

中華民國第 53 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

最佳團隊合作獎

080823

防滑好絕配—提高浴室安全

學校名稱：桃園縣桃園市同安國民小學

作者： 小五 孫茂庭 小五 陳亞辰 小五 張睿哲 小五 張恩誠 小五 黃鈺晴 小五 楊千慧	指導老師： 王進德
---	------------------

關鍵詞：摩擦係數、浴室地板、防滑

防滑好絕配－提高浴室安全

摘 要

本研究藉由浴室滑倒的例子，結合國小課程「摩擦力」與文獻資料，探討浴室地板、室內鞋和水溶液等三大因素，並交叉組合測量摩擦係數大小，試圖找出最防滑的搭配。研究發現乾燥的環境最為安全，潮溼環境和平滑的浴室地板都比較危險，尤其在佈滿潤髮乳的地板和含水溶液的光亮磁磚地板上，室內鞋的防滑效果有限，不能過度依賴。我們有以下建議：一、浴室採用乾溼分離設計，以減少溼滑的地板面積；二、使用水溶液將增加滑倒風險，使用完畢應沖水潔淨並擦乾地板；三、浴室地板應該使用具有凹凸不平的防滑磁磚；四、慎選浴室防滑拖鞋的種類，以塑膠硬底鞋的防滑效果最佳，紙質室內鞋容易滑倒，需要特別小心，並且不要過度依賴廠商宣稱的浴室拖鞋防滑效果。

壹、研究動機

碰！啊~好痛呀！我的弟弟在浴室裡滑倒了！我家的浴室常溼溼滑滑的，一不小心就讓人滑倒，所以弟弟變得愈來愈不喜歡洗澡。為了早日解決這個問題，我就在想，穿室內鞋可以防止滑倒嗎？要穿哪一種呢？家裡浴室的磁磚是平面的，不同材質的地板是不是有不同的防滑效果呢？假如能夠找出適當的室內鞋和地板組合，不就可以減少像那樣滑倒的慘劇發生嗎？不就可以讓害怕在浴室滑倒的人安心的洗澡嗎？於是，聰明的我和同學們利用六下自然課本第一單元的摩擦力知識，一起努力解開這個浴室之謎，打敗讓在浴室滑倒的惡魔。

貳、研究目的

- 一、瞭解各種浴室地板的摩擦係數與防滑情形。
- 二、瞭解各種室內鞋的摩擦係數與防滑情形。
- 三、瞭解各種浴室環境（乾燥、水和水溶液）對地板摩擦係數的影響。

參、研究設備與器材

我們一共找了六種不一樣材質的地板、買了八款不一樣的室內鞋和五種清潔液，和測量摩擦力所需要的拉力彈簧秤、砝碼等需要的設備，詳細名稱和數量記載於表一。

肆、研究過程與方法

我們先收集有關滑倒和摩擦力相關資料，接著進行調查與統計，最後決定 6 種浴室地板、8 種室內鞋和 7 種浴室環境（乾燥、水和 5 種水溶液），然後到各賣場和建材行購買。

表一、本實驗所需要的準備器材一覽表

編號	名稱	單位	數量	編號	名稱	單位	數量
1	光亮磁磚地板	塊	1	17	拉力彈簧秤	500 g/支	1
2	防滑磁磚地板	塊	1	18	拉力彈簧秤	250 g/支	1
3	花崗岩地板	塊	1	19	砝碼	5 kg/塊	3
4	大理石地板	塊	1	20	直立式量杯	100 ml/個	6
5	防滑塑膠地板	塊	1	21	量杯	30 ml/個	4
6	磨石子地板	塊	1	22	直尺	30 cm/支	4
7	橡膠室內鞋（藍白室內鞋）	雙	1	23	泡棉膠帶	1.2 cm/捲	8
8	塑膠發泡軟底室內鞋	雙	1	24	熱熔槍	支	1
9	塑膠硬底室內鞋	雙	1	25	熱熔膠條	條	6
10	紙質室內鞋	雙	1	26	保麗龍膠	500 ml/瓶	1
11	A 款塑膠浴室防滑鞋（鞋底箕空）	雙	1	27	水平儀	支	1
12	B 款塑膠浴室防滑鞋（鞋底不箕空）	雙	1	28	潔身液（沙威隆）	1 L/瓶	1
13	C 款塑膠浴室防滑鞋（鞋底半箕空）	雙	1	29	水晶肥皂液（南僑）	750 ml/瓶	1
14	D 款塑膠浴室防滑鞋（鞋底箕空，有吸盤）	雙	1	30	沐浴乳（麗仕）	1200 ml/瓶	1
15	拉力彈簧秤	20 kg/支	1	31	洗髮乳（麗仕）		
16	拉力彈簧秤	10kg/支	1	32	潤髮乳（麗仕）	750 ml/瓶	1

等實驗器具齊備後，我們進行浴室地板、室內鞋和浴室環境的交叉組合實驗，從實驗數據中分析摩擦係數的大小和防滑的情形，最後提出結論和建議。研究過程與方法如下：

一、收集文獻中有關於「滑倒和摩擦力相互關係」的資料

我們自然課本學到生活中的力，提到「摩擦力是指兩個相互接觸的物體，在接觸面上所產生阻礙物體運動的力量」，也提到增加摩擦力的運用，像：鞋底的紋路、防滑磁磚、浴室止滑墊等，這些都是利用摩擦力來避免滑倒（六下，翰林版）。弟弟常在浴室滑倒，是因為摩擦力不足的關係嗎？我們進一步找尋相關資料並整理如下：

