

以數值驗證探討手術部空間規畫之避難影響因子

林衍良* 林慶逸*

*逢甲大學建築研究所

(收件日期：103年8月29日；接受日期：104年2月4日)

摘要

本研究主要以確保手術部病患於醫院執行緊急應變計畫時，可於安全避難逃生時間內疏散完畢之原則，探討現行醫院之緊急應變計畫合理性，並引用「防火避難安全性能驗證法」，進一步檢討手術部空間與影響避難逃生安全之因子，就手術部空間之配置與防火排煙區劃、避難動線、緊急應變計畫加以整合分析，並提出實際可行之避難逃生策略。

關鍵詞：手術部，避難逃生，防火避難安全性能驗證法

Using the Numerical Analysis to Evaluate Impact Factors of Emergency Evacuation for Hospital Surgery Departments Space Planning

Yen-Liang Lin* Ching-Yi Lin*

*Graduate School of Architecture, Feng-Chia University

(Date Received : August 29, 2014 ; Date Accepted : February 4, 2015)

Abstract

The present study seeks to explore the appropriateness of hospitals' emergency response planning, with the goal of ensuring that, when a hospital implements its emergency evacuation plan, it is possible to complete the safe evacuation of all patients from the surgery department within the specified time period. The "Fire Prevention and Emergency Evacuation Safety Verification Method" is used to examine the impact of surgery department spatial design and other factors that could affect safety in the case of emergency evacuation. Integrated analysis is undertaken with respect to the spatial layout of the surgery department, the smoke barrier layout, the evacuation routes, and the emergency response plan, and practical, realistic strategies are proposed for surgery department evacuation.

Keywords: Surgery department; emergency evacuation; Fire Prevention and Emergency Evacuation Safety Verification Method

一、研究動機與目的

自衛生署於 1999 年聯合台灣醫院協會、台灣私立醫療院所協會、中華民國醫師公會全國聯合會共同捐助成立之聯合財團法人醫院評鑑暨醫療品質策進會，辦理全國醫院評鑑，快速提升了全國醫療品質。醫院建築安全也隨著建築法規在九二一地震後的大幅度翻修，消防法規也隨著國內建築大型化與複雜化而持續增修，各醫院的建築都須經過建築法規的檢討，並通過嚴格的建築法規審查；並依據消防法規配置適當的消防安全設備，始能開業經營。而台灣醫院規模隨著時代進步日益大型化，醫療科別也隨著專業化分工的需求而日益增加，而建築法規的檢討與消防設備的配置仍依據既有的規範加以規劃，無法因應各科別病患的行動特性而加以變化。醫療院所單一樓層與全院收容之病患數量大量增加後，醫院建築與消防仍停留於條列式法規檢討；醫院管理單位編定之緊急應變計畫仍只著重於緊急應變流程上之敘述，醫院建築空間能否與醫院緊急計畫相互配合，順利於緊急狀況發生時順利運作，保障病患之生命安全，實有探討之必要。本研究欲達成之目的如下：1. 確認手術部於動線規劃與空間配置上之特性，對於安全避難時間之潛在影響。2. 本研究使用「避難安全性能驗證法」，以該驗證法之計算公式，配合醫院之避難逃生動線與手術部病患行動特性，模擬醫護人員能否有足夠時間內進行避難，以加強手術部內發生火災時，醫院擬定之緊急應變計畫之可行性。3. 了解醫院當手術部發生火災時，實施之緊急應變計畫，可否確實協助病患順利逃生。

二、研究範圍與對象

依據衛生署於 1986 年開始執行的醫療網計畫，將台灣分為十七個醫療區域，再依照人口、地理、交通等狀況，區分為六十三個次區域，將醫療服務體系依照功能、規模、服務人口區分為醫學中心、區域醫院、地區醫院、基層醫療單位。而衛生署為提升國內醫療品質，亦於 1999 年結合國內相關醫療團體共同捐助成立「財團法人醫院評鑑暨醫療品質策進會」，並委託該會辦理醫院評鑑作業；並自 2004 年開始，推動新制醫院評鑑，依評鑑標準將醫院分為醫學中心、區域醫院、地區醫院、地區教學醫院，以及專科教學醫院等級。

本研究初期就評鑑合格名單之醫院，洽詢相關合作調查意向，確實回復同意合作調查，並願意提供該院之緊急應變計畫作為基礎調查資料者有三家，故本研究將以國內三所區域教學醫院手術部為研究對象，以火災發生後在輸送病患上所需經過之必要空間為範圍，主要空間有：手術室護理站、等候區、麻醉區、手術室無菌走道、手術室污走道、開刀房、恢復室、家屬等候區；範圍內之對象則為火災發生後會進行疏散的手術部醫護人員與病患。

