

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 防護兒童於遊戲設施頭部傷害之研究(2/2)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2213-E-041-001-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：嘉南藥理科技大學嬰幼兒保育學系

計畫主持人：張立東

共同主持人：林佳蓉、蔡明哲

計畫參與人員：賴伶蜜、史芳英、曾文龍

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 92 年 10 月 29 日

## 摘要

遊戲是兒童與環境的互動方式、也是最重要的學習活動，然而因遊戲而發生意外傷害是兒童的第一死因。本研究以南部某醫學中心之急診部為資料來源，回顧一年時間 12 歲以下之意外傷害患者計 1531 例。結果顯示：事故傷害發生地點以家中為最多；事故原因以跌倒與墜落所佔的比例最高(57%)；而頭面部之撞擊傷害高達 69.8%，其中絕大部分是撕裂或挫傷，並傳遞衝擊能量至腦部而造成腦部傷害，因此兒童活動場地應著重消除銳利邊緣及堅硬表面之環境。此外，橡膠地磚若使用於遊戲場之鋪面材料，防範兒童因墜落而發生之頭部傷害，其厚度至少應 60mm 以上，方能應付一般遊戲設施之墜落高度，避免發生嚴重之頭部傷害。另外，地磚底層具有適當之凹槽設計，可增進其緩衝性能。

**關鍵詞：**頭部傷害、遊戲場安全、撞擊、標準

## Abstract

Plays are a fundamental part of the childhood experience. Unfortunately, play-related injuries pose threats to children's life. We studied 1531 trauma cases of children below 12 years old admitted national Cheng Kung University hospital in Tainan during the period 2000 to 2001. The results showed that most accidents occurred at scene of family, and the most common causes of injury were fall and slip accidents (57%). The incidence of craniofacial injuries approached to 70% in the cases, which were almost impact to a hard or sharp object. Hence, a shock absorbing material is needed at the ground and wall around the playground to prevent severe head injuries. Rubber mats are popular in Taiwan and provide a shock absorbing capacity around the playground surface. But, the thickness of rubber mat should be more than 60 mm such that it could provide an appropriate shock absorbing capacity to prevent a severe head injury. Moreover, a cushioning structure design (such as square concave) in the rubber mat could enhance the shock absorbing capability.

**Keyword:** head injury, playground safety, impact, standard

## 前言

遊戲是兒童與環境的互動方式，遊戲除了可以促進兒童身體健康並發洩過多精力外，從遊戲中兒童學習語言、發展大小肌肉、健全人際關係、人格發展、控制力和概念思考，因此遊戲是兒童於睡眠之外最多時間、也是最重要的活動。兒童意外傷害的種類隨著國情文化、年齡層及發生地點不盡相同，但是以跌落(跌倒、墜落)最容易發生 [1,2]。以美國消費者產品委員會(U.S. Consumer Product Safety Commission; CPSC [3])之研究顯示：兒童因遊戲傷害而送入醫院急診室的 172,200 案例中，跌落意外就占了 75%，包括墜落於設施之地面(58%)及其他設施上(17%)；而發生地點大部分在學校及公園等公共遊戲場所(70%)，其次在住宅區中之遊戲設施(24%)，少部分發生於家庭之遊具(6%)；研究中亦顯示：墜落造成重傷的比例高達 90%，而死亡原因大部分是頭部傷害！我國方面，白璐教授[2]調查五歲以下幼兒因意外傷害至醫院急診或門診者顯示，跌落意外占事故項目之 55%，而發生地點以自宅為最多，其次為學校、幼稚園、托兒所等之公共場所；就死亡而言，墜落是主要原因之一。我國對於兒童遊戲時造成傷亡的研究較少，目前的文獻顯示跌落意外的比例較國外為低，但是這個現象究竟是國情不同、或是缺乏深入的調查研究呢？仍有待進一步探討。