(一) **地板**：地板的材質和表面粗糙度，如材質與表面粗糙度等，不同的特性會影響到地板的防滑性（許等人，2011）。

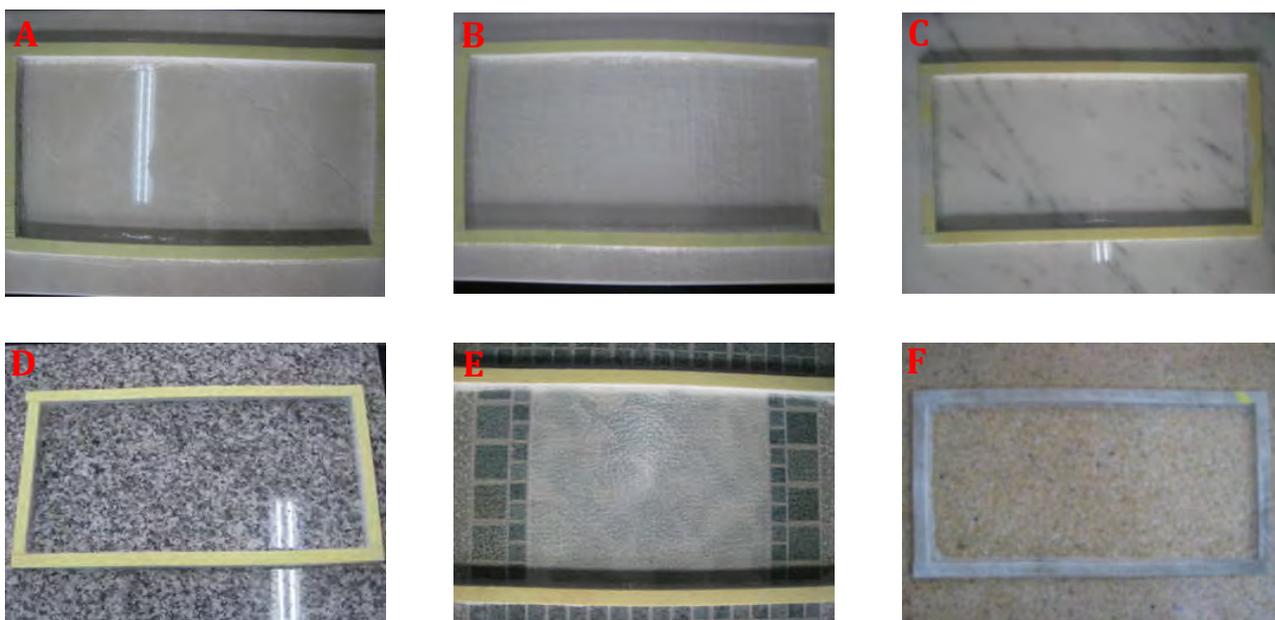
(二) **地板覆蓋水溶液**：當地板潮溼後，會明顯降低其摩擦係數而影響地板的防滑性（許等人，2011），而且地板上覆蓋不同的溶液時，因為接觸面間的液體關係，摩擦力因此降低，所以提高滑倒比率（陳等人，2005）。另外，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所（1996）研究也指出：「地板界面情況會影響摩擦係數之大小（即防滑性），尤其以油影響最大」。所以，由此可以知道水、水溶液和油會減低地板的摩擦係數，造成地板容易滑倒。

(三) **鞋子**：鞋子的材質會影響摩擦力（陳等人，2005）。

地板環境容易造成跌倒事故的發生，輕則受傷、重則死亡，由以上資料可以發現，地板材質、水溶液和鞋子會影響摩擦係數（周，2012）。我們決定動手研究在浴室會接觸的三大因素：浴室地板、室內鞋和浴室環境，探討其交叉組合之後的摩擦係數大小，找出最佳的浴室安全環境。

二、收集各種常見的浴室地板、室內鞋和水溶液

(一) **浴室地板材質選擇**：我們設定為日常生活中比較常用的材料為主，以王老師上課的七個班級進行調查與統計同學們家中使用浴室的地板，選出以「光亮磁磚地板」、「防滑磁磚地板」、「大理石地板」、「花崗岩地板」、「塑膠防滑地板」、「磨石子地板」等 6 種浴室地板為主要的實驗材料（圖一），其主要成分記載在表二。

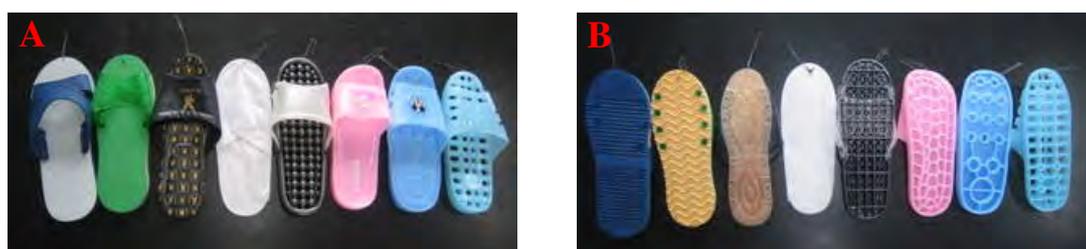


圖一、常見六種浴室地板名稱與樣式。(A) 光亮磁磚地板；(B) 防滑磁磚地板；(C) 大理石地板；(D) 花崗岩地板；(E) 防滑塑膠地板；(F) 磨石子地板。

表二、常見六種浴室地板的種類與特徵

浴室地板種類	主要成分	外觀顏色	表面處理	用手觸摸
光亮磁磚地板	黏土、長石	白色	上釉	平坦
防滑磁磚地板	黏土、長石	白色	上釉	凹凸不平
大理石地板	方解石	白色	拋光	平坦
花崗岩地板	石英、雲母、長石	白、黑、紅 三色混雜	拋光	平坦
防滑塑膠地板	塑膠原料	綠、白混雜	塗料	凹凸不平
磨石子地板	小石頭	黑、白、黃混雜	打磨過	凹凸不平

(二) 室內鞋材料選擇：針對目前大小賣場最常販售的室內鞋，我們選擇了以家裡或旅館常見的「橡膠室內鞋、塑膠發泡軟底室內鞋、塑膠硬底室內鞋、紙質室內鞋和塑膠浴室防滑鞋」等為主要的實驗材料（圖二），一共 8 款不一樣的室內鞋，每種室內鞋的材質、鞋底特徵、重量等特徵敘述在表三。



圖二、常見八種室內拖鞋。(A) 正面；(B) 反面。

表三、常見八種室內鞋的種類與特徵

室內鞋的種類	材質	顏色	鞋底特徵	重量 (g)
橡膠室內鞋	橡膠	藍白	直線平行紋路	242
塑膠發泡軟底室內鞋	塑膠	綠色	波浪紋路	58
塑膠硬底室內鞋	塑膠	黑色	橢圓形紋路	146
紙室內鞋	紙質	白色	點狀紋路	13
A 塑膠浴室防滑鞋	塑膠	黑色	井字條紋，全部簍空，有細小粗圓點	198
B 塑膠浴室防滑鞋	塑膠	藍色	橢圓型條紋，前半段簍空，後半段不簍空，鞋底條紋有鋸齒狀	204
C 塑膠浴室防滑鞋	塑膠	紅色	井字條紋，全部不簍空，鞋底條紋平滑	197
D 塑膠浴室防滑鞋	塑膠	藍色	井字條紋，全部簍空，有 6 個小圓點吸盤	172

(三) 地板表面水溶液選樣：實驗以乾燥地板及有水溶液地板為主，以清潔身體和不傷身體的水溶液為主，我們選用家中常用的「潔身液、肥皂液、

沐浴乳、洗髮乳和潤髮乳」等五種溶液為主要實驗材料（圖三），這些水溶液的主要特徵和主要成分記錄在表四。



圖三、實驗用的水溶液。從左至右為、洗髮乳、沐浴乳、肥皂液、水、潔身液和潤髮乳

表四、五種浴室水和水溶液的種類與特徵

種類	品牌	顏色	觸感	主要成份
水	自來水	透明	不黏稠	水
潔身液	沙威隆	橘色	一點黏稠	純水、界面活性劑、乳化劑、起泡劑、黏度控制劑、緩衝劑、
肥皂液	南僑	金黃色	黏稠	天然植物油純皂、鈣皂分解劑、香茅油、檸檬油
沐浴乳	麗仕	淡粉紅色	黏稠	界面活性劑、保溼劑、增泡劑、乳化劑、香精、玫瑰草油、北非雪松樹皮油
洗髮乳	麗仕	白色	黏稠	界面活性劑、增泡劑、乳化劑、矽靈油、柔軟劑、香精
潤髮乳	麗仕	白色	黏稠	界面活性劑、乳化劑、乳化安定劑、柔潤劑、起泡劑、稠化劑、矽靈油、甘油、潤滑劑、石蠟、香精、緩衝劑、保溼劑、溼潤劑、柔軟劑、抗菌劑

