

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030822

犯罪現場—血跡的研究

學校名稱：基隆市立銘傳國民中學

作者： 國二 張定堯 國二 吳庭葦	指導老師： 林玉婉
-------------------------	--------------

關鍵詞：血跡噴濺痕

犯罪現場—血跡的研究

摘要

在刑事案件中，血跡的形態是一項重要證據，能依此推論可能的攻擊位置，被害人的移動路線等，故血跡的研究有其重要性。

我們的實驗即是針對不同形態的血跡做觀察，了解出血點的高度、角度及凶器之不同對血液噴濺痕跡的影響，進而依此重建可能的凶案現場。

實驗過程中，我們嘗試用不同方法敲擊、射擊沾血海棉，期望增加對血液噴濺痕跡之了解，藉以提供更好的重建線索。

壹、 研究動機：

體育課時，突如其來的一球，打中了同學的鼻子，鼻子立即血流如柱，大家趕緊將他送去保健室。而我們卻發現地上的血跡有著不同的變化，垂直滴落的和斜斜滴落的血跡大小和形狀皆不相同。我們對此現象產生了極大的興趣，試想凶殺案現場有許多不同的血跡，有快速滴落、慢速滴落、甚至是凶器的血跡，各種血跡的形成方式各不相同，若知道如何形成，就可以還原案發現場，進一步破案了。

由此可知，血跡的研究是很有價值的。而我們在七年級生物課也學過血液相關概念，所以在進一步查閱資料下，得知許多案子皆利用血跡來破案，且藉由血液也可檢測出血型、DNA 等資料，這使我們更加積極的投入這項研究。

貳、 研究目的：

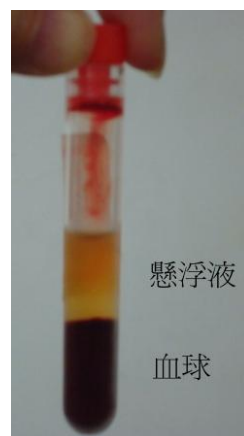
1. 觀察不同液體垂直滴落白紙的形態。
2. 觀察不同高度，垂直滴落白紙的血液形態與面積。
3. 觀察同一高度，垂直滴落不同材質表面之血液形態與乾燥時間。
4. 觀察同一高度，不同角度滴落之血液形態。
5. 運動中的血液形態之觀察。
6. 觀察高速血液噴濺痕跡與現場重建。

參、 實驗器材：

滴管、滴定管、紅墨汁、利百代打印水、鋼筆水、自動印章補充液、麥克筆補充液(酒精性)、廣告顏料、水彩、白紙、玻璃片、報紙、木板、滴定管架、燒杯、數位相機、尺、量角器、筆、碼錶、游標尺、釣魚線、電動 BB 槍、BB 彈、大長尾夾、榔頭、海棉。

肆、 文獻探討：

1. 血液：血液佔人體重量的 1/13。血液的成份主要分成血球液，血球部分有紅血球、白血球和血小板；懸浮液中，水比例，其他如抗體、激素、養分、廢物等。血液中也含有硫、鉀、鈉、磷等無機成分。
2. 新血與舊血：分辨新血與舊血可利用蛋白與白蛋白比值（gamma globulin/albumin ratio）簡稱 G/A ratio，時間愈久，值愈大。
3. 月經血：含活化劑（activator）、胞漿素（plasmin）、初期（proactivator），但不含胞漿素原（plasminogen）及纖維蛋白（fibrin），故不會凝結。可用免疫電泳法得知是否為月經血。
4. 血型：常見如 ABO、Rh 等系統。



和懸浮
佔絕大
氣、

G/A 比

活化物

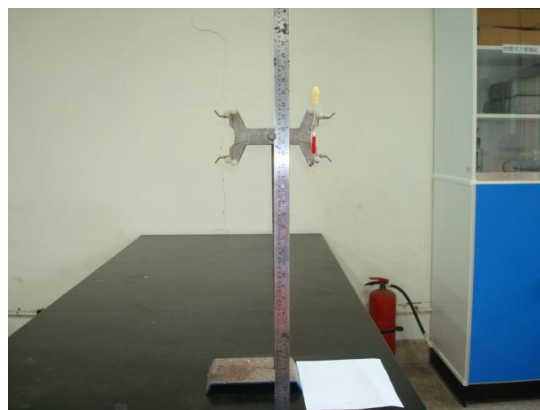
- DNA 圖譜分析：利用化學藥劑萃取出血液中的 DNA，再用限制酶切成片斷，以電泳法加以分離。現只需微量（20ul）檢體，便可不斷複製，再進行分析。可利用的技術有 PCR 等。
- 血液在空氣中形狀：血液具有與其他液體相同的內聚力（即表面張力），因此在空氣中為球狀。
- 血液之體積：一滴血的量差不多為 0.05ml，刀尖的血量可少至 0.03ml，但多少有些差異，不是非常精準。
- 溶血現象：紅血球被破壞了，失去帶氧功能。被破壞的紅血球內含的血紅素會被代謝為膽紅素，而有黃膽症狀。貧血患者常有溶血現象。