本研究探討方向如下：分析醫院手術室空間配置與逃生動線，是否能於短時間內疏散手術部內正處於開刀狀態之病患。並調查醫院手術部緊急應變計畫與分析可行性；以避難安全性能驗證法，檢驗醫院手術部醫護人員能否於安全時間內，完成全部手術部病患之避難逃生。

以下簡述並表列三所區域教學醫院規模與手術部規模。

2-1 研究對象

各研究對象醫院基本資料如表 1；K 醫院係創立於民國前二年，目前總院建築於民國六十三年啟用，為一擁有 1020 床之區域教學醫院，其中總院佔有 625 床。該醫院手

術部面積有 1490 m²，有九間手術室，屬於單走道式配置。

J 醫院係創立於民國三十四年，目前總院建築於民國八十四年啟用，為一擁有 703 床之區域教學醫院，其中總院佔有 611 床。該醫院手術部面積有 1392 m²，有十二間手術室，屬於單走道式配置。

D 醫院係創立於民國七十四年，目前第五醫療大樓建築於民國九十七年啟用，為一擁有 505 床之區域教學醫院。該醫院手術部面積有 892 m²，有七間手術室，屬於單走道式配置。

表 1 研究對象醫院基本資料

| 研究對象 | K 醫院 | J 醫院 | D 醫院 |
|---------|---------------------|---------------------|--------------------|
| 地點 | 台中市某區域教學醫院沙鹿總院 | 台中市某區域教學醫院大里總院 | 苗栗縣某區域教學醫院第五醫療大樓 |
| 樓層數 | 地上十層地下兩層，手術部位於第三層 | 地上十二層地下四層，手術部於第三層 | 地上九層地下三層，手術部位於第三層 |
| 手術部面積 | 1490 m ² | 1392 m ² | 892 m ² |
| 手術室數量 | 9 間 | 12 間 | 7 間 |
| 手術部護理人員 | 18 位 | 40 位 | 16 位 |
| 麻醉科護理人員 | 9 位 | 12 位 | 8 位 |

三、防火避難安全性能驗證法數值驗證檢討

防火避難安全性能驗證法目前普遍使用於一般建築物之防火避難驗證方式，惟手術部除空間上之使用與一般辦公住宅建築差異甚大外，空間內除一般可正常活動步行之護理人員外，尚有進入手術室等待開刀醫治的病患，其行動能力與一般人差距甚大，本研究將結合其他領域對於手術中之避難弱者行動能力之調查，對防火避難安全性能驗證法進行更精確的調整。

防火避難安全性能驗證法主要公式如下：

樓層避難行動時間依下列公式計算之

$$t_{escape} = t_{start} + t_{travel} + t_{queue} \quad \text{公式 1}$$

其中， t_{escape} 為人員開始避難所需時間， t_{start} 為人員避難所需時間， t_{travel} 為人員到達直通樓梯之步行時間， t_{queue} 為人員通過樓梯出口所需的滯留時間。

人員開始避難所需時間 t_{start} 之計算根據建築物用途及樓地板面積來進行計算，當樓層發生火災時，起火室以外的人們開始進行避難所需的時間，包含：發現火災所需時間與從發現到避難開始所需時間。計算公式如下：

$$t_{start} = \frac{\sqrt{A_{floor}}}{30} + 5 \quad (1)$$

t_{start} ：火災時，該樓層人員開始進行避難所需時間（分）

A_{floor} ：該樓層各居室與必需通過該樓層所設置之直通樓梯等建築物各部份之總樓地板面積（m²）

而 t_{travel} 代表到達直通樓梯之步行時間， t_{travel} 之計算方式為避難者從該樓層各居室到達直通樓梯的最長步行距離，作為計算到達直通樓梯所需的時間。其計算公式如下：

$$t_{travel} = \max \left(\sum \frac{l_i}{v} \right) \quad (2)$$

t_{travel} ：於該樓層者，從該樓層各居室到達任一直通樓梯所需的步行時間（分）

l_i ：該樓層各居室到達直通樓梯任一出口之步行距離（m）

v ：步行速度（m/分）

t_{queue} 則是代表避難者通過直通樓梯出口所需要的滯留時間，其計算公式如下：

$$t_{queue} = \frac{\sum p \cdot A_{area}}{\sum N_{eff} \cdot B_{st}} \quad (3)$$

t_{queue} ：位於該樓層者從該樓層通過直通樓梯出口所需時間（分）

p ：人員密度（人/m²）

A_{area} ：該樓層各居室部分之樓地板面積（m²）

N_{eff} ：有效流動係數（人/分/m）

B_{st} ：該樓層直通樓梯之出口寬度（m）

上述三項公式合計後即為樓層避難所需時間，而此時間尚需與樓層煙層下降時間作比較，煙層下降時間為計算各居室自煙霧流入開始至從鄰接居室或通道流出，最後進入樓梯間所需之時間。其計算公式如下：