三、實驗設計原理說明

（一）**摩擦係數的意義**：摩擦係數是由鞋面與地面之特徵決定（陳等人，2005），而其界面性質與摩擦係數關係如表五，動摩擦係數大於 0.2 是處在具阻力地面、小於 0.14 滑界面。安全動摩擦係數若小於 0.3 容易滑倒，其安全動摩擦係數應為 0.3 以上（行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，1996）。動摩擦係數數字愈大，其防滑效果愈好，行走在浴室地板愈安全；相反的，動摩擦係數數字愈小，其防滑效果愈差，行走在浴室地板愈不安全。所以，當動摩擦係數大於 0.3 是安全的環境，我們以綠色標示；若是小於 0.3，則是不安全的環境、容易滑倒，我們分別以黃色、棕色、橘色、和紅色標示，作為警戒告示（表五）。

表五、界面性質與摩擦係數關係

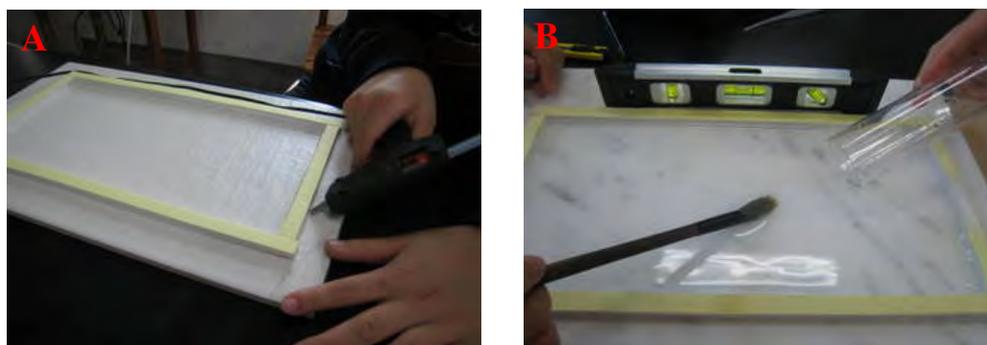
動摩擦係數	反滑反力等級	標示的顏色
≤ 0.3	高阻力地面	安全等級
0.20-0.29	具阻力地面	警示等級
0.15-0.19	不確定性質地面	警示等級+
0.05-0.14	滑界面	危險等級
< 0.05	非常滑界面	極危險等級

資料來源：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所編印（1996）

（二）計算摩擦係數的實驗設計：因為「摩擦係數=摩擦力/正向力」，本實驗所指的摩擦力是指動摩擦力，也是持續拉動的施力，而正向力則是指物體質量，所以我們的實驗設計如下：（1）利用泡棉膠帶、熱熔膠和保麗龍膠等材料，將6種地板材質各圍成一個20 cm × 30 cm的長方形，高度為0.5公分（圖四A）。（2）10 mL的溶液加上100 mL的水，即可讓沐浴球產生泡泡，利用這個混合比例平均倒在實驗地板上，進行地板的摩擦係數的拉力實驗（圖四B）。本實驗使用8種室內鞋，在乾燥、水和5種水溶液等七種環境，測試6種浴室地板材質（圖五），每當同一種水溶液浴室地板實驗結束後，我們將地板拿至洗水台，利用菜瓜布和水流大量刷洗乾淨，再利用抹布和衛生紙擦拭乾淨，確認無殘留水溶液後，放置一天使其乾燥，等隔天再做另一個水溶液實驗。（3）以一位體重30 kg的小三學生為假設對象，其單腳分力約15 kg，所以我們就在室內鞋上直立擺放15 kg的砝碼，並在室內鞋前端2 cm處鑽洞綁鐵絲，利用拉力彈簧秤平行拉動負載15 kg的砝碼。（4）負載砝碼的室內鞋擺定後，利用鐵尺平貼在室內鞋的末端，當拉力彈簧持續拉動超過0.3 cm時，即判定拉力彈簧拉動室內鞋，此時彈簧秤上的數據就是拉動的力量，連續施測10次取平均值（圖五）。

地板摩擦係數的測量：摩擦係數=摩擦力/正向力

本實驗所指的「摩擦力」就是彈簧秤持續拉動的力量，「正向力」就是15kg的砝碼重量加上室內鞋的重量，所以本實驗摩擦係數=10次彈簧秤平均拉力/15kg的砝碼重量加上室內鞋的重量。

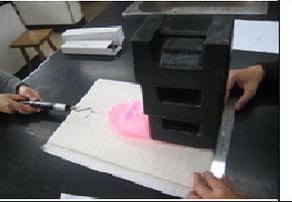


圖四、實驗地板製作。製作範圍為20 cm × 30 cm的長方形（A）和佈滿水溶液的地板（B）。

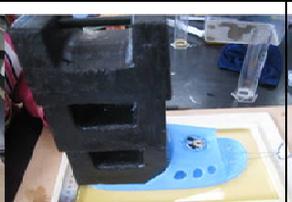
四、進行浴室地板、室內鞋和浴室環境（乾燥、水和水溶液）的實驗研究

教科書上說：「浴室要保持乾燥，不然容易滑倒，會造成危險。」，所以，乾燥也包含在這次的實驗，還有水、沐浴乳、潔身液、洗髮乳、肥皂液、潤髮乳等 7 種環境，使用 8 種室內鞋在 6 種地板材質交互組合試驗摩擦力，實驗的過程如圖五。

A. 乾燥地板

			
橡膠鞋進行乾燥光亮磁磚地板實驗	塑膠軟底鞋進行乾燥光亮磁磚地板實驗	塑膠硬底鞋進行乾燥磨石子地板實驗	紙質鞋進行乾燥防滑塗膠地板實驗
			
A 款防滑鞋進行乾燥防滑塑膠地板實驗	B 款防滑鞋進行乾燥大理石地板實驗	C 款防滑鞋進行乾燥防滑磁磚地板實驗	D 款防滑鞋進行乾燥大理石地板實驗

B. 含水地板

			
橡膠鞋進行含水磨石子地板實驗	塑膠軟底鞋進行含水花崗岩地板實驗	塑膠硬底鞋進行含水防滑塑膠地板實驗	紙質鞋進行含水磨石子地板實驗
			
A 款防滑鞋進行含水大理石地板實驗	B 款防滑鞋進行含水光亮磁磚地板實驗	C 款防滑鞋進行含水防滑磁磚地板實驗	D 款防滑鞋進行含水大理石地板實驗

(圖五，續)

C.含沐浴乳地板

			
橡膠鞋進行含沐浴乳光亮磁磚地板實驗	塑膠軟底鞋進行含沐浴乳磨石子地板實驗	塑膠硬底鞋進行含沐浴乳花崗岩光板實驗	紙質鞋進行含沐浴乳防滑塑膠地板實驗
			
A 款防滑鞋進行含沐浴乳磨石子地板實驗	B 款防滑鞋進行含沐浴乳防滑磁磚地板實驗	C 款防滑鞋進行含沐浴乳大理石光板實驗	D 款防滑鞋進行含沐浴乳花崗岩地板實驗

D.含潔身液地板

			
橡膠鞋進行含潔身液光亮磁磚地板實驗	塑膠軟底鞋進行含潔身液防滑塑膠地板實驗	塑膠硬底鞋進行含潔身液花崗岩地板實驗	紙質鞋進行含潔身液磨石子地板實驗
			
A 款防滑鞋進行含潔身液防滑磁磚地板實驗	B 款防滑鞋進行含潔身液大理石地板實驗	C 款防滑鞋進行含潔身液大理石地板實驗	D 款防滑鞋進行含潔身液光滑磁磚地板實驗

