DNA 鑑定儀器(RapidHIT ID System) 在刑案現場證物應用之探討

研究機關：新北市政府警察局

研究人員：刑事鑑識中心主任黃國政、警務正陳福振
、警務員王詩雅、警務員莊哲安及巡官李
孟翰5人

研究期程：109年1月1日至12月31日

新北市政府109年度自行研究成果摘要表

計 畫 名 稱	快速 DNA 鑑定儀器(RapidHIT ID System)在刑案現場證物應用之探討
期	程 109年1月1日至12月31日
經 費	無
緣 起 與 目 的	<p>「指紋鑑定」及「DNA 鑑定」由於具有個化特徵，一直以來成為各類刑事案件現場最重要的採證標的。指紋資料庫及 DNA 資料庫的消長，完整反映在鑑定結果比中嫌犯的成果上。以新北市政府警察局108年度刑事證物鑑驗比中件數為例，DNA 比中件數為指紋比中件數約2.7倍，顯見 DNA 鑑定儼然成為刑事案件物證鑑定上最重要的角色。</p> <p>然 DNA 鑑定相較於指紋鑑定也有其諸多限制，最大的限制是來自於鑑定所需時間。目前實務上 DNA 鑑定所需時間至少約12小時以上。惟刑案偵辦貴在神速，依據刑事訴訟法之規定，司法警察逮捕或拘提犯罪嫌疑人後，應於逮捕或拘提之時起16小時內，將人犯解送檢察官訊問。是以如何有效縮短證物鑑定時間，一直是各刑事鑑定實驗室努力的方向。</p> <p>本次研究採用快速 DNA 鑑定儀器(Applied Biosystems RapidHIT ID System，以下稱 RapidHIT ID System)，特色在於90分鐘內完成 DNA 鑑定流程，是一臺全自動化系統進行鑑定的儀器，操作人員不需具備專業能力，鑑定結果僅需1個按鍵即可在無污染的儀器內完成。</p> <p>本局為國內第1個且是目前唯一購置 RapidHIT ID System 之機關，目前國內並無運用該儀器在刑案現場證物鑑定之本土化研究報</p>

	<p>告可供參考。為探討 RapidHIT ID System 於刑案現場證物 DNA 鑑定最佳使用時機及限制，本局將運用此 RapidHIT ID System 進行相關實驗，包括人類口腔唾液檢體之檢出率與正確性分析、刑案現場常見證物之檢出率與正確性分析及使用不同採集工具對 DNA 檢出率之分析。期能藉由本次研究結果優化鑑定流程及縮短鑑驗時效，俾快速提供偵查訊息，掌握破案契機。</p>
<p>方 法 與 過 程</p>	<p>本研究中所使用的 RapidHIT ID System，其硬體設備主要為主機搭配電泳卡匣(Primary Cartridge)及樣品卡匣(Sample Cartridge)，而樣品卡匣另附有專屬之控制組卡匣。使用之鑑驗試劑為 GlobalFiler Express PCR Amplification 商用試劑組，可分析人類24組基因位型別。本實驗使用2種樣品卡匣，分別為 ACE GFE Sample Cartridge(以下簡稱 ACE 卡匣)與 AB RI Sample Cartridge(以下簡稱 RI 卡匣)。其中 ACE 卡匣主要係用於分析單一來源之口腔檢體，而 RI 卡匣則用於分析血液與唾液等證物檢體。</p> <p>RapidHIT ID System 係將 DNA-STR 型別分析之流程整合於單個樣品卡匣，將欲分析之檢體透過樣品卡匣插入儀器中，主機讀取卡匣上晶片並自動進行鑑驗。實驗設計如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 一、人類口腔唾液檢體之檢出率與正確性分析。 二、刑案現場常見證物 DNA 之檢出率與正確性分析。 三、使用不同採集工具對 DNA 檢出率之分析。 <p>實驗所有數據經 RapidHIT ID System 之內建 RapidLINK 軟體自動計算，並以燈號顯示檢體檢測結果(綠燈、黃燈、紅燈)，再上傳至電腦內以 GeneMarker HID 軟體進行分析，每個</p>

	<p>基因位型別會依實驗結果之螢光值顯示綠旗、黃旗、紅圈及未檢出型別。</p> <p>本實驗產生之 24 組型別以實務上可供資料庫比對之 16 組 DNA-STR 型別中綠旗數值達 9 組以上，計算可上傳型別比對率(檢出率)，再與資料庫型別比較，計算上傳型別正確率。</p>
研究發現及建議	<p>一、研究發現</p> <p>(一)人類口腔唾液檢體之檢出率與正確性分析：</p> <p>實驗結果發現以 ACE 卡匣分析傳統棉棒採集檢測結果較佳，綠燈比率最高 73%，可上傳型別比對率 100%，惟上傳型別正確率雖非 100%，但該錯誤可由人工檢視確認。另 FTA 卡以 ACE 卡匣與 RI 卡匣分析結果，綠燈比率皆較傳統棉棒差。</p> <p>(二)刑案現場常見證物 DNA 之檢出率與正確性分析：</p> <p>實驗結果發現以 RI 卡匣分析菸蒂、檳榔渣、瓶口棉棒、吸管檢體結果，綠燈比率皆為 10% 以下，惟可上傳型別比對率範圍約為 20% 至 100%。</p> <p>(三)使用不同採集工具對 DNA 檢出率之分析：</p> <p>實驗結果發現傳統棉棒在唾液與血液之體積量越多，DNA 檢出率越好且平均訊號值也越高。而尼龍採集棒在 4ul 唾液檢體分析中，可上傳型別比對率僅有 33%，另在血液檢體分析中，可上傳型別比對率為 0%。</p> <p>二、建議</p> <p>(一)應用於緊急重大案件之鑑定：</p> <p>RapidHIT ID System 僅需 90 分鐘即可獲得鑑定結果的優異特性，經本實驗結果顯示，對於刑案現場常見證物如菸蒂、檳榔渣等搭配 RI 卡匣，經儀器分析後成效良好，同時與實驗室鑑定進行雙重確認，</p>

	<p>特別適合應用於緊急重大案件物證物檢體的 DNA 鑑定工作，可使鑑驗時效大幅縮短，有效提升鑑驗效能。</p> <p>(二)應用於失蹤人口比對與親緣鑑定：</p> <p>失蹤人口協尋是警察為民服務工作中重要的一環。由於目前失蹤人口的 DNA 比對主要還是仰賴於親緣鑑定。經本實驗結果顯示，口腔唾液檢體搭配 ACE 卡匣，經儀器分析後成效良好，適合進行親緣鑑定的工作。ACE 卡匣內所使用的鑑驗試劑為 GlobalFiler Express，可分析人類 24 組基因型別，相較於實務上所使用商用試劑 Identifiler Plus 16 組基因型別，對於親緣鑑定中提供更多位點的分析型別。除了鑑驗時效，亦可提高親子鑑別率。</p> <p>(三)持續研讀國外最新發表期刊文章並累積鑑定經驗供參：</p> <p>目前本局為全國唯一配置 RapidHIT ID System 的實驗室，透過持續研讀國際最新發表期刊，吸收新知並瞭解國際上配置 RapidHIT ID System 實驗室使用情形及運用在實際案例情形。另本實驗室將持續精進及研究最佳鑑驗程序，累積本土化鑑定經驗，期能持續精進 RapidHIT ID System 最佳使用時機，搭配現行 DNA 實驗室標準作業程序，優化鑑定流程及縮短鑑驗時效，俾快速提供偵查訊息，掌握破案契機。</p>
備	註

目次

圖次.....	II
表次.....	III
摘要.....	IV
第一章 研究背景與動機	1
第一節 現況與緣由	1
第二節 研究動機	5
第三節 名詞解釋	8
第二章 文獻探討	13
第一節 快速 DNA 鑑定儀器之相關文獻探討.....	13
第二節 快速 DNA 鑑定儀器應用之相關文獻探討.....	15
第三章 研究方法	18
第一節 儀器介紹	18
第二節 實驗限制	25
第三節 實驗設計	29
第四節 實驗數據分析方法	34
第四章 結果與討論	39
第一節 實驗結果分析	39
第二節 實驗結果討論	47
第五章 結論與建議	54
第一節 結論	54
第二節 建議	58
文獻參考.....	61

圖次

【圖一】 RapidHIT.....	5
【圖二】 RapidHIT ID System	5
【圖三】 現行 DNA 鑑定及 RapidHIT ID System 鑑定時效之比較	7
【圖四】 口腔黏膜採集套組(a)內容物(b)使用方式.....	8
【圖五】 尼龍採集棒	9
【圖六】 PCR 示意圖	10
【圖七】 案例檢體於(a)ACE 卡匣(b)RI 卡匣之分析結果(黃色區域為非真實訊號).....	16
【圖八】 RapidHIT ID 主機搭配使用電泳卡匣及樣品卡匣	18
【圖九】 電泳卡匣(a)正面觀(b)側面觀.....	19
【圖十】 電泳卡匣圖示裝置	19
【圖十一】 樣品卡匣(a)ACE 卡匣(b)RI 卡匣	20
【圖十二】 ACE 卡匣(a)正控制組(b)負控制組	22
【圖十三】 RI 卡匣(a)正控制組(b)負控制組	22
【圖十四】 RapidHIT ID System 分析示意圖	24
【圖十五】 RapidHIT ID System 實際操作示意圖	24
【圖十六】 比較市售棉棒及廠製棉棒棒頭浸置 300ul 水液體	25
【圖十七】 比較 2 種棉棒棒頭浸置不同水量後量測剩餘體積	26
【圖十八】 (a)傳統棉棒採集(b)FTA 卡取樣方式	30
【圖十九】 檢體取樣方式(a)菸蒂(b)瓶口棉棒(c)吸管(d)檳榔渣.....	31
【圖二十】 (a)傳統棉棒與尼龍採集棒(b)玻片上唾液(c)玻片上血液	33
【圖二十一】 儀器顯示情形(a)綠燈(b)黃燈(c)紅燈	35
【圖二十二】 RapidLINK 軟體檢視介面.....	36
【圖二十三】 GeneMarker HID 軟體檢視介面.....	36
【圖二十四】 人類口腔唾液檢體之整體表現	40
【圖二十五】 刑案現場常見證物 DNA 之整體表現.....	42
【圖二十六】 使用不同採集工具之整體表現-唾液類	44
【圖二十七】 使用不同採集工具之整體表現-血液類	46
【圖二十八】 D2S1338 基因位顯示綠旗	48
【圖二十九】 D2S1338 基因位圖譜(a)儀器結果(b)現行實驗結果.....	48
【圖三十】 D19S433 與 TH01 基因位顯示綠旗.....	50
【圖三十一】 D19S433 與 TH01 基因位圖譜(a)儀器結果(b)現行實驗結果.....	50
【圖三十二】 TH01 基因位顯示綠旗.....	51
【圖三十三】 TH01 基因位圖譜(a)儀器結果(b)現行實驗結果	51

表次

【表 1】 本局 108 年度刑案證物檢體鑑驗統計資料	4
【表 2】 GlobalFiler Express 與 Identifiler Plus 試劑之基因位比較.....	12
【表 3】 ACE 與 RI 卡匣 PCR 熱循環條件	21
【表 4】 儀器分析 RI 卡匣與 ACE 卡匣之判讀標準.....	37
【表 5】 人類口腔唾液檢體之結果分析	40
【表 6】 刑案現場常見證物 DNA 之結果分析.....	42
【表 7】 使用不同採集工具之結果分析-唾液類.....	44
【表 8】 使用不同採集工具之結果分析-血液類.....	46

摘要

壹、研究目的

「指紋鑑定」及「DNA 鑑定」由於具有個化特徵，一直以來成為各類刑事案件現場最重要的採證標的。指紋資料庫及 DNA 資料庫的消長，完整反映在鑑定結果比中嫌犯的成果上。以新北市政府警察局 108 年度刑事證物鑑驗比中件數為例，DNA 比中件數為指紋比中件數約 2.7 倍，顯見 DNA 鑑定儼然成為刑事案件物證鑑定上最重要的角色。

然 DNA 鑑定相較於指紋鑑定也有其諸多限制，最大的限制是來自於鑑定所需時間。DNA 鑑定需經過「DNA 萃取」、「DNA 定量」、「PCR」及「DNA-STR 型別分析」等過程，所需時間至少約耗費 12 小時以上。惟刑案偵辦貴在神速，依據刑事訴訟法之規定，司法警察逮捕或拘提犯罪嫌疑人後，應於逮捕或拘提之時起 16 小時內，將人犯解送檢察官訊問。是以如何有效縮短證物鑑定時間，一直是各刑事鑑定實驗室努力的方向。

本次研究即採用快速 DNA 鑑定儀器 (Applied Biosystems RapidHIT ID System，以下稱 RapidHIT ID System)，於 90 分鐘內完成單一樣品 24 組 DNA-STR 型別之分析，是一臺操作人員不具專業也能憑全自動化系統進行鑑定的儀器，全自動化系統包括 DNA 萃取、

PCR 及 DNA-STR 型別分析的步驟，僅需 1 個按鍵即可在無污染的儀器內完成。

本局為國內第 1 個且是唯一購置 RapidHIT ID System 之機關，目前國內並無運用該儀器在刑案現場證物鑑定之本土化研究報告可供參考。為探討 RapidHIT ID System 是否適用於刑案現場證物 DNA 分析，本局將運用此 RapidHIT ID System 進行相關實驗，包括人類口腔唾液檢體之檢出率與正確性分析、刑案現場常見證物之檢出率與正確性分析及使用不同採集工具對 DNA 檢出率之分析。期能藉由本次研究結果探討 RapidHIT ID System 最佳使用時機，搭配現行 DNA 實驗室標準作業程序，優化鑑定流程及縮短鑑驗時效，俾快速提供偵查訊息，掌握破案契機。

貳、研究方法

本研究中所使用的 RapidHIT ID System，其硬體設備主要為主機搭配電泳卡匣(Primary Cartridge)及樣品卡匣(Sample Cartridge)，而樣品卡匣另附有專屬之控制組卡匣，樣品卡匣均為一次性的消耗樣品卡匣，使用之鑑驗試劑為 GlobalFiler Express PCR Amplification 商用試劑組，可分析人類 24 組基因位型別。

本實驗中使用 2 種樣品卡匣，分別為 ACE GFE Sample

Cartridge(以下簡稱 ACE 卡匣)與 AB RI Sample Cartridge(以下簡稱 RI 卡匣)。其中 ACE 卡匣主要係用於分析單一來源之口腔檢體，而 RI 卡匣則用於分析血液與唾液類之證物檢體，兩者差異在於注入不同量之裂解緩衝液體積(ACE 卡匣：500ul、RI 卡匣：300ul)及不同之 PCR 熱循環條件。於樣品卡匣使用前需先分析正控制組卡匣及負控制組卡匣，以確認儀器運作正常且無污染情況後方可開始進行試驗。

RapidHIT ID System 係將 DNA-STR 型別分析之流程整合於單個樣品卡匣，將欲分析之檢體透過樣品卡匣插入儀器中，主機會讀取卡匣上晶片並自動進行鑑驗。實驗設計如下：

- 一、人類口腔唾液檢體之檢出率與正確性分析：使用 2 種樣品卡匣分別搭配傳統棉棒與 FTA 卡進行分析。
- 二、刑案現場常見證物 DNA 之檢出率與正確性分析：使用 RI 卡匣進行菸蒂、檳榔渣、吸管以及瓶口棉棒之檢體分析。
- 三、使用不同採集工具對 DNA 檢出率之分析：使用 RI 卡匣搭配不同體積量唾液及血液檢體，分別傳統棉棒與尼龍採集棒轉移後進行分析。

實驗所有數據經 RapidHIT ID System 之內建 RapidLINK 軟體自動計算，並以燈號顯示檢體檢測結果(綠燈、黃燈、紅燈)，再上傳至電腦內以 GeneMarker HID 軟體分析後，可產生 24 組 DNA-STR 型

別，本實驗因不計算性別基因位之 Yindel 型別與 DYS391 型別，故只計算 22 組 DNA-STR 型別，每個基因位型別會依實驗結果之螢光值顯示綠旗、黃旗、紅圈及未檢出型別。

因國內 DNA 資料庫目前係以 Identifiler Plus 試劑之 16 組 DNA-STR 型別為主要標的，本實驗產生之 22 組型別以可供資料庫比對之 16 組 DNA-STR 型別中綠旗數值達 9 組以上，計算可上傳型別比對率(檢出率)，再與經現行實驗分析 DNA-STR 型別比較，計算上傳型別正確率。