伍、 研究方法與結果：

（一）觀察不同液體垂直滴落白紙的形態



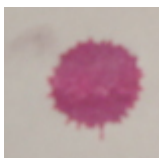
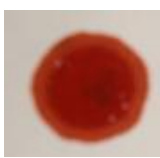
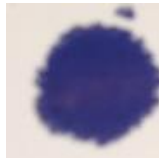





【步驟】

- 將不同液體置於滴管中，由 50 cm 高度垂直滴落白紙，比較其形態。（如圖）
- 拍照記錄。



【結果】

（表一）不同液體垂直滴落白紙的形態

液體種類	地中海型貧血患者血液	正常血液	紅墨汁	利百代打印水	鋼筆水
形態					
液體種類	自動印章補充液	麥克筆補充液(酒精性)	廣告顏料 (顏料：水 = 1：10)	水彩 (水彩：水 = 1：10)	廣告顏料 (顏料：水 = 1：5)
形態					

【討論】

- 由表一可知，不同液體滴落在白紙上的形態都不相同，比較地中海型貧血患者血液與正常血液也可發現在顏色、黏稠度上也有差異。事實上，我們發現地中海型貧血患者血液在放置 5 天左右就會出現溶血現象，故血液保存較不容易。
- 實驗過程我們發現，油性液體（如：利百代打印水）滴落後會擴散開來，直徑愈來愈大；水性液體並不會擴散開來，直徑與剛滴落時差異不大，但部分水性液體（水彩與廣告顏料）會有上下聚集現象。

3. 打印水、鋼筆水、補充液無輻射狀四散噴濺現象，此點和血液明顯不同。
4. 由上可知，我們需用一般血液來觀察噴濺形態，不適合用其他液體來取代。

(二) 觀察不同高度，垂直滴落白紙的血液形態與面積

【步驟】

1. 將血液由 10 cm~150 cm 高度，每 20 cm 實驗一次，垂直滴落白紙，比較其形態與面積。(如圖)
2. 改變滴定管口徑，觀察出血量多寡對滴落液體之形態與面積之影響。
3. 實驗重複三次，取平均值。



【結果】

(表二) 小口徑滴定管 (直徑 0.1 cm, 代表出血量少)

垂直高度 (cm)	10	30	50	70	90	110	130	150
直徑 (cm)	1.2	1.5	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	2.1
	1.1	1.4	1.6	1.7	1.8	1.85	1.9	2.0
	1.1	1.5	1.6	1.75	1.85	1.8	2.0	2.0
平均直徑 (cm)	1.13	1.45	1.63	1.71	1.81	1.85	1.93	2.03
形態								

(表三) 大口徑滴定管 (直徑 0.2 cm, 代表出血量多)

垂直高度 (cm)	10	30	50	70	90	110	130	150
直徑 (cm)	1.0	1.4	1.6	1.75	1.75	1.85	2.2	2.2
	1.2	1.5	1.75	1.85	2.0	2.0	2.1	2.2
	1.2	1.5	1.7	1.85	1.9	2.0	2.2	2.1
平均直徑 (cm)	1.13	1.46	1.68	1.81	1.88	1.95	2.16	2.16
形態								

【討論】

1. 由實驗可知，高度愈高，滴落的血液直徑愈大，向四周噴濺的現象就愈明顯，且血液形狀以圓形為主。
2. 比較表二、表三可知，出血量較多，滴落的血液直徑會較大，且向四周噴濺情況更為顯著。
3. 觀察連續滴落血液的形態，可發現噴濺血點由中心向外呈輻射狀四散噴濺，愈接近中心血液處血點愈密。所以，血液濺出的量、濺出的範圍、濺出的距離會因為滴落高度、液體的量而有所不同。連續滴落血液的噴濺現象就如照片一所示。