遊戲設施無論是基座固定於地面或是採活動式，兒童於攀爬使用時，身體距離地面或是設施組件均有一墜落高度，一旦兒童對於距離與自己行進能力判斷錯誤、疲勞、害怕、或是遭人推撞，或自己心不在焉導致失去平衡，即造成墜落的意外；甚至在地面上跑跳即可受上述因素而跌倒。由於人類的腦部極為脆弱，兒童發生墜落、跌倒時頭部撞擊地面或遊戲設施組件時，極可能造成嚴重頭部傷害、甚至死亡。為避免兒童於跌落時發生嚴重頭部傷害，通常於遊戲設施下方及其活動範圍鋪設具適當彈性之橡膠地磚或其他鬆填材料，作為撞擊時之緩衝墊料。

為了營造一安全的學習環境，歐美國家對於兒童遊戲設施及其活動範圍之鋪面均制訂諸多檢測標準[4-7]。測試方法係使用一標準頭型或直徑 160 mm 之鎂合金球體，由高處自由落下撞擊固定在基座上之緩衝墊料，紀錄頭型或球體中心之加速度，以最大加速度值及頭部傷害指數(Head Injury Criterion; HIC) [8]分別小於 200 G 及 1000 為評估準據，定義出該鋪面材料之臨界高度(critical height)，即假設不使兒童發生頭部傷害之最大墜落高度。因

此，任何遊戲設施於設計、安裝時均應考量兒童可能之墜落高度，搭配適當之緩衝材料為鋪面。考量台灣炎熱多雨之氣候，國內普遍使用橡膠地磚為室內外遊戲場之緩衝墊料。目前橡膠地磚之製造均以廢輪胎為主要原料，切成條絲狀後，混和碳煙(carbon black)及其他添加劑壓鑄而成，厚度有 25、45、60、80、100mm 等規格，但是考量成本之故，絕大部分使用厚度 25mm 之地磚，僅少部分採用 45mm 厚度之產品，厚度更大者幾無人採用。一般而言橡膠地磚之上層均為平面，底層部分則各家廠商有不同之凹槽或凸起之結構設計，另外成份配方不盡相同、密度(density)各異；因此不同產品之緩衝性能就有優劣之分。然而，國內至今未有檢測標準用以評估橡膠地磚之緩衝性能，無法為我國之兒童生命安全把關。

## 研究目的

本研究目的有二，首先是調查我國兒童於跌落傷害之現況，分析意外類型及傷害種類；再者是建立兒童遊戲活動範圍之鋪面的衝擊吸收性試驗程序，探討不同橡膠地磚之結構設計與其緩衝性能之比較。

## 研究方法

### 兒童意外傷害調查

以台南某醫學中心為資料來源，在病例室中查閱民國八十九年十月至九十年九月期間 12 歲以下之兒童意外傷害病例。登錄項目包括：年齡、性別、體重、身高、意外類型、室內或室外、場所地點、傷害種類及其部位、傷害程度、治療時程、治療結果等；另著重頭部傷害病例的調查，加上 Glasgow coma scale [9]、頭面部外傷位置、外傷種類（括傷、裂傷或瘀傷）、傷口表面大小、傷口深度等資料。

### 衝擊吸收性實驗

墜落式衝擊實驗之機構參考 ASTM 兒童遊戲設施周圍鋪材之衝擊吸收性測試標準 [6,7]所設計。將三軸加速度計(accelerometer, 356A02 (500G) PCB Piezotronics, INC., USA)固定於一只半徑 80mm 之半球型鎂合金頭型(4.6kg)內，使其 y 軸軸線平行重力方向，頭型自設

定之高度自由落下，撞擊基座上之橡膠地磚，以獲得實驗欲施予試品之撞擊能量。高度設定自 0.3m 開始，以 0.3m 為間距往上提升，每一高度均連續撞擊三次，直到頭型之加速度信號超過 200 G。撞擊過程頭型之加速度信號經過擷取卡(DAQCard-6062E, National Instruments, USA)後，儲存於個人電腦中。

橡膠地磚試品選擇國內四家較具規模之製造廠，產品之長、寬均為 500mm，厚度分為 15、25、45、60、及 70mm 等規格，每一型號試品均為同批之產品，共計 44 只試品。