參、重要發現

- 一、本實驗所使用之儀器，除自身污染已在實驗進行前，即以嚴謹之採樣過程避免外，儀器經由正負控制組之交叉試驗，並檢視測試檢體與其分析結果發現，該儀器皆無交叉污染與 PCR 污染之情況發生。
- 二、本實驗 ACE 卡匣與 RI 卡匣各搭配 2 種採樣口腔唾液之工具、RI 卡匣搭配 4 種常見刑案證物檢體及 RI 卡匣搭配不同體積量之唾液與血液之 2 種採樣工具等，共採樣實驗 198 個檢體。經儀器分析後發現，燈號為綠燈時，16 組可上傳型別比對率與上傳型別正確率皆為 100%；燈號為黃燈時，可上傳型別比對率

並非 100%，且上傳型別正確率亦非 100%。

三、當檢體經儀器檢測後燈號結果為綠燈時，可認定該檢體型別為正確且可允收之資料。而於該檢體經儀器檢測結果為黃燈，實驗結果須由人工再進行判讀確認，有些錯誤由人工檢視即會被發現，有些錯誤尚須輔以現行實驗流程分析確認。尤其以 RI 卡匣分析檢體之 D19S433 與 TH01 基因位，檢測結果為黃燈時必需再次進行確認。

四、本實驗結果發現 ACE 卡匣與 RI 卡匣在口腔唾液檢體檢測實驗中，以 ACE 卡匣分析傳統棉棒採集檢測結果較佳，綠燈比率最高 73%，可上傳型別比對率 100%，惟上傳型別正確率雖非 100%，但該錯誤可由人工檢視確認。以 ACE 卡匣與 RI 卡匣分析之 FTA 卡，綠燈比率皆較傳統棉棒差。以 RI 卡匣在菸蒂、檳榔渣、瓶口棉棒、吸管檢體分析結果，綠燈比率皆為 10% 以下，惟可上傳型別比對率範圍約為 20% 至 100%。

五、以 RI 卡匣分析使用傳統棉棒與尼龍採集棒在不同體積量之唾液與血液之實驗中，發現其中傳統棉棒在唾液與血液之體積量越多，DNA 檢出率越好，平均訊號值也因體積量越多訊號值越高。而尼龍採集棒因塗佈抑菌劑，在 4ul 唾液檢體分析中，可上傳型別比對率僅有 33%，另在血液檢體分析中，可上傳型

別比對率為 0%。故尼龍採集棒採集 DNA 量多的檢體，反而導致鑑驗效果較差。

肆、主要建議及政策意涵

一、應用於緊急重大案件之鑑定

RapidHIT ID System 僅需 90 分鐘即可獲得鑑定結果的優異特性，經本實驗結果顯示，對於刑案現場常見證物如菸蒂、檳榔渣等搭配 RI 卡匣，經儀器分析後成效良好，同時與實驗室鑑定進行雙重確認，特別適合應用於緊急重大案件物證物檢體的 DNA 鑑定工作。

以 109 年 11 月本局土城分局轄內發生搶奪案為例，本中心於嫌犯遺留現場之黃色夾腳拖鞋上採集 DNA 檢體，以 RapidHIT ID System 配合 RI 卡匣進行分析結果，於 90 分鐘後獲得 12 組基因座型別，符合上傳資料庫比對分析標準（9 組基因座型別即可上傳）。

另以現行實驗室標準鑑驗程序進行鑑驗，於 12 小時後獲得完整 16 組基因座型別。比較儀器結果與實驗室鑑定結果，2 者基因型別相符，經上傳資料庫比對結果，均可比中資料庫強制建檔對象。故應用 RapidHIT ID System 使鑑驗時效大幅縮短，

有效提升鑑驗效能。

二、應用於失蹤人口比對與親緣鑑定

失蹤人口協尋是警察為民服務工作中重要的一環。由於目前失蹤人口的 DNA 比對主要還是仰賴於親緣鑑定。而本實驗結果顯示，口腔唾液檢體搭配 ACE 卡匣，經儀器分析後成效良好，適合進行親緣鑑定的工作。

本實驗室現行標準鑑定之親緣鑑定分析試劑所使用的 Identifiler Plus 鑑驗試劑為人類 16 組基因位，而 ACE 卡匣內所使用的鑑驗試劑為 GlobalFiler Express，可分析人類 24 組基因型別，且 Yindel 與 DYS391 為分析男性 Y 性別染色體上之基因型，可提供男性遺傳訊息，對於親緣鑑定中多位點的分析有極大的幫助。除了鑑驗時效快速外，亦可增加親緣指數並提高親子鑑別率，故使用 RapidHIT ID System 對於失蹤人口的親緣鑑定實有莫大助益。

三、持續研讀國外最新發表期刊文章並累積鑑定經驗供參

目前本局為全國唯一配置 RapidHIT ID System 的實驗室，而透過持續研讀國際最新發表期刊，吸收新知並瞭解國際上配置 RapidHIT ID System 實驗室使用情形及運用在實際案例情形。

另本實驗結果顯示以尼龍採集棒採集 DNA 量多的檢體，

經 RapidHIT ID System 分析，反而導致鑑驗效果較差，以傳統棉棒則無影響，該結果可供採證人員於實際現場之採證應用，另棉棒溶液吸取量之問題、實驗後 DNA 萃取液無法留存以及不適用於混合性 DNA 檢體等結果，可供實驗室操作人員參考。

本實驗室將持續精進及研究最佳鑑驗程序，累積本土化鑑定經驗，期能持續精進 RapidHIT ID System 最佳使用時機，搭配現行 DNA 實驗室標準作業程序，優化鑑定流程及縮短鑑驗時效，俾快速提供偵查訊息，掌握破案契機。

第一章 研究背景與動機

第一節 現況與緣由

「指紋鑑定」及「DNA 鑑定」由於具有個化特徵，一直以來成為各類刑事案件現場最重要的採證標的。指紋鑑定部分緣於民國 38 年起，所有犯罪嫌疑人及役男的指紋檔案均需建檔，這是指紋資料庫最大宗的來源。直至民國 90 年國防部認為捺印役男指紋並無法源依據而停止捺印，指紋資料庫增加量逐漸縮減。DNA 鑑定部分緣於民國 88 年起，去氧核糖核酸 (DNA) 採樣條例開始實施，對於重大暴力犯罪涉嫌人於移送階段強制採取 DNA 建檔，直至民國 101 年修法擴大 DNA 採樣條例適用範圍，將常業竊盜犯及反覆吸食毒品者等納入建檔對象，DNA 資料庫遂逐年大幅增加。

資料庫的規模攸關鑑定成果的良窳。指紋資料庫及 DNA 資料庫的消長，完整反映在鑑定結果比中嫌犯的成果上。以新北市政府警察局 108 年度刑事證物鑑驗比中件數為例，「指紋鑑定」比中嫌犯件數為 371 件，「DNA 鑑定」比中嫌犯件數為 1,030 人次[1]，DNA 比中件數為指紋比中件數約 2.7 倍，顯見 DNA 鑑定儼然成為刑事案件物證鑑定上最重要的角色。

然 DNA 鑑定相較於指紋鑑定也有其諸多限制，除需實驗室系統

環境、精密儀器、昂貴商用試劑及高技術門檻的操作人員外，最大的限制是來自於鑑定所需時間。DNA 鑑定需經過「DNA 萃取」、「DNA 定量」、「PCR」及「DNA-STR 型別分析」等過程[2]，所需時間至少約耗費 12 小時以上。惟刑案偵辦貴在神速，破案契機稍縱即逝，破案時效經常迫在眉梢。依據刑事訴訟法之規定，司法警察逮捕或拘提犯罪嫌疑人後，應於逮捕或拘提之時起 16 小時內，將人犯解送檢察官訊問。是以如何有效縮短證物鑑定時間，一直是各刑事鑑定實驗室努力的方向。

現今本局 DNA 實驗室所收受鑑定之刑案證物種類可分為 2 大類，第 1 類為標準檢體（又稱參考檢體），包括涉案涉嫌人、被害人與關係人等之口腔唾液棉棒，因其做為特定比對標的，故最大特色為 DNA 量多且已確定 DNA 來源；另 1 類為證物檢體，是目前 DNA 實驗室內鑑驗數量最大宗的檢體，包括菸蒂、血跡、檳榔渣、瓶口棉棒、吸管、手套等，均可能含有人類唾液、血液、皮屑等所遺留之 DNA，特色為 DNA 含量多寡及 DNA 來源皆不確定，檢出之 DNA 型別必須與標準檢體進行比對。

符合去氧核糖核酸(DNA)採樣條例規定之犯罪涉嫌人(或被告)，應接受強制採樣。內政部警政署刑事警察局為法定建檔之鑑驗機關，統一律定全國警察機關須使用口腔黏膜採集套組(Flinders Technology

Associates Cards，以下簡稱 FTA 卡)採集犯罪涉嫌人之口腔唾液[3]，進行 DNA 建檔並統一管理建檔資料庫。故一般口腔唾液檢體的採樣工具，除了傳統棉棒還有 FTA 卡可使用。另本局對於微量 DNA 證物常使用尼龍採集棒進行採集，比較尼龍採集棒與傳統棉棒對於微量 DNA 證物檢出率實驗中，結論以尼龍採集棒較佳[4]。綜上所述，目前常見刑案證物 DNA 採集工具包括 FTA 卡、傳統棉棒及尼龍採集棒 3 種。

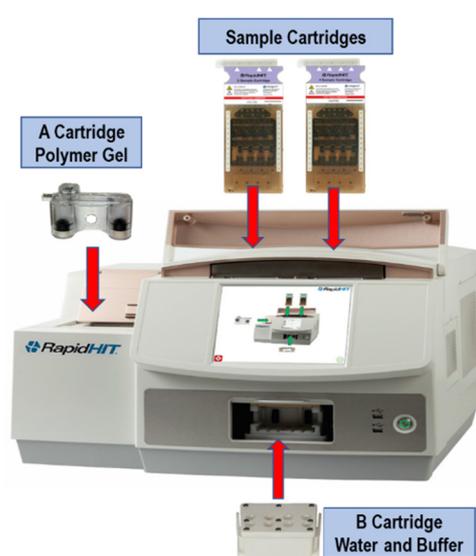
分析本實驗室 108 年度所鑑定之刑案證物統計資料如【表 1】，發現年度刑案證物檢體數為 4,596 個，其中標準檢體數為 997 個，DNA 檢出率為 100%，證物檢體數為 3,599 個，各類證物檢體中檢出率較高前 6 名依序為血跡類(97%)、菸蒂(91%)、帽類(90%)、檳榔渣類(86%)、吸管(85%)、瓶口棉棒(79%)。這 6 類證物檢體 DNA 含量較多，所以檢出率相對較高。而如何在不降低 DNA 檢出率的情況下，減少鑑驗流程或加快鑑驗時效，一直是各刑事鑑定實驗室努力的目標。

【表 1】 本局 108 年度刑案證物檢體鑑驗統計資料

證物類別	檢體數	檢出數	檢出率	占比
血跡類	155	151	97%	3.37%
菸蒂	296	269	91%	6.44%
帽類	229	205	90%	4.98%
檳榔渣類	37	32	86%	0.81%
吸管	62	53	85%	1.35%
瓶口類	219	173	79%	4.77%
鞋類	14	10	71%	0.30%
口罩	25	17	68%	0.54%
拖鞋	9	6	67%	0.20%
吸食器類	56	37	66%	1.22%
手套	124	80	65%	2.70%
衣物類	79	47	59%	1.72%
槍枝滑套及彈匣	79	46	58%	1.72%
犯罪工具類	412	238	58%	8.96%
衛生紙	33	19	58%	0.72%
槍枝握把及扳機	104	58	56%	2.26%
精液類	39	20	51%	0.85%
其他生物跡證	1,627	734	45%	35.40%
證物檢體總數	3,599	2,195	61%	78.31%
標準檢體	997	997	100%	21.69%
所有證物	4,596	3,192	69%	100.00%

第二節 研究動機

快速 DNA 鑑定儀器的研發歷史，最早是於 2013 年由美國 IntegenX 公司首先推出的第一代快速 DNA 鑑定儀器(RapidHIT)如【圖一】，是一款全球當時最先進的 DNA 快速檢測儀，但由於該系統必須至少分析一組卡匣共 4 個樣本，包含 1 個正控制組與 3 個檢測檢體，最多可以同時分析兩組卡匣，包含 1 個正控制組與 7 個檢測檢體。如為節省分析成本，需要湊齊足夠數量的檢體後分析，恐將影響因特殊狀況須即刻分析的檢測檢體[5、6]。2018 年 InetegenX 由 Thermo Fisher Scientific 公司併購後研發的 Applied Biosystems RapidHIT ID System 如【圖二】，是第二代密實型快速 DNA 鑑定儀器，體積小於 28 厘米寬，可處理單個樣品分析，亦適用於無實驗室系統環境下操作[7]。



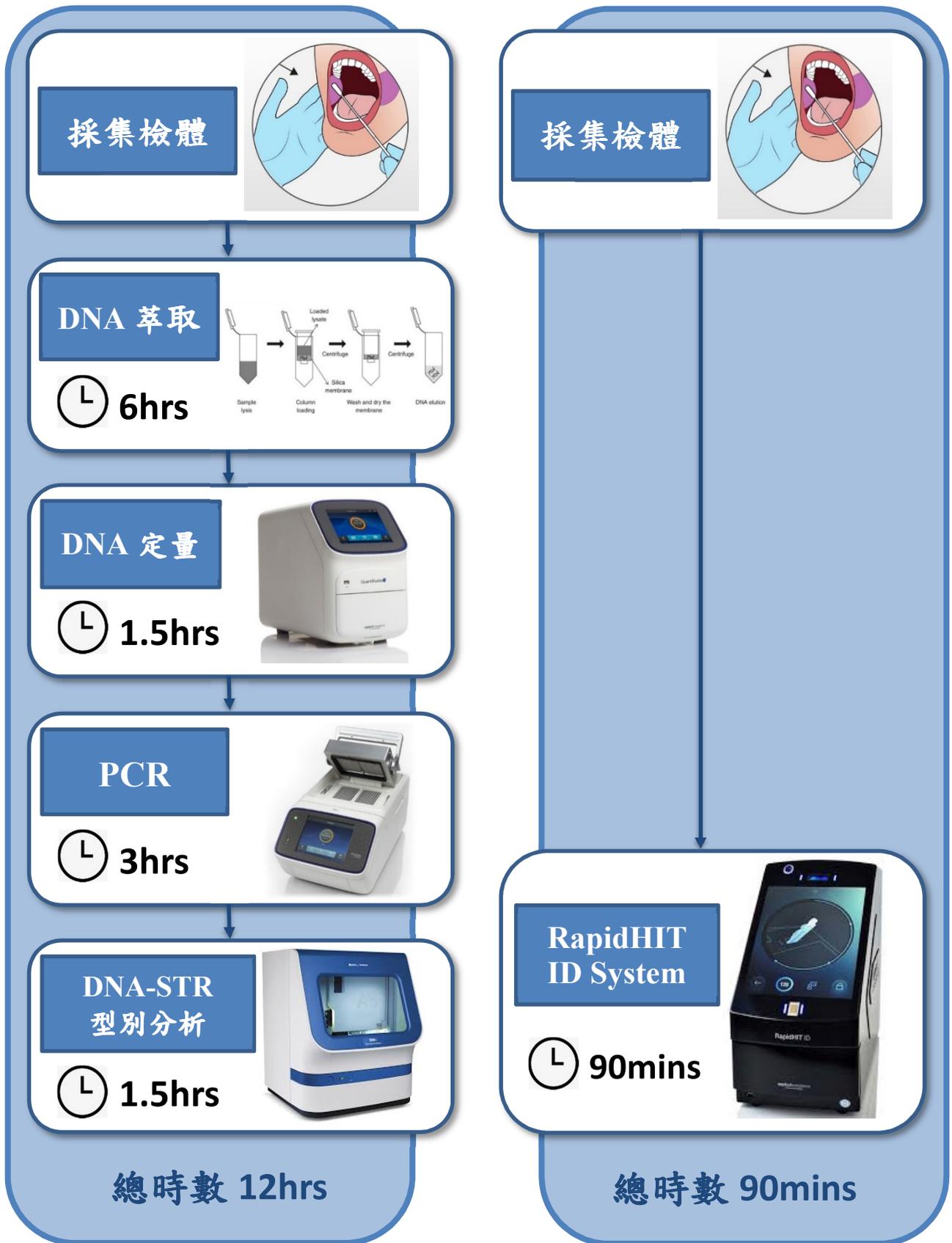
【圖一】 RapidHIT



【圖二】 RapidHIT ID System

本次研究即採用快速 DNA 鑑定儀器 (Applied Biosystems RapidHIT ID System，以下稱 RapidHIT ID System)，於 90 分鐘內完成單一樣品 24 組 DNA-STR 型別之分析，是一臺操作人員不具專業也能憑全自動化系統進行鑑定的儀器，全自動化系統包括 DNA 萃取、PCR 及 DNA-STR 型別分析的步驟，僅需 1 個按鍵即可在無污染的儀器內完成。現行實驗室進行 DNA 鑑定需要受過訓練之專業鑑定人員，在實驗室環境下操作多項精密儀器及昂貴商用試劑，歷時超過 12 小時以上方能完成鑑定工作。然而 RapidHIT ID System 可由非實驗室人員在任何環境下，僅需 90 分鐘即可完成鑑定工作。現行 DNA 鑑定及 RapidHIT ID System 鑑定時效之比較如【圖三】。

