

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科(二)

團隊合作獎

082922

尿尿小童的煩惱～站立使用馬桶的尿液噴濺探  
究

學校名稱：臺中市西屯區上安國民小學

作者：  小六 蔡旻學  小六 林敬恩  小六 林珈民  小六 陳宥任  小五 黃彥睿	指導老師：  蘇子傑  郭秀惠
---	-----------------------------

關鍵詞：尿滴噴濺、馬桶

# 尿尿小童的煩惱～站立使用馬桶的尿液噴濺探究

## 摘要

本研究來自新聞報導：男生站立使用馬桶排尿會造成七千多滴尿滴噴濺，引發我們對此現象影響因素的好奇。研究設計以**模擬真實排尿行為**的噴水裝置，由紙張盛接噴濺液滴，測量**噴濺液滴的重量**。研究過程以不噴水的對照實驗模式，去除紙張自然吸收或蒸發水分的實驗誤差，接著針對**尿液位置、水位高度、尿液流速、排尿高度、馬桶壁傾角、水面添加物**等因素進行實驗，探討最少尿滴噴濺的站立排尿方式。研究結果發現選擇**中央（水中）的尿液位置較佳**，尿液流速無明顯影響，**成人排尿高度較高會使噴濺量變大**；而在水面添加一層**泡泡或清潔慕斯**，或將馬桶設計為**垂直壁面**，配合**較低的水位高度**，能讓尿滴噴濺大幅減少，可供衛浴業者設計馬桶參考。

# 壹、前言

## 一、研究動機：

學校老師曾經在上課時跟我們分享過一則有趣的新聞：當男生使用家裡的坐式馬桶時，因為是站著尿尿，無法擋住尿液向外噴濺，因此會有許多看不見的尿滴被噴濺出來，而且根據尿液接觸馬桶的位置，所噴濺的尿滴量也會有很大的不同，最多一次可噴濺高達 7000 多滴尿滴到馬桶外。(如圖 1-1-1)

聽到這則新聞，讓班上的女生都開玩笑說男生真的很髒，還要求我們在家一定要坐著尿尿，不然會讓廁所很臭。這則新聞讓我們男生覺得不可思議又生氣，**明明平常尿尿時沒有看到什麼明顯的尿滴噴出來，真的有幾千滴尿滴那麼誇張嗎？**另外，我們也思考如果不同尿尿位置會產生不同的噴濺結果，**那是否可以設計出適合的馬桶，減少尿滴噴濺的狀況呢？**

因此我們試著針對站立使用馬桶的尿液噴濺進行研究，想設計出比新聞中更為準確、可靠的定量測量方式，並探究尿液位置、水位高度、尿液流速、排尿高度、馬桶壁傾角、水面添加物等因素對尿滴噴濺的影響，以探討站立式使用馬桶的尿液噴濺真實情形，研究最能減少尿液噴濺的方式，以洗刷男生站立尿尿的「污名」！



圖 1-1-1

衛浴業者的尿液噴濺實驗

截圖自 YouTube 《QS Supplies》

## 二、研究目的：

- (一) 探討模擬尿液噴射及定量測量尿滴噴濺的方式
- (二) 研究尿液位置對尿滴噴濺量之影響
- (三) 研究水位高度對尿滴噴濺量之影響
- (四) 研究尿液流速對尿滴噴濺量之影響
- (五) 研究排尿高度對尿滴噴濺量之影響
- (六) 研究馬桶壁傾角對尿滴噴濺量之影響
- (七) 研究水面添加物對尿滴噴濺量之影響
- (八) 探討最少尿滴噴濺的站立式排尿方式

## 三、文獻回顧：

- (一) 正常排尿行為分析：

### 1. 排尿量：

- (1) 腎臟科醫師認為，一天攝取 2000~3000cc 水分，排出 2000cc 左右的尿液，最符合腎臟生理特性。(康健雜誌，2013)
- (2) 每日產生的尿量也差不多有 1440cc；而人體解尿每次約 200~300cc。(今週刊，2016)
- (3) 正常成人一天排尿大約是 1000 到 2000cc。每次的尿量則維持在 200 到 500cc 左右。(宏恩藥訊，民 106)

2.排尿速度：

- (1) 正常男性的尿流速為每秒 20-25cc，女性為 25-30cc。(基隆市衛生局網站)
- (2) 最大尿流速正常男性值在每秒 15 ml 以上，正常女性值在每秒 20ml 以上，大部分年輕人應該介於 20-30ml/sec 之間。(花蓮慈濟醫院網站)
- (3) 一般而言，30 歲左右的男生每秒可以尿 20~22cc 左右，女生大概可以尿 22~24cc 左右。(Heho 健康網，2018)

(二) 男性站立使用坐式馬桶的尿液噴濺研究：

經查詢歷屆科展或科學研究，並沒有特別針對站立使用馬桶的尿液噴濺研究，多數的資料來自於新聞報導、電視節目專題，或衛浴設備廠商自行的測試：

1.英國衛浴業者 QS Supplies 的研究：(TVBS 新聞網，2019)

- (1) **如廁習慣**：QS Supplies 在官方網站上調查了 1019 位男性的如廁習慣，有約 70%的男性在家中是「站著上廁所」，其中有 31%的男性認為「對準馬桶後半部」能有效減少尿液四處亂濺。
- (2) **研究方式**：為了釐清尿液對廁所的清潔程度影響，這家業者做了一個人工尿道，準備了螢光液體和紫外線燈，觀察各種尿液位置的飛濺程度。
- (3) **尿液位置**：大約 3 成的男性會瞄準靠近水箱一側的馬桶壁，這種方式看似尿液會集中進馬桶，但其實會產生最多肉眼無法察覺的「尿液噴霧」；大約 29%的男性會對著水裡尿，這種方式也會有細微的尿液濺出。
- (4) **尿滴範圍**：瞄準靠近水箱一側的馬桶壁產生的尿液噴濺，連 36 公分外的牆壁也被波及。

2.日本獅王 (LION) 公司的研究：

《取自日本 TBS 電視台節目「この差って何ですか？」》

研究主題		如廁習慣	噴濺尿滴數
研究方式		對 500 名 20 多歲和 60 多歲的男生，做了尿液位置的調查。 (圖 1-3-1)	利用注射筒噴射具有螢光劑的溶液。 (圖 1-3-2)
尿液位置	(1) 中心位置	53%	372 滴
	(2) 頂端位置	33%	7550 滴
	(3) 側面位置	7%	293 滴
	(4) 前端位置	7%	277 滴



圖 1-3-1 日本獅王公司對於男性尿液位置習慣調查



圖 1-3-2 注射筒噴射螢光劑溶液

(三) 影響馬桶內水花濺起高度之研究：

第 57 屆全國科展的國中組作品「止一剎的花火-泡沫對水花濺起高度之影響」，針對泡沫對於馬桶水花濺起影響，以彈力球落入裝盛泡沫及水的燒杯做研究，得到以下結論：


- 1. **泡沫影響**：泡沫越厚越能防止水花濺起；泡沫濃度越高，水花濺起的高度越低。
- 2. **水深及水面面積影響**：水深越深濺起水花越高；水花濺起高度隨水面面積增加。
- 3. **衛生紙影響**：在水面上覆蓋衛生紙能有效降低水花濺起高度，但衛生紙需有部分黏附著於杯壁上才有效果。

(四) 文獻回顧總結：根據文獻回顧，整理出以下三個結論，及先前研究未完備問題。

- 1. **排尿狀況**：(1) 每次尿量 200-500cc，每天尿量約 1000-2000cc。  
(2) 正常尿流速 15-30 mL/s。
- 2. **尿液位置**：(1) 多數男性習慣瞄準馬桶中心位置或頂端位置。  
(2) 頂端位置噴濺的尿液量最多，且明顯高於其他位置。
- 3. **影響水花噴濺**：(1) 泡沫或衛生紙能減少水花噴濺。  
(2) 水深及水面面積對水花噴濺有正向影響。
- 4. **先前研究未完備問題**：
  - (1) QS Supplies 研究之報導未說明人工尿道的製作方式，獅王的實驗則是以較難定量的注射筒做實驗，且未說明是否模擬實際排尿狀況。
  - (2) QS Supplies 及獅王的研究都未說明尿滴數量如何計算，且僅算尿滴數無法確認其實際噴濺量。
  - (3) 科展作品「止一剎的花火-泡沫對水花濺起高度之影響」主要研究固體落入馬桶濺起水花之影響，與本研究想探討的尿液（液體）噴濺不同。

## 貳、研究設備及器材

本研究為求真實模擬排尿行為，利用清潔用噴水器模擬排尿，並採用真正的馬桶進行實驗，再藉由噴濺液滴的蒐集、重量測量，以及對於馬桶構造進行改造，以研究各項變因對於站立排尿的尿滴噴濺影響，詳細的研究設備及器材說明如下：

設備項目		器材	裝置說明	設備照片
一、 排尿 模擬 設備	(一) 噴水裝置	1.噴水器 2.束帶 3.相機腳架	採用「可調節出水量、單一水柱」的清潔用噴水器，以束帶固定於相機腳架之雲台上，可利用腳架調整噴水高度與角度。	圖 2-1-1 
	(二) 供水裝置	1.水管 2.自來水龍頭 3.水槍接頭	利用水管連接洗手台自來水龍頭，定量出水。	

設備項目		器材	裝置說明	設備照片
二、 噴濺液滴 蒐集裝置	(一) 馬桶裝置	1.馬桶 2.方型水盆 3.磁磚片	將馬桶去除水箱、馬桶蓋及座圈，架設於方形盆中，用磁磚片墊高以進行排水。	圖 2-2-1 
	(二) 液滴收集裝置	1.PP 板 2.測驗卷	以全開 PP 板中央割出馬桶便座孔洞，在孔洞周圍鋪設測驗卷蒐集噴濺液滴。	圖 2-2-2 
三、 馬桶 構造 改變 裝置	(一) 桶壁傾角改變	1.PP 板 2.保麗龍板 3.防水膠條 4.磁磚片	利用保麗龍板切割三角柱及長方體，使磁磚片呈現 60°、30°、0°、-30°等四種角度傾角，並以 PP 板及防水膠條固定於馬桶頂端位置。	圖 2-3-1 
	(二) 水面添加物	1.衛生紙	可於馬桶中分解的抽取式衛生紙。	圖 2-3-2 
		2.慕斯清潔劑	清潔馬桶用的慕斯型清潔劑。	
		3.泡泡水	利用電動泡泡機製作大小均勻的泡泡。	
4.食用油		使用不易結塊的植物油。		
四、 測量與記錄設備	1.電子秤	測量尿液衝擊力，最小可量測至 0.1 克。	圖 2-4-1 	
	2.精密電子秤	測量噴濺液滴重量，最小可量測至 0.001 克。		
	3.碼錶	測量噴水時間。		
	4.塑膠量杯	容量 1000ml，測量流速用。		
	5.數位相機	拍照記錄使用。		

## 參、研究過程或方法

研究首先依據我們國小學生真實的排尿行為進行測量，了解單次排尿量、排尿高度、尿液衝擊力等數據，利用可調整水柱強弱的噴水器模擬尿液噴射裝置。接著研究以測驗紙盛接噴濺液滴的方式，計算模擬尿滴噴濺量，並針對尿液在馬桶中的落點位置、水位高度、水柱流速快慢與排尿高度等差異，及馬桶壁傾角、水面添加物的改變，來設計各項實驗，研究各種因素對尿滴噴濺量的影響，以探討出最少尿液噴濺的站立式排尿方式。

### 一、模擬站立式尿液噴射方式之設計

在文獻回顧中，兩家研究尿液噴濺的衛浴公司分別採用人工尿道（QS Supplies）及注射筒（獅王公司）模擬尿液噴射，但前者於資料中並無詳述人工尿道的模擬方式，後者則僅是以人力推動大注射筒，不但無法精確模擬尿液噴射的狀態，也可能因施力大小不均而有誤差。為了真正模擬站立式尿液噴射方式，我們先針對真實排尿行為作研究，進一步找出可穩定噴射並能調整噴射狀態的模擬方式。

#### （一）排尿狀況研究：

##### 1. 排尿量：

為了解我們國小學生一次的排尿量，由我們其中四位研究者每天在家以塑膠量杯裝盛一次尿液，連續記錄五天的單次排尿量，計算平均數值，如表 3-1-1。

表 3-1-1 國小學生單次排尿量測量

研究者	研究者 A	研究者 B	研究者 C	研究者 D	
性別	男	男	男	男	
年齡	12 歲 1 個月	10 歲 9 個月	12 歲 1 個月	11 歲 6 個月	
單次 排尿量	第一天	06:30 測量 400mL	06:30 測量 330mL	19:30 測量 300mL	20:00 測量 440mL
	第二天	06:30 測量 330mL	06:30 測量 400mL	19:30 測量 330mL	20:00 測量 430mL
	第三天	18:00 測量 450mL	06:30 測量 450mL	06:30 測量 350mL	20:00 測量 350mL
	第四天	18:00 測量 500mL	06:30 測量 500mL	06:30 測量 450mL	20:00 測量 370mL
	第五天	06:30 測量 300mL	06:30 測量 420mL	06:30 測量 500mL	20:00 測量 380mL
	平均	396 mL	420 mL	386 mL	394 mL
全體總平均	399 mL				

經過測量，進行實驗的四位研究者單次排尿量平均為 399mL，符合文獻回顧所得之「每次尿量 200-500cc」結論，因實驗室的量杯刻度僅能精確至 10mL，故我們以 400mL 作為本次研究模擬單次排尿量的數據。

## 2. 排尿高度：

為確認模擬尿液噴射裝置的噴射高度，我們在測量排尿量時，也一併測量自己尿液噴射位置的離地高度，計算平均數值為 **58cm**（如表 3-1-2），作為本次研究模擬尿液噴射之噴射口高度。

表 3-1-2 國小學生尿液噴射口高度測量

研究者	研究者 A	研究者 B	研究者 C	研究者 D
身高	147cm	146cm	156cm	150cm
尿液噴射口離地高度	58cm	56cm	60cm	58cm
全體總平均	58cm			