本研究使用二項評估指標探討橡膠地磚之緩衝能力：

1. 撞擊過程頭型承受之最大加速度值。
2. 頭部傷害指數(HIC [8])，計算公式如下：

$$HIC = \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2.5} \cdot (t_2 - t_1)$$

其中時間 t 的單位為秒、加速度 a(t)的單位為 G。HIC 可對頭部承受之加速度及持續時間作綜合評估，以判斷腦部傷害的機率，其上限參考值為 1000。

## 結果與討論

### 兒童意外傷害調查

民國八十九年十月至九十年九月期間，因事故傷害至本醫學中心就診的 12 歲以下病童，有效病例共 1531 例。事故傷害發生地點以家中為最多，高達 63.4%，其次是道路 (18.1%)，再次為學校(11.3%)，而戶外最少(7.2%) (表一)。「家」應該是最安全的地方，但卻是兒童最容易發生事故的場所，此結果顯示防範兒童意外事故的發生，應首重居家環境的安全與照顧人員之安全認知。

跌倒是意外事故發生的首要原因，佔 34.4%，其次是墜落，佔 22.2%，再次為一般傷害(18.1%)，其他依序為車禍(13.2%)、吞入異物(5.3%)及灼傷(4.8%) (表二)。進一步分析事故原因發現：墜落案件中以從家俱墜落的個案為最多，主要是由床鋪及桌椅等家具上掉落 (45.5%)，另外樓梯(26.9%)、遊戲設施(19.8)也是常見的事故地點。在跌倒的案例中有 48.7% 是因為追逐而導致傷害；然而跑跳追逐是兒童的活潑特質，無法完全限制，應由教導兒童

在追逐中注意安全，以及營造一安全的活動空間兩方面著手。

以傷害的類型及部位而言，頭臉部傷害比例高達 65.3%，其次是四肢傷害(26.5%)，軀幹傷害者最少(4.2%) (表三)。在頭臉部傷害的類型中，頭部的撕裂傷、挫傷分居第一、二名，各佔 49.0%及 44.1%，其次為擦傷(11.2%)。由於兒童身體的比例中頭部所佔的比例較成人為大，一旦發生墜落、跌倒等意外，頭臉部經常直接受到撞擊傷害。在四肢傷害方面，肌肉關節損傷是最為常見的傷害(28.8%)，其次是四肢的挫傷(20.4%)與擦傷(19.2%)。軀幹的傷害則以挫傷為最多(46.2%)。由傷害的形式顯示肢體撞擊銳利邊緣及堅硬表面是導致傷害的主因。

### **橡膠地磚衝擊實驗**

四種型號試品之編號分別為 A、B、C 及 D，其密度各為 736、893、750 及 726kg/m<sup>3</sup>。由頭型承受之最大加速度與撞擊高度關係顯示：兩者幾乎成線性關係 (圖一)；15mm 厚之地磚於 0.6m 落下高度時，頭型之最大加速度值即高達 300G，超過 ASTM [6]及 CPSC [4]之準據 200G；厚度 25mm 時，約可承受 0.8m 之墜落高度；而厚度 45mm 時，則可承受 1.9m 之墜落高度；厚度 60mm 之地磚更可承受高達 2.7m 之落下高度。HIC 指數與墜落高度呈現一冪次多項式關係 (圖二)，以 HIC=1000 評量頭型可承受之墜落高度，亦顯示出與最大加速度指標具相同的趨勢，若以厚度 45 與 60mm 之地磚來看，HIC 相較於最大加速度指標更為嚴苛。比較兩評估指標與墜落高度關係顯示，地磚之厚度越厚，曲線之斜率越小，即地磚之順從性(compliance)越佳，可承受越高的落下撞擊。