$$t_{sn} = t_{s1} + t_{s2} + t_{s3} \quad (4)$$

t_{sn} ：各居室煙層下降時間之總和

各居室煙層下降時間 t_s 影響因素需依據該起火室空間形狀、可燃物發熱量、防煙區劃、排煙的方式等計算。煙層下降時間之計算公式如下：

$$t_s = \frac{A_{room} \times (H_{room} - H_{lim})}{\max(V_s - V_e, 0.01)} \quad (5)$$

A_{room} ：該居室空間之樓地板面積（m²）

H_{room} ：該居室空間基準點至平均天花板高度（m）

H_{lim} ：煙層界限高度（m）

V_s ：發煙量（m³/分）

V_e ：有效發煙量（m³/分）

當樓層避難所需時間（ t_{escape} ） \leq 樓層煙層下降時間（ t_{sn} ）則判定為安全。當樓層避難所需時間（ t_{escape} ） $>$ 樓層煙層下降時間（ t_{sn} ）則判定為危險。

3-1 手術部病患移動速度

在國內研究中（林慶元，1998），針對手術部病患移動速度提出以下資料如表 2：

表 2 國內醫療院所病患行動能力分析

| 行動能力 | 協助物 | 說明 | 平均速度(M/sec.) |
|------|----------------|--------------------------|--------------|
| 擔送 | 須協助者與移動器具 | 協助者以輪椅、擔架輔助移動 | 1.28 |
| | 須協助者與治療器具 | 協助者以治療裝置（呼吸器）輔助移動 | |
| | 須協助者、移動器具、治療器具 | 協助者以輪椅、擔架配合治療裝置（呼吸器）輔助移動 | |
| | 不可移動 | 經由上述方式皆無法移動 | |
| 護送 | 須靠協助者幫助 | 聲音的誘導、攙扶、揹負 | 0.33~1.29 |
| 獨步 | 一般步行者 | 健康步行 | 0.82 |
| | 緩慢步行者 | 須倚靠牆壁、欄杆、扶手前進 | |
| | 特別步行者 | 爬行、雙腿癱瘓坐行 | |
| | 須移動器具者 | 輪椅、拐杖輔助 | |

（資料來源：林慶元，1999）

3-2 避難弱者的避難準備時間

對於避難弱者避難時，必須加上使避難弱者得以順利開始避難的準備時間，此一數據為避難時間驗算時極為重要之考量依據。衛生署於 2011 年在台北三家醫院進行手術室火災演練，統計各手術狀況下，病患離開開刀房之醫療作業準備時間進行模擬，統計之準備時間如表 3。

表 3 手術室火災演練-各手術境況離開開刀房之醫療作業準備時間

| 演練醫院 | 手術模擬狀況 | 準備時間（秒） （延遲時間） |
|-------------|--------------------------------|-------------------|
| T 醫 院 | 開刀房內病患尚未麻醉，手術取消 | 28 |
| | 恢復室內病患處於麻醉狀態 | 27 |
| | 眼科手術病患局部麻醉，手術進行中 | 257 |
| | 骨科腿部骨折病患半身麻醉，手術進行中 | 323 |
| | 耳鼻喉科頸部腫瘤淋巴擴清，手術進行中 | 137 |
| | 泌尿科內視鏡取石，手術進行中 | 209（推床） |
| | 胸腔外科腫瘤切除手術進行中，聞火警警鈴聲肺動脈破裂，先行止血 | 599（推床） |
| | 一般外科膽囊切除手術進行中 | 77（推床） |
| M 醫 院 | 經腹部子宮摘除，手術進行中 | 143 |
| | 開刀房內病患已麻醉，手術取消 | 55 |
| | 開刀房內病患尚未麻醉，手術取消 | 76（病患詢問） |
| P 醫 院 | 人工膝關節置換術，手術進行中 | 104 |
| | 恢復室內病患處於麻醉狀態 | 22（護理人員直接推離） |