(圖五，續)

E.含洗髮乳地板

			
橡膠鞋進行含洗髮乳花崗岩地板實驗	塑膠軟底鞋進行含洗髮乳磨石子地板實驗	塑膠硬底鞋進行含洗髮乳磨石子地板實驗	紙質鞋進行含洗髮乳光亮磁磚地板實驗
			
A 款防滑鞋進行含洗髮乳大理石地板實驗	B 款防滑鞋進行含洗髮乳防滑磁磚地板實驗	C 款防滑鞋進行含洗髮乳花崗岩地板實驗	D 款防滑鞋進行含洗髮乳防滑塑膠地板實驗

F.含肥皂液地板

			
橡膠鞋進行含肥皂液防滑磁磚地板實驗	塑膠軟底鞋進行含肥皂液花崗岩地板實驗	塑膠硬底鞋進行含肥皂液防滑塑膠地板實驗	紙質鞋進行含肥皂液磨石子地板實驗
			
A 款防滑鞋進行含肥皂液大理石地板實驗	B 款防滑鞋進行含肥皂液花崗岩地板實驗	C 款防滑鞋進行含肥皂液大理石地板實驗	D 款防滑鞋進行含肥皂液光亮磁磚地板實驗

(圖五，續)

G.含潤髮乳地板



圖五、七種環境、六種浴室、八種室內鞋、地板材質的交叉組合的實驗。

伍、結果

本研究在七種浴室環境下，測量六種地板和八種室內鞋之間的摩擦係數關係，並將實驗結果整理如下：

一、室內鞋在「乾燥」浴室地板的摩擦係數

在乾燥環境中，這六種浴室地板搭配八種室內鞋使用，大都具有高摩擦係數，摩擦係數大於 0.3，屬於安全等級，代表行走時比較不容易滑倒。

(一) 光亮地板的摩擦係數大於凹凸不平的防滑地板

八款室內鞋在乾燥的花崗岩地板上有五款摩擦係數數值是最大，顯示摩擦力最強；其次是乾燥的大理石地板，有三款摩擦係數數值最大的，摩擦力排名第二；而研究發現有四款的摩擦係數數值最小的是乾燥的防滑磁磚地板，所以摩擦力最弱（表六）。我們原本以為凹凸不平的地板摩擦係數較高，但實驗結果呈現在乾燥環境下反倒是平坦的地板摩擦力較大！

(二) 乾燥環境下，塑膠硬底室內鞋防滑效果最佳

在乾燥環境下，塑膠硬底室內鞋在六種不同地板皆具有優異的防滑效果，D 款塑膠防滑室內鞋的平均防滑效果亦不差，但若搭配磨石子地板則降為只有 0.28，防滑效果大大地下降。另外，C 款塑膠防滑室內鞋雖然廠商命名為防滑鞋，但在乾燥環境中，在每一種地板的摩擦係數都小於 0.4，其平均表現普通（表六）。

綜合以上發現，乾燥環境下，大理石地板搭配塑膠硬底室內鞋是最佳防滑搭擋。

表六、室內鞋對乾燥地板所產生的摩擦係數

地板種類	橡膠鞋	塑膠 發泡鞋	塑膠 硬底鞋	紙質鞋	A 款 防滑鞋	B 款 防滑鞋	C 款 防滑鞋	D 款 防滑鞋
光亮磁磚地板	0.60	0.43	0.94	0.44	0.58	0.49	0.40	0.66
防滑磁磚地板	0.47	0.29	0.73	0.26	0.46	0.46	0.38	0.53
大理石地板	0.51	0.52	1.01	0.56	0.61	0.79	0.36	1.02
花崗岩地板	0.61	0.62	0.84	0.67	0.68	0.60	0.41	0.82
防滑塑膠地板	0.48	0.29	0.71	0.36	0.62	0.50	0.39	0.76
磨石子地板	0.42	0.34	0.56	0.48	0.66	0.66	0.34	0.28

二、室內鞋在含「水」浴室地板的摩擦係數

各種含水的地板搭配不同的室內鞋，摩擦係數最高才 0.76，且大部分的摩擦係數小於 0.3（危險等級為黃色、棕色、橘色），相較於乾燥環境的摩擦係數皆達到安全等級摩擦係數 0.3 以上，可見得「水」會減少摩擦力，提高危險性。

（一）地板防滑設計發揮作用

含水的防滑塑膠地板上搭配八款的室內鞋，全都呈現安全等級，其中有七款摩擦係數數值是最大，防滑效果最佳；其次防滑磁磚地板，它的防滑效果最為平均；而含水的大理石地板其實驗數值落差最大，若搭配塑膠硬底室內鞋摩擦係數可達 0.66，但若搭配 A 款塑膠浴室防滑鞋則降至只有 0.16；而光亮磁磚地板的摩擦力最弱，是最容易滑倒的地板。我們也發現紙質室內鞋在含水的地板防滑效果不良，因此穿紙質室內鞋進入潮溼的浴室地板，一定要千萬小心，以避免滑倒（表七）。

（二）橡膠室內鞋防滑效果最佳

橡膠鞋在含水地板的表現上，除了光亮磁磚地板的摩擦係數為 0.26 外，其餘皆大於 0.3，是最接近安全等級的室內鞋。

綜合數據顯示，在地板含水環境下，塑膠防滑地板搭配 D 款浴室防滑鞋是不錯的防滑搭擋。

表七、室內鞋對含水地板所產生的摩擦係數

地板種類	橡膠鞋	塑膠 發泡鞋	塑膠 硬底鞋	紙質鞋	A 款 防滑鞋	B 款 防滑鞋	C 款 防滑鞋	D 款 防滑鞋
光亮磁磚地板	0.26	0.12	0.17	0.1	0.20	0.17	0.2	0.24
防滑磁磚地板	0.45	0.30	0.39	0.28	0.27	0.28	0.30	0.35
大理石地板	0.46	0.43	0.66	0.27	0.16	0.24	0.27	0.40
花崗岩地板	0.33	0.17	0.43	0.14	0.30	0.34	0.28	0.37
防滑塑膠地板	0.57	0.46	0.61	0.69	0.62	0.66	0.39	0.76
磨石子地板	0.30	0.25	0.31	0.15	0.23	0.30	0.20	0.22