本局為國內第 1 個且是唯一購置 RapidHIT ID System 之機關，目前國內並無運用該儀器在刑案現場證物鑑定之本土化研究報告可供參考。為探討 RapidHIT ID System 是否適用於刑案現場證物 DNA 分析，本局將運用此 RapidHIT ID System 進行相關實驗，包括人類口腔唾液檢體之檢出率與正確性分析、刑案現場常見證物之檢出率與正確性分析及使用不同採集工具對 DNA 檢出率之分析。期能藉由本次研究結果探討 RapidHIT ID System 最佳使用時機，搭配現行 DNA 實驗室標準作業程序，優化鑑定流程及縮短鑑驗時效，俾快速提供偵查訊息，掌握破案契機。

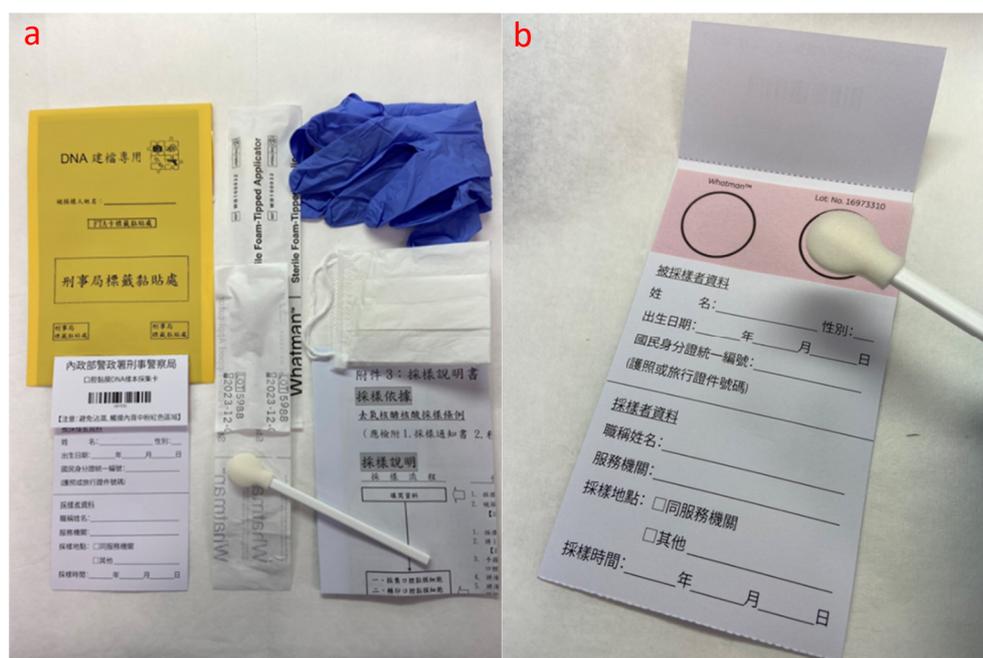


【圖三】現行 DNA 鑑定及 RapidHIT ID System 鑑定時效之比較

第三節 名詞解釋

壹、口腔黏膜採集套組(Flinders Technology Associates Cards, 簡稱 FTA 卡)

FTA 卡目前為 DNA 強制建檔採樣標準檢體主要工具，因具有專利的化學配方浸漬，其纖維上的化學成分能夠溶解細胞膜並改變其蛋白質特性，使 DNA 被固著在 FTA 卡的纖維上並保護其免於紫外光線損害。進行 DNA 鑑定時僅需使用打孔機從 FTA 卡上取下一個直徑約 2mm 的小圓片，並經過 2 道試劑約 30 分鐘的純化，即可進行後續的實驗步驟。相較於使用傳統棉棒採樣檢體，可縮短實驗時間且所消耗掉的檢體更少[3]。FTA 卡內容物及使用方式如【圖四】。



【圖四】口腔黏膜採集套組(a)內容物(b)使用方式

貳、尼龍採集棒

尼龍採集棒【如圖五】特色在於使用尼龍材質，取代傳統純棉材質。因為尼龍材質不易吸水，脫附性佳，所以在 DNA 萃取過程中，於尼龍採集棒上吸附之 DNA 較易釋放，可增加 DNA 檢出型別的機率。此外尼龍採集棒之棒頭是由許多微小的棒狀物所構成，在採樣檢體時更能回收附著在物體表面上的 DNA。另尼龍採集棒含有抗菌素，採樣後能抑制細菌的生長，避免破壞 DNA，延長保存時效[4]。

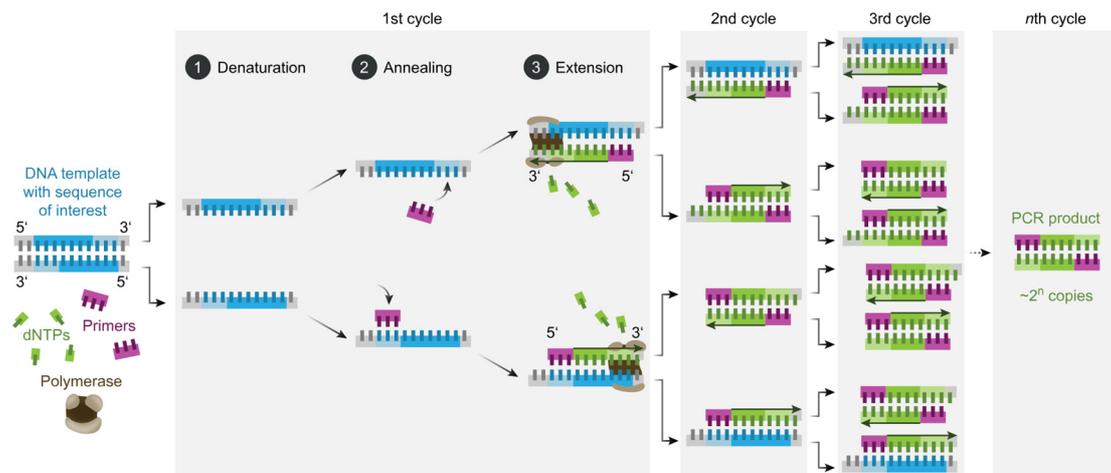


【圖五】尼龍採集棒

參、PCR（聚合酶連鎖反應，Polymerase Chain Reaction）

PCR 技術開始於 1985 年，由凱利·穆利斯所發現，為利用 DNA 雙鏈複製的原理，在生物體外複製特定 DNA 片段的核酸合成技術。利用小片段特殊引子 DNA 與聚合酶酵素，在許多的 DNA 分子中，尋找並複製放大某一特定片段基因，再進行運用。一般的 PCR 由 20 到 35 個循環組成，每個循環包括以下 3 個步

驟【如圖六】：(1) DNA 變性(Denaturation)：96°C 高溫下使雙股 DNA 打開 (2)引子黏合(Annealing)：在約 68°C 下讓引子與 DNA 配對(3)引子延長(Extension)：在 72°C DNA 延伸。第一循環完成，產生的兩段雙股 DNA 又可當作下一個循環的模板，每次循環都使得原有的 DNA 片段加倍[8]。



【圖六】PCR 示意圖

肆、 DNA-STR 型別分析(Short Tandem Repeat，簡稱 STR)

係針對 PCR 後 DNA 產物，進行短片段重複性序列分析。

STR 的核心組織主要為 2 至 8 個核苷酸，以常見的(CA) n 和 (CAG) n 兩種 STR 為例：(CA) n 如果重複 7 次($n=7$)就是 CA CA CACACACACA，長度為 14 個核苷酸；而(CAG) n 如果重複 6 次($n=6$)就是 CAG CAG CAG CAG CAG CAG，長度為 18 個核苷酸。以毛細管電泳進行 DNA 片段長度分析時，長片段 DNA

體積大電泳移動速度慢，短片段 DNA 體積小電泳移動速度快，是以藉此分離不同長度之片段 DNA。當片段 DNA 電泳移動過程經過分析點時，以雷射激發後產生螢光，記錄電泳時間及螢光強弱後，再與標準品(Ladder)比對，最後運用軟體分析出 DNA-STR 基因位型別[9]。

伍、 鑑驗試劑

一、 GlobalFiler Express

該鑑驗試劑可分析人類 24 組 STR 基因位，分別為：

D3S1358、vWA、D16S539、CSF1PO、TPOX、Yindel、AMEL、D8S1179、D21S11、D18S51、DYS391、D2S441、D19S433、TH01、FGA、D22S1045、D5S818、D13S317、D7S820、SE33、D10S1248、D1S1656、D12S391、D2S1338。其中 Yindel 與 DYS391 為分析男性 Y 性別染色體上之基因位，AMEL 為性別基因位。

二、 Identifiler Plus

該鑑驗試劑可分析人類 16 組 STR 基因位，分別為：

D3S1358、vWA、D16S539、CSF1PO、TPOX、AMEL、D8S1179、D21S11、D18S51、D19S433、TH01、FGA、D5S818、D13S317、D7S820、D2S1338。其中 AMEL 為性別基因位。與 GlobalFiler

Express 鑑驗試劑之基因位比較如【表 2】。

【表 2】 GlobalFiler Express 與 Identifiler Plus 試劑之基因位比較

基因位	GlobalFiler Express	Identifiler Plus
D3S1358	✓	✓
vWA	✓	✓
D16S539	✓	✓
CSF1PO	✓	✓
TPOX	✓	✓
Yindel	✓	
AMEL	✓	✓
D8S1179	✓	✓
D21S11	✓	✓
D18S51	✓	✓
DYS391	✓	
D2S441	✓	
D19S433	✓	✓
TH01	✓	✓
FGA	✓	✓
D22S1045	✓	
D5S818	✓	✓
D13S317	✓	✓
D7S820	✓	✓
SE33	✓	
D10S1248	✓	
D1S1656	✓	
D12S391	✓	
D2S1338	✓	✓

第二章 文獻探討

第一節 快速 DNA 鑑定儀器之相關文獻探討

壹、2018 年評估 3 種快速 DNA 鑑定儀器技術結果

2018 年 7 月，美國國家標準暨技術研究院(National Institute of Standards and Technology, NIST) 針對市面上 3 種快速 DNA 鑑定儀器進行評估，以單一來源的盲樣檢體分派各個實驗室進行測試，並彙整分析回收之測試結果[10]。

3 種快速 DNA 鑑定儀器分別為：(1) ANDE 6C System (美國 ANDE 公司生產，使用 FlexPlex27 試劑組，共 27 組基因位，檢測時間約 90 分鐘)、(2) RapidHIT 200 (美國 IntegenX 公司生產，使用 GlobalFiler 試劑組，共 24 組基因位，檢測時間約 90 分鐘)、(3) RapidHIT ID System (美國 IntegenX 公司生產，使用 GlobalFiler 試劑組，共 24 組基因位，檢測時間約 90 分鐘)。

受測單位總計 9 個實驗室，使用儀器共計為 5 臺 ANDE 6C、3 臺 RapidHIT 200 以及 4 臺 RapidHIT ID System，共 3 種快速 DNA 鑑定儀器參與測試。

結果顯示，上揭 3 種快速 DNA 鑑定儀器經人工審查後所得之結果，針對美國 FBI 建立之 DNA 整合索引系統(CODIS)其

中 20 組 DNA-STR 基因位進行比對分析，其成功率平均值為 85%(最高 100%，最低 60%)，顯示快速 DNA 檢測技術已能於其預設環境下達到相當程度分析水準，並期待能達到與指紋一樣之即時鑑別能力。

貳、快速 DNA 鑑定儀器(RapidHIT ID System)之內部確效結果

2017 年，美國德州實驗室為能夠於實務上運用 RapidHIT ID System，針對該儀器系統之性能及使用限制進行確效試驗 [11]。該試驗使用 4 臺儀器進行初步測試，並以參考唾液棉棒測試後獲得可靠且一致性的 DNA-STR 型別結果，另於該實驗結果中，未發現任何檢體遭污染之情形。

RapidHIT ID System 初步分析之成功率已達 72%，且經人工審查後更可提升至 90%，其中抑制物(例如咖啡、菸蒂等)對分析結果並未造成影響。

另 RapidHIT ID System 可回收分析失敗之檢體，重新置入新卡匣後再次分析，此為其他市售快速 DNA 鑑定儀器所缺乏之功能，可避免浪費檢體及強化分析能力。此外，RapidHIT ID System 可讓非實驗人員在非實驗室環境下，透過簡易訓練後即可進行 DNA-STR 型別分析，是一個強大且可靠的工具。

第二節 快速 DNA 鑑定儀器應用之相關文獻探討

壹、使用 RapidHIT ID System 對法醫檢體進行個體識別

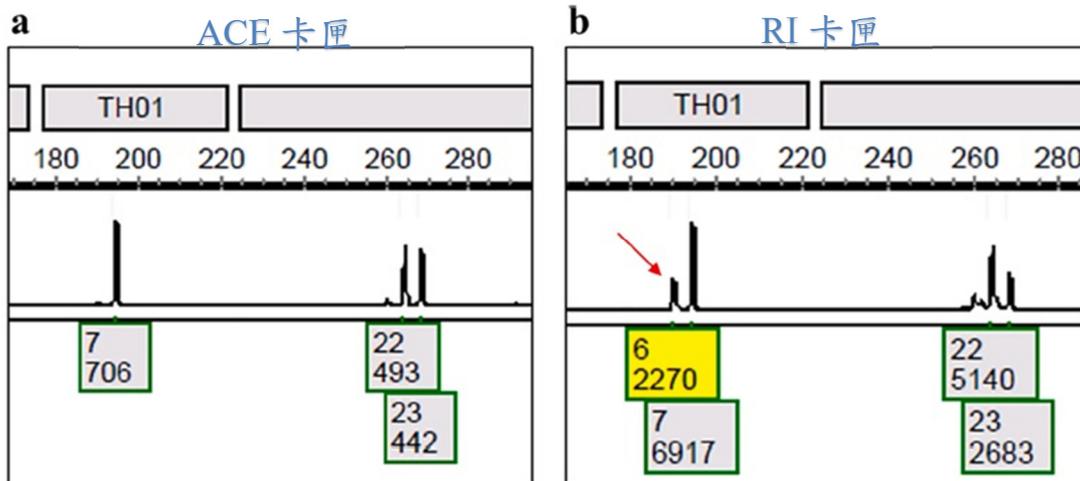
2020 年，日本法醫實驗室利用實際死亡相驗案件檢體進行實驗，並以 RapidHIT ID System 進行 DNA-STR 型別分析，探討不同檢體及實驗條件下，檢體檢出型別之成功率[12]。

實驗以實際死亡相驗案件(計 30 件)血液檢體為樣本，針對死亡時間、解凍過程、保存狀態等變因，分別使用 ACE 卡匣及 RI 卡匣進行分析；另就人類活體及屍體之指甲探討運用 RapidHIT ID System 分析進行探討。

實驗結果發現使用不同卡匣分析之結果亦有所差異，以其中一個案檢體為例，經 ACE 卡匣分析雖有 100%的準確率，但使用 RI 卡匣準確率僅有 98%，經檢視分析結果於 TH01 基因位觀察到非真實的訊號如【圖七】。研判係因 RI 卡匣於系統設定值中，分析閾值較 ACE 卡匣低，且 RI 卡匣也具有較多的 PCR 循環數，隨機效應較為明顯，導致非真實訊號被誤判為真實訊號之情形發生，雖然可偵測到的基因位較多，但準確性卻較低。

承上，該個案在 GeneMarker HID STR Human Identity 分析軟體上，其基因位品質顯示為黃旗 (allele 標示黃色)，表示該基因位未達閾值判斷標準，需透過具專業知識之分析人員複審