(照片一) 連續滴落血液的噴濺現象明顯

(三) 觀察同一高度，垂直滴落不同材質表面之血液形態與乾燥時間


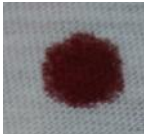
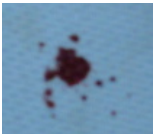
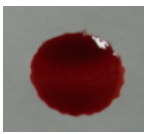
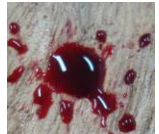

【步驟】

1. 將血液由 50 cm 高度垂直滴落於玻璃、木板、報紙、衣服等，比較其形態與乾燥時間。
2. 拍照記錄。


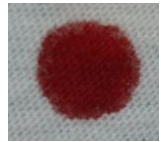
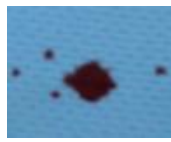



【結果】

(表四) 垂直滴落不同材質表面之血液形態與乾燥時間

A. 正常血液

材質	報紙	衣服 (棉質)	衣服 (人造纖維)	玻璃	原木	木板
乾燥時間	1 小時 26 分 20 秒	6 分 53 秒	17 分 30 秒	41 分 05 秒	1 小時 30 分 40 秒	1 小時 24 分 24 秒
血滴直徑	1.1 cm	0.9 cm	0.4 cm	0.9 cm	0.5 cm	1.1 cm
照片						

B.地中海型貧血患者血液

材質	報紙	衣服 (棉質)	衣服 (人造纖維)	玻璃	原木	木板
乾燥時間	1 小時 26 分 20 秒	5 分 20 秒	16 分 55 秒	52 分 15 秒	1 小時 48 分 50 秒	1 小時 28 分 12 秒
血滴直徑	1.3 cm	1.0 cm	0.6 cm	1.3 cm	0.7 cm	1.3 cm
照片						

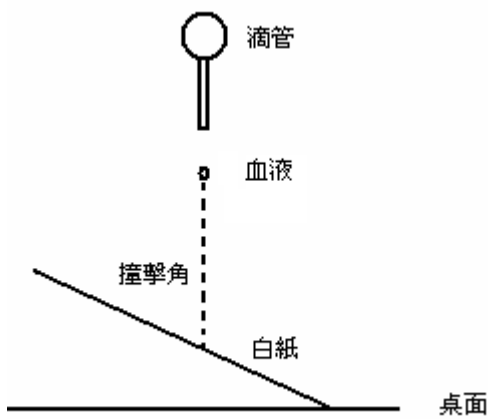
【討論】

1. 材質不同使滴落血液的形狀有所差異，在人造纖維衣料與原木上之血液為不規則形。
2. 比較正常血液與地中海型貧血患者血液發現，地中海型貧血患者血液較呈水狀，而正常血液較濃稠，血滴直徑也較小。
3. 液體乾燥時間受材質吸水性影響，在吸水性差材質上的液體乾燥時間相對較長。
4. 材質吸水性也影響了血液直徑，報紙吸水速率不是很快，液體擴散直徑較大；而棉質衣料能快速吸收水分，使滴落液體直徑較小（來不及橫向擴散）。
5. 比較人造纖維衣料與原木，雖皆呈不規則形，但人造纖維衣料吸收力較原木好，而原木較不能吸收血液（可能和其表面處理有關）。
6. 爲了方便觀察與比較，我們選擇影印用白紙做下列的實驗。

(四) 觀察同一高度，不同角度滴落之血液形態

【步驟】


1. 以口徑 0.1 cm 滴定管，將血液由 20 cm 與 50 cm 高度，自角度 20 度至 70 度，每隔 10 度做一次實驗，使血液滴落白紙，比較其形態與面積（裝置如下圖）。
2. 測量血液長軸與短軸。
3. 實驗重複三次，取平均值。
4. 將血液的短軸÷長軸，對照 sin 對照表（附表），換算出撞擊角並與原撞擊角比較。



【結果】

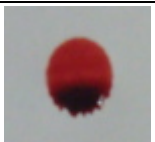




(表五) 在 20 cm 高度，以不同角度滴落於白紙上之結果 (單位：cm)