（資料來源：簡賢文，2012）

3-3 手術部病患的疏散方式

本研究假定當手術部本身發生火災時，病患之相關避難逃生行為研究，故以水平避難及垂直避難為手術部病患之避難構想。

1.水平避難：利用居室、走廊、陽台、安全梯間等相對較為安全之位置，做為階段性之避難動線及空間，以縮短避難距離及時間，增加待援機會。

2.垂直避難：輔導或協助設置逃生避難設施、器具。例如可供行動不便者使用之輪椅、自走式避難梯、樓梯升降機（椅）

3-4 手術部病患的疏散順序

移動手術中的病患離開手術室前的醫療準備順序簡述如下：1.外科醫師視病患情況判斷是否停止手術。2.醫師決定停止手術，以無菌治療巾將手術傷口覆蓋包紮。3.醫師決定繼續手術至一段落時，初步簡單處理手術部位及傷口後以無菌治療巾將手術傷口覆蓋包紮。4.麻醉醫護人員應隨時監測病人生命徵象及有無異狀發生，流動護理人員隨時觀察火勢，隨時準備疏散。5.外科醫師、手術室護理人員、麻醉醫護人員及醫佐，共同將病人以推床（車）或利用布單以拖曳方式移出至防火牆外，聽從院內疏散人員之指揮，盡快疏散至安全區域。

依研究對象醫院緊急應變計畫之手術部病患疏散作業辦法所示，手術部病患疏散時，隨行人員至少應有外科醫師、護理人員、麻醉護理人員、醫佐共計四人，鑒於手術部病患於輸送時隨行之維生設備甚多，故手術中病患疏散方式為推床搬運法。

3-5 手術室避難逃生時間數值驗證

研究對象之三家醫院手術部，分別依據各手術室之面積大小與醫療設備之分別，而有相對應之預定手術內容，本研究之計算方式係參考各手術室預定之手術內容，參考並引入表 3 之各手術內容醫療作業準備時間表做為避難開始時間之依據，做為實驗組之假設內容；並再增列第二種手術狀況做為對照組。

本研究並以調查所得之原始規劃逃生動線與逃生出口做為步行距離之依據，再依公式內容填入相關室內空間尺寸，做為原規劃之計算內容

為檢驗原始規劃圖面與現況使用之差異，在現況之計算中，重新填入現況調查之實際空間運作行為，實測現場產生之阻礙物與相關尺寸數據，做為第二組現況之驗證計算。

最後，本研究在原規劃逃生動線與室內空間尺寸與建築平面上，嘗試各種可變動因素加以調整，並加以彙整在改善的類組；本研究透過各種空間環境的改善，讓原本判定為危險的避難逃生環境變成安全，如果是判定為安全的環境則加以調整樓層避難安全時間，為該手術室增加更多種可實施之手術方式。

依據技術手冊與本研究收集之參考數據，導入三所醫院共卅間手術室之個別條件計算，分別由各醫院手術部中，表列具有代表性之 K 醫院手術室 6 計算式如表 4。

表 4 K 醫院手術部第六手術室防火避難安全性能驗證計算式

| K 手術室 6 | 計算項目 | 實驗組 | | | 對照組 | | | 單位 |
|----------|----------|--------|------|------|-------------|------|------|----------------|
| | | 原規劃 a | 現況 a | 改善 a | 原規劃 b | 現況 b | 改善 b | |
| 手術內容 | | 膝關節置換術 | | 其他手術 | 病患尚未麻醉，手術取消 | | | |
| | 樓層面積 | 1490 | 1490 | 1490 | 1490 | 1490 | 1490 | m ² |
| 樓層避難開始時間 | 樓層避難開始時間 | 1.7 | 1.7 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | min |