結果，以免有誤判型別之情況發生。



【圖七】 案例檢體於(a)ACE 卡匣(b)RI 卡匣之分析結果(黃色區域為非真實訊號)

貳、 義大利卡賓槍騎兵隊(國家憲兵隊)成功應用快速 DNA 技術

2019 年，義大利國家執法機構以 RapidHIT ID System 運用於實務鑑定工作上，該機構於 2019 年 1 月成立並於同年 10 月通過 ISO/IEC 17025 認證。該儀器具備使用方式簡單、分析時間短暫及分析結果準確等特色，既可幫助快速解決破案又可將型別上傳至國家基因資料庫進行比對。文章內容建議將 RapidHIT ID System 視為常規實驗室工作的一部分，尤其在緊急案件之檢體分析上有很大助益[13]。

案例研究 1：在敘利亞戰爭中喪生的義大利公民的遺體，政府要求進行法醫檢驗與基因分析。其股骨的一部分被送至基

因分析實驗室，以 RapidHIT ID System 分析從骨骼中採集的骨髓樣本。檢體的分析結果提供了完整的 DNA 型別，經與被害者父母親進行 DNA 親子鑑定結果，確認死者的真實身份。

案例研究 2：2019 年 4 月在義大利中部的小鎮一名婦女被發現遭刺傷死於其家中。調查後發現被害者的兒子與母親曾發生激烈衝突。搜索期間在被害人兒子家中發現一把沾有血跡的刀子，立刻將刀子緊急送到實驗室使用 RapidHIT ID System 分析，獲得非常高品質的 DNA 型別，且與被害者型別完全吻合，顯示兒子涉有重嫌。

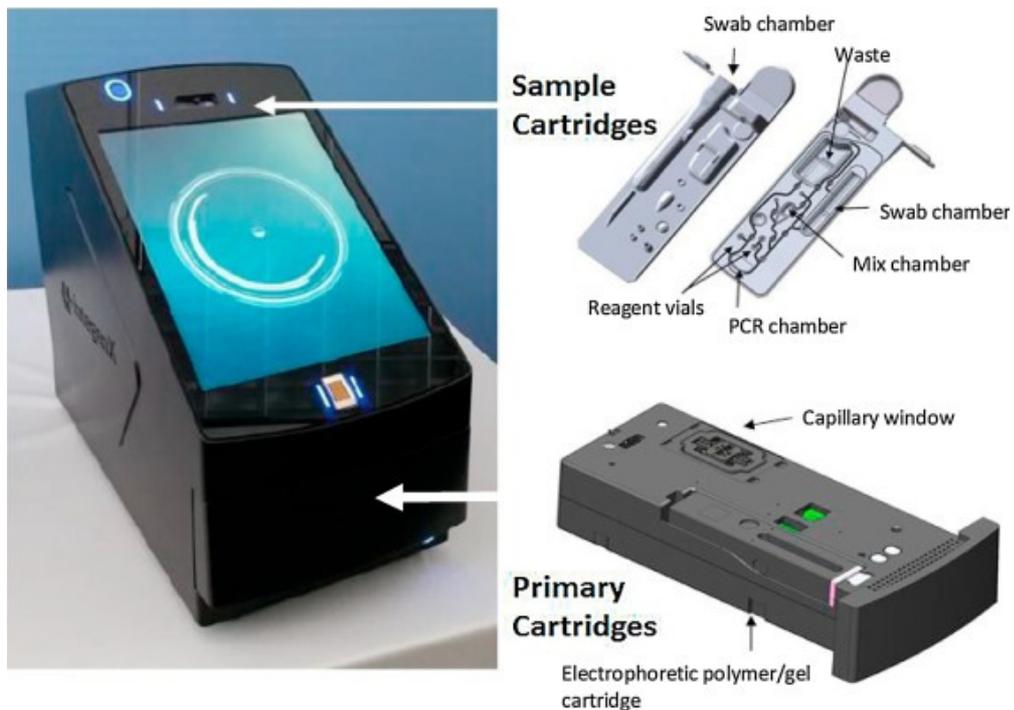
綜上，相當實驗室成功使用 RapidHIT ID System 進行分析，為調查人員提供了決定性的線索，且過程只需幾個小時即可完成，大大地提升案件偵辦的效率。

第三章 研究方法

第一節 儀器介紹

壹、儀器硬體

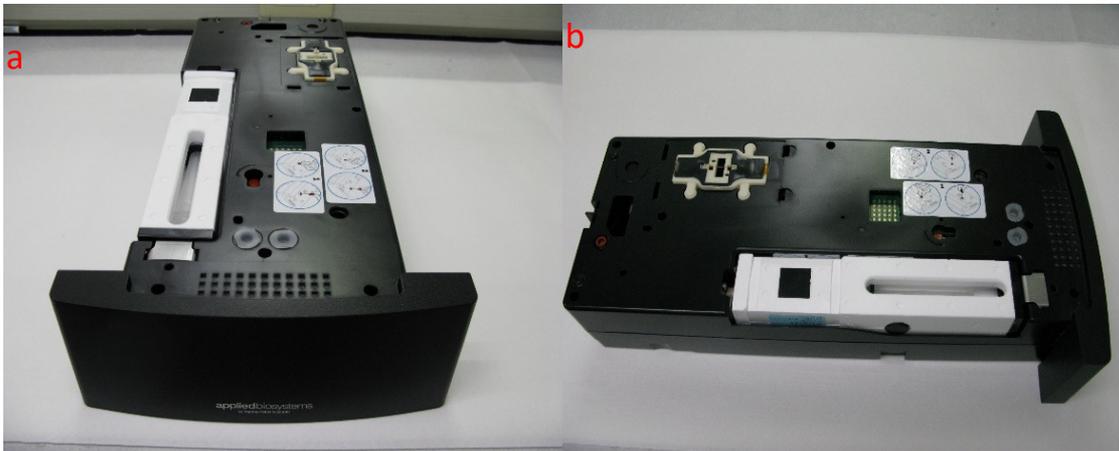
本研究中所使用的快速 DNA 鑑定儀器為美國 Applied Biosystems 公司所生產的 Applied Biosystems RapidHIT ID System v1.1.3[14]，其硬體設備主要為主機搭配電泳卡匣 (Primary Cartridge)及樣品卡匣 (Sample Cartridge)【如圖八】，而樣品卡匣另附有專屬之控制組卡匣，依序說明如次：



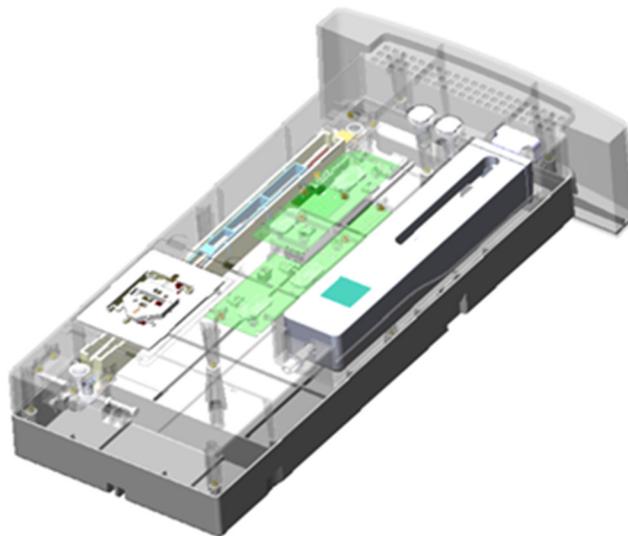
【圖八】 RapidHIT ID 主機搭配使用電泳卡匣及樣品卡匣

一、電泳卡匣

電泳卡匣【如圖九、圖十】裝於儀器底部，內含電泳卡匣試劑瓶，預裝有片段長度標準品(size standard)與裂解緩衝液，使用前須安裝插入電泳膠，一個卡匣可提供 150 次毛細管電泳所需要之試劑，卡匣內另有廢液瓶可儲存電泳分析完後之 PCR 產物。



【圖九】電泳卡匣(a)正面觀(b)側面觀



【圖十】電泳卡匣圖示裝置

二、 樣品卡匣

每個樣品卡匣均為一次性之消耗品，內含 PCR 流程所需之鑑驗試劑，並預裝在每個獨立的卡匣試劑槽中，分析時僅需於卡匣內樣品槽置入欲分析之檢體。

卡匣所使用之鑑驗試劑為美國 Applied Biosystems 公司生產之 GlobalFiler Express PCR Amplification 商用試劑組，可分析人類 24 組基因座型別。

每個樣品卡匣皆內建晶片提供產品訊息予主機讀取紀錄，而本實驗中使用 2 種樣品卡匣，分別為 ACE GFE Sample Cartridge(以下簡稱 ACE 卡匣)與 AB RI Sample Cartridge(以下簡稱 RI 卡匣)如【圖十一】。



【圖十一】 樣品卡匣(a)ACE 卡匣(b)RI 卡匣

其中 ACE 卡匣主要係用於分析單一來源之口腔檢體，而 RI 卡匣則用於分析血液與唾液類之證物檢體，兩者差異在於注入不同量之裂解緩衝液體積(ACE 卡匣：500ul、RI 卡匣：300ul)及不同之 PCR 熱循環條件，詳如【表 3】。

【表 3】ACE 與 RI 卡匣 PCR 熱循環條件

步驟	ACE 卡匣		RI 卡匣	
	溫度(°C)	時間(秒)	溫度(°C)	時間(秒)
DNA 激活(Activation)	95	60	95	60
DNA 變性(Denaturation)	94	3	94	3
引子黏合(Annealing)	61	30	61	30
引子延長(Extension)	61.5	30	61.5	30
最後引子延長(Final Extension)	60	480	60	480
循環數(Cycle number)	28		32	

三、控制組卡匣

本實驗之 ACE 卡匣與 RI 卡匣，分別具專屬正控制組與負控制組卡匣【如圖十二、圖十三】，控制組卡匣內含之鑑驗試劑與樣品卡匣相同(皆為 GlobalFiler Express PCR Amplification 試劑組)，惟因內建晶片已設定為控制組使用之卡匣，經儀器讀取後即自動辨識並運行。

正控制組卡匣之樣品槽內附一根標準品棉棒，而負控制組卡匣之樣品槽內則未放置任何物品。2 者使用方式與樣品

卡匣相同，只要插入儀器中，程式便會自動開始分析。於樣品卡匣使用前需先分析正控制組卡匣及負控制組卡匣，以確認儀器運作正常且無污染情況後方可開始進行試驗。



【圖十二】ACE 卡匣(a)正控制組(b)負控制組



【圖十三】RI 卡匣(a)正控制組(b)負控制組

貳、儀器軟體

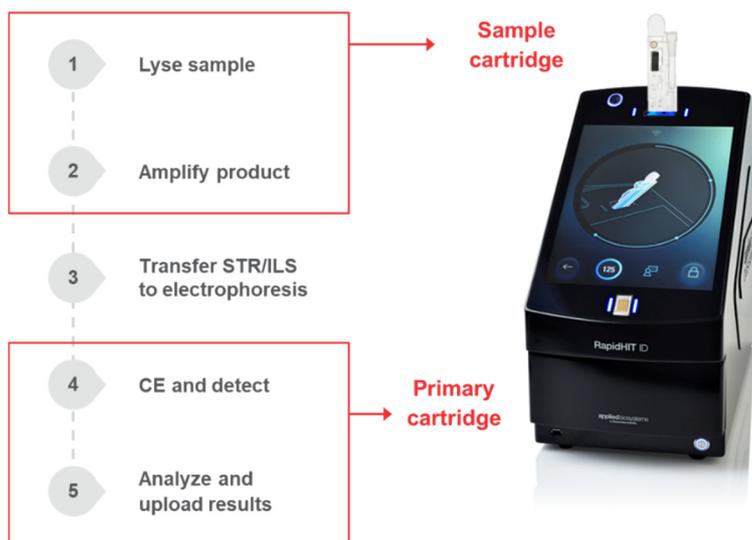
Applied Biosystems RapidHIT ID System v1.1.3 內建軟體為 RapidLINK Software v1.1.5，另附有專屬之 DNA-STR 型別分析軟體 GeneMarker HID STR Human Identity Software v2.9.5。

參、儀器流程

RapidHIT ID System 係將 DNA-STR 型別分析之流程整合於單個樣品卡匣，將欲分析之檢體透過樣品卡匣插入儀器中，主機讀取卡匣上晶片並自動進行下列鑑驗流程：

- 一、DNA 萃取：電泳卡匣將裂解緩衝液注入樣品槽，並進行簡易之純化。
- 二、PCR 反應：萃取液進入 PCR 反應區，依程式設定之熱循環條件進行 PCR。
- 三、電泳：PCR 產物注入電泳卡匣並於卡匣內進行電泳以分離 PCR 產物，並偵測訊號。
- 四、圖譜分析：將偵測到之訊號初步分析後直接上傳至 GeneMarker HID STR Human Identity 軟體，並產生 DNA-STR 型別圖譜。

儀器分析示意圖及實際操作示意圖如【圖十四】及【圖十五】。



【圖十四】 RapidHIT ID System 分析示意圖



【圖十五】 RapidHIT ID System 實際操作示意圖

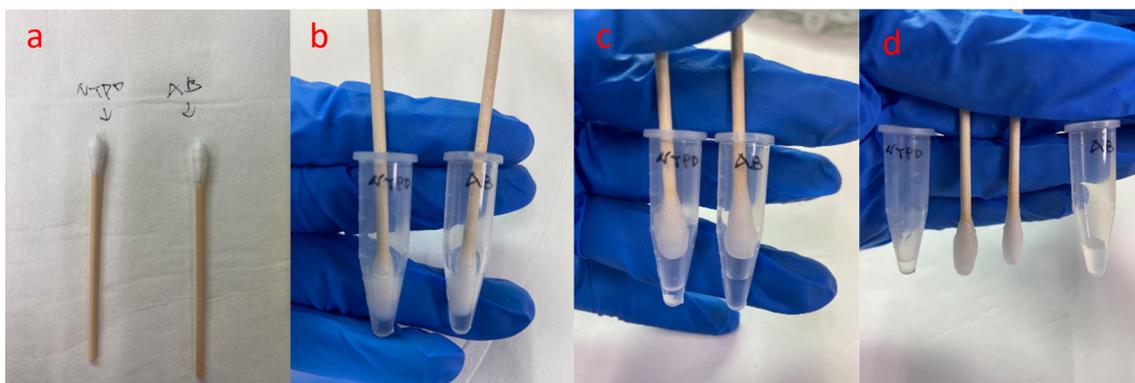
第二節 實驗限制

壹、棉棒溶液吸取量之問題

實驗中發現，當使用市售棉棒置入 RI 卡匣時，儀器易發生錯誤而導致實驗失敗，而使用廠製棉棒或 ACE 卡匣時，則無錯誤產生。

經多次測試後，研判係因市售棉棒質地紮實、棉花量較廠製棉棒多，而 RI 卡匣在 DNA 萃取步驟注入之裂解緩衝液僅 300ul(ACE 卡匣為 500ul)，造成緩衝液被棉棒大量吸附，導致後續步驟僅少量或無液體可供分析，進而造成實驗失敗。相關實驗設計及結果如次：