## 3. 尿液衝擊力：

為確認我們國小學生尿液的衝擊力量，以模擬最為接近的尿液噴射裝置，我們將電子秤以夾鍊袋密封，四位研究者各自帶入廁所放置小便斗上，在不拍攝到身體部位的前提下，用數位相機錄影電子秤被尿液衝擊所顯示的重量，以**排尿中的最大值**作為尿液衝擊力的數據，實驗裝置如圖 3-1-1、測量結果如表 3-1-3。

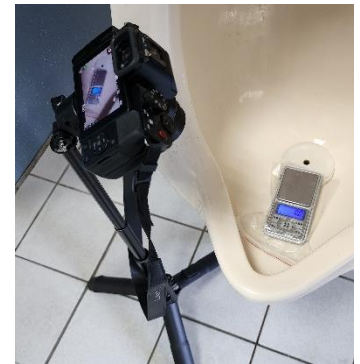
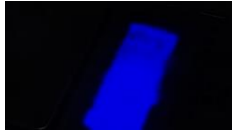
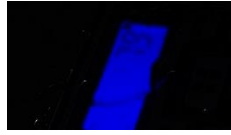




圖 3-1-1 尿液衝擊力測量裝置

表 3-1-3 國小學生尿液噴射口高度測量

研究者	研究者 A	研究者 B	研究者 C	研究者 D
測量結果照片				
尿液衝擊力	7.3gw	7.9gw	8.5gw	8.0gw
全體總平均	7.925gw			

測量過程中，排尿狀態會大幅度影響尿液衝擊力結果，較無尿意時，衝擊力最大約僅 3.5~5.3gw，由於排尿量測量均是在較有尿意的狀態下測量，因此我們取每人衝擊力最大的一次測量結果，平均為 7.925gw，因電子秤僅能顯示至 0.1gw，故我們以 **8.0gw** 作為尿液衝擊力的數據。

## （二）尿液噴射裝置設計：

### 1. 噴射水柱裝置：

要模擬真實排尿狀況並進行本研究的噴射水柱裝置，需具備以下特點：①容易開關、②能定量出水、③單一水柱、④水柱大小與排尿相仿、⑤可調整水柱流速。綜合以上特點，文獻中獅王公司使用的注射筒方式，並非可定量、可調整流速的實驗方式，因此我們在五金行搜尋相關器材，發現可連接於水管的噴水器可符合實驗需求，我們陸續購買四種噴水器進行比較，最後選擇噴水器 D，如表 3-1-4：



表 3-1-4 噴水器作為模擬尿液噴射裝置初探實驗比較

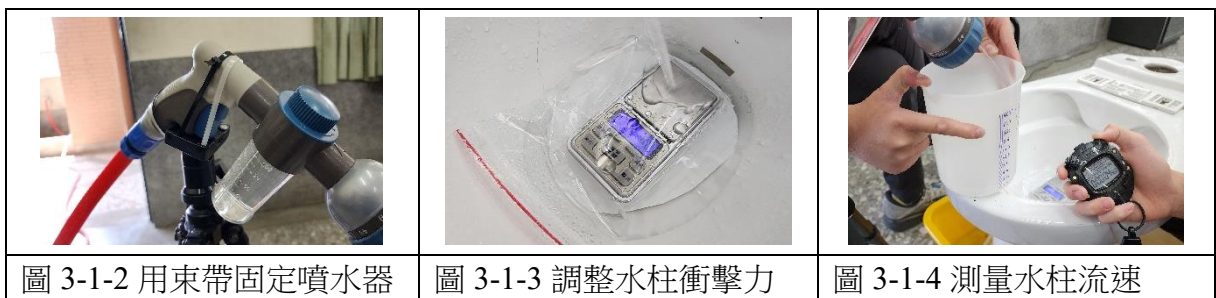
噴水器	噴水器 A	噴水器 B	噴水器 C	噴水器 D
照片				
使用說明	接上裝滿水的保特瓶，用活塞朝內部擠壓空氣，即可按下按鈕噴射水柱，水柱大小可調整。	以水管連接於自來水龍頭，轉動即可噴射水柱，水柱大小以自來水龍頭調整。	以水管連接於自來水龍頭，按下按鈕即可噴射水柱，噴水器上有旋鈕，可以控制按壓出水按鈕的幅度。	以水管連接於自來水龍頭，按下按鈕即可噴射水柱，噴水器上有出水量調整旋鈕，可直接控制出水量。
優缺點	<b>缺點：</b> 1. 手動按壓，每次水柱流速不一 2. 受壓力影響，單次實驗中水柱流速會變慢	<b>缺點：</b> 1. 水柱流速僅能由自來水龍頭控制，不容易做細部調節 2. 接口容易滲水	<b>缺點：</b> 1. 雖然旋鈕可控制按壓水柱的力道，但僅能控制按壓到底的狀況，容易產生誤差	<b>優點：</b> 1. 容易開關 2. 水柱大小適中 3. 可用旋鈕控直接控制出水量 4. 專用接頭不易滲水

## 2. 固定及調整裝置：

我們利用束帶將噴水器 D 固定於相機腳架的雲台上（如圖 3-1-2），利用伸縮腳架將噴水器出水口高度調至排尿研究中的高度，噴水器可利用萬向轉動雲台自由調整噴水角度及方向。

## 3. 水柱流速測試及出水時間確認：

我們將夾鍊袋包裹的電子秤放置於馬桶中，並以噴水器 D 噴水，調整旋鈕使水柱衝擊電子秤讀數與排尿研究中的尿液衝擊力 8.0gw 相同（如圖 3-1-3）。為了複檢研究的尿液衝擊力是否合理，並計算後續實驗需使用的出水時間，我們以塑膠量杯量測同樣大小的水柱（如圖 3-1-4），發現集滿單次排尿量 400mL 需時 20 秒，換算模擬排尿速度為 20mL/s，符合文獻回顧中所得結論「正常尿流速每秒 15-30cc」。故後續實驗均以**水流速度 20mL/s**、**出水 20 秒**作為標準。



## 二、定量測量尿滴噴濺之實驗設計

在文獻回顧中，兩家衛浴公司測量尿滴噴濺量皆是計數噴濺出的模擬尿滴數，由於資料未詳細記載尿滴數的計算方式，我們對於如何算出尿滴數感到懷疑，且尿滴可能有大有小，不能真正反映出噴濺出的尿滴量。經過討論，我們利用鋪設在馬桶周圍的紙張盛接模擬尿滴，再測量紙張的重量變化，嘗試測量噴濺出的尿滴重量。然而此時實驗設計卻在研究過程中出現意外變因，致使我們需改變實驗設計，研究過程及方法如下。

(一) 初探實驗設計與遭遇問題：

1. 實驗設計：

最初的實驗設計，我們在去除座圈及上蓋的馬桶上，架設一個割有便座孔洞及繪製衛生紙放置方格的 PP 板（如圖 3-2-1），將 11 張衛生紙緊密的沿著座孔四周鋪設一圈。11 張衛生紙於實驗前後利用精密電子秤測量重量變化，增加的重量應為噴濺至衛生紙上的模擬尿滴重量，實驗步驟如表 3-2-1。

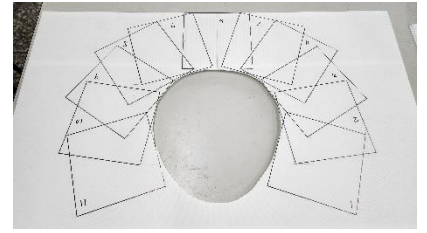


圖 3-2-1 鋪設衛生紙的 PP 板

表 3-2-1 測量尿滴噴濺重量實驗步驟

步驟 1. 製作鋪設衛生紙的 PP 板	步驟 2. 測量衝擊力及水柱流速	步驟 3 測量衛生紙實驗前重量
步驟 4. 鋪設 11 張衛生紙	步驟 5. 計時噴水 20 秒	步驟 6. 測量衛生紙實驗後重量

2. 實驗限制：

- (1) 受限於精密電子秤的負重上限、PP 板穩定放置的大小，及考量實驗時間、避免衛生紙浪費，盛接尿滴範圍限定於馬桶座孔周圍。依據文獻回顧的先前研究照片顯示，此範圍應該是噴濺最嚴重的區域。
- (2) 因為噴水器關閉時，水柱會減弱並滴落在出水口正下方（座孔前方）位置，大幅影響盛接的水滴重量，因此此位置不鋪設衛生紙測量，而是鋪設抹布吸水。

3. 初探實驗結果：

依此實驗設計雖然順利測量衛生紙增加的重量，但在完成三組不同尿液位置的實驗後，我們發現噴濺尿滴的重量差異過大，且同組實驗數據似乎有隨時間而增加的情況，如表 3-2-2。

表 3-2-2 初探實驗前三組實驗結果

尿液位置 測重 次別	中央位置			頂端位置			側面位置		
	實驗前 (gw)	實驗後 (gw)	噴濺液滴 (gw)	實驗前 (gw)	實驗後 (gw)	噴濺液滴 (gw)	實驗前 (gw)	實驗後 (gw)	噴濺液滴 (gw)
第 1 次	11.755	11.824	0.069	11.777	11.863	0.086	11.899	11.977	0.078
第 2 次	11.778	11.851	0.073	11.690	11.792	0.102	12.062	12.154	0.092
第 3 次	11.734	11.783	0.049	11.639	11.728	0.089	11.583	11.713	0.130

第 4 次	11.678	11.726	0.048	11.690	11.799	0.109	11.601	11.743	0.142
第 5 次	11.632	11.677	0.045	11.622	11.728	0.106	11.609	11.754	0.145
第 6 次	11.724	11.779	0.055	11.835	11.939	0.104	11.562	11.726	0.164
第 7 次	11.755	11.828	0.073	11.827	11.945	0.118	11.570	11.718	0.148
第 8 次	11.717	11.878	0.161	11.842	11.985	0.143	11.524	11.688	0.164
第 9 次	11.665	11.854	0.189	11.783	11.908	0.125	11.575	11.728	0.153
第 10 次	11.733	11.934	0.201	11.715	11.865	0.150	11.645	11.790	0.145
平均			<b>0.096</b>			<b>0.113</b>			<b>0.136</b>
標準差			<b>0.062</b>			<b>0.021</b>			<b>0.029</b>

由實驗結果可看出，三組實驗中，後面幾次實驗的噴濺液滴重幾乎都較前幾次實驗重，且差距達 2 倍以上。經檢視實驗過程，發現我們會將衛生紙 11 張一疊取出，事先將十次實驗的衛生紙放置在桌上，方便拿取，會不會是**因為衛生紙吸收了空氣中的水分？**我們試著重複實驗步驟，但**不進行噴水**，僅讓衛生紙平鋪在 PP 板上 20 秒，確認衛生紙在空氣中是否會自然吸水，實驗結果如表 3-2-3。

表 3-2-3 未噴水的衛生紙盛接裝置對照實驗結果

測重 次別	實驗前 (gw)	實驗後 (gw)	增加重量 (gw)	測重 次別	實驗前 (gw)	實驗後 (gw)	增加重量 (gw)
第 1 次	11.456	11.555	0.099	第 6 次	11.459	11.525	0.066
第 2 次	11.492	11.591	0.099	第 7 次	11.376	11.447	0.071
第 3 次	11.491	11.573	0.082	第 8 次	11.356	11.394	0.038
第 4 次	11.451	11.526	0.075	第 9 次	11.380	11.446	0.066
第 5 次	11.507	11.569	0.062	第 10 次	11.436	11.487	0.051
平均	(增加重量) <b>0.071</b>						

由實驗結果可確認，即使**未進行噴水**，衛生紙重量也會在經過 20 秒的鋪設放置後，**平均增加 0.071gw**。雖然增加的重量極少，但對比噴水的實驗結果，已經佔了增加重量的 52%~74%，而且衛生紙取出越久，影響越大。

#### 4. 初探實驗遭遇問題：

- (1) **衛生紙自然吸收空氣中的水分，影響實驗結果過大**，需找尋吸水影響較小的材質。
- (2) 每次使用 11 張衛生紙，**不環保且過於浪費**。

#### (二) 第一次改良實驗設計與遭遇問題：

##### 1. 實驗設計：

為克服衛生紙自然吸水及過於浪費的問題，我們嘗試幾種材料，最後發現學長姐遺留下來大量**未使用的測驗卷**，不但無需花錢購買，而且吸水狀況不像衛生紙一樣嚴重。我們將同款式測驗卷裁成半張，可平鋪 9 半張於 PP 板上，並以未噴水的實驗方式做確認，實驗裝置如圖 3-2-2，實驗結果如表 3-2-4。

表 3-2-4 未噴水的測驗卷盛接裝置對照實驗結果



圖 3-2-2 鋪設測驗卷的 PP 板

次別	實驗前(gw)	實驗後(gw)	增加重量(gw)
第 1 次	24.133	24.137	0.004
第 2 次	24.141	24.143	0.002
第 3 次	24.355	24.356	0.001
第 4 次	24.245	24.251	0.006
第 5 次	24.081	24.083	0.002
平均	(增加重量) <b>0.003</b>		

由實驗結果可知，改用測驗紙實驗時，在不噴水的情況下，鋪設 20 秒的吸水僅增重 **0.003gw**，大幅改善衛生紙自然吸水狀況，且這些測驗卷原本就要回收，實驗後仍可回收，無浪費資源問題，故實驗改採測驗卷紙作為液滴盛裝材料。

### 2. 第一次改良實驗結果：

雖然第一次改良實驗結果大幅減少自然吸水問題，但後續在某日較為乾冷的天氣中，其中一組水位高度的測量，再次出現預期之外的結果，如表 3-2-5。

表 3-2-5 第一次改良實驗於 9.5cm 水位高度實驗結果

次別	實驗前(gw)	實驗後(gw)	增加重量(gw)
第 1 次	24.027	24.012	-0.015
第 2 次	23.794	23.763	-0.031
第 3 次	23.960	23.930	-0.030
第 4 次	24.187	24.127	-0.060
第 5 次	23.956	23.901	-0.055
平均	(增加重量) <b>-0.038</b>		