撞擊角	第一次實驗		第二次實驗		第三次實驗		平均		短軸÷長軸	換算之撞擊角(度)◎	誤差(度)※	照片
	長軸	短軸	長軸	短軸	長軸	短軸	長軸	短軸				
70度	1.7	1.5	1.6	1.5	1.4	1.3	1.56	1.43	0.916	66.5	3.5	
60度	1.7	1.4	1.7	1.5	1.7	1.5	1.7	1.46	0.858	59	1	
50度	1.8	1.1	1.8	1.1	1.9	1.2	1.83	1.13	0.617	38	12	
40度	2.1	0.9	2.0	1.0	2.0	0.9	2.03	0.93	0.458	27	13	
30度	2.4	0.9	2.4	0.8	2.4	0.7	2.4	0.8	0.33	19.5	10.5	

20 度	2.5	0.5	2.3	0.5	2.5	0.5	2.43	0.5	0.2	12	8	
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------------	------------	-----	----	---	---

◎短軸/長軸 = sin (換算之撞擊角) ※誤差 = 撞擊角 - 換算之撞擊角

(表六) 在 50 cm 高度，以不同角度滴落於白紙上之結果 (單位：cm)

撞擊角	第一次實驗		第二次實驗		第三次實驗		平均		短軸 ÷ 長軸	換算之撞擊角 (度) ◎	誤差 (度) ※	照片
	長軸	短軸	長軸	短軸	長軸	短軸	長軸	短軸				
70 度	2.1	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.93	1.8	0.93	68.5	1.5	
60 度	2.0	1.5	2.1	1.5	2.0	1.6	2.03	1.53	0.75	49	11	
50 度	2.2	1.6	2.0	1.5	2.2	1.4	2.13	1.5	0.7	46	4	
40 度	2.2	1.5	2.5	1.9	2.5	1.5	2.4	1.63	0.679	42.5	-2.5	
30 度	2.7	1.0	2.5	1.5	2.7	0.9	2.63	1.13	0.43	25.5	4.5	

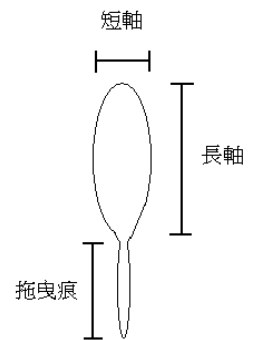
20 度	3.0	0.8	2.7	1.0	3.2	2.0	2.96	0.93	0.314	18.5	1.5	
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------------	-------------	-------	------	-----	---

◎短軸/長軸 = sin (換算之撞擊角)

※誤差 = 撞擊角 - 換算之撞擊角

【討論】

1. 由實驗可知，撞擊角愈小，血液拖曳痕跡愈明顯，且拖曳痕跡呈驚嘆號（！）狀。
2. 血液長短軸與拖曳痕之位置如右圖：
3. 比較表五、表六照片，發現高度愈高，血液本體的噴濺現象愈明顯，而拖曳痕跡以 50 cm 高度滴落者較短。其拖曳痕長短比較如下表：



(表七) 不同滴落高度之拖曳痕跡長度比較表 (單位：cm)

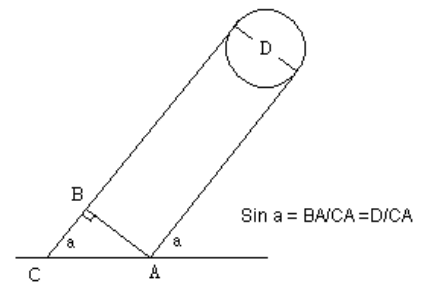
撞擊角	20 cm 滴落血液的拖曳痕長度			50 cm 滴落血液的拖曳痕長度		
	40 度	30 度	20 度	40 度	30 度	20 度
第一次 實驗	1.4	1.8	2.5	×	1.7	2.0
第二次 實驗	1.5	1.8	2.4	×	1.4	1.7
第三次 實驗	1.8	2.0	2.6	×	1.5	2.0
平均	1.56	1.86	2.5	×	1.3	1.9

註：× 表無法測量。

由表七可知，50 cm 高度滴落的血液由於噴濺較多，造成沒有太多液體可拖曳，故拖曳痕較短；而 20 cm 高度滴落的血液由於噴濺較少，拖曳痕跡明顯較長。

4. 在表五、表六中可發現，由滴落血液長、短軸的比值所換算出來的撞擊角，與實際撞擊角的誤差大約在 10 度內；50 cm 高度撞擊角的誤差除了撞擊角為 60 度時有 11 度的誤差外，其餘誤差皆在 5 度以內，明顯較 20 cm 高度者小。