一、比較 2 種棉棒棒頭浸置 300ul 水液體【如圖十六】



【圖十六】比較市售棉棒及廠製棉棒棒頭浸置 300ul 水液體

(一) 比較 2 種棉棒外觀

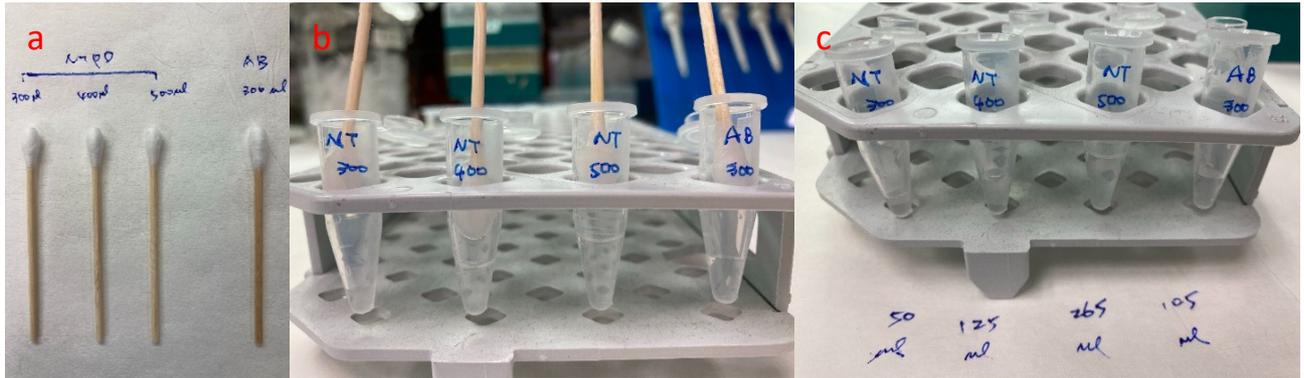
(NTPD：左，市售棉棒；AB：右，廠製棉棒)。

(二) 浸置 300ul 液體 1 分鐘後。

(三) 浸置 300ul 液體 8 分鐘後。

(四) 浸置 300ul 液體 10 分鐘後。

二、比較 2 種棉棒棒頭浸置不同水量後量測剩餘體積【如圖十七】



【圖十七】比較 2 種棉棒棒頭浸置不同水量後量測剩餘體積

(一) 比較 2 種棉棒外觀

(NTPD：左 1 至 3，市售棉棒；AB：右 1，廠製棉棒)。

(二) 3 支市售棉棒分別浸置於 300ul、400ul、500ul 液體；1

支廠製棉棒浸置 300ul 液體。

(三) 浸置液體 10 分鐘後量測剩餘之體積，由左至右分別為

50ul、125ul、265ul、105ul。

由測試結果得知，不同棉棒確會影響液體吸附量，故為求本實驗之一致性與再現性之完整，並避免實驗錯誤，本實驗中所使用之棉棒皆為廠製棉棒，以下稱傳統棉棒。

貳、 實驗後 DNA 萃取液無法留存

現行全國刑事 DNA 鑑定實驗室對於經 DNA 純化後之檢體萃取液均不會完全用罄，會將部分 DNA 萃取液留存，以免後續分析結果不佳或有爭議時，可再次進行鑑驗確認。

而 RapidHIT ID System 使用之卡匣皆為一次性耗材，其設計僅取少量 DNA 萃取液進行 PCR，因溶液體積量小，溫度升降較快，可大幅減少 PCR 反應所需時間。而 PCR 產物於電泳卡匣內進行電泳分析後，便流進卡匣廢液瓶中，並無另外保存機制可留存 DNA 萃取液。

是以，欲使用 RapidHIT ID System 分析之檢體，需考量該檢體 DNA 含量是否足夠，並與現行 DNA 鑑定流程同時進行，除可快速得到鑑定結果外，該結果可重複確認並保留部分 DNA 萃取液以供日後需要時使用。

參、 不適用於混合性 DNA 檢體

RapidHIT ID System 之設計理念，除可於 90 分鐘內快速分析檢體外，另儀器可自動分析，無需專業 DNA 實驗室人員進行操作，不僅能節省人力，亦降低操作人員所需之門檻。

而混合性 DNA 檢體係指 DNA 來源為 2 人或 2 人以上，

DNA 組成比例較為複雜，在軟體設定上無法自動準確辨別訊號真偽，仍須透過 DNA 實驗室專業人員進行人工分析，反而失去該儀器原始設計初衷，故 RapidHIT ID System 尚不適用於混合性 DNA 檢體分析。

第三節 實驗設計

壹、人類口腔唾液檢體之檢出率與正確性分析

一、實驗材料：

ACE 卡匣、RI 卡匣、傳統棉棒、FTA 卡。

二、實驗方法：

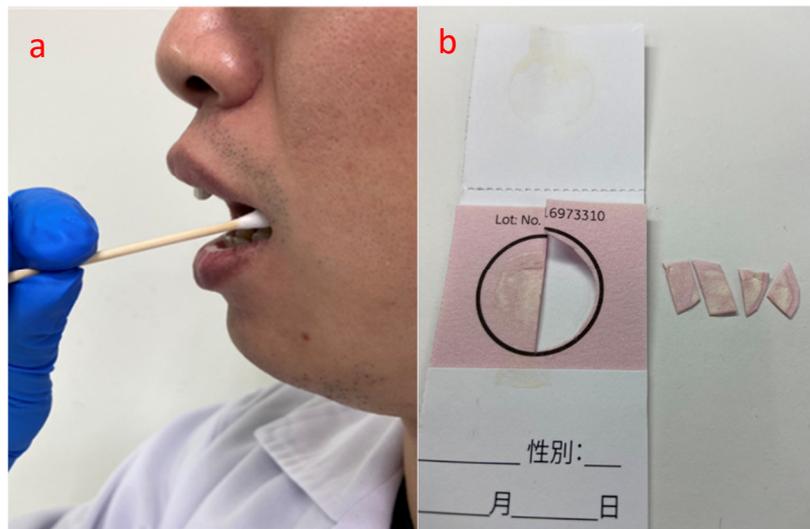
(一)棉棒樣品製作方式：以傳統棉棒刮取已知 DNA-STR 型別提供者之口腔壁【如圖十八】後放置陰乾。

(二)FTA 卡樣品製作方式：以 FTA 卡內套組之採集棒刮取已知 DNA-STR 型別提供者之口腔壁，並依套組使用方法將採集棒按壓卡上圓圈內粉色紙變白色後放置陰乾。

(三)將上述傳統棉棒及 FTA 卡皆分別放入 ACE 卡匣及 RI 卡匣樣品槽。傳統棉棒放入方式為棉頭朝下放入卡匣樣品區最底處，閉合樣品槽上蓋；另 FTA 卡放入方式為剪取卡上圓圈之一半，再剪成 4 小片【如圖十八】，將其放入樣品槽並推至最底處。

(四)上述 2 類樣品各取 30 個，分別置入 ACE 卡匣及 RI 卡匣，且樣品自製作後至進行儀器分析皆未逾 3 日。

(五)將含有檢體之卡匣置入 RapidHIT ID System，等待 90 分鐘後，分析實驗數據。



【圖十八】(a)傳統棉棒採集(b)FTA 卡取樣方式

貳、 刑案現場常見證物 DNA 之檢出率與正確性分析

一、 實驗材料：

- (一)依據 108 年度新北市政府警察局刑事鑑識中心 DNA 實驗室證物鑑定檢體之數量及檢出率結果，選用包括菸蒂、瓶口棉棒、吸管、檳榔渣 4 類檢體進行分析。每樣檢體皆由多位已知 DNA-STR 型別提供者，依實際使用方式製成模擬樣品進行實驗。

- (二)使用 RI 卡匣進行實驗。

二、 實驗方法：

- (一)檢體取樣方式【如圖十九】：

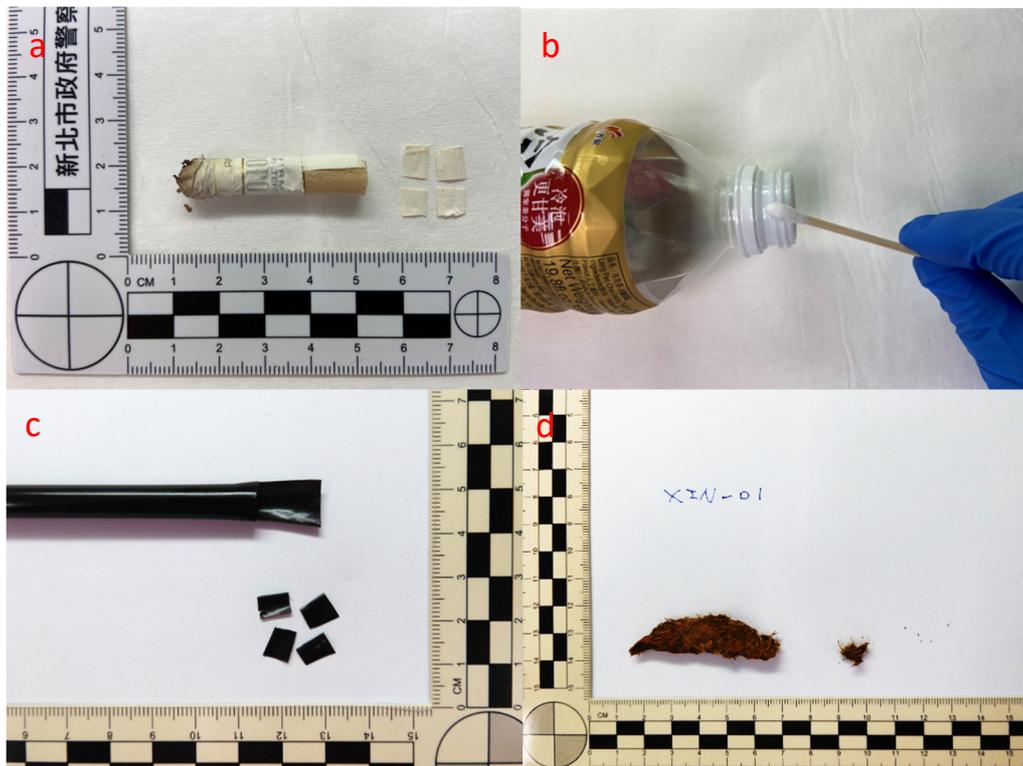
1. 菸蒂：剪取濾嘴外圈一半紙張，剪取至虛線範圍長度。

2. 瓶口棉棒：先以 100ul 生理食鹽水潤濕傳統棉棒，經轉移瓶口後陰乾 20 分鐘。
3. 吸管：剪取吸口端 1.5 公分之一半量。
4. 檳榔渣：剪取適量小塊。

(二)將上述採樣之檢體分別放入 RI 卡匣樣品區，推至最底處。

各類檢體取 6-10 個樣本，且樣品自製作後至進行儀器分析皆未逾 3 日。

(三)將含有檢體之卡匣置入 RapidHIT ID System，等待 90 分鐘後，分析實驗數據。



【圖十九】檢體取樣方式(a)菸蒂(b)瓶口棉棒(c)吸管(d)檳榔渣

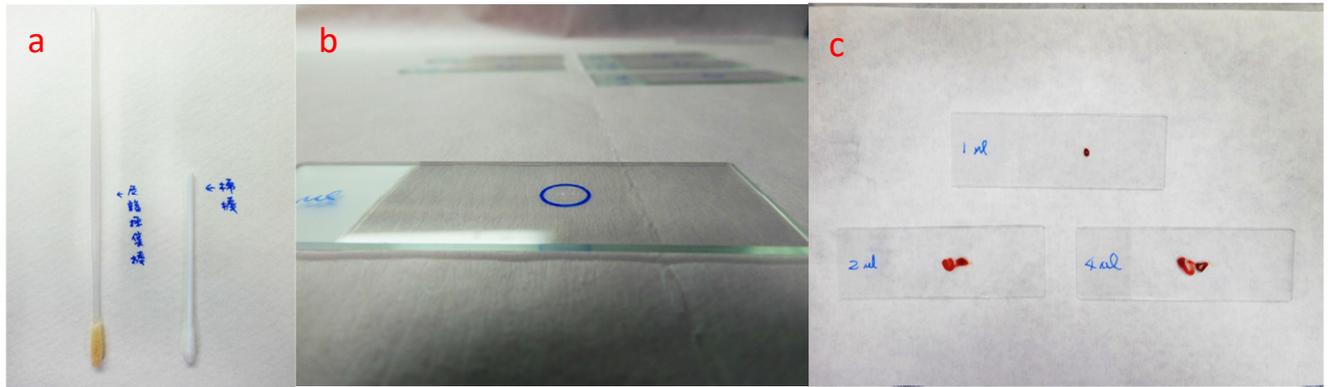
參、使用不同採集工具對 DNA 檢出率之分析。

一、實驗材料：

- (一)以傳統棉棒與尼龍採集棒做為採集工具【如圖二十】。
- (二)採用已知型別提供者之唾液、血液。
- (三)經紫外光處理之乾淨玻片。
- (四)使用 RI 卡匣進行實驗。

二、實驗方法【如圖二十】：

- (一)取唾液 2ul、4ul、6ul、8ul 分別滴於玻片上，再以傳統棉棒與尼龍採集棒沾 50ul 生理食鹽水分別採樣放置陰乾。
- (二)取血液 1ul、2ul、4ul 分別滴於玻片上，再以傳統棉棒與尼龍採集棒沾 50ul 生理食鹽水分別採樣放置陰乾。
- (三)將前述採樣之檢體，分別放入 RI 卡匣樣品區，傳統棉棒以整根朝下放入卡匣樣品區最底處，確保卡匣樣品區之上蓋可閉合，尼龍採集棒則將棒頭伸入樣品區最底處後，剪掉多餘棒桿，確保卡匣樣品區之上蓋可閉合。各類檢體各取 3 個樣本，且每樣檢體由產生後至上機分析不可超過 3 天。
- (四)將含有檢體之卡匣置入 RapidHIT ID System，等待 90 分鐘後，分析實驗數據。



【圖二十】(a)傳統棉棒與尼龍採集棒(b)玻片上唾液(c)玻片上血液

第四節 實驗數據分析方法

實驗所有數據經 RapidHIT ID System 之內建 RapidLINK 軟體自動計算，並以燈號顯示檢體檢測結果(綠燈、黃燈、紅燈)，再上傳至電腦內以 GeneMarker HID 軟體分析後，可產生 24 組 DNA-STR 型別，本實驗因不計算性別基因位之 Yindel 型別與 DYS391 型別，故只計算 22 組 DNA-STR 型別，每個基因位型別會依實驗結果之螢光值顯示綠旗、黃旗、紅圈及未檢出型別。

因國內 DNA 資料庫目前係以 Identifiler Plus 試劑之 16 組 DNA-STR 型別為主要標的，本實驗產生之 22 組型別以可供資料庫比對之 16 組 DNA-STR 型別中綠旗數值達 9 組以上，計算可上傳型別比對率(檢出率)，再與經現行實驗分析 DNA-STR 型別比較，計算正確率。

壹、儀器分析檢體情況【如圖二十一】：



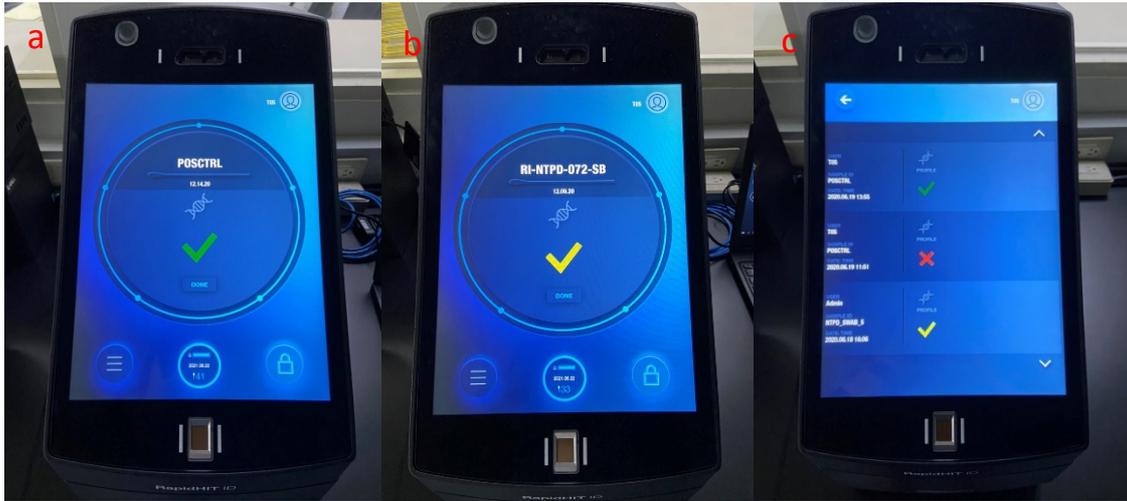
一、綠燈：樣品及控制組卡匣中所有基因位為單一來源、同型合子與異型合子之閾值及異型合子之高度比率皆符合儀器本身之標準，22 組基因位皆為綠旗。



二、黃燈：樣品卡匣 22 組中有 1 組以上基因位非單一來源、同型合子與異型合子之閾值或異型合子之高度比率不符合儀器本身之標準，其中 1 組基因位為黃旗、紅圈或未檢出型別。