由實驗結果發現，噴水實驗後，測驗卷紙的重量居然不增反減，即使完全沒有噴濺出液滴，重量也不可能連續五次下降。經過我們討論，可能由於當天過於乾燥寒冷，反而使原本紙張含有的水分被蒸發了。

### 3. 第一次改良實驗遭遇問題：

雖然測驗卷紙已降低自然吸水狀況，但天氣的變化影響仍大，甚至可能因蒸發水量大於液滴噴濺量，造成實驗後重量下降，無法測得液滴噴濺的重量。

### (三) 第二次改良實驗設計與實驗步驟：

#### 1. 實驗設計：

由於本研究能測得的液滴噴濺重量太小，使得氣溫、濕度等天氣因素大幅影響實驗結果，我們決定在每一次實驗時，皆即時進行一次未噴水的對照組實驗，測量出同一疊測驗卷紙在實驗當下，受天氣影響的「自然重量改變（含增重或減重）」，並作為正式噴水實驗的「除誤值」。

## 2. 實驗步驟：

- (1) 以「20 秒裝盛 400mL 水量」為標準，調整噴水水柱強弱。
- (2) 裁切同款式 9 半張測驗卷紙，以精密電子秤量測實驗前重量 ( $W_0$ )。
- (3) 將測驗卷紙鋪設於 PP 板上指定位置，**不噴水**計時 20 秒後收回。
- (4) 以電子秤測量未噴水對照組的測驗卷紙重量 ( $W_1$ )，記錄並計算重量增減的**除誤值** ( $W_e$ )。
- (5) 將測驗卷紙再次鋪設於 PP 板上指定位置，**噴水**計時 20 秒後收回。
- (6) 以電子秤測量噴水後的測驗卷紙重量 ( $W_2$ )，記錄並計算重量增減。
- (7) 將**增加重量扣掉除誤值**，得到正確的液滴噴濺重量 ( $W_s$ )。

表 3-2-6 測量及計算方式範例

項目	實驗前 $W_0$	未噴水對照 $W_1$	除誤值 $W_e = W_1 - W_0$	噴水後 $W_2$	噴濺液滴重 $W_s = W_2 - W_1 - W_e$
範例 1 (未噴水增重)	24.119	24.127	$24.127 - 24.119 =$ <b>0.008</b>	24.163	$24.163 - 24.127 - 0.008 =$ <b>0.028</b>
範例 2 (未噴水減重)	24.433	24.426	$24.433 - 24.426 =$ <b>-0.007</b>	24.452	$24.452 - 24.426 - (-0.007) =$ <b>0.033</b>

單位：gw

## 三、尿液位置對尿滴噴濺量影響之實驗設計

### (一) 實驗組別：

本項實驗欲實驗尿液落於馬桶的位置，對尿滴噴濺量之影響，實驗設計參考文獻回顧中獅王公司對於尿液位置的分類，共區分為**中央位置**、**頂端位置**、**側面位置**、**前端位置**等四種（如圖 3-3-1），設計以下四組實驗組別，如表 3-3-1。

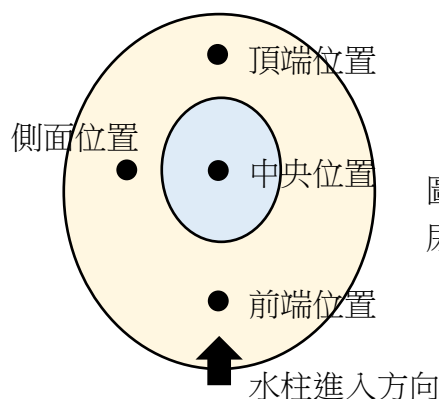


圖 3-3-1  
尿液位置圖

表 3-3-1 尿液位置對尿滴噴濺量影響之實驗設計

組別		A1	A2	A3	A4
	尿液位置	中央位置	頂端位置	側面位置	前端位置
操作變因	裝置照片				
控制變因		1. 水柱流速：20mL/s 2. 噴水量：400mL 5. 尿液位置高度：除中央位置於水面外，其餘位置均於水面上 5cm。		3. 噴水時間：20 秒 4. 馬桶水位高度：11.5cm	

- (二) 實驗步驟：採用前述「第二次改良實驗」步驟，分別測量測驗卷於實驗前、未噴水對照、噴水後之重量，並將噴水後增重扣掉除誤值，測得各尿液位置的液滴噴濺重量，每組實驗進行 10 次，計算平均值與標準差。

#### 四、水位高度對尿滴噴濺量影響之實驗設計

##### (一) 實驗組別：

本項實驗欲實驗馬桶內原始水位高度對尿滴噴濺量之影響，實驗設計依照馬桶正常水位高 11.5cm，並衡量馬桶內合理的水位高度範圍，以間隔 2cm 的高度差（如圖 3-4-1），用防水的絕緣膠帶在馬桶壁上做記號，設計以下四組實驗組別，如表 3-4-1。

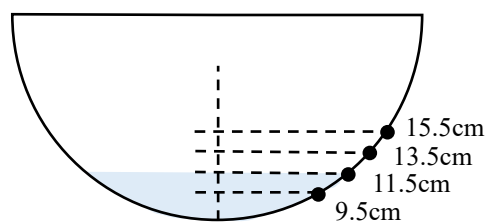






圖 3-4-1 馬桶內水位高度圖

表 3-4-1 水位高度對尿滴噴濺量影響之實驗設計

組別		B1	B2	B3	B4
	水位高度	9.5cm	11.5cm	13.5cm	15.5cm
操作變因	裝置照片				
控制變因		1.水柱流速：20mL/s 2.噴水量：400mL		3.噴水時間：20 秒 4.尿液位置：中央位置	

(二) 實驗步驟：採用前述「第二次改良實驗」步驟，分別測量測驗卷於實驗前、未噴水對照、噴水後之重量，並將噴水後增重扣掉除誤值，測得各水位高度的液滴噴濺重量，每組實驗進行 10 次，計算平均值與標準差。

#### 五、尿液流速對尿滴噴濺量影響之實驗設計

##### (一) 實驗組別：

本項實驗欲實驗不同流速的排尿對尿滴噴濺量之影響，實驗設計依照排尿行為研究中的排尿流速結果 20mL/s 為標準，參考在文獻中合理排尿流速 15-30mL/s，以間隔 5mL 的流速差，分別實驗 15mL/s、20mL/s、25mL/s、30mL/s 的流速狀況。為保持同樣的噴水量，各組實驗前調整噴水器旋鈕，使其分別在 27 秒、20 秒、16 秒、13 秒達到 400mL，設計以下四組實驗組別，如表 3-5-1。

表 3-5-1 尿液流速對尿滴噴濺量影響之實驗設計

組別		C1	C2	C3	C4
	水柱流速 (噴水時間)	15mL/s (27 秒)	20mL/s (20 秒)	25mL/s (16 秒)	30mL/s (13 秒)
操作變因	調整方式	測量噴水器水柱於 27 秒內，於量杯注滿 400mL	測量噴水器水柱於 20 秒內，於量杯注滿 400mL	測量噴水器水柱於 16 秒內，於量杯注滿 400mL	測量噴水器水柱於 13 秒內，於量杯注滿 400mL
控制變因		1.噴水量：400mL 2.尿液位置：中央位置		3.馬桶水位高度：11.5cm	

(二) 實驗步驟：採用前述「第二次改良實驗」步驟，但依各組需求調整水柱流速及計時時間，分別測量測驗卷於實驗前、未噴水對照、噴水後之重量，並將噴水後增重扣掉除誤值，測得各水柱流速的液滴噴濺重量，每組實驗進行 10 次，計算平均值與標準差。

## 六、排尿高度對尿滴噴濺量影響之實驗設計

(一) 實驗組別：

本項實驗欲實驗不同高度的排尿對尿滴噴濺量之影響，了解兒童與成年人的排尿高度是否會影響噴濺量。實驗設計以排尿行為研究中，四位研究者平均身高 150.25cm，排尿高度平均 58cm 作為參考，並訪談兩位男老師的排尿高度分別為：**A 師 (身高 178cm)：排尿高度 80cm；B 師 (身高 170cm)：排尿高度 70cm。**顯示排尿高度雖未與身高有正比關係，但的確會隨身高而增加，因此以研究者(兒童)的排尿平均高度 58cm 為標準，以間隔 10cm 的高度差，分別實驗 **58cm、68cm、78cm、88cm** 的排尿高度，設計以下四組實驗組別，如表 3-6-1。

表 3-6-1 排尿高度對尿滴噴濺量影響之實驗設計

組別	D1	D2	D3	D4
操作變因 (排尿高度)	58cm	68cm	78cm	88cm
控制變因	1.水柱流速：20mL/s 2.噴水量：400mL		3.噴水時間：20 秒 4.尿液位置：中央位置	

(二) 實驗步驟：採用前述「第二次改良實驗」步驟，分別測量測驗卷於實驗前、未噴水對照、噴水後之重量，並將噴水後增重扣掉除誤值，測得各水位高度的液滴噴濺重量，每組實驗進行 10 次，計算平均值與標準差。

## 七、馬桶壁傾角對尿滴噴濺量影響之實驗設計

(一) 實驗組別：

本項實驗欲實驗馬桶壁傾角對尿滴噴濺量之影響，實驗設計在馬桶頂端位置設置一個用保麗龍板、PP 板及磁磚片製作而成的傾角調整器 (如圖 3-7-1)，以光滑磁磚片模擬馬桶壁，並分別製作出傾斜 60°、30°、0° (垂直壁面)、-30° 的模擬傾角 (如圖 3-7-2)，用防水膠條將傾角調整器貼在馬桶頂端位置的出水口突起構造 (如圖 3-7-3) 下方，讓裝置同時排除出水口突起構造對液滴噴濺的影響。依照四種不同的馬桶壁傾角調整，設計以下四組實驗組別，如下頁表 3-7-1。

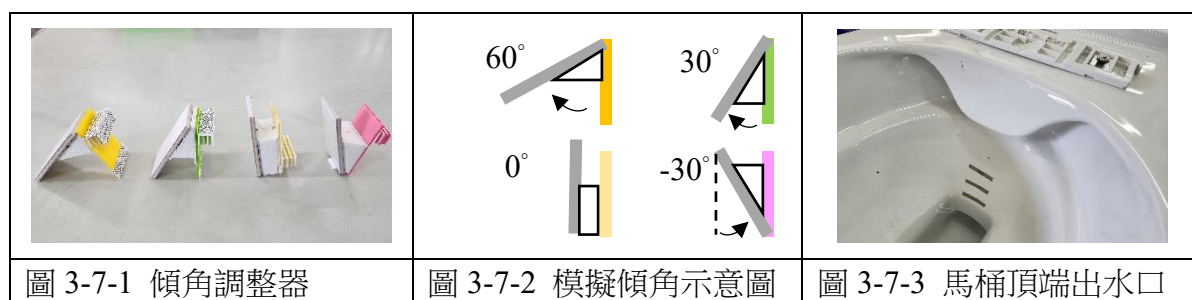






表 3-7-1 馬桶壁傾角對尿滴噴濺量影響之實驗設計

組別		E1	E2	E3	E4
操作變因	馬桶壁傾角	60°	30°	0°	-30°
	裝置照片				
控制變因		1.水柱流速：20mL/s 2.噴水量：400mL 3.噴水時間：20 秒		4.馬桶水位高度：11.5cm 5.尿液位置：傾角調整器中央位置	





(二) 實驗步驟：採用前述「第二次改良實驗」步驟，分別測量測驗卷於實驗前、未噴水對照、噴水後之重量，並將噴水後增重扣掉除誤值，測得各馬桶壁傾角的液滴噴濺重量，每組實驗進行 10 次，計算平均值與標準差。

## 八、水面添加物對尿滴噴濺量影響之實驗設計

(一) 實驗組別：

本項實驗欲實驗馬桶內的水面添加物對尿滴噴濺量之影響，實驗設計參考 57 屆科展作品中可減少水花潑濺的兩種方式：鋪衛生紙及泡沫，另外加入可兼具綿密泡泡與清潔功能的慕斯型清潔劑，以及黏度比水大的液體～食用油，共四類可在馬桶中被沖掉，具實際應用性的水面添加物，透過改變馬桶內水面的性質，實驗對液滴噴濺的影響，設計以下四組實驗組別，如表 3-8-1。

表 3-8-1 水面添加物對尿滴噴濺量影響之實驗設計

組別		F1	F2	F3	F4
操作變因	添加物	衛生紙	泡泡	清潔慕斯	食用油
	添加方式	於馬桶水面平鋪 1 張衛生紙，使衛生紙可平鋪蓋滿馬桶水面。	以泡泡機噴出體積約 500cm <sup>3</sup> 的泡泡，平鋪蓋滿馬桶水面。	擠壓按鈕 8 下，噴出約 100mL 清潔慕斯，平鋪蓋滿馬桶水面。	量取 80mL 的食用油，可均勻倒滿馬桶水面。
	裝置照片				
控制變因		1.水柱流速：20mL/s 2.噴水量：400mL 3.噴水時間：20 秒		4.馬桶水位高度：11.5cm 5.尿液位置：中央位置	

(二) 實驗步驟：採用前述「第二次改良實驗」步驟，分別測量測驗卷於實驗前、未噴水對照、噴水後之重量，並將噴水後增重扣掉除誤值，測得各添加物影響的液滴噴濺重量，每組實驗進行 10 次，計算平均值與標準差。



## 肆、研究結果與討論

依據模擬尿液噴射及定量測量尿滴噴濺的方式，針對各項因素對尿滴噴降量的影響進行研究，分別提出研究結果與討論。首先確定利用噴水器模擬實際排尿，以測驗卷紙盛接液滴來秤重的方式，測量尿滴噴濺量，並以此方式做後續實驗操作。接著分別說明尿液位置、馬桶水位高度、尿液流速、排尿高度、馬桶壁傾角、水面添加物等因素下的尿液噴濺結果，並討論各項變因對於尿液噴濺的影響。最後根據上述研究結果，統整出最少尿液噴濺量的方式。