5. 右圖為撞擊角 a 的換算方法：我們假設血滴直徑為 D (即為 AB)，撞到物件表面之長軸為 AC，短軸為 AB，將 $AB \div AC$ 即為角 a 的正弦值，以此數據對照附表，即換算出可能的撞擊角。(參考附表)



(五) 運動中的血液形態之觀察





【步驟】

1. 以手沾血液，離地 1 公尺，向牆壁甩動，方向為：由上向下、由下向上、由左向右、由右向左甩動。
2. 以刀沾血液，重複上述步驟，觀察並拍照。





【結果】

(表八) 運動中的血液形態之觀察

A、手部

甩動方向	由上向下	由下向上	由左向右	由右向左
細部照片				
描述	血液本體外圍有向 下 噴濺痕跡	血液本體外圍有向 上 噴濺痕跡	血液本體外圍有向 右 噴濺痕跡	血液本體外圍有向 左 噴濺痕跡

B、刀子

甩動方向	由上向下	由下向上	由左向右	由右向左
細部照片				
描述	血液本體外圍有向 下 噴濺痕跡	血液本體外圍有向 上 噴濺痕跡	血液本體外圍有向 右 噴濺痕跡	血液本體外圍有 向 左 噴濺痕跡

【討論】

1. 觀察上表照片，我們發現運動中的血液噴濺方向與運動方向一致，所以由血點噴濺方向可推測血液來源方位。
2. 比較手部與刀沾血液的照片可發現，手部沾血的血點較大，而刀沾血液的血點小的多。
3. 實驗中我們也發現，甩動起始點的血滴較濃，血點較密，越到末端血點分佈愈狹長且細小。
(照片二)
4. 由實驗證實，可藉由整體血點軌跡分佈情形來研判當時兇手的手勢。



(照片二) 由右向左甩動之血點軌跡

(六) 觀察敲擊血液噴濺痕跡

【步驟】

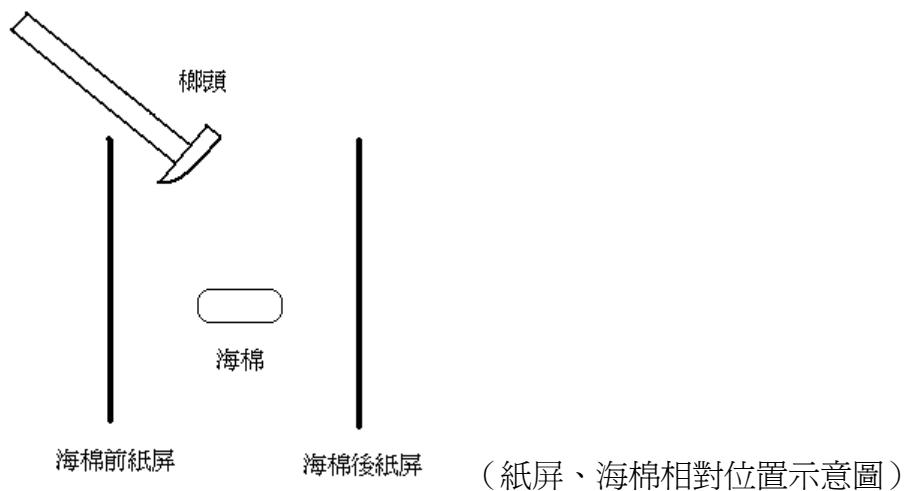
1. 在沾血海棉前、後各 30 cm 處放置一紙屏，以榔頭用力敲擊沾血海棉，觀察紙屏上的噴濺痕跡。(如下圖)
2. 重複上述步驟，在沾血海棉前、後各 50 cm 處放置一紙屏，觀察紙屏上的噴濺痕跡。
3. 拍照記錄。



(在沾血海棉前、後各放置一紙屏)











(以榔頭用力敲擊沾血海棉)



【結果】

(表九) 榔頭敲擊之血液噴濺痕跡

	置於海棉前 30 cm 紙屏	置於海棉後 30 cm 紙屏
紙屏照片		
細部照片		
	置於海棉前 50 cm 紙屏	置於海棉後 50 cm 紙屏
紙屏照片		
細部照片		