三、紅燈：儀器非正常運作。



【圖二十一】儀器顯示情形(a)綠燈(b)黃燈(c)紅燈

貳、儀器分析基因位情況：

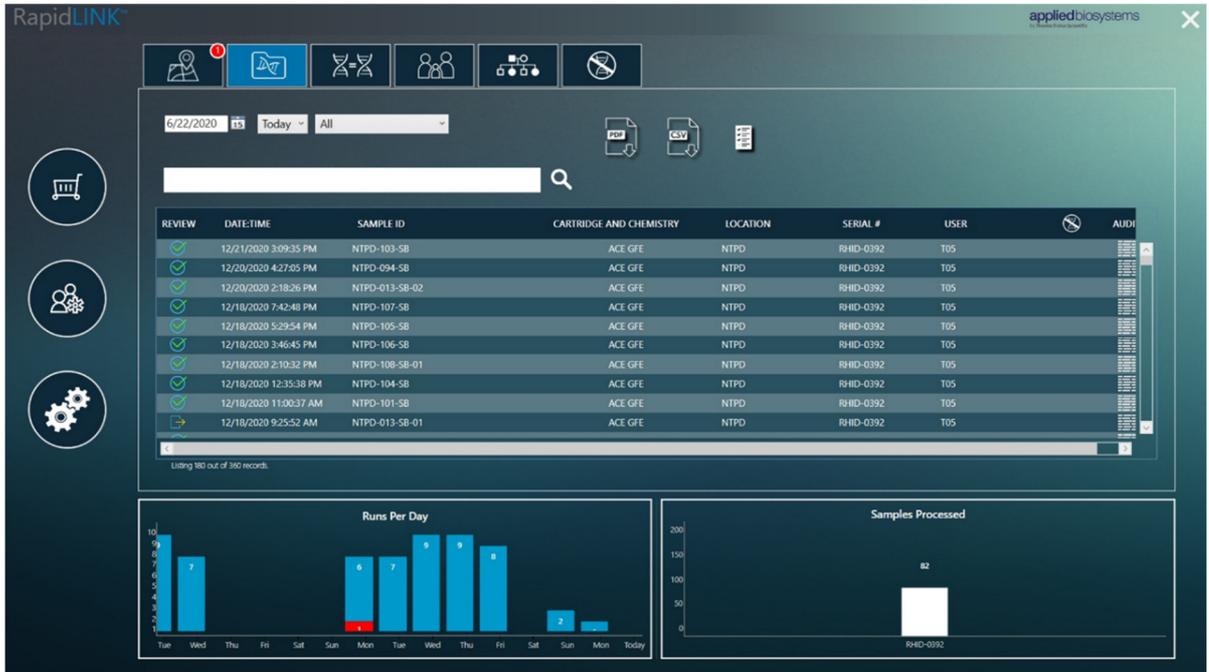
儀器分析後由電腦上之軟體 RapidLINK 觀看，檢視介面如【圖二十二】，再以 GeneMarker HID 軟體分析結果，檢視介面如【圖二十三】，為儀器依分析 RI 卡匣與 ACE 卡匣之數據結果後，依判讀標準【如表 4】計算。由分析結果檢視介面觀察基因位型別分析之情況：

- 一、綠旗：單一基因位型別為單一來源、同型合子與異型合子之閾值及異型合子之高度比率等皆符合標準。
- ⌚ 二、黃旗：單一基因位型別非單一來源、同型合子與異型合子之閾值或異型合子之高度比率等不符合標準。
- ⊘ 三、紅圈：單一基因位型別無法判讀(如 out of bin、pull up)或出現

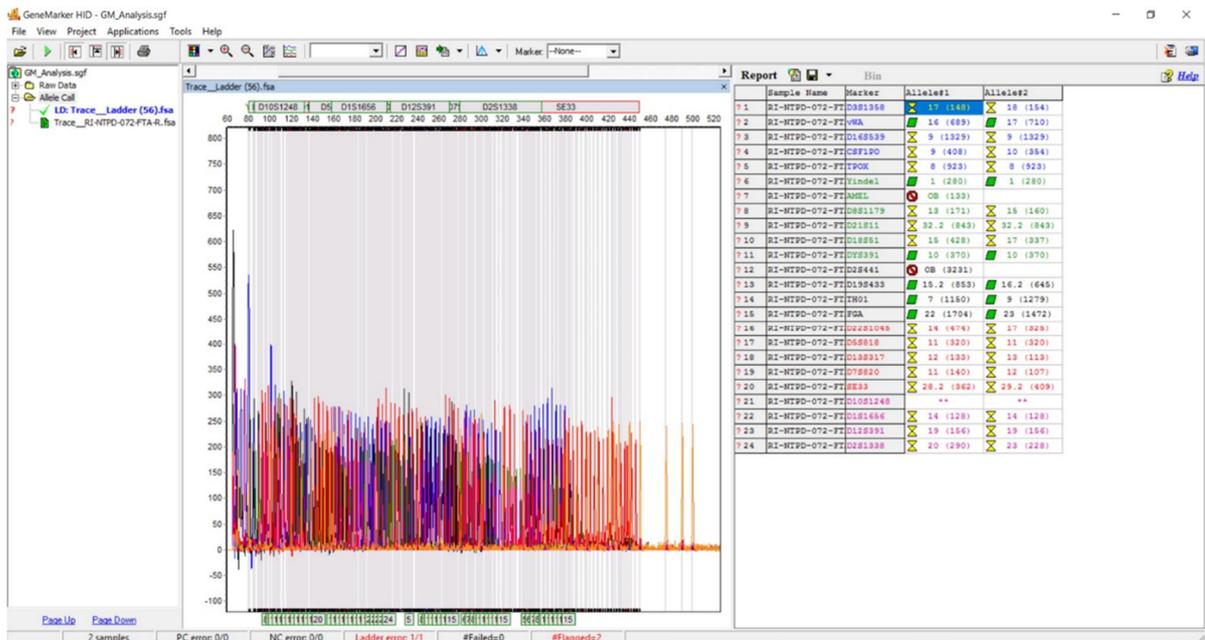
第 3 個以上之基因位型別。



四、未檢出型別：該基因位無型別。



【圖二十二】 RapidLINK 軟體檢視介面



【圖二十三】 GeneMarker HID 軟體檢視介面

【表 4】儀器分析 RI 卡匣與 ACE 卡匣之判讀標準

系統閾值	RI 卡匣	ACE 卡匣
異型合子閾值	50 RFU	所有基因位 50 RFU 例外： TPOX = 84 RFU Yindel = 74 RFU D2S441 = 68 RFU
同型合子閾值	所有基因位 1600 RFU 例外： Yindel = 50 RFU DYS391 = 50 RFU	所有基因位 100 RFU 例外： TPOX = 210 RFU Yindel = 74 RFU DYS391 = 50 RFU D2S441 = 136 RFU SE33 = 150 RFU S2S1338 = 125RFU
異型合子之雙峰高度比率	所有基因位 40% 例外： Yindel、DYS391 = 99%	50%
異型合子最小峰高	640 RFU	-
stutter 過濾	21%	20%
	正控制組為 30%	
峰的最多數量	2	2

參、 計算綠燈比率：

該項實驗所有檢體分析，儀器顯示結果為綠燈之比率。

肆、 計算可上傳型別比對率：

檢體經分析後於 Identifiler Plus 16 組基因位型別達 9 組以上為綠旗者之比率。

伍、 計算上傳型別正確率：

檢體經儀器分析後顯示綠旗之可上傳 DNA-STR 型別，與該檢體經現行實驗分析之 DNA-STR 型別(視為正確型別)比對，計算型別正確之比率。

第四章 結果與討論

第一節 實驗結果分析

壹、人類口腔唾液檢體之檢出率與正確性分析

一、ACE 卡匣使用於唾液棉棒與 FTA 卡分析結果【如表 5、圖二十四】：

(一)唾液棉棒綠燈比率為 73%較佳，FTA 卡綠燈比率為 67%較差。

(二)可上傳型別比對率以唾液棉棒較高(100%>93%)。

(三)但上傳型別正確率以 FTA 卡為 100%(>97%)。

二、RI 卡匣使用於唾液棉棒與 FTA 卡分析結果【如表 5、圖二十四】：

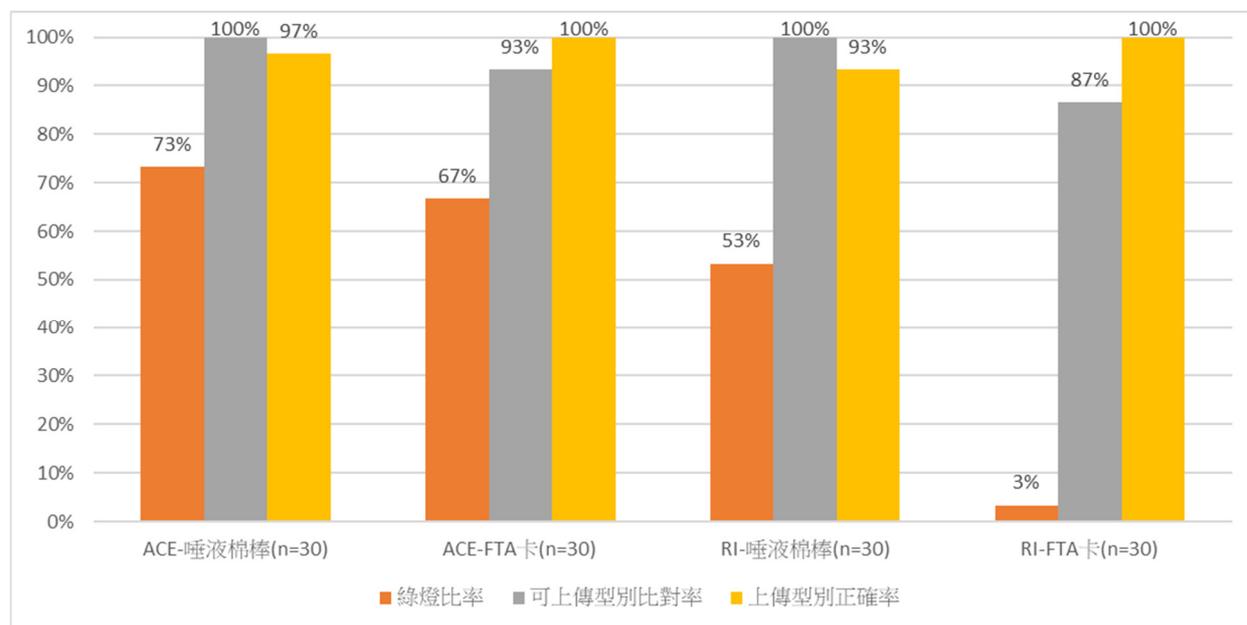
(一)唾液棉棒綠燈比率為 53%較佳，FTA 卡綠燈比率為 3%較差。

(二)唾液棉棒可上傳型別比對率為 100%較佳，FTA 卡可上傳型別比對率為 87%較差。

(三)FTA 卡上傳型別正確率為 100%較佳，唾液棉棒上傳型別正確率為 93%較差。

【表 5】人類口腔唾液檢體之結果分析

種類 (數量)	綠燈			黃燈			整體表現		
	綠燈數	可上傳 比對率	上傳型別 正確率	黃燈數	可上傳 比對率	上傳型別 正確率	綠燈 比率	可上傳 比對率	上傳型別 正確率
ACE-唾液棉 棒 (30)	22	22/22 100%	22/22 100%	8	8/8 100%	7/8 88%	22/30 73%	30/30 100%	29/30 97%
ACE-FTA 卡 (30)	20	20/20 100%	20/20 100%	10	8/10 80%	8/8 100%	20/30 67%	28/30 93%	28/28 100%
RI-唾液棉棒 (30)	16	16/16 100%	16/16 100%	14	14/14 100%	12/14 86%	16/30 53%	30/30 100%	28/30 93%
RI-FTA卡 (30)	1	1/1 100%	1/1 100%	29	25/29 86%	25/25 100%	1/30 3%	26/30 87%	26/26 100%



【圖二十四】人類口腔唾液檢體之整體表現

貳、 刑案現場常見證物 DNA 之檢出率與正確性分析

一、 菸蒂【如表 6、圖二十五】：

- (一)綠燈比率為 10%。
- (二)可上傳型別比對率為 100%。
- (三)上傳型別正確率為 80%。

二、 吸管【如表 6、圖二十五】：

- (一)綠燈比率為 10%。
- (二)可上傳型別比對率為 20%。
- (三)上傳型別正確率為 100%。

三、 瓶口棉棒【如表 6、圖二十五】：

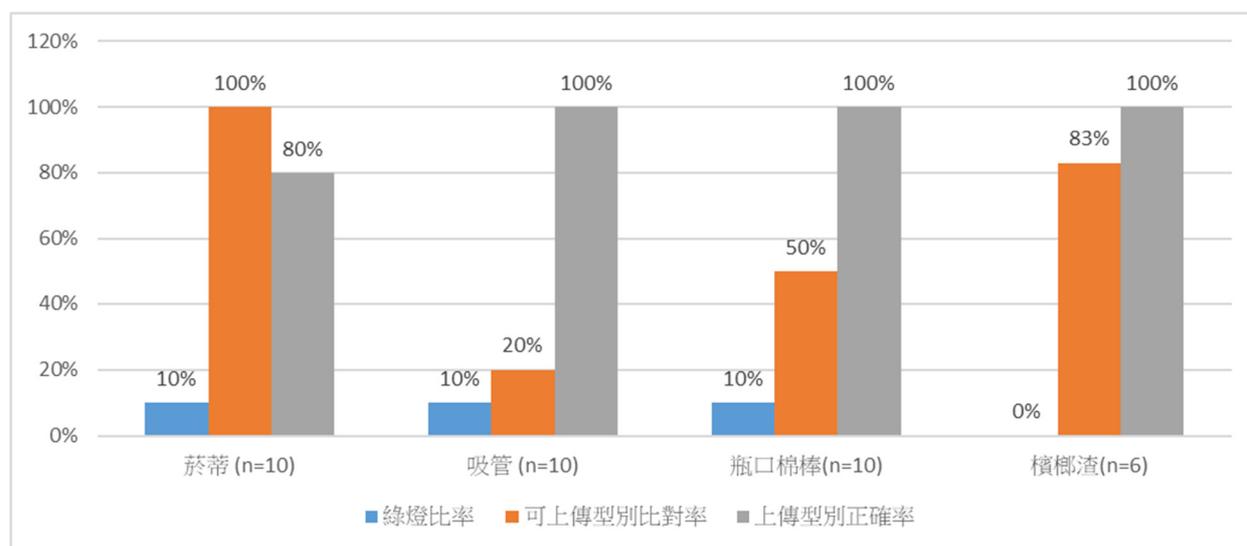
- (一)綠燈比率為 10%。
- (二)可上傳型別比對率為 50%。
- (三)上傳型別正確率為 100%。

四、 檳榔渣【如表 6、圖二十五】：

- (一)綠燈比率為 0%。
- (二)可上傳型別比對率為 83%。
- (三)上傳型別正確率為 100%。

【表 6】刑案現場常見證物 DNA 之結果分析

種類 (數量)	綠燈			黃燈			整體表現		
	綠燈數	可上傳比對率	上傳型別正確率	黃燈數	可上傳比對率	上傳型別正確率	綠燈比率	可上傳比對率	上傳型別正確率
菸蒂 (10)	1	1/1 100%	1/1 100%	9	9/9 100%	7/9 78%	1/10 10%	10/10 100%	8/10 80%
吸管 (10)	1	1/1 100%	1/1 100%	9	1/9 11%	1/1 100%	1/10 10%	2/10 20%	2/2 100%
瓶口棉棒 (10)	1	1/1 100%	1/1 100%	9	4/9 44%	4/4 100%	1/10 10%	5/10 50%	5/5 100%
檳榔渣 (6)	0	0 0%	0 0%	6	5/6 83%	5/5 100%	0/6 0%	5/6 83%	5/5 100%