### 一、模擬尿液噴射及定量測量尿滴噴濺的方式的研究結果與討論

#### (一) 裝置圖說：

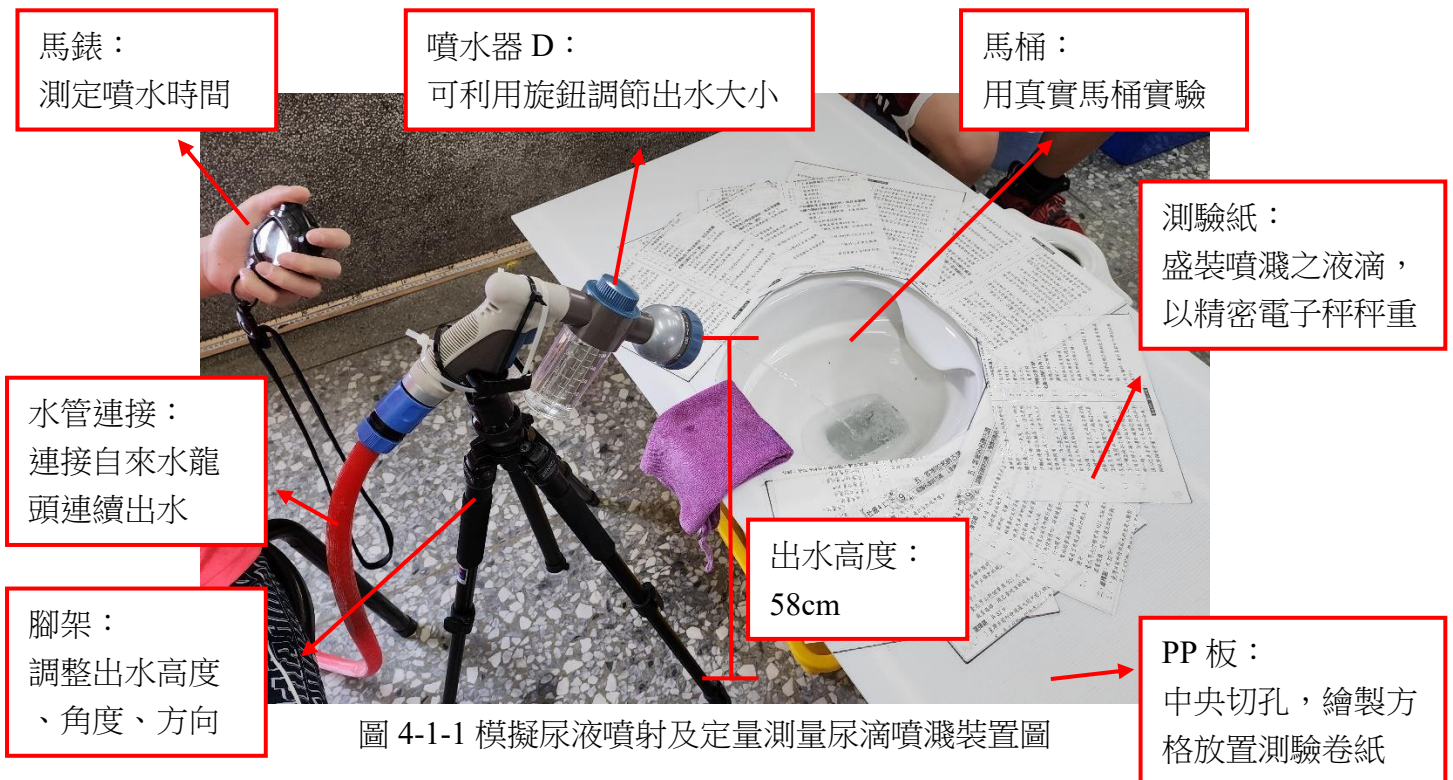


圖 4-1-1 模擬尿液噴射及定量測量尿滴噴濺裝置圖

#### (二) 模擬尿液噴射研究結果：

本研究先測量真實排尿的衝擊力、單次排尿量、排尿高度，採用噴水器 D 搭配腳架，控制噴射水柱，達到模擬真實排尿的實驗裝置，研究結果如下：

**1. 衝擊力：**實測的尿液衝擊力平均為 **8gw**，經測量為 **20mL/s** 之水柱速度。

**2. 噴水量：**實測的平均單次排尿量為 **400mL**，於 **20mL/s** 流速下，需噴水 **20 秒**。

**3. 高度：**實測的排尿高度為 **58cm**，利用腳架調整為此高度。

#### (三) 定量測量尿滴噴濺方式研究結果：

**1. 測量方式：**以鋪設於便座周圍的測驗卷紙盛接噴濺液滴，並以精密電子秤測量重量變化。

**2. 去除干擾因素：**因紙張在空氣中可能自然吸收或蒸發水分，其重量的增減甚至大於噴濺液滴重量，會大幅影響實驗結果，因此在每次實驗均先進行不噴水的對照測量，計算每次實驗的除誤值，進而計算真實的噴濺液滴重量。

## 二、尿液位置對尿滴噴濺量影響的研究結果與討論

(一) 研究結果：參考獅王衛浴公司的先前研究，將尿液位置分為中央位置 (A1)、頂端位置 (A2)、側面位置 (A3)、前端位置 (A4) 四種，研究尿液位置對尿滴噴濺量之影響，研究結果如表 4-2-1。

表 4-2-1 尿液位置對尿滴噴濺量影響的研究結果

組別	A1 中央位置					組別	A2 頂端位置				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重	次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	24.380	24.385	0.005	24.401	0.011	第 1 次	24.551	24.563	0.012	24.754	0.179
第 2 次	24.025	24.028	0.003	24.056	0.025	第 2 次	24.443	24.461	0.018	24.691	0.212
第 3 次	24.194	24.196	0.002	24.229	0.031	第 3 次	24.311	24.316	0.005	24.523	0.202
第 4 次	24.199	24.208	0.009	24.236	0.019	第 4 次	24.119	24.126	0.007	24.341	0.208
第 5 次	24.435	24.448	0.013	24.482	0.021	第 5 次	24.280	24.284	0.004	24.506	0.218
第 6 次	24.427	24.432	0.005	24.461	0.024	第 6 次	24.252	24.257	0.005	24.464	0.202
第 7 次	24.354	24.364	0.010	24.411	0.037	第 7 次	24.206	24.209	0.003	24.420	0.208
第 8 次	24.354	24.356	0.002	24.383	0.025	第 8 次	24.091	24.102	0.011	24.299	0.186
第 9 次	24.208	24.215	0.007	24.245	0.023	第 9 次	24.127	24.131	0.004	24.331	0.196
第 10 次	24.635	24.643	0.008	24.687	0.036	第 10 次	24.091	24.093	0.002	24.327	0.232
平均			0.006		<b>0.025</b>	平均			0.007		<b>0.204</b>
標準差			0.004		<b>0.008</b>	標準差			0.005		<b>0.015</b>

組別	A3 側面位置					組別	A4 前端位置				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重	次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	24.118	24.120	0.002	24.157	0.035	第 1 次	23.967	23.981	0.014	24.027	0.032
第 2 次	24.217	24.224	0.007	24.269	0.038	第 2 次	24.153	24.161	0.008	24.190	0.021
第 3 次	24.073	24.076	0.003	24.116	0.037	第 3 次	24.117	24.122	0.005	24.145	0.018
第 4 次	24.239	24.244	0.005	24.267	0.018	第 4 次	24.176	24.186	0.010	24.217	0.021
第 5 次	24.240	24.243	0.003	24.284	0.038	第 5 次	24.159	24.171	0.012	24.229	0.046
第 6 次	24.109	24.129	0.020	24.199	0.050	第 6 次	24.130	24.143	0.013	24.189	0.033
第 7 次	24.110	24.122	0.012	24.167	0.033	第 7 次	24.278	24.285	0.007	24.316	0.024
第 8 次	24.235	24.243	0.008	24.280	0.029	第 8 次	24.186	24.204	0.018	24.234	0.012
第 9 次	24.001	24.014	0.013	24.048	0.021	第 9 次	24.207	24.229	0.022	24.270	0.019
第 10 次	24.100	24.105	0.005	24.143	0.033	第 10 次	24.052	24.062	0.010	24.081	0.009
平均			0.008		<b>0.033</b>	平均			0.012		<b>0.023</b>
標準差			0.006		<b>0.009</b>	標準差			0.005		<b>0.011</b>

單位：gw

(二) 結果說明與分析：依據表 4-2-1 之研究結果，進一步比較各尿液位置的尿滴噴濺量平均值與標準差（如表 4-2-2），並繪製圖表進行分析（如圖 4-2-1）。

表 4-2-2 不同尿液位置的噴濺量平均值與標準差

尿液位置	噴濺液滴 平均重量 (gw)	標準差 (gw)	本項實驗 總標準差 (gw)
A1 中央位置	0.025	0.008	0.078
A2 頂端位置	0.204	0.015	
A3 側面位置	0.033	0.009	
A4 前端位置	0.023	0.011	

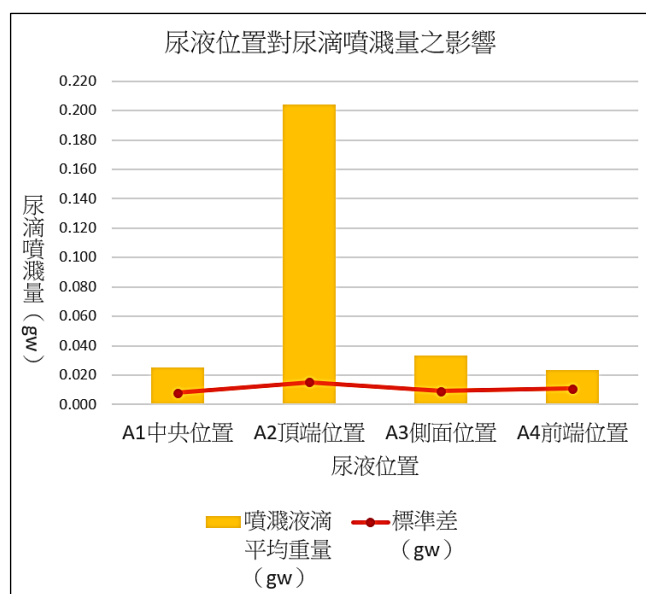


圖 4-2-1 尿液位置對尿滴噴濺量比較圖

1. 噴濺結果：由表 4-2-2 發現，尿液位置在頂端位置（A2）者，液滴噴濺量最大，平均為 0.204gw，是其他尿液位置噴濺量的 6~9 倍，明顯較多；其餘三個位置的液滴噴濺量差異較小，其中側面位置（A3）的噴濺量 0.033gw 略多於中央位置（A1）0.025gw 及前端位置（A4）0.023gw。
2. 噴濺穩定性：由圖 4-2-1 發現，雖然尿液噴濺量以頂端位置（A2）明顯較多，但各組實驗的標準差在 0.008gw~0.015gw 之間，差異不大，也沒有與噴濺量有正比關係，顯示不同尿液位置的噴濺穩定性都很高。
3. 噴濺差異性：由表 4-2-2 發現，本項尿液位置對尿滴噴濺量影響實驗，總標準差為 0.078gw，明顯高於各組的標準差，表示不同尿液位置間的噴濺量差異性大，是大幅影響尿滴噴濺量的因素。

(三) 研究結果討論：

1. **頂端位置**明顯造成較大的尿滴噴濺量，此一結論也跟文獻回顧中兩間衛浴公司的結論相同；且本研究使用的馬桶頂端位置有一個突出的出水口構造，可能擋住部分尿滴噴濺，實際的噴濺量可能更多。研究結果代表男生站立排尿時，應盡量避免將尿液噴往頂端的馬桶壁上。
2. **中央位置（水中）**是多數男生排尿時會選擇的尿液位置，研究結果顯示此位置不會造成較多的尿滴噴濺，推測可能由於水面位置較低，且距離四周便座較遠的原因，因此**男生可以放心選擇此尿液位置**。
3. **前端位置**雖然在本研究中有最少的尿滴噴濺量，但考慮便座前方因噴水器滴水問題未鋪設測驗卷紙，可能少計算前端位置的噴濺量。且根據實際排尿經驗，很難瞄準此位置噴水，因此本研究不建議利用前端位置排尿。

### 三、水位高度對尿滴噴濺量影響的研究結果與討論

(一) 研究結果：以馬桶正常水位高度 11.5cm 為標準，在水位的合理範圍內，以 2cm 的高度變化調整為 9.5cm(B1)、11.5cm(B2)、13.5cm(B3)、15.5cm(B4) 四種，研究水位高度對尿滴噴濺量之影響，研究結果如表 4-3-1。

表 4-3-1 水位高度對尿滴噴濺量之影響的研究結果

組別	B1 水位高度 9.5cm					組別	B2 水位高度 11.5cm (標準高度)				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重	次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	24.182	24.179	-0.003	24.193	0.017	第 1 次	24.336	24.332	-0.004	24.355	0.027
第 2 次	24.294	24.282	-0.012	24.301	0.031	第 2 次	24.389	24.381	-0.008	24.384	0.011
第 3 次	24.387	24.382	-0.005	24.399	0.022	第 3 次	24.048	24.040	-0.008	24.045	0.013
第 4 次	24.400	24.384	-0.016	24.399	0.031	第 4 次	24.399	24.378	-0.021	24.391	0.034
第 5 次	24.352	24.336	-0.016	24.346	0.026	第 5 次	24.170	24.162	-0.008	24.165	0.011
第 6 次	24.352	24.347	-0.005	24.349	0.007	第 6 次	23.991	23.977	-0.014	23.996	0.033
第 7 次	24.199	24.188	-0.011	24.200	0.023	第 7 次	24.119	24.111	-0.008	24.132	0.029
第 8 次	24.113	24.100	-0.013	24.101	0.014	第 8 次	24.159	24.156	-0.003	24.169	0.016
第 9 次	24.367	24.351	-0.016	24.354	0.019	第 9 次	24.219	24.214	-0.005	24.242	0.033
第 10 次	24.241	24.239	-0.002	24.253	0.016	第 10 次	24.151	24.139	-0.012	24.156	0.029
平均			-0.010		<b>0.021</b>	平均			-0.009		<b>0.024</b>
標準差			0.006		<b>0.008</b>	標準差			0.005		<b>0.010</b>