【討論】

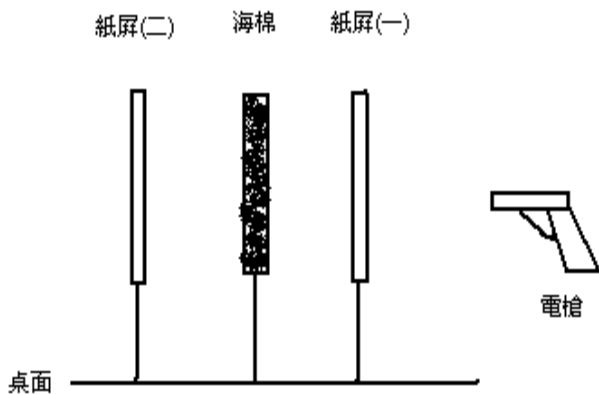
1. 觀察沾血海棉前 30 cm 之紙屏，我們發現血點噴濺情形明顯，且血點直徑最大不超過 0.7 cm；而沾血海棉後 30 cm 之紙屏血點則較大，最大血點有直徑 1.4 cm。此點顯示，以榔頭敲擊之反濺血點較細小，而血點向外的噴濺現象比自由滴落之慢速血點（實驗二）明顯許多。
2. 觀察沾血海棉前 50 cm 之紙屏，其血點直徑最大為 0.6 cm；沾血海棉後 50 cm 之紙屏最大血點直徑為 0.8 cm。比較兩種距離紙屏可發現，50 cm 之紙屏細小血點多出許多。由此可知，距離愈遠，噴濺血點愈細小。
3. 比較海棉前、後紙屏的噴濺形態，可發現海棉後紙屏呈現之血點分佈範圍大的多；而海棉前紙屏反濺的血點較集中。
4. 觀察地板上鋪設的紙張，除了少數大血點外，出現了許多細小血點（右圖），包括其它未鋪設紙張的地板上皆可見到，且範圍很廣泛。
5. 爲了觀察更高速的血液噴濺情況，我們接著進行下列實驗。



（七）觀察槍擊血液噴濺痕跡



【步驟】

1. 在海棉前、後各 30 cm 處放置一紙屏，在距離 100 cm 處，以電槍射擊沾血海棉，觀察紙屏上的噴濺痕跡。（如下圖）
2. 拍照記錄。
3. 我們使用的電槍資料如下：
電動 BB 槍廠牌：WELL 公司，MP5 型，大陸製。
槍口初速度：80m/s
BB 彈：塑膠，0.2g，球徑 6 mm
射擊能量：0.64J（把焦耳乘以 3.5 就是每平方公分的動能，若超過 20J/cm² 就違反台灣法定標準，本電槍：0.64×3.5=2.24 J/cm² 未違反法定標準）



【結果】

(表十) 高速血液噴濺痕跡

	紙屏(一)(置於海棉前)	紙屏(二)(置於海棉後)
照片		

【討論】

1. 觀察表十發現，沾血海棉前反濺之血點十分細小(紙屏一)，最大直徑不超過 0.3 cm；射穿沾血海棉後噴濺之血點較大，且十分密集，血點與血點緊密重疊現象明顯(紙屏二)。
2. 比較表九、表十照片可發現，以電槍高速射擊的血液噴濺痕比榔頭攻擊之噴濺痕更為細小，且與實驗二~四所呈現的大血點明顯不同。
3. 綜合上述結果我們發現，愈高速撞擊的血點愈細小，以自由落體速度滴落的慢速血點最大；故由血點的形態與分散情況可大致分辨出是何種速度的撞擊。
4. 為確認現場血點的實用性，我們設計下列實驗來還原與重建現場。