【圖二十五】刑案現場常見證物 DNA 之整體表現

參、使用不同採集工具對 DNA 檢出率之分析

一、唾液體積量 1ul、2ul、4ul、8ul 採驗結果分析【如表 7、圖二十六】：

(一) 以傳統棉棒採取：

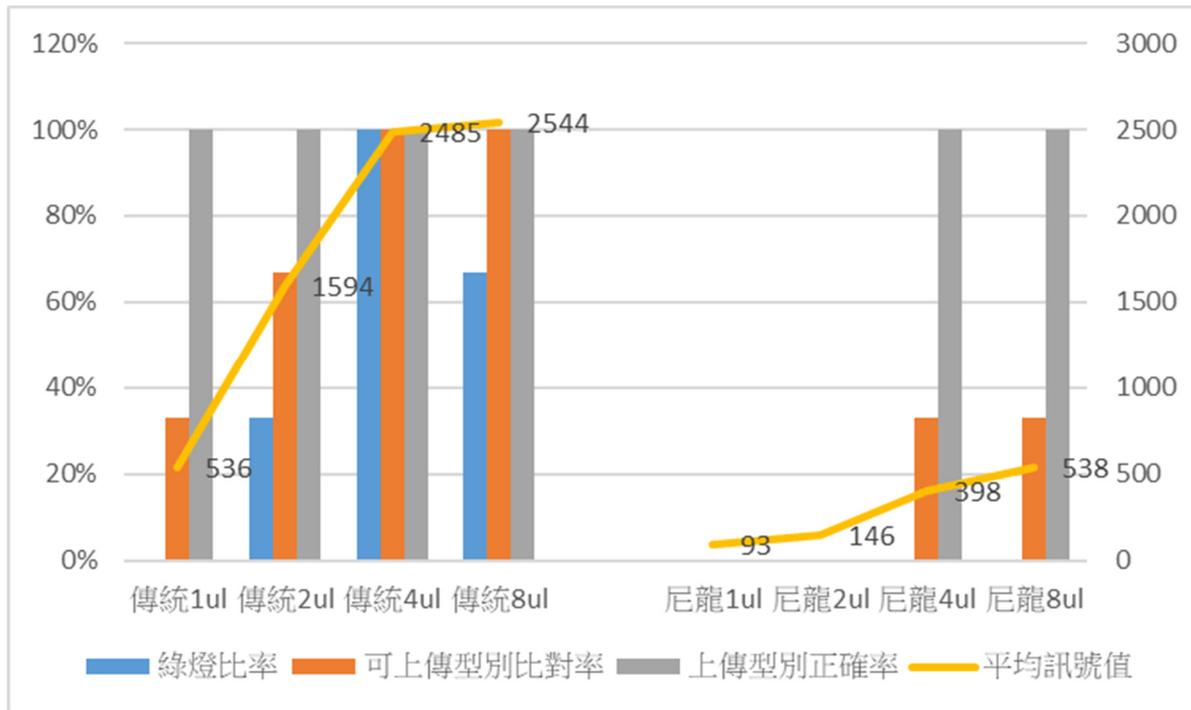
1. 綠燈比率分別為 0%、33%、100%、67%。
2. 可上傳型別比對率分別為 33%、67%、100%、100%。
3. 上傳型別正確率皆為 100%。
4. 平均訊號值(RFU)分別為 536、1,594、2,485、2,544。

(二) 以尼龍採集棒採取：

1. 綠燈比率皆為 0%。
2. 可上傳型別比對率分別為 0%、0%、33%、33%。
3. 上傳型別正確率分別為 0%、0%、100%、100%。
4. 平均訊號值(RFU)分別為 93、146、398、538。

【表 7】使用不同採集工具之結果分析-唾液類

	唾液體積量	綠燈			黃燈			整體表現			平均訊號值 (RFU)
		綠燈數	可上傳比對率	上傳型別正確率	黃燈數	可上傳比對率	上傳型別正確率	綠燈比率	可上傳比對率	上傳型別正確率	
傳統棉棒	1ul	-	-	-	3	1/3 33%	1/3 33%	-	1/3 33%	1/1 100%	536
	2ul	1	1/1 100%	1/1 100%	2	1/2 50%	1/2 50%	1/3 33%	2/3 67%	2/2 100%	1594
	4ul	3	3/3 100%	3/3 100%	-	-	-	3/3 100%	3/3 100%	3/3 100%	2485
	8ul	2	2/2 100%	2/2 100%	1	1/1 100%	1/1 100%	2/3 67%	3/3 100%	3/3 100%	2544
尼龍採集棒	1ul	-	-	-	3	-	-	-	-	-	93
	2ul	-	-	-	3	-	-	-	-	-	146
	4ul	-	-	-	3	1/3 33%	1/3 33%	-	1/3 33%	1/1 100%	398
	8ul	-	-	-	3	1/3 33%	1/3 33%	-	1/3 33%	1/1 100%	538



【圖二十六】使用不同採集工具之整體表現-唾液類

二、 血液體積量 1ul、2ul、4ul 採驗結果分析【如表 8、圖二十七】：

(一) 以傳統棉棒採取：

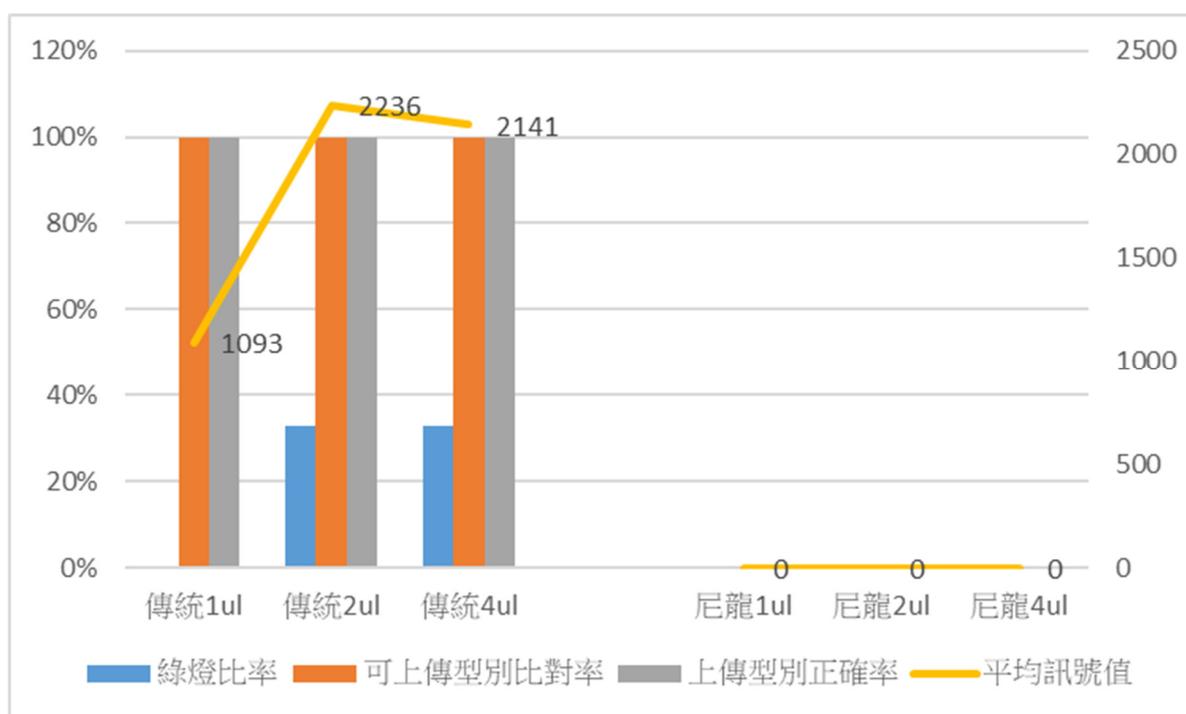
1. 綠燈比率分別為 0%、33%、33%。
2. 可上傳型別比對率皆為 100%。
3. 上傳型別正確率皆為 100%。
4. 平均訊號值(RFU)分別為 1,093、2,236、2,141。

(二) 以尼龍採集棒採取：

1. 綠燈比率皆為 0%。
2. 可上傳型別比對率皆為 0%。
3. 上傳型別正確率皆為 0%。
4. 平均訊號值(RFU)皆為 0%。

【表 8】使用不同採集工具之結果分析-血液類

	血液體積量	綠燈			黃燈			整體表現			平均訊號值 (RFU)
		綠燈數	可上傳比對率	上傳型別正確率	黃燈數	可上傳比對率	上傳型別正確率	綠燈比率	可上傳比對率	上傳型別正確率	
傳統棉棒	1ul	-	-	-	3	3/3 100%	3/3 100%	-	3/3 100%	3/3 100%	1093
	2ul	1	1/1 100%	1/1 100%	2	2/2 100%	2/2 100%	1/3 33%	3/3 100%	3/3 100%	2236
	4ul	1	1/1 100%	1/1 100%	2	2/2 100%	2/2 100%	1/3 33%	3/3 100%	3/3 100%	2141
尼龍採集棒	1ul	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0
	2ul	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0
	4ul	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0



【圖二十七】使用不同採集工具之整體表現-血液類

第二節 實驗結果討論

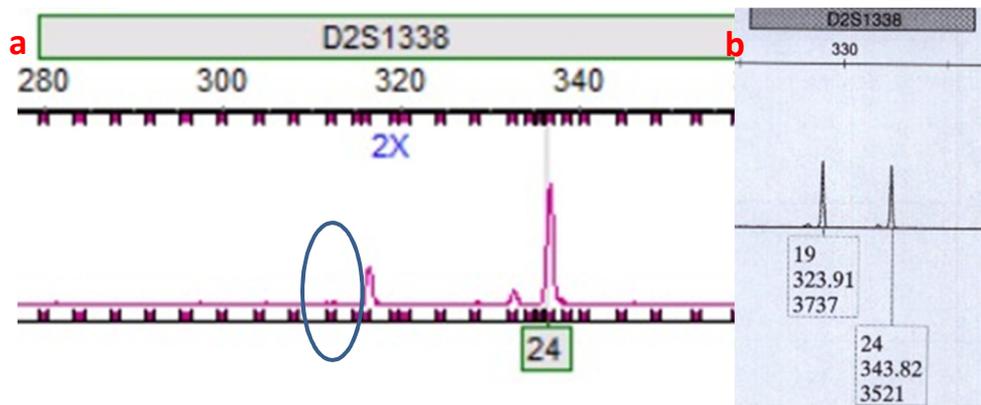
壹、人類口腔唾液檢體之檢出率與正確性分析

檢體之檢出率因檢體 DNA 含量多寡，或 PCR 實驗過程中是否有抑制物等因素而影響檢體檢出率，且鑑定證物檢體之正確性的要求嚴苛，不容許有絲毫之錯誤發生。然在分析本實驗共 120 個檢體之檢測結果發現，有 3 個檢體之 4 個基因位，雖符合儀器的判讀標準(基因位標示均為綠旗)，但其與現行 Identifiler Plus 實驗分析之對應基因位型別比對結果，發現與儀器判讀結果不相同，相關內容分別討論如次：

- 一、 ACE-唾液棉棒檢體(編號：NTPD-090)基因位：D2S1338(機器判讀為 24,24；現行實驗為 19,24)【如圖二十八、圖二十九】
 - (一) ACE 卡匣之 D2S1338 基因位原廠儀器判讀標準為：同型合子之閾值為 125 RFU，異型合子之閾值為 50 RFU，異型合子之高度比率為 50%。
 - (二) 由圖譜發現：D2S1338 基因位應為異型合子，因 19 位置型別訊號值小於 50 RFU，24 位置型別訊號值為 160 RFU，故儀器判讀成同型合子。

Report		Bin		
	Sample Name	Marker	Allele#1	Allele#2
? 1	NTPD-090	D3S1358	15 (274)	17 (148)
? 2	NTPD-090	vWA	14 (315)	17 (276)
? 3	NTPD-090	D16S539	8 (205)	13 (181)
? 4	NTPD-090	CSF1PO	13 (290)	13 (290)
? 5	NTPD-090	TPOX	8 (100)	11 (85)
? 6	NTPD-090	Yindel	1 (644)	1 (644)
? 7	NTPD-090	AMEL	X (199)	Y (278)
? 8	NTPD-090	D8S1179	15 (231)	15 (231)
? 9	NTPD-090	D21S11	29 (633)	29 (633)
? 10	NTPD-090	D18S51	14 (218)	21 (146)
? 11	NTPD-090	DYS391	11 (127)	11 (127)
? 12	NTPD-090	D2S441	11.3 (613)	12 (524)
? 13	NTPD-090	D19S433	14 (285)	15 (193)
? 14	NTPD-090	TH01	9 (375)	9 (375)
? 15	NTPD-090	FGA	21 (295)	24 (312)
? 16	NTPD-090	D22S1045	14 (527)	15 (406)
? 17	NTPD-090	D5S818	9 (321)	11 (374)
? 18	NTPD-090	D13S317	10 (272)	11 (321)
? 19	NTPD-090	D7S820	10 (315)	11 (116)
? 20	NTPD-090	SE33	20 (292)	22.2 (196)
? 21	NTPD-090	D10S1248	14 (289)	15 (252)
? 22	NTPD-090	D1S1656	13 (363)	14 (226)
? 23	NTPD-090	D12S391	18 (139)	19 (158)
? 24	NTPD-090	D2S1338	24 (160)	24 (160)

【圖二十八】D2S1338 基因位顯示綠旗



【圖二十九】D2S1338 基因位圖譜(a)儀器結果(b)現行實驗結果

二、 RI-唾液棉棒檢體基因位(編號 RI-NTPD-017-SB)：D19S433
(機器判讀為 13.1,14；現行實驗為 14,14)、TH01(機器判讀為
5.3,7；現行實驗為 7,7)【如圖三十、圖三十一】

(一) RI卡匣之D19S433與TH01基因位原廠儀器判讀標準為：

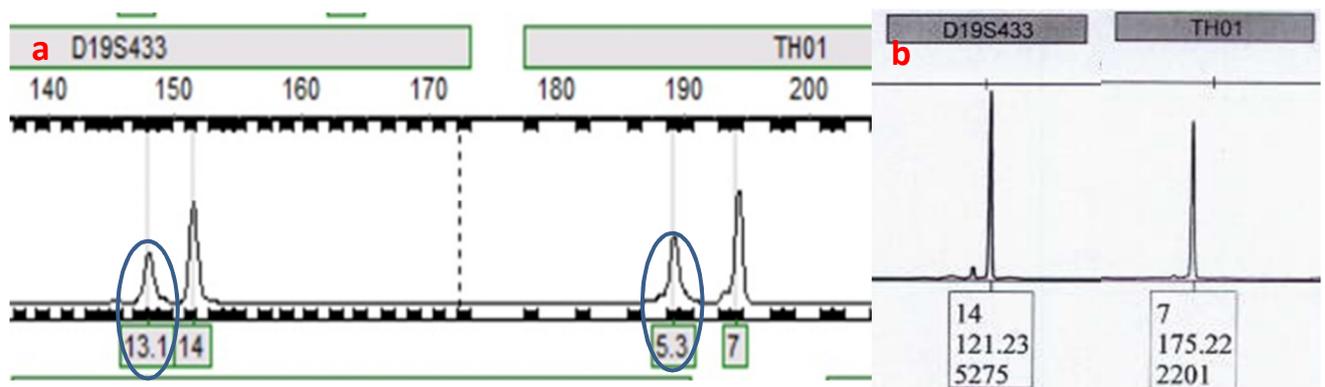
同型合子之閾值為 1600 RFU，異型合子之閾值為 50 RFU，
異型合子之高度比率為 40%。

(二) 由圖譜發現：D19S433 基因位之 13.1 與 14 位置型別訊號
值分別為 6,753RFU 與 13,596RFU，TH01 基因位之 5.3 與
7 位置型別訊號值分別為 8,968RFU 與 15,239RFU，2 者
高度比率分別為 50%與 59%且皆高於 40%，故儀器判讀
成異型合子。

(三) D19S433 基因位之 13.1 位置型別與 TH01 基因位之 5.3 位
置型別，分析可能為過高之 stutter，由於 RI 卡匣的設計
主要給 DNA 量低的檢體使用，所以當 DNA 量過多時，
容易造成 stutter 過高發生儀器誤判情形。

? 12	RI-NTPD-017-SB	D2S441	10 (17537)	11.3 (15782)		
? 13	RI-NTPD-017-SB	D19S433	13.1 (6753)	14 (13596)	←	
? 14	RI-NTPD-017-SB	TH01	5.3 (8968)	7 (15239)	←	
? 15	RI-NTPD-017-SB	FGA	OB (1795)	OB (2194)	22 (7636)	24 (8143)
? 16	RI-NTPD-017-SB	D22S1045	11 (13994)	16 (8020)		
? 17	RI-NTPD-017-SB	D5S818	7 (5485)	11 (4121)		
? 18	RI-NTPD-017-SB	D13S317	8 (4342)	11 (2832)		
? 19	RI-NTPD-017-SB	D7S820	10 (2683)	11 (2208)		
? 20	RI-NTPD-017-SB	SE33	19 (2568)	28.2 (1676)		