| K 手術室 6 | 計算項目 | 實驗組 | | | 對照組 | | | 單位 |
|----------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
| | | 原規劃 a | 現況 a | 改善 a | 原規劃 b | 現況 b | 改善 b | |
| 居室步行時間 | 最大步行距離 | 20.9 | 20.9 | 20.9 | 20.9 | 20.9 | 20.9 | m |
| | 步行(移動)速度 | 1.28 | 1.28 | 1.3 | 1.28 | 1.28 | 1.28 | m/分 |
| | 樓層步行時間 | 16.3 | 16.3 | 16.3 | 16.3 | 16.3 | 16.3 | min |
| 通過出口所需時間 | 居室人員密度 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 人/m ² |
| | 收容人數 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 人 |
| | 有效出口流動係數 | 90.0 | 5.6 | 90.0 | 90.0 | 5.6 | 90.0 | 人/min*m |
| | 有效出口寬度 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | m |
| | 通過出口所需時間 | 0.1 | 2.4 | 0.1 | 0.1 | 2.4 | 0.1 | min |
| 有效出口流動係數 計算 | 樓梯間可滯留面積 | 38.1 | 38.1 | 38.1 | 38.1 | 38.1 | 38.1 | m ² |
| | 避難人員居室面積 | 70.3 | 70.3 | 70.3 | 70.3 | 70.3 | 70.3 | m ² |
| | 產生滯留人數 | 14.6 | 14.6 | 14.6 | 14.6 | 14.6 | 14.6 | 人 |
| | 避難逃生人數 | 21.0 | 21.0 | 21.0 | 21.0 | 21.0 | 21.0 | 人 |
| | 最小出口寬度 | 1.8 | 0.01 | 1.8 | 1.8 | 0.01 | 1.8 | m |
| | 樓梯間出口寬度 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | m |
| | 有效出口流動係數 | 90.0 | 5.6 | 90.0 | 90.0 | 5.6 | 90.0 | 人/min*m |
| 樓層避難所需時間 | | 18.1 | 20.4 | 16.4 | 16.9 | 19.2 | 16.9 | min |
| 居室煙層下降時間 | 該居室樓地板面積 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | m ² |
| | 該居室平均天花板高度 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | m |
| | 邊界煙層高度 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | m |
| | 煙產生量 2 | 57.3 | 57.3 | 57.3 | 57.3 | 57.3 | 57.3 | m ³ /min |
| | 有效排煙量 3 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | m ³ /min |
| | 煙層下降時間 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | min |
| 煙生成量 | 最低天花板高度 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | m |
| | 堆積可燃物發熱量 | 2000.0 | 2000.0 | 2000.0 | 2000.0 | 2000.0 | 2000.0 | MJ/m |
| | 堆積可燃物火災成長率 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| | 裝修材料火災成長率 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| | 煙之產生量 | 57.3 | 57.3 | 57.3 | 57.3 | 57.3 | 57.3 | m ³ /min |
| | | | | | | | | |
| 有效排煙量計算 | 有效開口部平均高度 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.6 | m |
| | 最大天花板高度 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | m |
| | 有效開口部中心高度 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.6 | m |
| | 自然排煙量 | 99.2 | 99.2 | 99.2 | 99.2 | 99.2 | 99.2 | m ³ /min |
| | 有效開口部排煙量 | 33.4 | 33.4 | 33.4 | 33.4 | 33.4 | 33.4 | m ³ /min |
| | 有效排煙量 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | m ³ /min |
| 走廊煙層 | 開口部面積 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | m ² |

| K 手術室 6 | 計算項目 | 實驗組 | | | 對照組 | | | 單位 |
|---------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | 原規劃 a | 現況 a | 改善 a | 原規劃 b | 現況 b | 改善 b | |
| 下降時間 | 煙生成量 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | m3/min |
| | 走廊樓地板面積 | 135.0 | 135.0 | 135.0 | 135.0 | 135.0 | 135.0 | m2 |
| | 走廊天花板高度 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | M |
| | 有效排煙量 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | m3/min |
| | 走廊煙層下降時間 | 15.3 | 15.3 | 15.3 | 15.3 | 15.3 | 15.3 | Min |
| 判定 | 樓層完成避難所需時間 | 18.1 | 20.4 | 16.4 | 16.9 | 19.2 | 16.9 | Min |
| | 樓層煙層下降時間 | 15.9 | 15.9 | 15.9 | 15.9 | 15.9 | 16.15 | Min |
| | 判定 | 危險 | 危險 | 危險 | 危險 | 危險 | 危險 | |

本研究在 K 醫院第六手術室假設兩種手術行為，實驗組假設為人工膝關節置換術，對照組則假設病患剛進入手術室，尚未麻醉，手術直接取消。

第六手術室在實驗組與對照組中，原規劃平面之計算式與現況使用計算式皆判定為危險，本研究在改善計算式中將建築空間如圖 1，回復為最佳使用狀況，並假設該手術室可在火災一發生就開始逃生，故將避難開始時間調整為 0，重新加以計算後，仍較安全逃生時間少 0.5 分鐘，計算式仍判定為危險。

第二次改善方式選擇在對照組改善 b 方案中，將開口部高度（門高）由現況 2.2M 調整為 2.6M 高，重新加以計算，雖然有效延長煙層下降時間，彈計算式依然判定為危險。