根據國內外之兒童遊戲設施安全標準之規範[4,10]，學齡前 (六歲以下) 兒童遊戲設施之最高墜落高度 1.8m，學齡兒 (六歲以上) 者為 2.5m。因此，無論適合學齡前或學齡兒童使用之遊戲場，其橡膠鋪面之厚度至少應 60mm 以上。

比較地磚底層不同之結構設計於緩衝性能之差異 (圖三、四)，若底層為四方凹槽者 (square concave)，其緩衝效果最佳，其次是斷面為圓形突柱(round bulge)，再其次為斷面為方形突柱(square bulge)，而底層為實心之平面者(plane)其緩衝效果最差，其性能差異的百分比，於最大加速度時為 21%，HIC 指標則為 44%。因此，橡膠地磚底層結構之設計，顯著影響地磚之緩衝性能。

## 結 論

「家」應該是最安全的地方，但卻是兒童最容易發生事故的場所。跌倒與墜落是兒童最常發生之意外事故，比例高達 57%；而頭臉部之撞擊傷害高達 69.8%，其中絕大部分是撕裂或挫傷，因此兒童活動場地應著重消除銳利邊緣及堅硬表面之環境。

橡膠地磚若使用於遊戲場之鋪面材料，防範兒童因墜落而發生頭部傷害，其厚度至少應 60mm 以上，方能應付一般遊戲設施之最大墜落高度（學齡前：1.8m，學齡兒：2.5m）。另外，地磚底層應具有適當之凹槽設計，可增進地磚之緩衝性能。

## 參考文獻

- [1] Alwash R. and McCarthy M., Measuring severity of injuries to children from home accidents, Archives of Disease in Childhood, 63:635-638, 1988.
- [2] 白璐，學童家庭之家庭意外傷害流行病學研究，衛生署委託計畫 DOH81-TD-53，民國八十一年。
- [3] Tinsworth, Deborah Kale, Kramer, John T., Playground equipment-related injuries and deaths, U.S. Consumer Product Safety Commission, Washington, D.C. 20207, April 1990.
- [4] CPSC #325, Handbook for Public Playground Safety, U.S. Consumer Product Safety Commission, Washington, D.C. 20207.
- [5] CPSC #1005, Playground Surfacing Materials, U.S. Consumer Product Safety Commission, Washington, D.C. 20207.
- [6] F 1292, Standard Specification for Impact Attenuation of Surface Systems Under Around Playground Equipment, ASTM, PA, U.S., 1999.
- [7] F 355, Standard Test Method for Shock Absorbing Properties of Playing Surface Systems and Material, ASTM, PA, U.S., 1986.
- [8] Collants, Margarita, Evaluation of the importance of using Head Injury Criterion (HIC) to estimate the likelihood of head impact injury as a result of a fall onto playground surface materials, U.S. Consumer Product Safety Commission, Washington, D.C. 20207, October 1990.
- [9] Teasdale, G. and Jennett, B., Assessment of coma and impaired consciousness: a practical scale, Lancet, 2:81-84, 1974.
- [10] CNS 12642, 兒童遊戲設備安全準則—設計與安裝，經濟部中央標準局，民國八十年。

表一、兒童事故傷害之發生地點。

變項	類別	人數	百分比
道路		<b>277</b>	<b>18.06</b>
	家中附近巷道	166	59.90
	一般道路	111	41.10
家中		<b>973</b>	<b>63.43</b>
	廚房	22	2.26
	餐廳	25	2.56
	浴廁	69	7.09
	樓梯	126	12.9
	客廳	454	46.65
	臥室	183	18.80
	陽台	12	1.23
	院子	76	7.81
	其他	6	0.60
學校		<b>173</b>	<b>11.28</b>
	遊戲場	24	13.87
	運動場	38	21.90
	走廊	35	20.23
	樓梯	9	5.20
	教室	63	36.41
	餐廳	1	0.50
	其他	3	1.73
戶外		<b>111</b>	<b>7.24</b>
	公園	19	17.11
	遊戲場	52	46.84
	運動場	7	6.30
	海邊	2	1.80
	游泳池	10	9.00
	其他	21	18.92