組別	B3 水位高度 13.5cm					組別	B4 水位高度 15.5cm				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重	次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	24.008	24.000	-0.008	24.025	0.033	第 1 次	24.133	24.118	-0.015	24.128	0.025
第 2 次	24.268	24.265	-0.003	24.286	0.024	第 2 次	24.145	24.118	-0.027	24.146	0.055
第 3 次	24.090	24.069	-0.021	24.084	0.036	第 3 次	23.992	23.971	-0.021	23.987	0.037
第 4 次	24.048	24.041	-0.007	24.053	0.019	第 4 次	23.999	23.981	-0.018	24.000	0.037
第 5 次	24.022	24.016	-0.006	24.032	0.022	第 5 次	24.025	24.012	-0.013	24.032	0.033
第 6 次	24.139	24.135	-0.004	24.156	0.025	第 6 次	24.124	24.101	-0.023	24.117	0.039
第 7 次	24.180	24.170	-0.010	24.186	0.026	第 7 次	23.907	23.894	-0.013	23.901	0.020
第 8 次	24.264	24.250	-0.014	24.256	0.020	第 8 次	24.015	24.000	-0.015	24.010	0.025
第 9 次	24.044	24.030	-0.014	24.042	0.026	第 9 次	24.074	24.060	-0.014	24.090	0.044
第 10 次	24.037	24.018	-0.019	24.026	0.027	第 10 次	24.018	23.991	-0.027	24.018	0.054
平均			-0.011		<b>0.026</b>	平均			-0.019		<b>0.037</b>
標準差			0.006		<b>0.005</b>	標準差			0.006		<b>0.012</b>

單位：gw

(二) 結果說明與分析：依據表 4-3-1 之研究結果，進一步比較各水位高度的尿滴噴濺量平均值與標準差（如表 4-3-2），並繪製圖表進行分析（如圖 4-3-1）。

表 4-3-2 不同水位高度的噴濺量平均值與標準差

水位高度	噴濺液滴平均重量 (gw)	標準差 (gw)	本項實驗總標準差 (gw)
B1 9.5cm	0.021	0.008	0.011
B2 11.5cm	0.024	0.010	
B3 13.5cm	0.026	0.005	
B4 15.5cm	0.037	0.012	

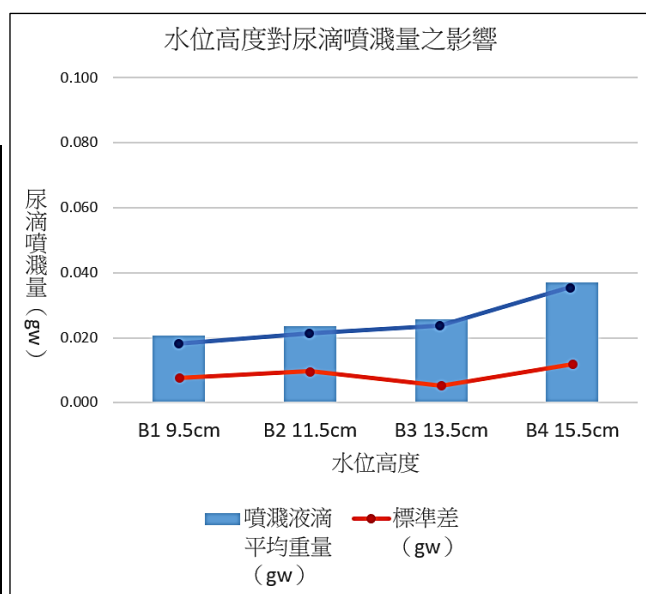


圖 4-3-1 水位高度對尿滴噴濺量比較圖

- 1.噴濺結果：由表 4-3-2 發現，不同水位高度造成的噴濺量差異較小，最高的 15.5cm 水位（B4）具有最多的液滴噴濺量 0.037gw，其餘三種水位皆在 0.021gw~0.026gw 間，差異小。另由圖 4-3-1 尿滴噴濺量的折線圖變化可發現，噴濺量有隨水位升高而提升的趨勢。
- 2.噴濺穩定性：由圖 4-3-1 發現，各組實驗的標準差在 0.005gw~0.012gw 之間，差異不大，也沒有與噴濺量有正比關係，顯示不同水位高度的噴濺穩定性都很高。
- 3.噴濺差異性：由表 4-3-2 發現，本項水位高度對尿滴噴濺量影響實驗，總標準差為 0.011gw，與各組實驗的標準差相似，表示不同水位高度間的噴濺量差異性小，非大幅影響尿滴噴濺量的因素。

(三) 研究結果討論：

- 1.由研究結果可以發現，馬桶內水位越高會造成越大的尿滴噴濺量，尤其從 13.5cm 至 15.5cm，噴濺量明顯提升，顯示馬桶內水位不宜過高。
- 2.由研究結果可以發現，水位高度 9.5cm 至 13.5cm 的噴濺量差異很小，顯示水位降低可以減少噴濺，但效果不明顯。又因為馬桶必須保留存水彎來隔絕管道臭氣，馬桶內不能沒有水或水位太低，所以不建議為了防止尿滴噴濺而讓馬桶內水位過低。

#### 四、尿液流速對尿滴噴濺量影響的研究結果與討論

(一) 研究結果：以原本 20mL/s 尿液流速為標準，在流速的正常範圍內，以 5mL/s 的速度變化調整為 15mL/s (C1)、20mL/s (C2)、25mL/s (C3)、30mL/s (C4) 四種，研究尿液流速對尿滴噴濺量之影響，研究結果如表 4-4-1。

表 4-4-1 尿液流速對尿滴噴濺量之影響的研究結果

組別	C1 尿液流速 15mL/s				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	23.969	23.983	0.014	24.001	0.004
第 2 次	24.235	24.238	0.003	24.261	0.020
第 3 次	23.991	24.000	0.009	24.012	0.003
第 4 次	24.119	24.127	0.008	24.163	0.028
第 5 次	24.059	24.067	0.008	24.114	0.039
第 6 次	24.071	24.087	0.016	24.112	0.009
第 7 次	23.830	23.848	0.018	23.886	0.020
第 8 次	24.059	24.075	0.016	24.101	0.010
第 9 次	23.963	23.977	0.014	24.006	0.015
第 10 次	24.011	24.031	0.020	24.060	0.009
平均			0.013		<b>0.016</b>
標準差			0.005		<b>0.011</b>

組別	C2 尿液流速 20mL/s (標準流速)				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	24.028	24.021	-0.007	24.035	0.021
第 2 次	23.924	23.918	-0.006	23.926	0.014
第 3 次	24.022	24.021	-0.001	24.039	0.019
第 4 次	24.126	24.125	-0.001	24.141	0.017
第 5 次	24.118	24.115	-0.003	24.139	0.027
第 6 次	24.083	24.075	-0.008	24.101	0.034
第 7 次	24.008	24.012	0.004	24.028	0.012
第 8 次	23.999	24.001	0.002	24.026	0.023
第 9 次	24.152	24.156	0.004	24.179	0.019
第 10 次	24.058	24.060	0.002	24.085	0.023
平均			-0.001		<b>0.021</b>
標準差			0.004		<b>0.006</b>

組別	C3 尿液流速 25mL/s				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	24.248	24.253	0.005	24.272	0.014
第 2 次	24.365	24.370	0.005	24.396	0.021
第 3 次	24.301	24.310	0.009	24.335	0.016
第 4 次	24.447	24.451	0.004	24.465	0.010
第 5 次	24.276	24.285	0.009	24.319	0.025
第 6 次	24.259	24.267	0.008	24.295	0.020
第 7 次	24.286	24.300	0.014	24.329	0.015
第 8 次	24.408	24.422	0.014	24.449	0.013
第 9 次	24.169	24.177	0.008	24.202	0.017
第 10 次	24.139	24.154	0.015	24.182	0.013
平均			0.009		<b>0.016</b>
標準差			0.004		<b>0.004</b>

組別	C4 尿液流速 30mL/s				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	24.433	24.426	-0.007	24.452	0.033
第 2 次	24.330	24.329	-0.001	24.353	0.025
第 3 次	24.517	24.510	-0.007	24.524	0.021
第 4 次	24.318	24.317	-0.001	24.343	0.027
第 5 次	24.325	24.322	-0.003	24.344	0.025
第 6 次	24.434	24.432	-0.002	24.487	0.057
第 7 次	24.546	24.552	0.006	24.579	0.021
第 8 次	24.416	24.420	0.004	24.449	0.025
第 9 次	24.411	24.423	0.012	24.446	0.011
第 10 次	24.234	24.240	0.006	24.267	0.021
平均			0.001		<b>0.027</b>
標準差			0.006		<b>0.012</b>

單位：gw

(二) 結果說明與分析：依據表 4-4-1 之研究結果，進一步比較各尿液流速的尿滴噴濺量平均值與標準差（如表 4-4-2），並繪製圖表進行分析（如圖 4-4-1）。

表 4-4-2 不同尿液流速的噴濺量平均值與標準差

尿液流速	噴濺液滴 平均重量 (gw)	標準差 (gw)	本項實驗 總標準差 (gw)
C1 15mL/s	0.016	0.011	0.010
C2 20mL/s	0.021	0.006	
C3 25mL/s	0.016	0.004	
C4 30mL/s	0.027	0.012	

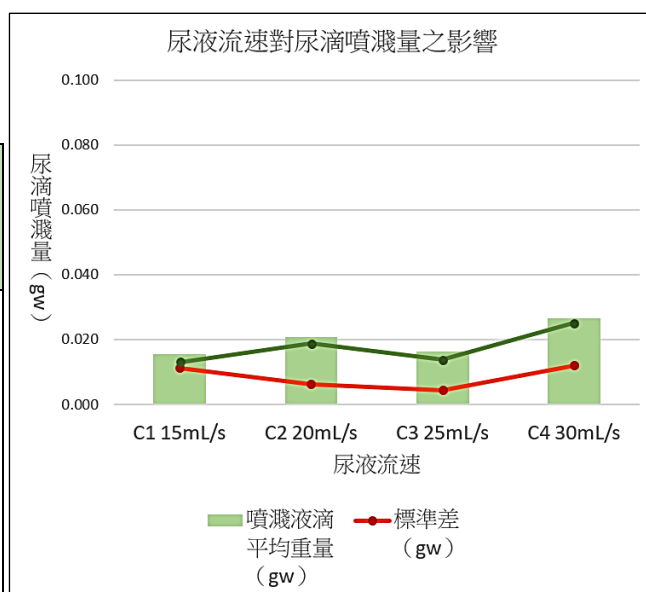


圖 4-4-1 尿液流速對尿滴噴濺量比較圖

- 1.噴濺結果：由表 4-4-2 發現，不同尿液流速造成的噴濺量差異較小，最快的尿液流速 30mL/s (C4) 具有最多的液滴噴濺量 0.027gw，而流速 15 mL/s (C1) 及 25 mL/s (C3) 則具有最少的液滴噴濺量 0.016gw，彼此的差異僅有 0.011gw。另由圖 4-4-1 尿滴噴濺量的折線圖變化可發現，噴濺量並沒有隨尿液流速增加而提升的趨勢。
- 2.噴濺穩定性：由圖 4-4-1 發現，各組實驗的標準差在 0.004gw~0.012gw 之間，差異不大，也沒有與噴濺量有正比關係，顯示不同水位高度的噴濺穩定性都很高。
- 3.噴濺差異性：由表 4-4-2 發現，本項尿液流速對尿滴噴濺量影響實驗，總標準差為 0.010gw，與各組實驗的標準差相似，表示不同尿液流速間的噴濺量差異性小，非大幅影響噴濺量的因素。

(三) 研究結果討論：

- 1.由研究結果可以發現，**尿液流速與尿滴噴濺量沒有明顯的關係**，我們推論可能由於流速快的水柱雖可能濺起較多液滴，但因總噴水量相同，相對噴水時間也減少，而使得彼此差異不明顯。
- 2.本研究設計的尿液流速為模擬正常人的尿液流速範圍 (15mL/s~30mL/s)，雖然無法確認更小或更大的流速變化是否影響尿滴噴濺，但**在正常的排尿狀況下**，應該可以**不用擔心尿液流速快慢對於尿滴噴濺的影響**。

## 五、排尿高度對尿滴噴濺量影響的研究結果與討論

(一) 研究結果：以研究者排尿行為研究的平均排尿高度 58cm 為標準，以 10cm 的高度變化調整為 58cm (D1)、68cm (D2)、78cm (D3)、88cm (D4) 四種，研究排尿高度對尿滴噴濺量之影響，研究結果如表 4-5-1。

表 4-5-1 排尿高度對尿滴噴濺量之影響的研究結果

組別	D1 排尿高度 58cm (標準高度)				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	24.286	24.280	-0.006	24.299	0.025
第 2 次	23.990	23.982	-0.008	23.999	0.025
第 3 次	24.219	24.206	-0.013	24.217	0.024
第 4 次	24.278	24.276	-0.002	24.299	0.025
第 5 次	23.957	23.960	0.003	23.979	0.016
第 6 次	23.987	23.979	-0.008	23.991	0.020
第 7 次	23.847	23.840	-0.007	23.863	0.030
第 8 次	24.065	24.065	0.000	24.082	0.017
第 9 次	24.552	24.554	0.002	24.569	0.013
第 10 次	24.093	24.094	0.001	24.116	0.021
平均			-0.004		<b>0.022</b>
標準差			0.005		<b>0.005</b>

組別	D2 排尿高度 68cm				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	24.320	24.316	-0.004	24.344	0.032
第 2 次	24.449	24.446	-0.003	24.478	0.035
第 3 次	24.377	24.383	0.006	24.422	0.033
第 4 次	24.085	24.081	-0.004	24.114	0.037
第 5 次	24.200	24.201	0.001	24.229	0.027
第 6 次	24.101	24.107	0.006	24.139	0.026
第 7 次	24.137	24.137	0.000	24.159	0.022
第 8 次	24.161	24.170	0.009	24.201	0.022
第 9 次	23.991	23.993	0.002	24.017	0.022
第 10 次	23.901	23.900	-0.001	23.922	0.023
平均			0.001		<b>0.028</b>
標準差			0.005		<b>0.006</b>