三、室內鞋在含「沐浴乳」浴室地板的摩擦係數

相較乾燥與水的環境，沐浴乳的環境的危險性提高了，交叉比較的結果，組合為安全等級的數目下降、危險等級數目增加（表八）。含沐浴乳的磨石子地板對各種室內鞋的摩擦係數，除了紙質室內鞋外，其餘皆在 0.3 以上的安全等級，相反的，在光亮磁磚地板 5 種室內鞋的摩擦力低於 0.05 為極危險的等級、3 種室內鞋呈現危險等級，8 種室內鞋在花崗岩地板的摩擦力也不夠，為警示的等級。另外，同樣是地板防滑設計，卻出現防滑塑膠地板的摩擦係數優於防滑磁磚地板的明顯差異性。若穿上室內鞋，以 A 款防滑鞋最佳，可在大理石地板、防滑塑膠地板和磨石子地板達到防滑效果，在其他三種地板則為達到警示的等級。又以紙質鞋最無法提供摩擦力，呈現警示、危險和極危險的等級（表八）。

綜合數據顯示，在地板含沐浴乳環境下，磨石子地板搭配塑膠硬底鞋是相對較佳的防滑搭擋。

表八、室內鞋對含沐浴乳地板所產生的摩擦係數

地板種類	橡膠鞋	塑膠發泡鞋	塑膠硬底鞋	紙質鞋	A 款防滑鞋	B 款防滑鞋	C 款防滑鞋	D 款防滑鞋
光亮磁磚地板	0.05	0.08	0.03	0.01	0.06	0.03	0.03	0.04
防滑磁磚地板	0.2	0.2	0.28	0.15	0.24	0.17	0.24	0.23
大理石地板	0.28	0.21	0.38	0.15	0.34	0.3	0.3	0.26
花崗岩地板	0.07	0.07	0.09	0.05	0.11	0.11	0.09	0.11
防滑塑膠地板	0.26	0.27	0.39	0.21	0.36	0.31	0.36	0.37
磨石子地板	0.37	0.34	0.61	0.27	0.43	0.41	0.39	0.43

四、室內鞋在含「潔身液」浴室地板的摩擦係數

相較乾燥與水的環境，潔身液的環境的危險性提高了，交叉比較的結果，組合為安全等級的數目下降、危險等級數目增加（表九），令人訝異的是與同樣是清潔身體的沐浴乳相比，清潔液降低安全的環境，較為不安全。含沐浴乳的磨石子地板對各種室內鞋的摩擦係數，除了紙質室內鞋外在 0.3 以下，其餘皆在 0.3 以上的安全等級；相反的，在光亮磁磚地板 6 種室內鞋的摩擦力低於 0.05，屬於極危險的等級；8 種室內鞋在花崗岩地板的摩擦力也不夠，為警示的等級。若穿上室內鞋，以 A 款防滑鞋最佳可在大理石地板、防滑塑膠地板和磨石子地板達到防滑效果，但在光亮磁磚地板是呈現極危險的等級。又以紙質鞋最無法提供摩擦力，呈現危險和極危險的等級（表九）。所以，同樣在「潔身液」的環境下，實驗結果同時出現極危險地板和安全地板的兩種差異，可見得慎選浴室地板是很重要的事。

綜合數據顯示，地板含潔身液的環境下，磨石子地板搭配塑膠硬底鞋為

較佳的防滑搭擋。

五、室內鞋在含「洗髮乳」浴室地板的摩擦係數

在洗髮乳的環境下，危險性較沐浴乳和潔身液較為危險，只有塑膠硬底鞋在大理石地板和磨石子地板上是呈現安全的，其餘則不是，尤以，光亮磁磚地板為最危險的環境，而穿上不同款式的室內鞋在花崗岩地板和防滑塑膠地板仍呈現危險的等級（表十）。

綜合數據顯示，在地板含洗髮乳環境下，其整體摩擦係數大幅下降，處於不具有高阻力的、半安全的環境。所以，選擇大理石地板和磨石子地板搭配塑膠硬底鞋是比較好的防滑搭擋。

表九、室內鞋對含潔身液地板所產生的摩擦係數

地板種類	橡膠鞋	塑膠發泡鞋	塑膠硬底鞋	紙質鞋	A款防滑鞋	B款防滑鞋	C款防滑鞋	D款防滑鞋
光亮磁磚地板	0.03	0.05	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.05
防滑磁磚地板	0.19	0.21	0.17	0.21	0.2	0.18	0.2	0.26
大理石地板	0.25	0.17	0.32	0.23	0.33	0.27	0.26	0.3
花崗岩地板	0.14	0.11	0.08	0.06	0.13	0.1	0.09	0.13
防滑塑膠地板	0.26	0.26	0.28	0.13	0.31	0.19	0.18	0.28
磨石子地板	0.3	0.33	0.61	0.27	0.46	0.46	0.5	0.53

表十、室內鞋對含洗髮乳地板所產生的摩擦係數

地板種類	橡膠鞋	塑膠發泡鞋	塑膠硬底鞋	紙質鞋	A款防滑鞋	B款防滑鞋	C款防滑鞋	D款防滑鞋
光亮磁磚地板	0.04	0.07	0.03	0.05	0.06	0.02	0.01	0.03
防滑磁磚地板	0.14	0.16	0.17	0.1	0.15	0.18	0.11	0.16
大理石地板	0.28	0.23	0.3	0.11	0.23	0.28	0.29	0.23
花崗岩地板	0.07	0.07	0.05	0.05	0.08	0.07	0.07	0.08
防滑塑膠地板	0.1	0.13	0.1	0.09	0.11	0.07	0.09	0.08
磨石子地板	0.22	0.18	0.35	0.13	0.23	0.22	0.2	0.23

六、室內鞋在含「肥皂液」浴室地板的摩擦係數

六種浴室地板遇到肥皂液，搭配八種室內鞋進行實驗，除了大理石地板有相對較佳防滑效果，其餘大都不具有阻力（小於0.3），屬於警示、危險、極危險的等級，使用肥皂液時要特別注意。尤其是光亮磁磚地板無論搭配何種鞋子，其摩擦係數幾乎都在0.05邊緣或以下，是最危險的地板（表十一）。

綜合數據顯示，地板含肥皂液的環境下，大理石地板搭配橡膠鞋是相對較佳的防滑搭擋（表十一）。

表十一、室內鞋對含肥皂液地板所產生的摩擦係數

地板種類	橡膠鞋	塑膠發泡鞋	塑膠硬底鞋	紙質鞋	A款防滑鞋	B款防滑鞋	C款防滑鞋	D款防滑鞋
光亮磁磚地板	0.05	0.05	0.03	0.02	0.06	0.03	0.05	0.02
防滑磁磚地板	0.12	0.16	0.16	0.13	0.19	0.16	0.17	0.16
大理石地板	0.24	0.2	0.21	0.1	0.23	0.2	0.1	0.21
花崗岩地板	0.06	0.07	0.05	0.06	0.08	0.09	0.09	0.09
防滑塑膠地板	0.13	0.17	0.13	0.09	0.12	0.08	0.13	0.1
磨石子地板	0.2	0.19	0.2	0.15	0.18	0.16	0.17	0.15

七、室內鞋在含「潤髮乳」浴室地板的摩擦係數

各種含潤髮乳的地板對不同的室內鞋，其摩擦係數幾乎都小於 0.2，也就是無阻力可言，大都呈現危險或極危險的環境。因此，本實驗中室內鞋種類雖然不同，卻不會大幅提升摩擦係數，依然高危險。然而，含潤髮乳水的磨石子地板搭配 D 款防滑塑膠浴室鞋情況略好（表十二）。