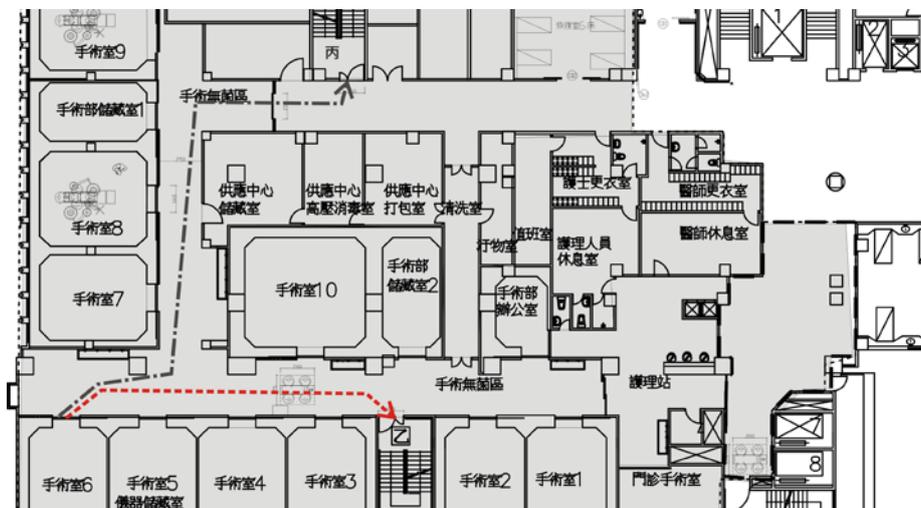


圖 1 K 醫院手術部逃生動線圖

四、驗證結果說明

因現今手術種類繁多，故手術部內各手術室均有依照其空間大小及各科使用頻率多寡，預先設定各手術室優先使用之手術類別，本研究所列之計算式均依各手術室預設狀況加以設定兩種手術情境，並依照依照原始設計空間、現況空間使用、改善後空間使用帶入算式中，加以計算求證。

4-1 K 醫院驗證結果說明

在 K 醫院手術部第六手術室防火避難安全性能驗證計算式中，依 K 醫院原始設定為內視鏡手術室，該手術室離最近的直通逃生梯 20.85 公尺，空間與動線關係如圖 2；因現況調查時，乙梯如圖 3 所示，被許多醫療設備阻擋住出口，致使完成避難所需時間較原始設計多出 2.24 分鐘。

因該手術室並無其他更佳之逃生路徑選擇，故在改善後空間使用中，設定該手術室內無病患使用，將避難開始時間調整為 0，但其完成避難所需時間仍較煙層下降時間高出 0.54 分鐘。

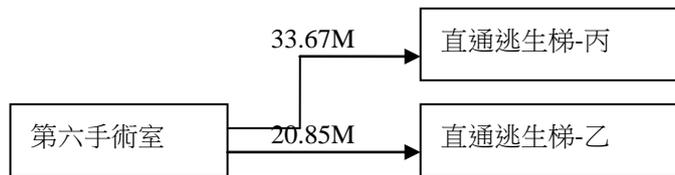


圖 2 K 醫院第六手術室逃生動線示意圖

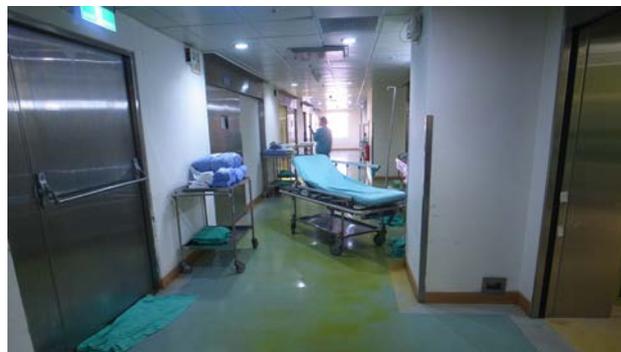


圖 3 K 醫院手術部走廊一隅

4-2 J 醫院驗證結果說明

J 醫院手術部第十二手術室防火避難安全性能驗證計算式中，依 J 醫院原始設定為神經外科手術室。因該手術室與兩座直通逃生梯距離約略相等，位處手術部中央地帶，逃生動線甚長，距最近之甲梯遠達 37.8 公尺，空間與動線關係如圖 4；又手術部走廊如圖 5 所示，也有許多醫療設備堆積，經現場實測走廊淨寬度最窄處為 0.7 公尺，將現況相關數據帶入計算後，完成避難所需時間已經超出煙層下降時間，驗證公式判定為「危險」。

在檢視手術部平面後，發現恢復室外有一露臺，但無逃生出口，也無任何開窗；本研究嘗試在改善空間中，假設該露臺於恢復室有一逃生出口，計算第十二手術室致該露臺之步行距離，降為 25.5 公尺，亦假設手術部走廊暢通無阻礙物；重新帶入計算後，完成避難所需時間降為 22.6 分鐘，較該手術室煙層下降時間短 8.8 分鐘，驗證公式判定該逃生方式為「安全」。