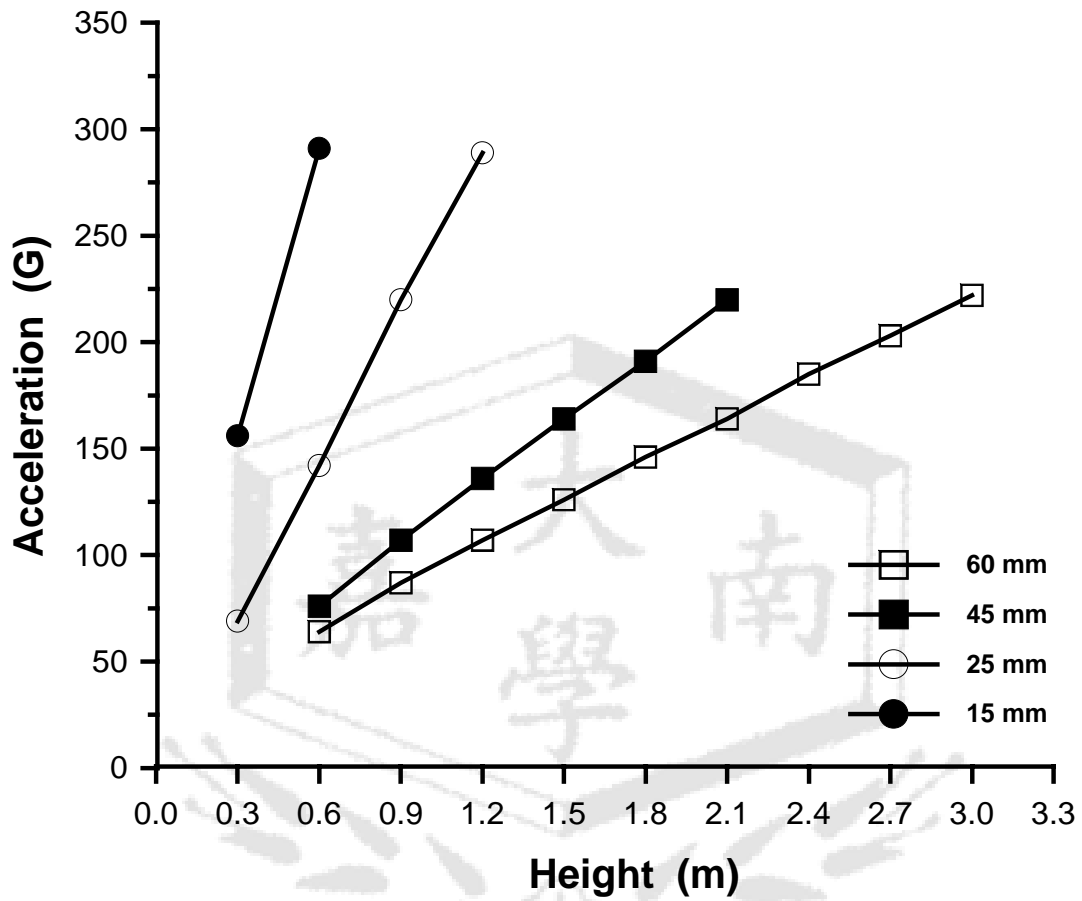


表二、兒童事故傷害之發生原因。

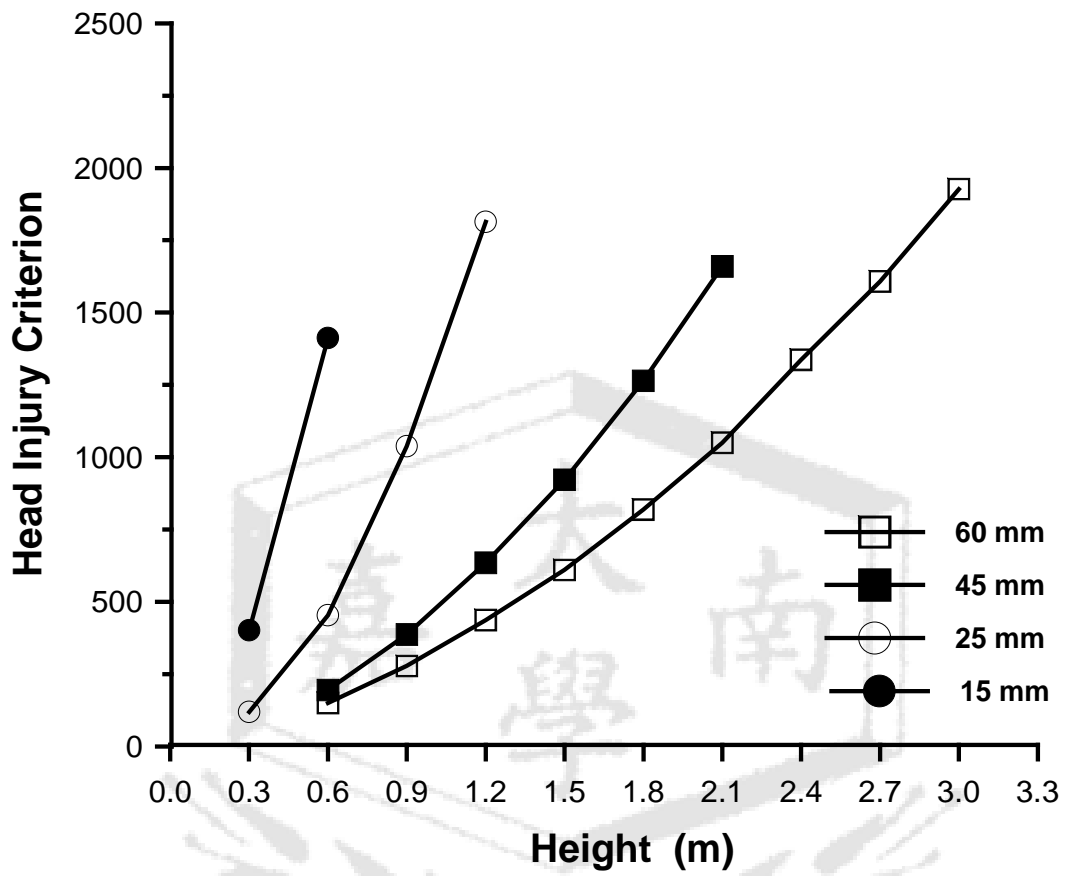
變項	類別	人數	百分比
車禍		<b>201</b>	<b>13.18</b>
	徒步	51	25.37
	單車	62	30.85
	機車	72	35.82
	汽車	16	7.96
墜落		<b>338</b>	<b>22.16</b>
	墜落屋外	1	0.29
	從家具墜落	154	45.46
	樓梯墜落	91	26.92
	從遊戲設施墜落	67	19.82
	其他	25	7.40
跌倒		<b>524</b>	<b>34.36</b>
	地板濕滑	56	10.69
	追逐	255	48.66
	互撞	35	6.68
	被物品或人絆倒	39	7.44
	玩滑板車	3	0.57
	溜直排輪	2	0.38
	走路	125	23.85
	其他	10	1.91
	灼傷		<b>73</b>
熱水		39	53.42
湯汁		16	21.92
排氣管		2	2.74
火焰		5	6.85
熱電器鍋爐		3	4.11
其他		8	10.96
中毒		<b>29</b>	<b>1.90</b>
	清潔劑	6	20.69
	農藥	2	6.90
	藥物	14	48.28
	其他	7	24.14
溺水		<b>3</b>	<b>0.20</b>
	不慎失足	1	33.33
吞入異物	戲水	2	66.67
		<b>81</b>	<b>5.31</b>
	玩具零件	4	4.94
	食物	16	19.75
	錢幣、彈珠、鈕扣	48	59.26
一般傷害	其他	13	16.05
		<b>276</b>	<b>18.10</b>
	不當使用工具	90	32.61
	人咬傷	4	0.14
	貓、狗、蜜蜂咬傷	26	9.42
	撞擊	103	37.31
	壓夾傷	17	6.16
人為因素	37	13.41	