【圖三十】D19S433 與 TH01 基因位顯示綠旗



【圖三十一】D19S433 與 TH01 基因位圖譜(a)儀器結果(b)現行實驗

結果

三、 RI-唾液棉棒檢體基因位(編號 RI-NTPD-068-SB)：TH01(機器判讀為 5.3,7；現行實驗為 7,7)【如圖三十二、圖三十三】

(一) RI 卡匣之 TH01 基因位原廠儀器判讀標準為：同型合子之閾值為 1600 RFU，異型合子之閾值為 50 RFU，異型合子之高度比率為 40%。

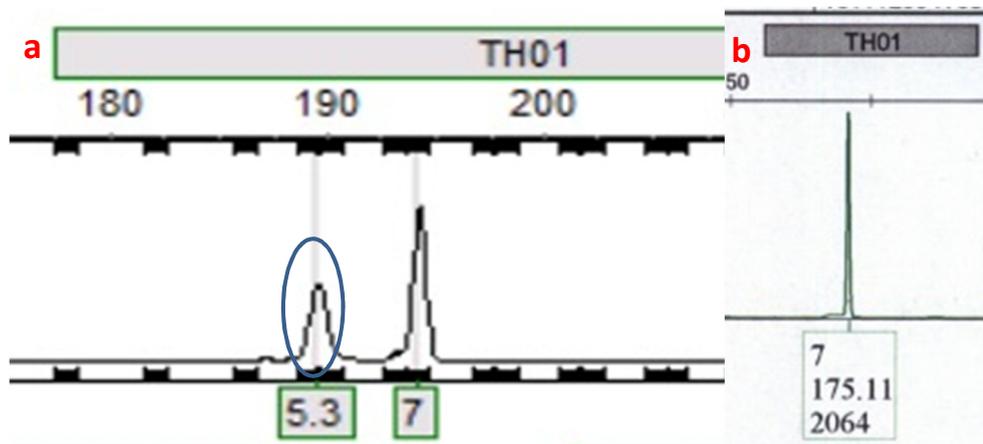
(二) 由圖譜發現：TH01 基因位之 5.3 與 7 位置型別訊號值分別為 9,716RFU 與 19,666RFU，2 者高度比率為 49%且皆

高於 40%，故儀器判讀成異型合子。

(三) TH01 基因位之 5.3 位置型別，分析應為過高之 stutter，由於 RI 卡匣的設計主要給 DNA 量低的檢體使用，所以當 DNA 量過多時，容易造成 stutter 過高發生儀器誤判情形。

? 10	RI-NTPD-068-SB	D18S51	12 (6410)	12 (6410)	
? 11	RI-NTPD-068-SB	DYS391	10 (3262)	10 (3262)	
? 12	RI-NTPD-068-SB	D2S441	9 (2177)	9.1 (9475)	12 (8588)
? 13	RI-NTPD-068-SB	D19S433	14 (5966)	15 (4565)	
? 14	RI-NTPD-068-SB	TH01	5.3 (9716)	7 (19666)	←
? 15	RI-NTPD-068-SB	FGA	20 (9421)	22 (8151)	
? 16	RI-NTPD-068-SB	D22S1045	15 (5852)	16 (5142)	
? 17	RI-NTPD-068-SB	D5S818	11 (2700)	12 (2333)	
? 18	RI-NTPD-068-SB	D13S317	9 (2300)	11 (2186)	
? 19	RI-NTPD-068-SB	D7S820	8 (2271)	12 (1782)	
? 20	RI-NTPD-068-SB	SE33	29.2 (2457)	33.2 (1841)	

【圖三十二】TH01 基因位顯示綠旗



【圖三十三】TH01 基因位圖譜(a)儀器結果(b)現行實驗結果

貳、 刑案現場常見證物 DNA 之檢出率與正確性分析

- 一、 本實驗中以 RI 卡匣檢測之菸蒂、吸管、瓶口棉棒與檳榔渣檢體檢測結果，可上傳型別比對率以菸蒂最高(100%)、檳榔渣(83%)次之、瓶口棉棒(50%)、吸管(20%)最差。
- 二、 惟 6 個菸蒂檢體檢測中，發現 2 個檢體之 TH01 基因位，與現行 Identifiler Plus 實驗分析之對應基因位比對，發現與儀器判讀結果不相同，即機器判讀為 7,3,9 型別，現行實驗為 9,9 型別；與機器判讀為 8,9 型別，現行實驗為 9,9 型別，問題發生與相關解釋及應注意判讀等內容同前所述。

參、 使用不同採集工具對 DNA 檢出率之分析

- 一、 本實驗中以傳統棉棒採集唾液與血液檢體，並使用 RI 卡匣檢測發現，當 2 者體積量越多，實驗結果可上傳型別比對率暨上傳型別正確率亦較高，以 4ul 唾液檢體與 1ul 血液檢體即達 100%，平均訊號值也因體積量越高而變高。
- 二、 而以尼龍採集棒採集唾液與血液檢體，並使用 RI 卡匣檢測發現，在唾液檢體中，唾液檢體體積量達到 8ul 之實驗結果，可上傳型別比對率僅 33%，而所有血液檢體之實驗結果，可上傳比對率皆為 0%，平均訊號值亦為 0。

三、原因分析：尼龍採集棒的組成結構相對於傳統棉棒，有良好脫附效果，有助於 DNA 萃取，然尼龍採集棒上含有細菌抑制劑卻是 PCR 抑制物，然而 RapidHIT ID System 之實驗流程，並無精緻之 DNA 純化過程，無法去除雜質與 PCR 抑制物，故在唾液檢體的採集表現很差，又由於血液內的血紅素亦為 PCR 抑制物，故以尼龍採集棒採集血液檢體之檢測結果為最差。

第五章 結論與建議

第一節 結論

DNA 污染是產生 DNA 鑑定結論錯誤的重要因素，近年來由於科技的發展演進，DNA 經由 PCR 技術大量複製後，並藉由高階毛細管分析儀器的鑑驗分析，DNA 物證鑑定技術靈敏度的提高，原量微之 DNA 量皆被擴大，如有污染問題自容易被發現。

DNA 污染種類計有自身污染、交叉污染、PCR 污染 3 種，自身污染來自於採樣時即受污染，交叉污染來自於檢體錯置，PCR 污染來自於加藥時藥劑或器具污染。本實驗所使用之儀器，除自身污染已在實驗進行前，即以嚴謹之採樣過程避免外，儀器經由正負控制組之交叉試驗，並檢視測試檢體與其分析結果發現，該儀器皆無交叉污染與 PCR 污染之情況發生。

DNA 鑑定儀器系統於出廠前即經過一系列之確效試驗檢測，並訂定檢體分析之標準閾值，檢體經由該儀器分析後，檢體狀況良好並符合判定標準閾值時，儀器會給判定結果燈號，綠燈即表示檢體品質良好且基因位皆符合儀器之判定標準閾值，黃燈即表示檢體內之基因位有不符儀器之判定標準閾值。

本實驗 ACE 卡匣與 RI 卡匣各搭配 2 種採樣口腔唾液之工具、RI

卡匣搭配 4 種常見刑案證物檢體及 RI 卡匣搭配不同體積量之唾液與血液之 2 種採樣工具等，共採樣實驗 198 個檢體。經儀器分析後發現，燈號為綠燈時，16 組可上傳型別比對率與上傳型別正確率皆為 100%；燈號為黃燈時，可上傳型別比對率並非 100%，且上傳型別正確率亦非 100%。

因此當檢體經儀器檢測後燈號結果為綠燈時，可認定該檢體型別為正確且可允收之資料。而於該檢體經儀器檢測結果為黃燈，實驗結果須由人工再進行判讀確認，有些錯誤由人工檢視即會被發現，有些錯誤尚須輔以現行實驗流程分析確認。尤其以 RI 卡匣分析檢體之 D19S433 與 TH01 基因位，檢測結果為黃燈時必需再次進行確認。

ACE 卡匣與 RI 卡匣之主要差異為 RI 卡匣之 DNA 萃取時所需之裂解緩衝液體積量從 500ul 減少至 300ul，及 PCR 循環數由 28 增加至 32 個。所以 ACE 卡匣適合進行口腔檢體等 DNA 量多檢體分析使用，而 RI 卡匣主要設計為相對 DNA 量少之證物檢體分析使用。

本實驗結果發現 ACE 卡匣與 RI 卡匣在口腔唾液檢體檢測實驗中，以 ACE 卡匣分析傳統棉棒採集檢測結果較佳，綠燈比率最高 73%，可上傳型別比對率 100%，惟上傳型別正確率雖非 100%，但該錯誤可由人工檢視確認。

由於 FTA 卡表面塗佈化學藥劑，而 RapidHIT ID System 之實驗

流程並無 DNA 純化過程，無法有效去除雜質與 PCR 抑制物，且 FTA 卡因採樣口腔唾液後尚需經過轉移過程，DNA 量分佈較不均勻。是以 ACE 卡匣與 RI 卡匣分析之 FTA 卡，綠燈比率皆較傳統棉棒差。

以 RI 卡匣在菸蒂、檳榔渣、瓶口棉棒、吸管檢體分析結果，綠燈比率皆為 10% 以下，惟可上傳型別比對率範圍約為 20% 至 100%。

以 RI 卡匣分析使用傳統棉棒與尼龍採集棒在不同體積量之唾液與血液之實驗中，發現其中傳統棉棒在唾液與血液之體積量越多，DNA 檢出率越好，傳統棉棒在 4ul 唾液檢體與 1ul 血液檢體時，可上傳型別比對率即達 100%，平均訊號值也因體積量越多訊號值越高。而尼龍採集棒因塗佈抑菌劑，在 4ul 唾液檢體分析中，可上傳型別比對率僅有 33%，另在血液檢體分析中，可上傳型別比對率為 0%。

本局於 108 年新北市政府自行研究計畫中，討論提升 DNA 證物之檢出率研究，該研究證明使用尼龍採集棒可提升微量 DNA 證物檢出率，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，可提高證物檢出率[4]。故由前述結果可知，依現行實驗分析鑑定流程，以尼龍採集棒與傳統棉棒採集 DNA 量多的檢體進行比較，2 者並無明顯差別。

而 RapidHIT ID System 之 RI 卡匣只適用在血液與唾液等 DNA 量多檢體。本研究實驗顯示，以尼龍採集棒工具所採集的血液與唾液

檢體，檢測的效果較差，不但沒有提高證物檢出率，對於血液檢體檢測，還有抑制 PCR 的現象。

國內外文獻研究指出[15]，傳統棉棒由於纖維構造原因，部分 DNA 吸附在棉質纖維上而無法順利釋放，造成 DNA 檢出量較原本採獲 DNA 量少。而尼龍採集棒的 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。但運用在 RapidHIT ID System 時，尼龍採集棒採集 DNA 量多的檢體，反而導致鑑驗效果較差。

第二節 建議

壹、應用於緊急重大案件之鑑定

RapidHIT ID System 僅需 90 分鐘即可獲得鑑定結果的優異特性，經本實驗結果顯示，對於刑案現場常見證物如菸蒂、檳榔渣等搭配 RI 卡匣，經儀器分析後成效良好，同時與實驗室鑑定進行雙重確認，特別適合應用於緊急重大案件物證物檢體的 DNA 鑑定工作。

以 109 年 11 月本局土城分局轄內發生搶奪案為例，本中心於嫌犯遺留現場之黃色夾腳拖鞋上採集 DNA 檢體，以 RapidHIT ID System 配合 RI 卡匣進行分析結果，於 90 分鐘後獲得 12 組基因座型別，符合上傳資料庫比對分析標準（9 組基因座型別即可上傳）。

另以現行實驗室標準鑑驗程序進行鑑驗，於 12 小時後獲得完整 16 組基因座型別。比較儀器結果與實驗室鑑定結果，2 者基因型別相符，經上傳資料庫比對結果，均可比中資料庫強制建檔對象。故應用 RapidHIT ID System 使鑑驗時效大幅縮短，有效提升鑑驗效能。

貳、應用於失蹤人口比對與親緣鑑定

失蹤人口協尋是警察為民服務工作中重要的一環。由於目前失蹤人口的 DNA 比對主要還是仰賴於親緣鑑定，而做親緣鑑定分析的檢體，主要為失蹤者家屬口腔唾液棉棒標準檢體，可進行父(母)子尋父(母)或父母尋子，為 3 人型別比對。而本實驗結果顯示，口腔唾液檢體搭配 ACE 卡匣，經儀器分析後成效良好，適合進行親緣鑑定的工作。

本實驗室現行標準鑑定之親緣鑑定分析試劑所使用的 Identifiler Plus 鑑驗試劑為人類 16 組基因位，而使用 RapidHIT ID System 搭配 ACE 卡匣內所使用的鑑驗試劑為 GlobalFiler Express，可分析人類 24 組基因型別，且 Yindel 與 DYS391 為分析男性 Y 性別染色體上之基因型，可提供男性遺傳訊息，對於親緣鑑定中多位點的分析有極大的幫助，可進行父(母)尋子或子尋父(母)，為 2 人型別比對。除了鑑驗時效快速外，亦可增加親緣指數並提高親子鑑別率，故使用 RapidHIT ID System 對於失蹤人口的親緣鑑定實有莫大助益。

參、 持續研讀國外最新發表期刊文章並累積鑑定經驗供參

目前本局為全國唯一配置 RapidHIT ID System 的實驗室，而透過持續研讀國際最新發表期刊，吸收新知並瞭解國際上配

置 RapidHIT ID System 實驗室使用情形及運用在實際案例情形。

另本實驗結果顯示以尼龍採集棒採集 DNA 量多的檢體，經 RapidHIT ID System 分析，反而導致鑑驗效果較差，以傳統棉棒則無影響，該結果可供採證人員於實際現場之採證應用，另棉棒溶液吸取量之問題、實驗後 DNA 萃取液無法留存以及不適用於混合性 DNA 檢體等結果，可供實驗室操作人員參考。

本實驗室將持續精進及研究最佳鑑驗程序，累積本土化鑑定經驗，期能持續精進 RapidHIT ID System 最佳使用時機，搭配現行 DNA 實驗室標準作業程序，優化鑑定流程及縮短鑑驗時效，俾快速提供偵查訊息，掌握破案契機。

文獻參考

- [1] 黃國政等, 新北市政府警察局 2019 年鑑識年報, 新北市政府警察局. 2020. p.21-23.
- [2] J.M. Butler, Genetics and genomics of core short tandem repeat loci used in human identity testing, *Journal of Forensic Science*. 2006.51(2) : p. 253-265.
- [3] 錢文賢, DNA 建檔工作大躍進—口腔粘膜套組 (FTA 卡) 之運用與探討, 第 26 期刑事雙月刊, 內政部警政署刑事警察局. 2008. p. 47-50.
- [4] 胡志榕等, 提升 DNA 證物之檢出率, 108 年新北市政府自行研究計畫, 2019.
- [5] M. Date-Chong, et al., Evaluation of the RapidHIT 200 and RapidHIT GlobalFiler Express kit for fully automated STR genotyping. *Forensic Science International: Genetics*, 2016. 23 : p.1-8.
- [6] Samuel Boiso, et al., RapidHIT for the purpose of stain analyses - An interrupted implementation. *Forensic Science International : Genetics Supplement Series*, 2017. 6 : p.589-590.
- [7] S. Salceda, et al., Validation of a rapid DNA process with the RapidHIT ID system using GlobalFiler Express chemistry, a platform optimized for decentralized testing environments. *Forensic Science International :*

- Genetics, 2017. 28 : p.21-34.
- [8] <https://zh.wikipedia.org/wiki/聚合酶連鎖反應>/(瀏覽時間:109 年 12 月 20 日).
- [9] <https://www.genephile.com.tw/articles/STR%20application.htm> (瀏覽時間 : 109 年 12 月 20 日).
- [10]Erica L. Romsos, et al., Results of the 2018 Rapid DNA Maturity Assessment. Journal of Forensic Sciences, 2020. 10.1111/1556-4029.14267.
- [11]Rachel Wiley, et al., Internal Validation of the RapidHIT ID System. Forensic Science International : Genetics, 2017. 31 : p.180-187.
- [12]Chikako Murakami, et al., Individual identification using the RapidHIT ID system for forensic samples. Legal Medicine, 2020. 47 : 101776.
- [13]<https://www.thermofisher.com/tw/zt/home/industrial/forensics/human-identification/forensic-dna-analysis/dna-analysis/rapidhit-id-system-human-identification/rapidhit-id-system-crime-labs.html>
(Case study : Achieving ISO accreditation and solving cases rapidly, 瀏覽時間 : 109 年 12 月 28 日).
- [14]RapidINTEL Sample Cartridge for blood and saliva samples, Validation User Bulletin, 2019.
- [15]Jennifer Comtea, et al., Validating Touch DNA Collection Techniques Using Cotton Swabs. Journal of Forensic Research, 2019. 10 : 3.