組別	D3 排尿高度 78cm				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	24.252	24.254	0.002	24.273	0.017
第 2 次	24.248	24.254	0.006	24.300	0.040
第 3 次	24.239	24.247	0.008	24.288	0.033
第 4 次	24.321	24.334	0.013	24.408	0.061
第 5 次	24.373	24.382	0.009	24.407	0.016
第 6 次	24.224	24.231	0.007	24.335	0.097
第 7 次	24.147	24.152	0.005	24.201	0.044
第 8 次	24.263	24.273	0.010	24.322	0.039
第 9 次	24.051	24.071	0.020	24.123	0.032
第 10 次	24.300	24.316	0.016	24.352	0.020
平均			0.010		<b>0.040</b>
標準差			0.005		<b>0.024</b>

組別	D4 排尿高度 88cm				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	24.467	24.483	0.016	24.531	0.032
第 2 次	24.209	24.220	0.011	24.260	0.029
第 3 次	24.243	24.250	0.007	24.316	0.059
第 4 次	24.200	24.209	0.009	24.309	0.091
第 5 次	24.243	24.255	0.012	24.355	0.088
第 6 次	24.265	24.279	0.014	24.358	0.065
第 7 次	24.119	24.132	0.013	24.181	0.036
第 8 次	24.501	24.525	0.024	24.570	0.021
第 9 次	24.309	24.332	0.023	24.374	0.019
第 10 次	24.141	24.154	0.013	24.228	0.061
平均			0.014		<b>0.050</b>
標準差			0.006		<b>0.026</b>

單位：gw



(二) 結果說明與分析：依據表 4-5-1 之研究結果，進一步比較各排尿高度的尿滴噴濺量平均值與標準差（如表 4-5-2），並繪製圖表進行分析（如圖 4-5-1）。

表 4-5-2 不同排尿高度的噴濺量平均值與標準差

排尿高度	噴濺液滴平均重量 (gw)	標準差 (gw)	本項實驗總標準差 (gw)
D1 58cm	0.022	0.005	0.021
D2 68cm	0.028	0.006	
D3 78cm	0.040	0.024	
D4 88cm	0.050	0.026	

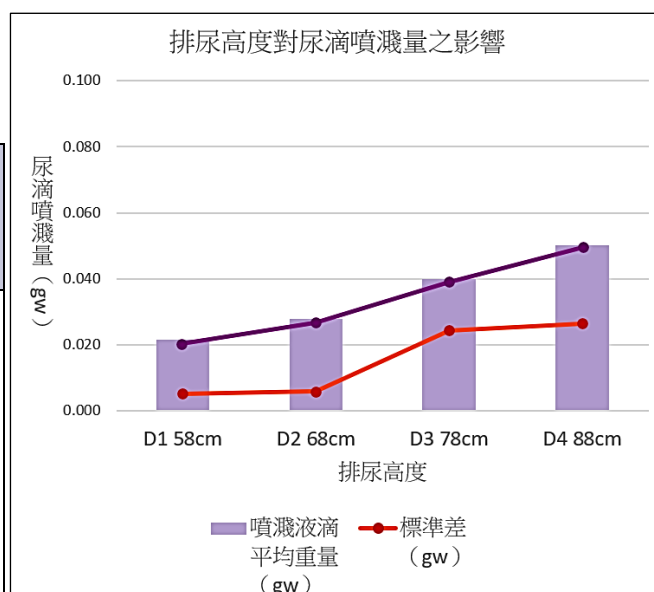


圖 4-5-1 排尿高度對尿滴噴濺量比較圖

- 1.噴濺結果：由表 4-5-2 發現，排尿高度越高，造成的噴濺量越大，最高的排尿高度 88cm (D4) 液滴噴濺量為 0.050gw，相較於最低的排尿高度 58cm (D1) 液滴噴濺量 0.022gw，噴濺量已超過 2 倍。另由圖 4-5-1 尿滴噴濺量的折線圖變化可發現，噴濺量與排尿高度雖然非正比關係，但排尿高度每增加 10cm，其平均噴濺量增加的幅度頗為一致。
- 2.噴濺穩定性：由圖 4-5-1 發現，低排尿高度 58cm (D1) 和 68cm (D2) 的標準差為 0.005gw、0.006gw，噴濺穩定性很高；但高排尿高度 78cm (D3) 和 88cm (D4) 的標準差則大幅提昇為 0.024gw、0.026gw，噴濺穩定性低。顯示排尿高度提高，噴濺的穩定性會降低。
- 3.噴濺差異性：由表 4-5-2 發現，本項尿液流速對尿滴噴濺量影響實驗，總標準差為 0.021gw，與 D1、D2 組實驗的標準差差異大，表示不同排尿高度的噴濺量差異性大，是大幅影響噴濺量的因素。

(三) 研究結果討論：

- 1.由研究結果可以發現，排尿高度明顯影響尿滴噴濺量，且**排尿高度越高，尿滴噴濺量越多且越不穩定**。我們推論可能是由於排尿高度越高，尿液衝擊力越大，所以有機會將較大的尿滴噴濺出馬桶壁；排尿高度較低，尿液衝擊力小，不但噴濺的尿滴較小，較大尿滴噴濺出馬桶的機會也較少，所以噴濺量穩定性高。
- 2.本研究設計的排尿高度，大約是針對身高 150cm 的高年級學生到 190cm 的成人，由於每個人可能因為身體結構差異，而有不同的排尿高度，因此不一定完全與身高相關。但根據實驗結果，180cm 以上的成人（排尿高度 78cm 以上）尿液噴濺量是我們高年級學生（排尿高度 58cm）的 2 倍，因此**成人應該比小孩更重視尿液噴濺的問題**。

## 六、馬桶壁傾角對尿滴噴濺量影響的研究結果與討論

(一) 研究結果：用調整器以改變頂端位置的馬桶壁傾角，以 30° 的角度變化調整為 60° (E1)、30° (E2)、0° (E3)、-30° (E4) 四種，研究馬桶壁傾角對尿滴噴濺量之影響，研究結果如表 4-6-1。

表 4-6-1 馬桶壁傾角對尿滴噴濺量之影響的研究結果

組別	E1 馬桶壁傾角 60°					組別	E2 馬桶壁傾角 30°				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重	次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	23.960	23.954	-0.006	25.349	1.401	第 1 次	24.312	24.319	0.007	25.813	1.487
第 2 次	24.219	24.208	-0.011	25.425	1.228	第 2 次	24.287	24.299	0.012	25.889	1.578
第 3 次	24.354	24.358	0.004	25.910	1.548	第 3 次	24.230	24.243	0.013	25.865	1.609
第 4 次	24.070	24.068	-0.002	25.333	1.267	第 4 次	24.212	24.232	0.020	25.893	1.641
第 5 次	24.063	24.062	-0.001	25.181	1.120	第 5 次	24.401	24.417	0.016	26.080	1.647
第 6 次	24.092	24.088	-0.004	25.236	1.152	第 6 次	24.045	24.058	0.013	25.925	1.854
第 7 次	24.020	24.001	-0.019	25.464	1.482	第 7 次	24.101	24.128	0.027	25.755	1.600
第 8 次	24.025	24.001	-0.024	25.316	1.339	第 8 次	24.082	24.088	0.006	25.977	1.883
第 9 次	24.099	24.085	-0.014	25.699	1.628	第 9 次	23.987	24.001	0.014	25.921	1.906
第 10 次	24.295	24.293	-0.002	25.792	1.501	第 10 次	24.025	24.030	0.005	25.833	1.798
平均			-0.008		<b>1.367</b>	平均			0.013		<b>1.700</b>
標準差			0.009		<b>0.173</b>	標準差			0.007		<b>0.147</b>

組別	E3 馬桶壁傾角 0°					組別	E4 馬桶壁傾角 -30°				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重	次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	24.360	24.349	-0.011	24.354	0.016	第 1 次	24.138	24.138	0.000	24.135	-0.003
第 2 次	24.273	24.261	-0.012	24.255	0.006	第 2 次	24.028	24.024	-0.004	24.020	0.000
第 3 次	24.119	24.118	-0.001	24.131	0.014	第 3 次	24.391	24.387	-0.004	24.388	0.005
第 4 次	24.285	24.290	0.005	24.299	0.004	第 4 次	24.329	24.334	0.005	24.334	-0.005
第 5 次	24.489	24.488	-0.001	24.500	0.013	第 5 次	24.248	24.249	0.001	24.249	-0.001
第 6 次	24.326	24.308	-0.018	24.314	0.024	第 6 次	24.213	24.214	0.001	24.214	-0.001
第 7 次	24.200	24.201	0.001	24.211	0.009	第 7 次	24.235	24.238	0.003	24.241	0.000
第 8 次	24.178	24.174	-0.004	24.177	0.007	第 8 次	24.208	24.209	0.001	24.212	0.002
第 9 次	24.042	24.034	-0.008	24.035	0.009	第 9 次	24.330	24.331	0.001	24.333	0.001
第 10 次	24.215	24.210	-0.005	24.211	0.006	第 10 次	24.356	24.358	0.002	24.359	-0.001
平均			-0.005		<b>0.011</b>	平均			0.0006		<b>-0.0003</b>
標準差			0.007		<b>0.006</b>	標準差			0.003		<b>0.003</b>

單位：gw

(二) 結果說明與分析：依據表 4-6-1 之研究結果，進一步比較各馬桶壁傾角的尿滴噴濺量平均值與標準差，且以相同條件下無傾角調整器的 A2 組實驗做對照（如表 4-6-2），並繪製圖表進行分析（如圖 4-6-1）。

表 4-6-2 不同馬桶壁傾角的噴濺量平均值與標準差

馬桶壁傾角	噴濺液滴 平均重量 (gw)	標準差 (gw)	本項實驗 總標準差 (gw)
A2 頂端位置 (對照)	0.204	0.015	0.791
E1 60°	1.367	0.173	
E2 30°	1.700	0.147	
E3 0°	0.011	0.006	
E4 -30°	-0.0003	0.003	

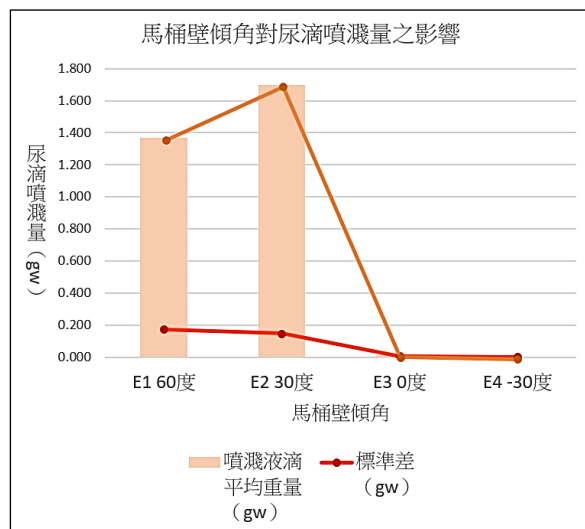


圖 4-6-1 馬桶壁傾角對尿滴噴濺量比較圖

1. 噴濺結果：由表 4-6-2 發現，不同馬桶壁傾角造成的噴濺量差異很大：

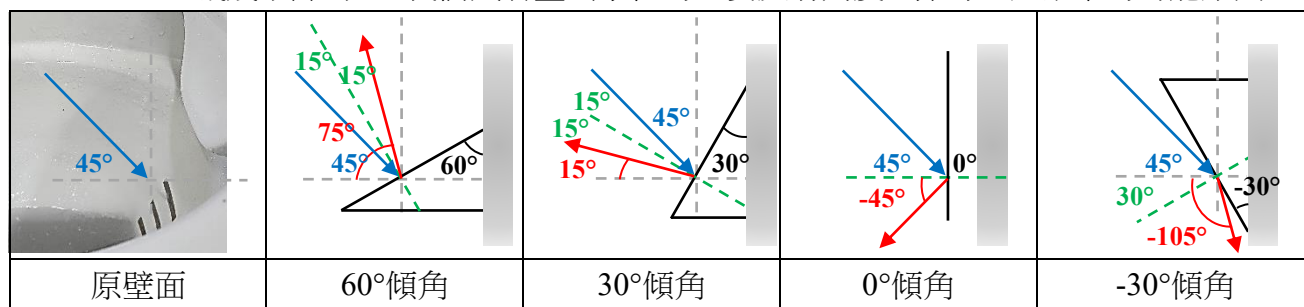
- (1) 傾角 60° (E1) 及 30° (E2) 分別造成 1.367gw、1.7gw 的噴濺量，明顯高於原本頂端位置 (A2) 馬桶壁的噴濺量 0.204gw。
- (2) 傾角 0° (E3) 造成 0.011gw 的噴濺量，明顯低於原本頂端位置 (A2) 馬桶壁的噴濺量 0.204gw。
- (3) 傾角-30° (E4)，研究結果為-0.0003gw，由於噴濺液滴重不可能為負值，且數值極小，應是實驗誤差，可視為幾乎沒有尿滴噴濺。

2. 噴濺穩定性：由圖 4-6-1 發現，傾角 60° (E1) 及 30° (E2) 的標準差皆大於 0.1gw，明顯高於其他組實驗，顯示噴濺量較不穩定；傾角 0° (E3) 及-30° (E4) 的標準差則小於 0.006gw，噴濺穩定性高。

3. 噴濺差異性：由表 4-6-2 發現，本項馬桶壁傾角對尿滴噴濺量影響實驗，總標準差為 0.791gw，與各組實驗的標準差差異大，表示不同馬桶壁傾角的噴濺量差異性大，是大幅影響噴濺量的因素。

(三) 研究結果討論：

1. 由研究結果可以發現，馬桶壁傾角對尿滴噴濺量影響很大，若與原本的頂端位置噴濺量相比，傾角變大會造成噴濺量增加 6~8 倍；相反的，如果將馬桶壁設計成完全垂直的 0° 傾角，噴濺量大幅降低為 1/20；而斜向下的-30° 傾角，甚至讓噴濺幾乎降為 0。我們試著畫出水柱的主要反射角度，探討上述結果的可能原因：