表三、兒童事故傷害之類型。

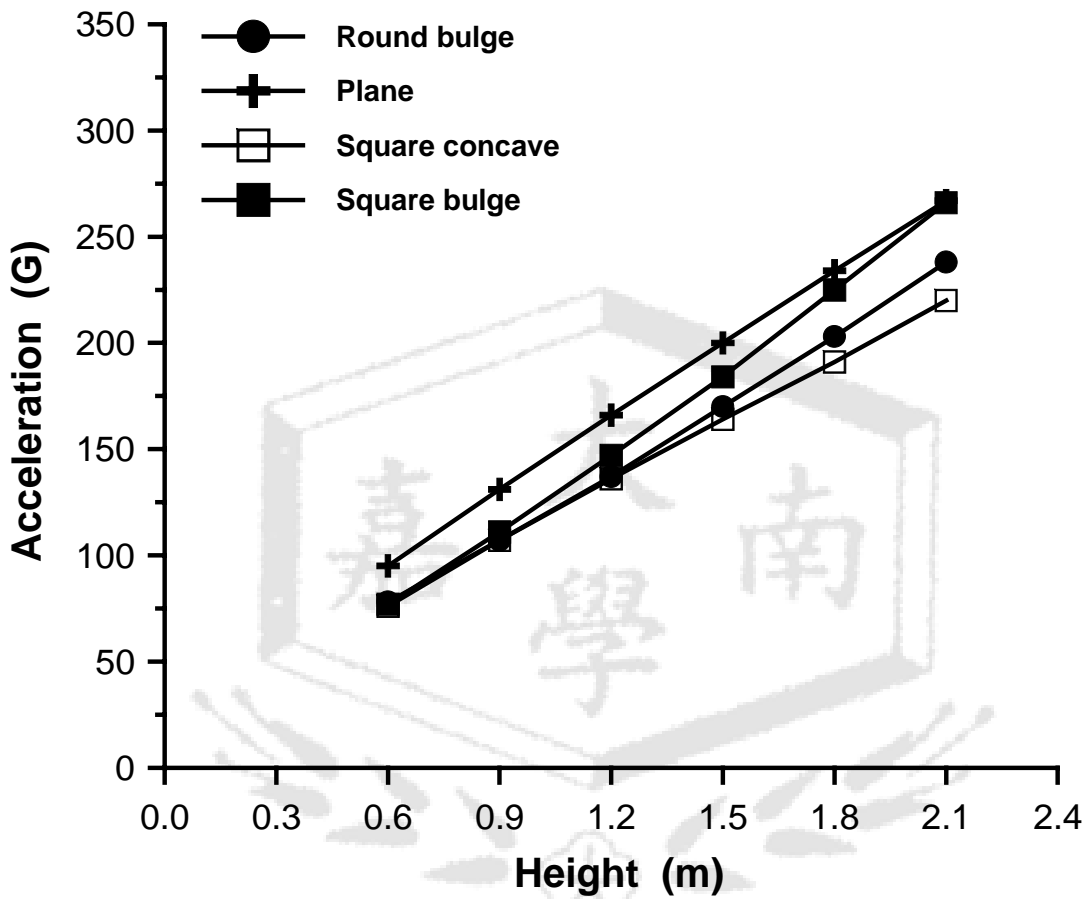
傷害部位	傷害類型	人數	百分比
頭臉傷害		<b>1003</b>	<b>65.34</b>
	顱骨骨折	5	0.05
	擦傷	112	11.17
	挫傷	442	44.07
	撕裂傷	491	48.95
	咬傷	7	0.07
	灼傷	12	0.12
軀幹傷害		<b>65</b>	<b>4.22</b>
	切割傷	3	4.62
	穿刺傷	1	1.54
	挫傷	30	46.15
	壓傷	1	1.54
	擦傷	5	7.69
	灼傷	24	36.92
四肢傷害		<b>407</b>	<b>26.45</b>
	擦傷	78	19.16
	切割傷	39	9.58
	穿刺傷	12	2.94
	撕裂傷	24	5.89
	咬傷	18	4.42
	挫傷	83	20.39
	壓夾傷	35	8.59
	肌肉關節損傷	117	28.75
	灼傷	44	10.81