(八) 以血液噴濺痕重建現場

【步驟】

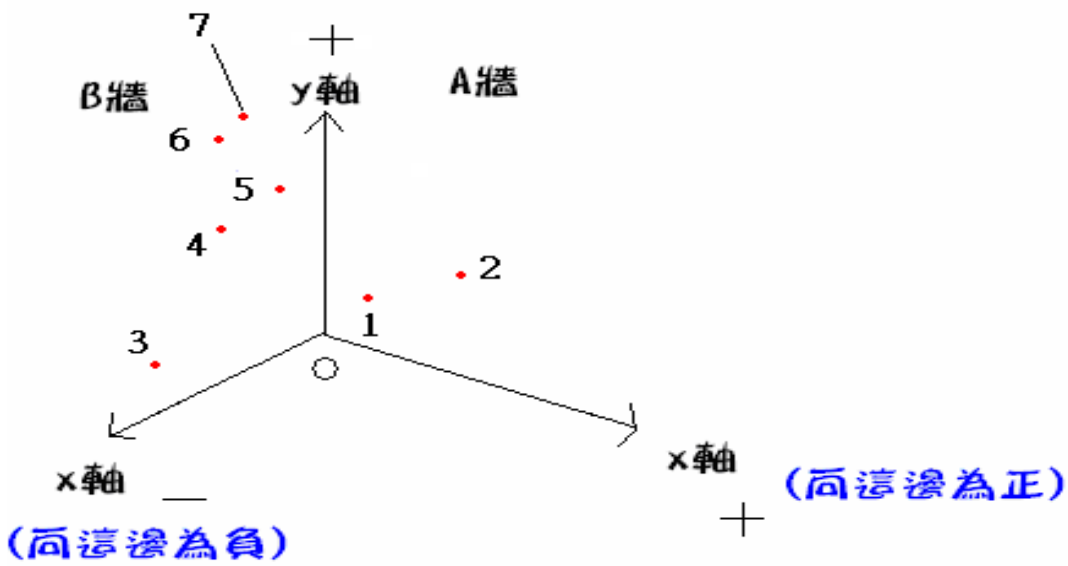
1. 選擇一牆角，將沾血海棉如圖架好，以電槍射擊沾血海棉
2. 選擇牆上代表性的血點，運用實驗四、五原理，以游標尺測量各血點寬度與長度，計算出各血點角度與方向，以釣魚線拉出空間位置，找出撞擊點。
3. 比較原撞擊點與重建撞擊點之差異。



【結果】

(表十一) 牆上選擇血點之資料



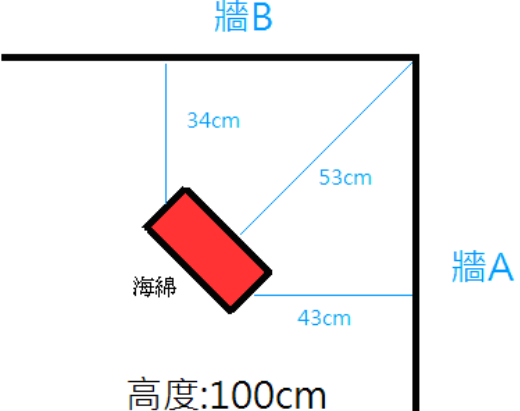
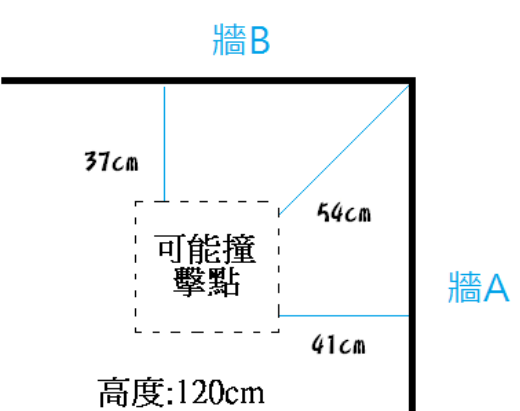
編號	位置 (cm) (x, y)	血點短軸 (cm)	血點長軸 (cm)	短軸/長軸	換算之 撞擊角
1	(7,91.5)	0.16	0.22	0.727272	46 度
2	(28,111)	0.15	0.155	0.967741	76 度
3	(-23,82.5)	0.18	0.29	0.620689	38 度
4	(-16,125.5)	0.14	0.18	0.777777	51 度
5	(-8,136)	0.14	0.19	0.736842	47 度
6	(-15,158)	0.18	0.26	0.692307	44 度
7	(-11,161)	0.13	0.27	0.481481	29 度