潤髮乳有極佳滑潤效果，若地板含潤髮乳的環境下，無論各種地板搭配各種室內鞋皆很難達到防滑效果，必須非常小心。

表十二、室內鞋對含潤髮乳地板所產生摩擦係數

地板種類	橡膠鞋	塑膠發泡鞋	塑膠硬底鞋	紙質鞋	A款防滑鞋	B款防滑鞋	C款防滑鞋	D款防滑鞋
光亮磁磚地板	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
防滑磁磚地板	0.09	0.11	0.13	0.1	0.12	0.11	0.11	0.11
大理石地板	0.11	0.09	0.08	0.08	0.09	0.1	0.1	0.1
花崗岩地板	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05
防滑塑膠地板	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01
磨石子地板	0.1	0.05	0.07	0.11	0.05	0.05	0.07	0.21

陸、討論

本實驗研究結果將統計經歷 6 種浴室地板、8 種室內鞋和 7 種環境（乾燥水和 5 種水溶液）的交叉實驗數據，綜合探討哪些的浴室地板、室內鞋和水溶液的防滑效果比較好，最後分析出浴室地板和室內鞋要如何搭配，才能變成防滑好絕配。

一、哪一種浴室地板的摩擦係數比較高？

每一種地板都會歷經 8 種室內鞋 7 種環境，共 56 次的摩擦係數的交叉實驗，我們將資料做統計比較（圖六），顯示：

（一）磨石子地板的防滑力效果最好，光亮磁磚地板最容易滑倒：因為磨石子地板的摩擦係數大於 0.3 次數最多，常常具有高阻力，其次為防滑磁磚地板；而光亮磁磚地板摩擦係數則是小於 0.05 的次數最多，多屬於非常滑界面的狀態。

（二）乾燥花崗岩地板防滑佳，一旦遇水溶液則非常溼滑：花崗岩地板在數據上呈現兩極化現象，我們發現花崗岩地板在乾燥時防滑效果極佳，在含水的拖曳實驗時，也是呈現安全等級，但一遇到各種水溶液，變成滑界面。

（三）防滑磁磚地板、防滑塑膠地板的防滑效果：這兩種地板其名稱雖有「防滑」二字，雖然防滑磁磚地板具有防滑功效，但其防滑效果並沒有很好，而防滑數膠地板有 8 次呈現極危險，所以仍不能片面輕信產品所宣稱的功效。

二、哪一種室內鞋的摩擦係數比較高？

每一種室內鞋經歷六種地板在七種環境、共 42 次實驗，將數據做一個統計比較（圖七）。

（一）塑膠硬底鞋的防滑效果最佳：塑膠硬底室內鞋的防滑效果最佳，共計 18 次的摩擦係數大於 0.3；其次是 A 款和 D 款塑膠浴室防滑鞋，計 13 次（圖七）。但這三款鞋子的狀況，幾乎都是出現於各種含潤髮乳的地板，然而這三款鞋子對潤髮乳的摩擦係數小於 0.05，不具有防滑效果（表十二）。

（二）紙質室內鞋防滑效果最差：紙質室內鞋的摩擦係數大於 0.3 的次數最少，只有 5 次；此外，出現在 $<0.05-0.14>$ 和 $<小於 0.05>$ 的次數合計高達 19 次，由此可知紙質室內鞋摩擦力極小，防滑效果最差。

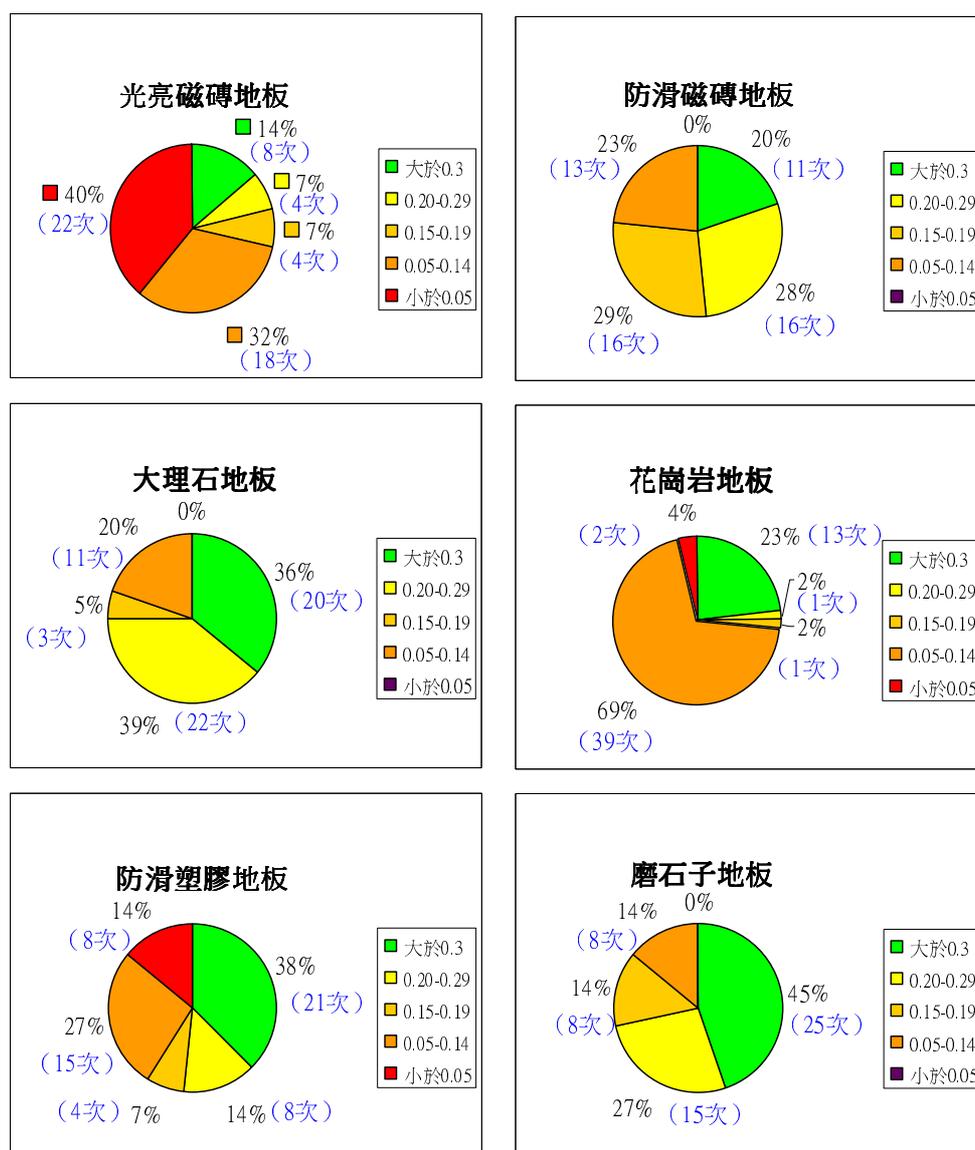
三、哪一種浴室環境（乾燥、水、水溶液）的摩擦係數比較高？

每一種浴室環境總計六種地板八種室內鞋共 48 次的交叉實驗，將數據做一個統計比較（表八）。

（一）乾燥地板摩擦力最好，含潤髮乳的地板的摩擦力最差：乾燥狀態的動摩擦係數大於 0.3 以上次數合計為 44 次，安全等級最高；而潤髮

乳狀態動摩擦係數大於 0.3 以上次數為 0 次，危險和極危險的次數合計達 47 次，表示極危險。一般我們會認為水是浴室安全的殺手，單純的水環境還有 25 次是屬於安全等級的，然而水加上界面活性劑、潤滑劑、柔潤劑、油...等，會使得摩擦係數驟降，大幅增加浴室滑倒的危險。