圖 4 J 醫院第十二手術室逃生動線示意圖



圖 5 J 醫院手術部走廊一隅

4-3 D 醫院驗證結果說明

D 醫院手術部第七手術室防火避難安全性能驗證計算式中，依 D 醫院原始設定為腸胃科內視鏡手術室，該手術室距離最接近之直通逃生梯為 24.7 公尺，空間與動線關係如圖 5；將相關數據帶入計算後，發覺該手術室完成避難時間為 23 分鐘，較煙層下降時間多出 7.8 分鐘，驗證公式將該手術室判定為「危險」。在檢視手術部平面後，發現恢復室外有一露臺，雖有逃生出口，但逃生出口前亦有規劃恢復室床位（如圖 7 所示），顯示原設計並未將該露臺規劃為避難平台，本研究將該露臺假設為避難平台，設定逃生動線淨空，移除恢復室床位後，重新計算第七手術室致該露臺之步行距離，降為 13.9 公尺，避難平台可提供的滯留面積亦增為 214 平方公尺；重新帶入計算後，完成避難所需時間降為 14.6 分鐘，較該手術室煙層下降時間短 0.6 分鐘，驗證公式判定該逃生方式為「安全」。

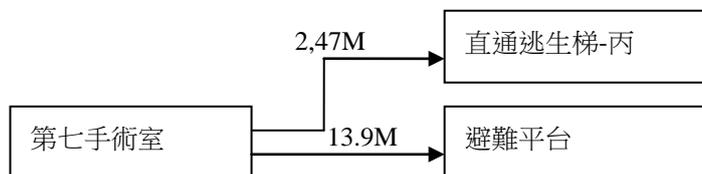


圖 6 D 醫院第七手術室逃生動線示意圖



圖 7 D 醫院恢復室內逃生出口

五、結果分析

在本研究調查三所醫院手術部，並將測繪數據與相關調查資料帶入防火避難安全性

能驗證法加以檢驗，並檢視其中影響避難逃生之重要數值，首先就手術部空間尺寸加以分析，並分別對研究對象 K、J、D 醫院從空間比例、空間配置、避難動線、手術類型及防火避難性能作進一步分析，並作整理分類如下。

5-1 手術室空間分析

在本研究調查三所醫院手術部，並將測繪數據與相關調查資料帶入防火避難安全性能驗證法加以檢驗，並檢視其中影響避難逃生之重要數值，首先就手術部空間尺寸加以分析，並分別對研究對象 K、J、D 醫院從空間比例、空間配置、避難動線、手術類型及防火避難性能作進一步整理分析，並作整理分類如下。

手術室容積越大，則能容納的煙霧越多，煙層下降時間也會隨之拉長；手術室空間中，會影響煙層下降時間的尺寸有：1.手術室面積：手術室面積越大，煙層下降時間越長；以本研究前文所列三間手術室為例，如加大手術室面積 15%，就可以延長煙層下降時間。2.手術室天花板高度：手術室天花板高度越高，煙層下降時間越長；以本研究前文所列三間手術室為例，手術室天花板高 2.8m，如將天花板提高 20cm 成為為 3m，就可以延長煙層下降時間。3.手術室房門高度：手術室房門高度越高，煙層下降時間越長；以本研究前文所列三間手術室為例，手術室門高 2.2m，如將門高提高 20cm 成為為 2.4m，就可以延長煙層下降時間。

將三所醫院各自綜合上述三項調整變因，加以調整與統計後可以發現，K 醫院手術室如欲延長煙層下降時間，以加高天花板高度之效益最大（詳圖 9）；J 醫院則是以加大手術室面積之效益最大（詳圖 8），D 醫院則與 K 醫院同為拉高天花板高度為佳（詳圖 10）。

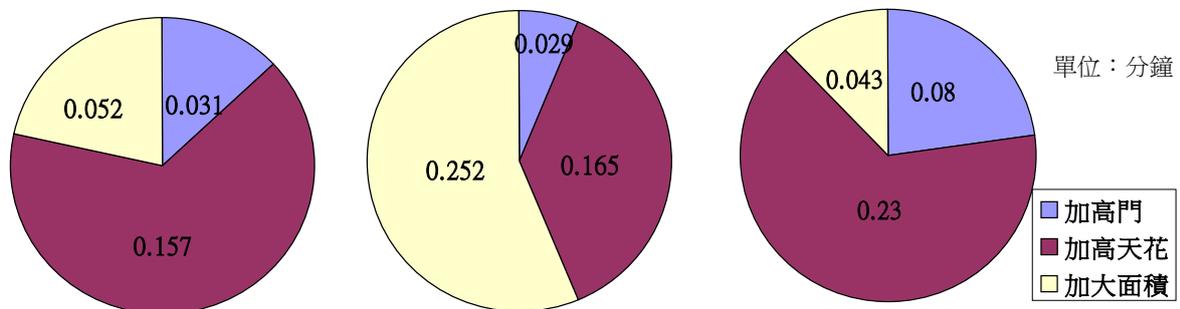


圖 8 K 醫院性能提升綜合評比 圖 9 J 醫院性能提升綜合評比 圖 10 D 醫院性能提升綜合評比

5-2 走廊空間分析

手術部走廊空間中，會影響煙層下降時間的尺寸有：1.走廊面積：走廊面積越大，煙層下降時間越長。2.走廊天花板高度：手術室天花板高度越高，煙層下降時間越長。3.走廊開口部面積：開口面積越小，煙層下降時間越長。