由上頁圖可以了解，在 60°與 30°傾角時，尿滴主要朝水平面以上反射，其中 30°傾角造成較小的反射角，可噴濺較遠，可能是噴濺量反而大於 60°傾角的原因。而 0°與-30°傾角時，尿滴主要朝水平面以下反射，不易濺出。

2. 考量-30°傾角馬桶壁可能造成沖水的困難，將頂端位置的馬桶壁設計為傾角 0°的垂直壁面，將會大幅降低尿滴噴濺，甚至比中央位置(水中)的尿液位置更佳。

## 七、水面添加物對尿滴噴濺量影響的研究結果與討論

(一) 研究結果：在馬桶內水面添加衛生紙 (F1)、泡泡 (F2)、清潔慕斯 (F3)、食用油 (F4) 四種添加物，使完整覆蓋水面，研究水面添加物對尿滴噴濺量之影響，研究結果如表 4-7-1。

表 4-7-1 水面添加物對尿滴噴濺量之影響的研究結果

組別	F1 衛生紙					組別	F2 泡泡				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重	次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	24.169	24.128	-0.041	24.115	0.028	第 1 次	24.173	24.165	-0.008	24.175	0.018
第 2 次	24.172	24.132	-0.040	24.127	0.035	第 2 次	23.999	24.000	0.001	24.007	0.006
第 3 次	24.466	24.426	-0.040	24.420	0.034	第 3 次	24.241	24.247	0.006	24.255	0.002
第 4 次	24.124	24.078	-0.046	24.054	0.022	第 4 次	23.899	23.901	0.002	23.901	-0.002
第 5 次	24.174	24.131	-0.043	24.101	0.013	第 5 次	23.799	23.792	-0.007	23.789	0.004
第 6 次	24.049	24.007	-0.042	24.000	0.035	第 6 次	24.261	24.256	-0.005	24.254	0.003
第 7 次	24.113	24.065	-0.048	24.050	0.033	第 7 次	24.364	24.361	-0.003	24.357	-0.001
第 8 次	24.158	24.114	-0.044	24.100	0.030	第 8 次	24.167	24.160	-0.007	24.157	0.004
第 9 次	24.299	24.262	-0.037	24.262	0.037	第 9 次	24.040	24.041	0.001	24.037	-0.005
第 10 次	24.101	24.061	-0.040	24.061	0.040	第 10 次	24.362	24.358	-0.004	24.365	0.011
平均			-0.042		<b>0.031</b>	平均			-0.002		<b>0.004</b>
標準差			0.003		<b>0.008</b>	標準差			0.005		<b>0.007</b>

組別	F3 清潔慕斯					組別	F4 食用油				
次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重	次別	W <sub>0</sub> 實驗前	W <sub>1</sub> 未噴水 對照	W <sub>e</sub> 除誤植	W <sub>2</sub> 噴水後	W <sub>s</sub> 噴濺 液滴重
第 1 次	24.316	24.278	-0.038	24.256	0.016	第 1 次	24.215	24.214	-0.001	24.237	0.024
第 2 次	24.047	24.010	-0.037	23.989	0.016	第 2 次	24.349	24.345	-0.004	24.353	0.012
第 3 次	24.245	24.213	-0.032	24.202	0.021	第 3 次	24.093	24.085	-0.008	24.100	0.023
第 4 次	24.179	24.152	-0.027	24.155	0.030	第 4 次	24.065	24.065	0.000	24.075	0.010
第 5 次	24.215	24.201	-0.014	24.199	0.012	第 5 次	24.030	24.026	-0.004	24.050	0.028
第 6 次	24.212	24.199	-0.013	24.200	0.014	第 6 次	24.059	24.056	-0.003	24.060	0.007
第 7 次	23.979	23.962	-0.017	23.960	0.015	第 7 次	24.013	24.006	-0.007	24.030	0.031
第 8 次	24.053	24.054	0.001	24.059	0.004	第 8 次	24.032	24.034	0.002	24.047	0.011

第 9 次	24.228	24.231	0.003	24.242	0.008
第 10 次	24.231	24.231	0.000	24.234	0.003
平均			-0.017		<b>0.014</b>
標準差			0.016		<b>0.008</b>

第 9 次	24.201	24.200	-0.001	24.227	0.028
第 10 次	24.226	24.228	0.002	24.246	0.016
平均			-0.002		<b>0.019</b>
標準差			0.003		<b>0.009</b>

單位：gw

(二) 結果說明與分析：依據表 4-7-1 之研究結果，進一步比較各添加物影響的尿滴噴濺量平均值與標準差，且以相同條件下水面無添加物的 A1 組實驗進行對照（如表 4-7-2），並繪製圖表進行分析（如圖 4-7-1）。

表 4-7-2 不同水面添加物的噴濺量平均值與標準差

水面添加物	噴濺液滴 平均重量 (gw)	標準差 (gw)	本項實驗 總標準差 (gw)
A1 中央位置 (對照)	0.025	0.008	0.012
E1 衛生紙	0.031	0.008	
E2 泡泡	0.004	0.007	
E3 清潔慕斯	0.014	0.008	
E4 食用油	0.019	0.009	

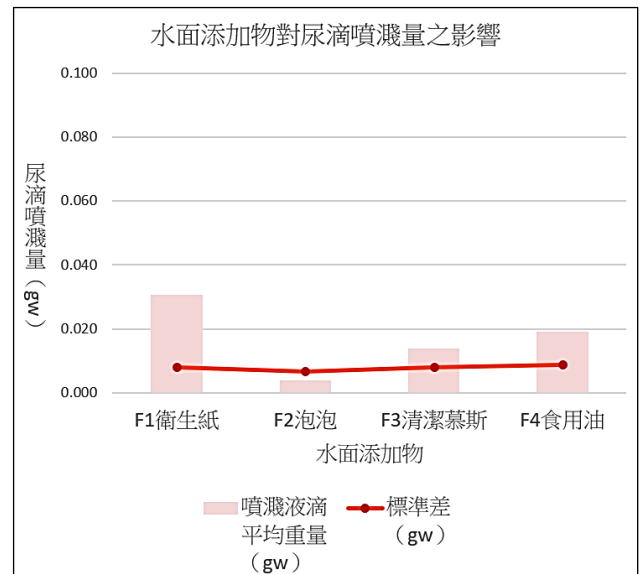


圖 4-7-1 水面添加物對尿滴噴濺量比較圖

1. 噴濺結果：由表 4-7-2 發現，除了衛生紙（F1）以外，其他的水面添加物都能降低液滴噴濺量。

(1) 添加泡泡（F2）最能減少液滴噴濺量，平均噴濺量 0.004gw，進一步檢視各次實驗噴濺液滴重，本項實驗中有 7 次噴濺液滴重小於 0.005gw，沒有明顯大於除誤值，甚至為負值，可算是實驗誤差所致，因此添加泡泡幾乎沒有產生尿滴噴濺。

(2) 添加清潔慕斯（F3）噴濺量為 0.014gw、食用油（F4）噴濺量為 0.019gw，均小於無添加物（F1）的噴濺量 0.025gw，有降低尿滴噴濺的效果。

(3) 添加衛生紙（F1）噴濺量為 0.031gw，反而較無添加物（A1）的噴濺量高，但差異不大。

2. 噴濺穩定性：由圖 4-7-1 發現，各組實驗的標準差在 0.007gw~0.009gw 之間，差異不大，顯示不同水面添加物的噴濺穩定性都很高。

3. 噴濺差異性：由表 4-7-2 發現，本項水面添加物對尿滴噴濺量影響實驗，總標準差為 0.012gw，與各組實驗的標準差相似，表示不同水面添加物間的噴濺量差異性小，非大幅影響噴濺量的因素。

### (三) 研究結果討論：

- 1.由研究結果可以發現，非單純固態的水面添加物，包含泡泡、清潔慕斯、食用油都能減少尿液噴濺，其中**泡泡的效果最佳**，甚至幾乎能完全避免尿液噴濺，推測可能是泡泡層較厚的關係。由於效果好且所需的原料極少，因此**泡泡是很好的防噴濺水面添加物**。
- 2.清潔慕斯及食用油稍有減少尿滴噴濺的效果，考量清潔慕斯效果稍好，又能同時清潔馬桶，若能增加慕斯層的厚度，**清潔慕斯是非常建議的防噴濺水面添加物**；食用油效果不如預期明顯，使用後發現整個馬桶管道變得油油的，可能造成衛生疑慮，較不推薦使用。
- 3.衛生紙雖然在過去的科展研究中可以減少固體物撞擊水面的水花，但因本研究針對的是液體的尿液，我們推測固態的衛生紙可能反而形成一個反射面，使尿滴噴濺量增加，所以**衛生紙不是良好的防噴濺水面添加物**。

## 伍、結論

### 一、排尿狀況與模擬尿液噴射方式：

- 1.國小高年級男生真實排尿狀況平均為：**8gw** 尿液衝擊力(約為 **20mL/s** 尿液流速狀況)、單次 **400mL** 排尿量、**58cm** 排尿高度。
- 2.以可調節噴水強度之噴水器，調節為 **20mL/s** 水柱流速，噴水 **20** 秒做模擬。

### 二、定量測量尿滴噴濺方式：

- 1.以鋪設於便座周圍的**測驗卷紙**盛接噴濺液滴，並以精密電子秤測量重量變化。
- 2.紙張在空氣中自然吸水或蒸發水分的變化量會大幅影響重量變化，需在**每次實驗均先進行不噴水的對照測量**，計算每次實驗的**除誤值**，進而計算真實的噴濺液滴重量。

### 三、尿液位置對尿滴噴濺量之影響：

- 1.**頂端位置**的尿液噴濺量為其他位置的**6~9**倍，是**最不適合**的尿液位置。
- 2.**中央位置(水中)**的尿液噴濺量較少，又最多人習慣，是**最適合**的尿液位置。

### 四、水位高度對尿滴噴濺量之影響：

- 1.馬桶內水位越高，尿滴噴濺量越大，且高度越高提升幅度越大，顯示**馬桶水位不宜過高**。
- 2.馬桶內水位降低，噴濺量減少但差異不明顯，考量存水彎的需求，也不建議水位過低。

### 五、尿液流速對尿滴噴濺量之影響：

在正常排尿流速 **15mL/s~30mL/s** 間，**尿液流速**對尿滴噴濺量**沒有明顯的影響**。

### 六、排尿高度對尿滴噴濺量之影響：

- 1.**排尿高度越高**，會造成**越大的尿液噴濺量**，且噴濺量不穩定。
- 2.研究結果顯示**成人比兒童更需重視尿液噴濺問題**，但由於改變排尿高度會影響排尿便利性，建議成人需參考本研究的最佳排尿方式，減少尿液噴濺。

### 七、馬桶壁傾角對尿滴噴濺量之影響：

- 1.**馬桶壁傾角在 30°以上**時，因尿滴朝上反射，將**大幅增加尿滴噴濺量**，為原本頂端位置噴濺量的**6~8**倍，但傾角大小與噴濺量無一致的變化趨勢。
- 2.**馬桶壁傾角為 0°或-30°**，可**大幅減少尿滴噴濺量**，不到原本頂端位置噴濺量的 **1/20**，甚至比中央位置的噴濺量更小，考量-30°可能不易沖水，建議以 **0°傾角(垂直壁面)**最佳。

## 八、水面添加物對尿滴噴濺量之影響：

1. 添加衛生紙，液滴噴濺量較原本未添加時更多，**不建議使用**。
2. 添加泡泡、清潔慕斯、食用油，均能減少尿滴噴濺量。添加**泡泡**可減少尿滴噴濺量為原本的 1/6，**效果最佳**；另外，**清潔慕斯**效果次佳，但具備清潔馬桶功能，**也建議使用**。

## 九、最少尿滴噴濺的站立式排尿方式：

1. 綜合本研究的結果，我們提出兩種最少尿滴噴濺的站立式排尿建議方式：

習慣尿液位置	馬桶壁面傾角	水位高度	尿液流速	水面添加物
1. 水中	-	不影響 存水彎的 最小高度	正常流速 15-30mL/s 內 無明顯影響	<b>泡泡</b> 或 <b>清潔慕斯</b>
2. 馬桶壁面	<b>垂直壁面</b> (傾角 0°)			

2. 在不影響馬桶使用功能的前提下，建議衛浴業者可以製造：**(1) 壁面盡量垂直、(2) 水位盡量降低、(3) 水面上噴出一層泡泡或清潔慕斯**等三種特性的馬桶，減少尿液噴濺。

## 陸、研究心得

- 一、實際進行實驗，我們發現噴濺的尿滴重量比想像小，每次 400mL 的噴水量，只會噴濺約 0.02gw，噴濺的液滴僅佔總噴水重 400gw 的 **0.05%**。雖然本研究中未能盛接所有的噴濺液滴，但已盡量蒐集最靠近便座、噴濺量最多的部分，依照文獻中，每人每天排尿量約 2000mL，我們**一天的噴濺尿滴大概才 0.1gw**，即使**一星期不去清潔，大概也才累積不到 1gw 的噴濺尿滴**，因此說**男生站立尿尿很髒，實在太誇張了**。不過如果能透過排尿行為或馬桶設計的改良，減少噴濺尿滴的產生，我們就更能理直氣壯的站立尿尿了。(站立排尿還會有噴射不準、噴射減弱時滴下尿滴等問題，影響可能更大，但不在本研究的範圍中。)
- 二、研究前，我們完全沒想到紙張會因為空氣中的水分吸收或蒸發，造成自然增加或減少重量，也讓初期許多實驗數據無法使用，一度想放棄，幸好大家想出在每次實驗前對照紙張重量增減的方式，儘管讓實驗時間多一倍，但克服障礙的成就感是值得的。

## 柒、參考資料

- 邱聖友 (民 106)。排尿與生理疾病。宏恩藥訊。https://www.country.org.tw/file/PY51.pdf。
- 劉昱岑、劉芷筠、戴艾倫 (民 106)。止一剎的花火-泡沫對水花濺起高度之影響。中華民國第 57 屆中小學科學展覽會作品。
- 站著尿有多髒 (2019)。取自：https://news.tvbs.com.tw/life/1167455。
- 男生尿尿習慣研究 (2020)。取自：https://news.gamme.com.tw/1674301。
- 一天尿量多少最適當 (2013)。取自：https://www.commonhealth.com.tw/article/73242
- 腎臟要好 排尿量是指標。(2016)。取自：  
https://www.businesstoday.com.tw/article/category/80731/post/201603240058/
- 尿流速檢查的注意事項。(無日期)。取自：https://www.klchb.klchg.gov.tw/tw/klchb/1411.html
- 從尿流速探測排尿問題。(無日期)。取自：https://hlm.tzuchi.com.tw/uro/index.php/2017-04-14-01-20-43/67-2017-04-06-01-42-30。