(二) 潔身液和沐浴乳的摩擦係數低中高都有分布：潔身液和沐浴乳的摩擦係數前中後都有分布，由此可見可以搭配適當的浴室地板和室內鞋，以提高防止滑倒的機會；但是相反的，用錯搭配方式的話，則會提高浴室滑倒的危險性。



圖六、六種浴室地板的動摩擦係數分布統計圖

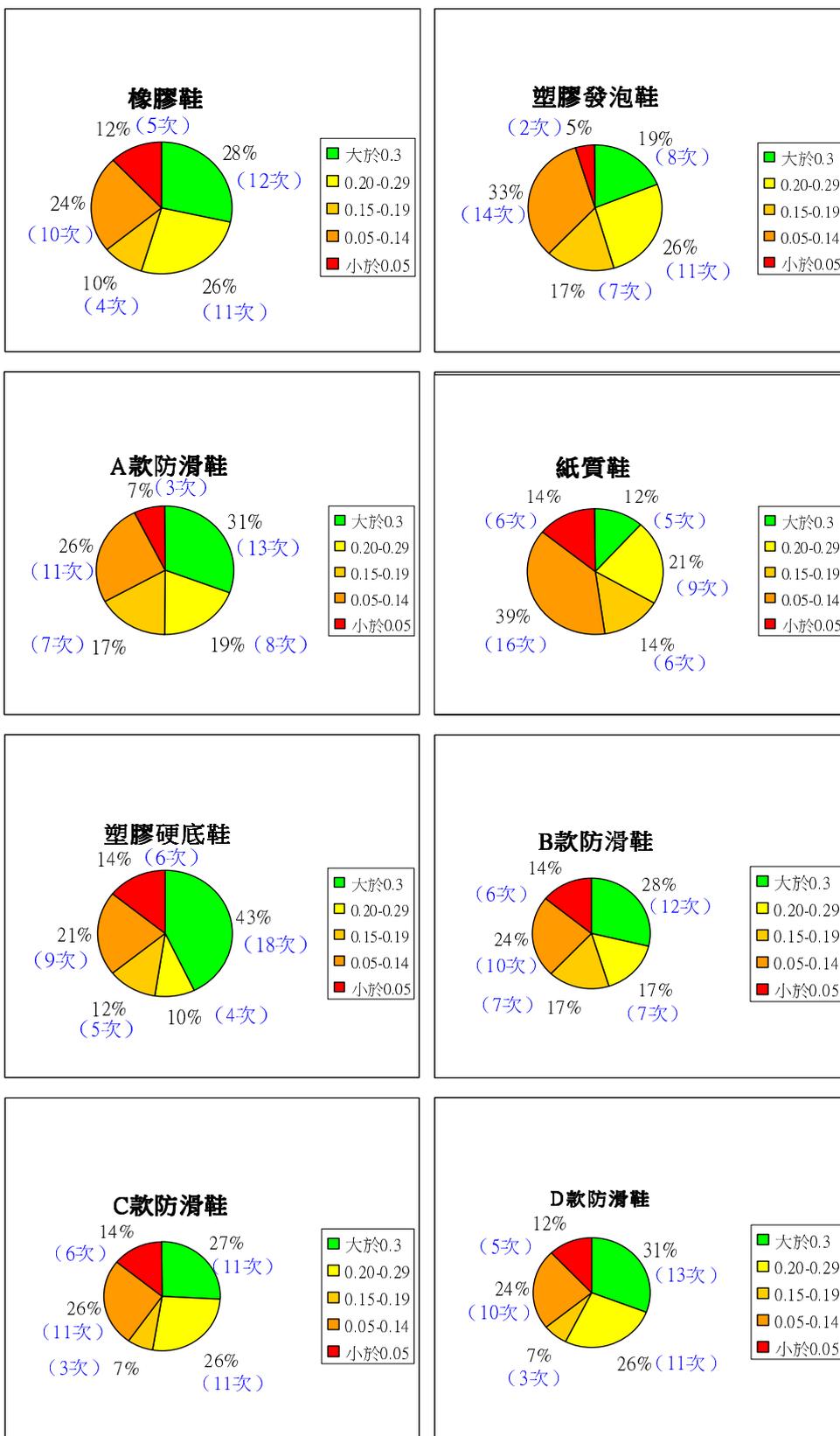
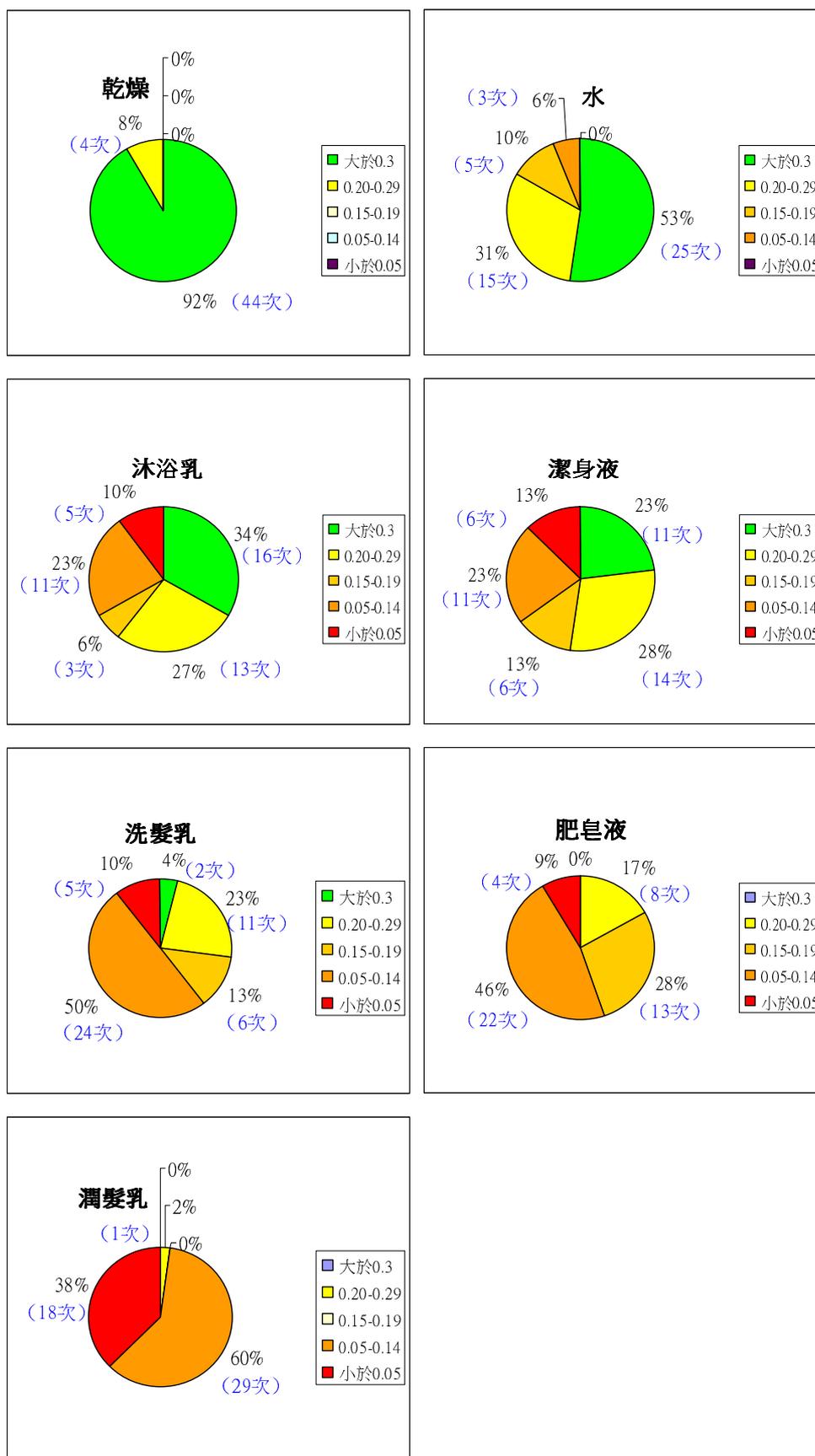