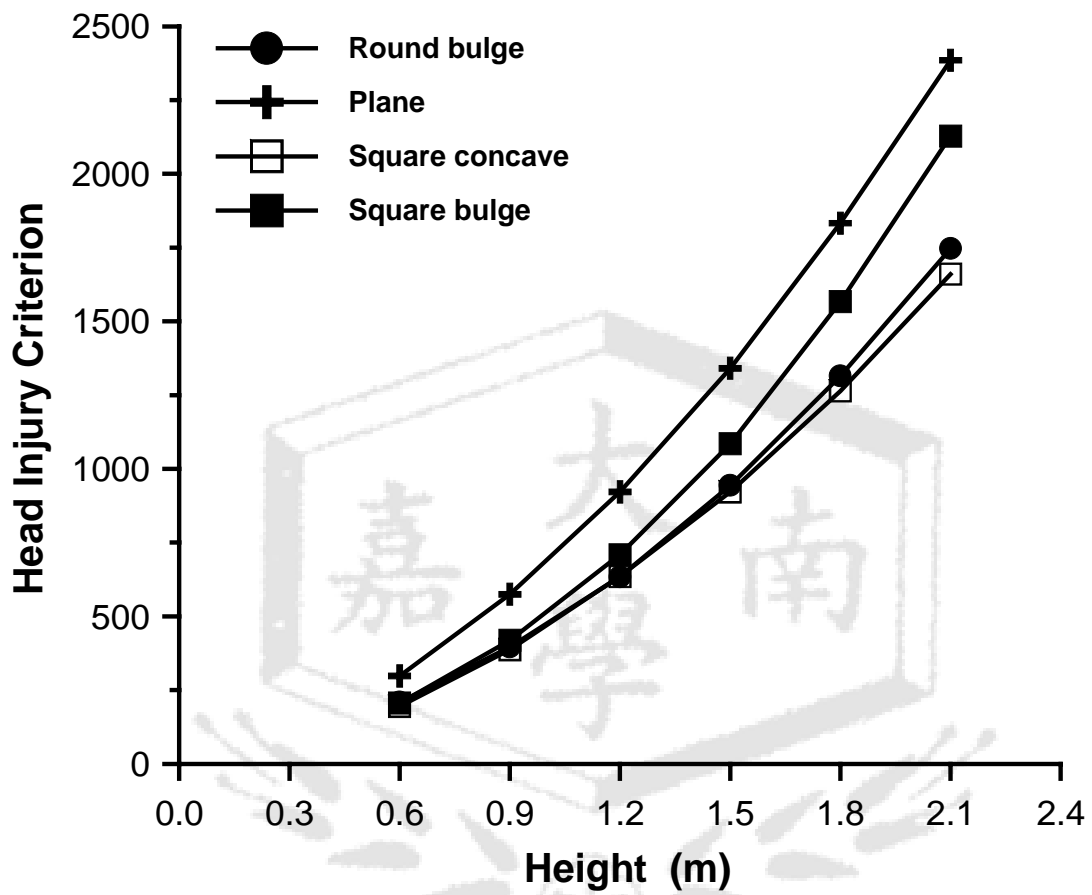
圖一、型號 C 之橡膠地磚於不同厚度時，墜落高度與頭型最大加速度之關係。



圖二、型號 C 之橡膠地磚於不同厚度時，墜落高度與頭型 HIC 值之關係。



圖三、不同底層結構之橡膠地磚於厚度 45mm 時，墜落高度與頭型最大加速度之關係。



圖四、不同底層結構之橡膠地磚於厚度 45mm 時，墜落高度與頭型 HIC 值之關係。