## 【評語】 082922

1. 此研究探討男性在站立使用馬桶時，不同條件下的尿液噴濺情形，並提出改善建議。研究發現，選擇頂端的尿液位置及身高愈高者，有愈多噴濺出的尿液，且馬桶傾斜角為 0 度時，噴濺量將大幅減少。

2. 建議：

(1) 本實驗於定量尿滴噴濺設計時，會受環境溼度或噴濺量蒸發造成實驗結果不易看出差異與實驗誤差，若改為有色液體模擬，噴在試卷上的顏色再以 imageJ 定量，即可解決此問題。

(2) 實驗的參數與量測之完整度高、並克服許多誤差因素，而得以用充分數值證據說服讀者。惟馬桶壁傾角的角度選擇，是否應該縮小實驗範圍(0~30 度)，較符合真實產品設計？



# 作品海報



# 尿尿兒童的煩惱

～ 站立使用馬桶的尿液噴濺探究



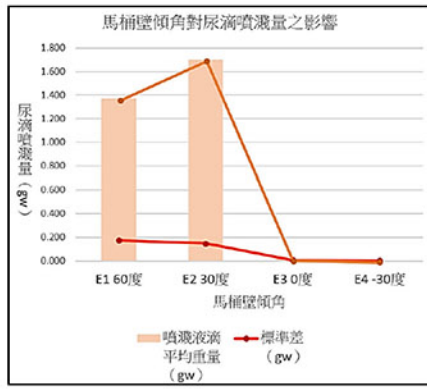


## 六、馬桶壁傾角對尿滴噴濺量影響的研究結果與討論

### (一) 研究結果：

用調整器以改變頂端位置的馬桶壁傾角，以30°的角度變化調整為60°(E1)、30°(E2)、0°(E3)、-30°(E4)四種，研究馬桶壁傾角對尿滴噴濺量之影響，並進一步比較各馬桶壁傾角的尿滴噴濺量平均值與標準差，以相同條件下無傾角調整器的A2組實驗做對照，繪製圖表進行分析。

馬桶壁傾角	噴濺液滴平均重量 (gw)	標準差 (gw)	本項實驗總標準差 (gw)
A2 頂端位置 (對照)	0.204	0.015	0.791
E1 60°	1.367	0.173	
E2 30°	1.700	0.147	
E3 0°	0.011	0.006	
E4 -30°	-0.0003	0.003	



### (二) 模擬尿液噴射研究結果：

#### 1. 噴濺結果：不同馬桶壁傾角造成的噴濺量差異很大

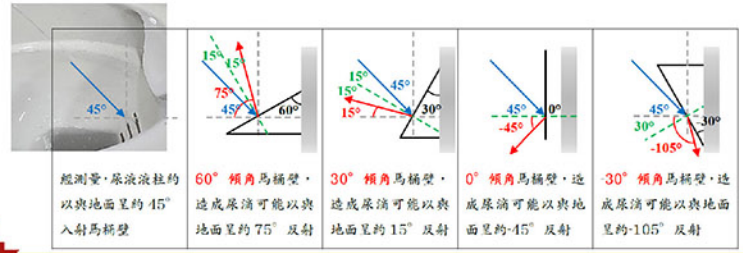
- (1) 傾角60°及30°：分別造成1.367gw、1.7gw的噴濺量，明顯高於原本頂端位置的噴濺量0.204gw。
- (2) 傾角0°：造成0.011gw的噴濺量，明顯低於原本頂端位置馬桶壁的噴濺量0.204gw。
- (3) 傾角-30°：研究結果為-0.0003gw，由於噴濺液滴重不可能為負值，且數值極小，可算是實驗誤差所致，因此-30°傾角可視為幾乎沒有產生尿滴噴濺。
- (4) 噴濺量並沒有與馬桶壁傾角有一致的變化趨勢。

2. 噴濺穩定性：傾角60°及30°的標準差皆大於0.1gw，明顯高於其他組實驗，顯示噴濺量較不穩定；傾角0°及-30°的標準差則小於0.006gw，噴濺穩定性高。
3. 噴濺差異性：本項實驗總標準差0.791gw，與各組實驗的標準差差異大，表示不同馬桶壁傾角差異性大，是大幅影響噴濺量因素。

### (三) 研究結果討論：

#### 1. 馬桶壁傾角對尿滴噴濺量影響很大：

- 若與原本的頂端位置的噴濺量相比
- (1) 傾角變大：會造成噴濺量大幅增加6~8倍。
  - (2) 傾角變小：0°傾角可以讓噴濺量大幅降低為1/20；斜向下的-30°傾角噴濺幾乎降為0。
- 試著畫出水柱在磁磚片上的主要反射角度探討原因：60°與30°時，主要朝水平面以上反射，易濺出；0°與-30°時，主要朝水平面以下反射，不易濺出。



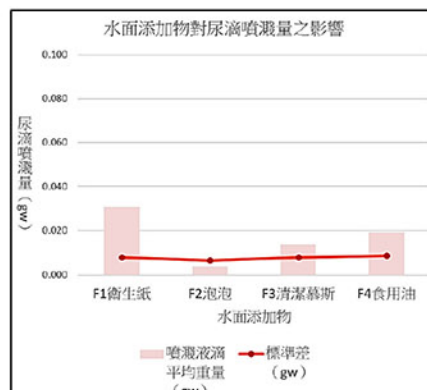
2. 設計建議：-30°傾角馬桶壁可能造成沖水困難，故建議將頂端位置的馬桶壁設計為傾角0°的垂直壁面，會大幅降低尿滴噴濺。

## 七、水面添加物對尿滴噴濺量影響的研究結果與討論

### (一) 研究結果：

在馬桶內水面添加衛生紙(F1)、泡泡(F2)、清潔慕斯(F3)、食用油(F4)四種添加物，使完整覆蓋水面，研究水面添加物對尿滴噴濺量之影響，並進一步比較各尿液位置的尿滴噴濺量平均值與標準差，以相同條件下水面無添加物的A1組實驗進行對照，繪製圖表進行分析。

水面添加物	噴濺液滴平均重量 (gw)	標準差 (gw)	本項實驗總標準差 (gw)
A1 中央位置 (對照)	0.025	0.008	0.012
F1 衛生紙	0.031	0.008	
F2 泡泡	0.004	0.007	
F3 清潔慕斯	0.014	0.008	
F4 食用油	0.019	0.009	



### (二) 模擬尿液噴射研究結果：

1. 噴濺結果：除了衛生紙以外，其他的水面添加物都能降低液滴噴濺量
- (1) 添加泡泡：最能減少液滴噴濺量，平均噴濺量0.004gw，有7次噴濺液滴重小於0.005gw，幾乎沒有產生尿滴噴濺。
- (2) 添加清潔慕斯、食用油：噴濺量分別為0.014gw、0.019gw，均小於無添加物(A1)的噴濺量0.025gw，有降低尿滴噴濺的效果。
- (3) 添加衛生紙：噴濺量為0.031gw，較無添加物高，但差異不大。

2. 噴濺穩定性：各組實驗標準差在0.007~0.009gw之間，差異不大，顯示不同水面添加物的噴濺穩定性都很高。
3. 噴濺差異性：本項實驗總標準差為0.012gw，與各組實驗的標準差相似，表示不同水面添加物間的噴濺量差異性小，非大幅影響噴濺量的因素。

### (三) 研究結果討論：

1. 由研究結果可以發現，非單純固態的水面添加物，包含泡泡、清潔慕斯、食用油都能減少尿液噴濺，其中泡泡的效果最佳，甚至幾乎能完全避免尿液噴濺，推測可能是泡泡層較厚的關係。由於效果好且所需的原料極少，因此泡泡是很好的防噴濺水面添加物。
2. 清潔慕斯及食用油都稍有減少尿滴噴濺的效果，考量清潔慕斯效果稍好，又能同時清潔馬桶，若能增加慕斯層的厚度，清潔慕斯是非常建議的防噴濺水面添加物；食用油效果不如預期明顯，使用後發現整個馬桶管道變得油油的，可能造成衛生疑慮，不推薦使用。
3. 衛生紙雖然在過去的科展研究中可以減少固體物撞擊水面的水花，但因本研究針對的是液體的尿液，我們推測固態的衛生紙可能反而形成一個反射面，使尿滴噴濺量增加，所以衛生紙不是良好的防噴濺水面添加物。

## 研究結論

- 一、排尿狀況與模擬尿液噴射方式：
  1. 國小高年級男生真實排尿狀況：  
8gw 尿液衝擊力、單次400mL 排尿量、58cm 排尿高度。
  2. 以可調節噴水強度之噴水器，調節為20mL/s 水柱流速，噴水20秒做模擬。
- 二、定量測量尿滴噴濺方式：
  1. 以鋪設於便座周圍的測驗卷紙盛接噴濺液滴，並以精密電子秤測量重量變化。
  2. 紙張在空氣中自然吸水或蒸發水分会大幅影響重量變化，需在每次實驗前進行不噴水的對照測量，計算每次實驗的除誤值，計算噴濺液滴重量。
- 三、尿液位置對尿滴噴濺量之影響：
  1. 頂端位置的尿滴噴濺量為其他位置的6~9倍，是最不適合的尿液位置。
  2. 中央位置的尿滴噴濺量較少，又最多人習慣，是最適合的尿液位置。
- 四、水位高度對尿滴噴濺量之影響：

馬桶內水位越高，尿滴噴濺量越大；水位降低，噴濺量減少但差異不明顯。
- 五、尿液流速對尿滴噴濺量之影響：

在正常排尿流速15~30mL/s間，尿液流速對尿滴噴濺量沒有明顯的影響。
- 六、排尿高度對尿滴噴濺量之影響：
  1. 排尿高度越高，會造成越大的尿滴噴濺量，且噴濺量不穩定。
  2. 研究結果顯示成人比兒童更需重視尿滴噴濺問題。
- 七、馬桶壁傾角對尿滴噴濺量之影響：
  1. 馬桶壁傾角在30°以上：尿滴朝上反射，大幅增加尿滴噴濺量為6~8倍。
  2. 馬桶壁傾角為0°以下：大幅減少尿滴噴濺量為1/20以下。  
考量-30°傾角可能不易沖水，建議以0°傾角(垂直壁面)的設計最佳。
- 八、水面添加物對尿滴噴濺量之影響：
  1. 衛生紙：增加尿滴噴濺量，不建議使用。
  2. 泡泡：尿滴噴濺量為原本未添加時的1/6，效果最佳，建議使用。
  3. 清潔慕斯：效果次佳，但同時具備清潔馬桶功能，建議使用。
- 九、最少尿滴噴濺的站立式排尿方式：
  1. 綜合本研究結果，我們提出兩種最少尿滴噴濺的站立式排尿建議方式
  2. 建議衛浴業者製造：(1) 壁面盡量垂直、(2) 水位盡量降低、(3) 水面上噴出一層泡泡或清潔慕斯等三種特性的馬桶，減少尿液噴濺。

習慣尿液位置	馬桶壁面傾角	水位高度	尿液流速	水面添加物
(1) 水中	-	不影響 存水彎的 最小高度	正常流速 15-30mL/s 無明顯影響	泡泡 或 清潔慕斯
(2) 馬桶壁面	垂直壁面 (傾角0°)			

## 研究心得

- 一、實際進行實驗，我們發現噴濺的尿滴重量比想像的小了許多，每次400mL的噴水量，只會噴濺約0.02gw的液滴，若以水的密度為1計算，噴濺的液滴重量僅佔總噴水重400gw的0.05%。雖然本研究中未能盛接所有的噴濺液滴，但已盡量蒐集最靠近便座、噴濺量最多的部分，依照文獻資料中，每人每天排尿量約2000mL計算，我們一天的噴濺尿滴大概才0.1gw，即使一星期不去清潔，大概也才累積不到1gw的噴濺尿滴，因此說男生站立尿尿很髒，實在太誇張了。不過如果能透過排尿行為或馬桶設計的改良，進一步減少噴濺尿滴的產生，我們就更能理直氣壯的站立尿尿了。(站立排尿還會有噴射不準、噴射減弱時滴下尿滴等問題，影響可能更大，但不在本研究的範圍中。)
- 二、研究前，我們完全沒想到盛接液滴的衛生紙或測驗卷紙，可能會因為空氣中的水分吸收或蒸發，造成自然增加重量或減少重量的奇怪現象，也讓研究初期的許多實驗數據都無法使用，一度想放棄研究，幸好大家想出在每次實驗前對照檢驗紙張水分增減的方式，儘管讓實驗的時間多了一倍，但克服障礙的成就感是很值得的。

## 參考資料

邱聖友 (民 106)。排尿與生理疾病。宏恩藥訊。https://www.country.org.tw/file/PY51.pdf。  
劉昱岑、劉芷筠、戴艾倫 (民 106)。止一剎的花火-泡沫對水花濺起高度之影響。中華民國第 57 屆中小學科學展覽會作品。  
站著尿有多髒 (2019)。取自：https://news.tvbs.com.tw/life/1167455。  
男生尿尿習慣研究 (2020)。取自：https://news.gamme.com.tw/1674301。  
一天尿量多少最適當 (2013)。取自：https://www.commonhealth.com.tw/article/73242  
腎臟要好 排尿量是指標 (2016)。取自：https://www.businesstoday.com.tw/article/category/80731/post/201603240058/  
尿流速檢查的注意事項 (無日期)。取自：https://www.klchb.klchg.gov.tw/tw/klchb/1411.html  
從尿流速探測排尿問題 (無日期)。取自：https://hlm.tzuchi.com.tw/uro/index.php/2017-04-14-01-20-43/67-2017-04-06-01-42-30。