圖 七、八款種室內鞋的動摩擦係數分布統計圖



圖八、各種浴室環境（乾燥、水、水溶液）的摩擦係數統計圖

四、浴室地板和室內鞋要如何才能防滑好絕配？

我們統整浴室地板和室內鞋的所有實驗環境下，並將數據取平均值後，此結果可以做為浴室地板搭配合宜室內鞋的參考依據，提供建議浴室地板的材質。我們發現浴室鋪設光亮磁磚地板和花崗岩地板在各種實驗環境中是危險的，應盡量避免。另外，比較安全的搭配組合如下：防滑磁磚地板搭配塑膠硬底鞋；大理石地板搭配橡膠鞋、塑膠硬底鞋、B款防滑鞋、D款防滑鞋；防滑塑膠地板搭配塑膠硬底鞋、A款防滑鞋、D款防滑鞋；磨石子地板搭配塑膠硬底鞋、A款防滑鞋、B款防滑鞋、D款防滑鞋，其中搭配大理石地板或磨石子的地板，皆有較好的摩擦係數，因此是最佳的防滑絕配（表十三）。

表十三、綜合所有地板環境（含乾燥）的摩擦係數統計表

地板種類	橡膠鞋	塑膠發泡鞋	塑膠硬底鞋	紙質鞋	A款防滑鞋	B款防滑鞋	C款防滑鞋	D款防滑鞋
光亮磁磚地板	0.15	0.12	0.18	0.10	0.15	0.11	0.10	0.15
防滑磁磚地板	0.24	0.20	0.30	0.18	0.23	0.22	0.22	0.26
大理石地板	0.30	0.26	0.42	0.21	0.28	0.31	0.24	0.36
花崗岩地板	0.19	0.17	0.23	0.15	0.20	0.19	0.15	0.24
防滑塑膠地板	0.26	0.23	0.32	0.23	0.31	0.26	0.22	0.34
磨石子地板	0.27	0.24	0.39	0.22	0.32	0.32	0.27	0.30

柒、結論

以往，我們只看到人行道、大樓地板和工廠地板的防滑性實驗，並以實驗數據建議改善地板的防滑性，並提醒行人和勞工們注意地板環境的安全。我們發現在研究浴室環境的防滑性實驗資料很少，但是卻常可以看到老人和小孩在浴室滑倒的新聞報導。我們以實事求是的精神進行實驗，將所得到的實驗數據進行歸納與分析，最後將研究成果與結論做一個完整的報告，展現出小學生也可以解決日常生活問題的能力，並提供有關研究浴室環境的防滑性實驗資料。本研究重要結論與建議如下：

一、採用乾溼分離的浴室設計

在乾燥環境中，大都不管任何地板和室內鞋，大都呈現安全的等級，所以讓浴室保持乾燥是防止滑倒的最好方法。因此建議浴室隔成乾溼分離減少有水或水溶液地板的面積，或浴室地板淋溼後，儘速擦乾地板，都可以有效降低滑倒的機會。

二、各類水溶液造成浴室濕滑，宜保持乾燥

浴室地板有水會讓摩擦係數大幅下降，如果再加上含潤滑效果的肥皂液、潔身液、沐浴乳、洗髮乳和潤髮乳的水溶液則會讓摩擦係數驟降，尤其是潤髮乳最為危險。並且發現大部分的室內鞋和浴室地板材質都無法增加摩擦係數，踩踏之間隨時會有滑倒的危險。因此建議本身在浴室使用這些水溶液就必須小心自身滑倒的風險，使用完畢應再次沖水潔淨，最好能再擦乾地板，以減少滑倒的機會。

三、勿過度仰賴室內鞋

紙質室內鞋在各種地板及水溶液環境，其摩擦係數都很低，若穿著紙質室內鞋，要特別注意。但是，塑膠硬底鞋、A 款和 D 款塑膠浴室防滑鞋可以增加摩擦係數、提升安全等級。而四款浴室防滑鞋在乾燥地板使用防滑效果並沒有差別，沒有同一款式的浴室防滑鞋可以在不同的地板達到最佳防滑效果，有些浴室防滑鞋的防滑效果甚至比一般室內鞋還差。因此要慎選浴室防滑室內鞋的種類，但更不能過度仰賴其宣稱的防滑效果。

四、凹凸不平地板略勝於平滑的地板

浴室地板，建議以凹凸不平且具有防滑效果的防滑地板為主，像防滑磁磚地板、防滑塑膠地板或磨石子地板。避免選用光亮磁磚地板或是花崗岩地板等平滑的地板，以減少滑倒的機率。

五、運用顏色對照警示，減少滑倒危險

建立常用浴室環境的預警系統，相信可以減少浴室滑倒的危險性。我們建議在浴室門口張貼「浴室安全環境對照表」，用顏色區分其危險程度，偏綠色是防滑好絕配，偏紅色是危險警示，再加上使用圖表中綠色數值的浴室地板和室內鞋的好絕配組合，就可以提升浴室的安全性！

捌、參考文獻

- 史家瑩主編（2013）。**六下自然與生活科技**。翰林出版社，台南市。
- 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所編印（1996）。**從防滑與保護足部的觀點探討勞工鞋的設計與製造**。行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，P5。
- 周蕙萱（2012）。**住宅室內裝修常用地坪材料止滑度研究**。中原大學室內設計研究所碩士論文。
- 陳志勇、林彥輝、莊舜弘、李建聰（2005）。地面與鞋材之摩擦效應。**勞工安全衛生研究季刊** 13(1)：78-87。

【評語】 080823

1. 主題實用，與生活息息相關。
2. 實驗設計恰當，並能展現團隊合作精神。
3. 建議針對其他變因(例如鞋底構造)可再多探討。