(圖一) 牆上選擇血點之相對位置

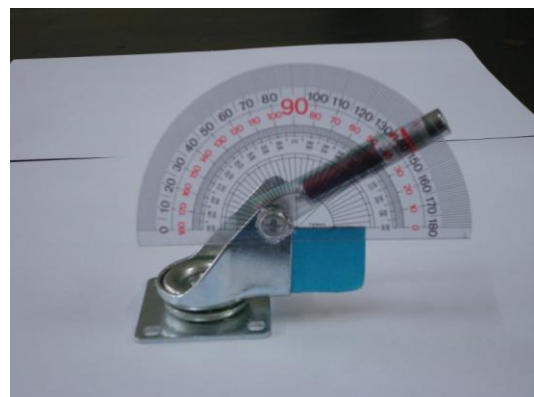
(表十二) 拉線重建照片

<p>以游標尺測量各血點寬度與長度</p>	<p>拉線</p>

	
<p>牆上標記之血點</p>	<p>重建撞擊點之空間位置</p>
	
<p>原撞擊點之空間位置</p>	<p>重建撞擊點之空間位置</p>

【討論】

1. 實驗安全是實驗過程中最重要的，2005 年 4 月公佈的「玩具槍管制新法」規定，玩具槍發射的彈丸動能超過 20 焦耳即違反「槍炮彈藥刀械管制條例」。故本實驗所用的電動 BB 槍非屬管制物品。
2. 為了拉線重建撞擊點，我們使用了實驗室的鐵架、椅子等來黏貼釣魚線（如右上圖），一般刑案現場可選擇固定不動的家具來黏貼。
3. 比較原撞擊點之空間位置與重建撞擊點之空間位置可發現，以此方法重建之準確性頗高。（表十二）
4. 為提高拉線之準確度，我們曾嘗試用雷射筆取代釣魚線（因為光必為直線），設計了可調角度之雷射光源（如右下圖）來重建現場，然而其立體方位難以固定，是我們必須克服的地方。
5. 一般刑案現場血點分佈必然更為複雜，所以拍照、分析血點、細心重建是辦案人員必要的素養。



陸、 結論：

1. 不同液體滴落在白紙上的形態與擴散情形都不相同，這與液體的組成成分有很大的關係。
2. 血液從愈高的高度垂直滴落，血液直徑會愈大，向外噴濺現象會愈明顯，且血液形狀以圓形為主。
3. 材質不同使滴落血液的形態有明顯差異，爲了方便觀察與比較，我們選擇影印用白紙來做不同的實驗。
4. 血滴的撞擊角愈小，拖曳痕跡就愈明顯，且拖曳痕跡呈驚嘆號（！）狀。
5. 由噴濺之血點換算出的撞擊角誤差大約在 10 度內，使拉線重建現場的準確度提高甚多。
6. 運動中的血液噴濺方向與運動方向一致，所以由血點噴濺方向可推測血液的來源方位。
7. 愈高速撞擊的血點愈細小，以自由落體速度滴落的慢速血點直徑最大；故由血點的形態與分散情況可大致分辨出是何種速度的撞擊。
8. 拉線重建撞擊點結果顯示，此方法的準確性是可信賴的。

柒、 展望：

本實驗尙未探討犯人與被害人有移動，且幅度很大時的血跡重建，此部分我們尙在研究中，是我們未來努力的方向。再者，兇手常在行凶後擦拭血跡或破壞現場，這時可利用血跡顯影劑來重現血跡，但就算還原卻也是被擦得雜七雜八的，使重建難度提高甚多。因此，血跡噴濺痕必須與其他物證的檢驗及解剖結果相互印證，才能發揮全面性、整體性的功能。

綜合本次研究結果，我們發現血跡噴濺痕的應用有其實用性，對於刑事案件的分析確實能發揮功能，若能善用，必能發掘出更多有利的線索。

捌、 我們的感謝：

感謝中台醫事檢驗所、成功醫事檢驗所提供我們抽血與相關血液常識諮詢服務；也感謝■■■■提供電槍及其相關資料，謝謝你們。

玖、 參考資料：

1. 康軒版國中自然與生活科技課本第 5 冊。
2. 康軒版國中數學課本第 5 冊。
3. 康軒版國中自然與生活科技課本第 1 冊。
4. 南一版高中數學甲（上）。
5. 血跡噴濺痕。翁景惠、程曉桂著。
6. 第四十五屆中小學科學展覽會優勝作品專輯。
7. **2008** 玩具槍購買指南 寶和出版股份有限公司。
8. 中華文學百科全書 中視文化 發行。
9. 幼獅百科全書 幼獅文學出版社 發行。
10. 活用化學 2（化學篇） 博益出版社 發行。

11. <http://www.tccg.gov.tw/site/3fd694a1/3fd6bc0f/40500f45/4a94d8c2/40ade19c/files/97.7.pdf>

【評語】 030822

1. 試驗用心，但不確定性高。
2. 與日常生活應用有較大之差距。
3. 未查考既有相關資料。
4. 血滴噴濺角度之數學分析正確。
5. 資料說明描述可再改進。