將三所醫院各自綜合上述三項調整變因，加以調整與統計後可以發現，欲延長煙層下降時間，K 醫院、J 醫院、D 醫院手同樣以調整走廊天花板高度之效益最大（詳圖 11、圖 12、圖 13）。

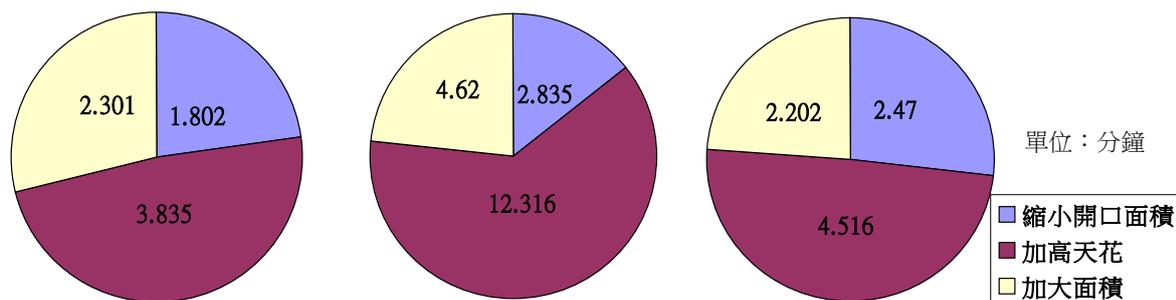


圖 11 K 醫院走廊性能提升評比 圖 12 J 醫院走廊性能提升評比 圖 13 D 醫院走廊性能提升評比

5-3 K 醫院綜合分析

經本研究將 K 醫院手術部空間，以防火避難安全性能驗證法予以計算後，對於 K 醫院的分析詳述如下：

1.空間配置分析：K 醫院手術部設立於民國六十三年，早期手術行為對於手術室支持設備的需求較低，故無預留足夠的餘裕空間容納現代的醫療儀器，使得原始規劃空間中，有三間手術室被挪作醫療器械儲藏室使用。隨著醫療技術進步，對於醫療設備的需求也持續增加，使得單一手術室空間需求加大，原始規劃中，面積較小之手術室便被移作儲藏室使用，使得 K 醫院為三所醫院中，將空間佔用為儲藏室的比例為最高（詳圖 14）。手術部將三間手術室移作儲藏室使用，顯示手術部內儲藏室明顯不足，除了浪費手術室空間外，手術室空間原設計上並無法完全符合儲藏室的使用。K 醫院手術部走廊空間僅佔手術部面積的 9.06%（詳圖 15），是三家醫院中最少的（詳圖 16），走廊未留有餘裕空間，也就讓許多醫療儀器或器材散部於走廊上影響通行。

2.避難動線分析：K 醫院手術部內有乙、丙兩座直通逃生梯，手術部旁也有另一座直通逃生梯一甲，有利於各手術室依據動線遠近，選擇最容易逃生的動線進行避難；但是手術部走廊上障礙物過多，對於避難逃生甚為不利，應該加強走廊空間淨空的維持。

3.手術類型分析：手術室一、二、三、四、十，因為緊鄰直通逃生梯，建議可將耗時的大手術，如胸腔手術、腹腔手術，安排在這五間，手術室六因為離各直通逃生梯動線最遠，建議將手術室六移作手術部儲藏室使用。

4. 防火避難性能綜合分析：K 醫院手術部屬於較早期的手術部設計，有較多的角落手術室空間，這些角落手術室較容易在發生火災時，因單一避難逃生動線受阻而發生危險。

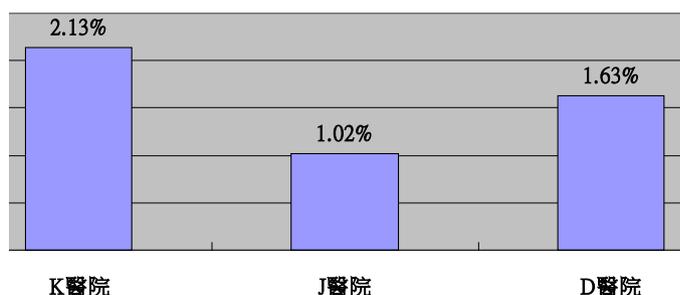


圖 14 各醫院儲藏空間佔用面積比例

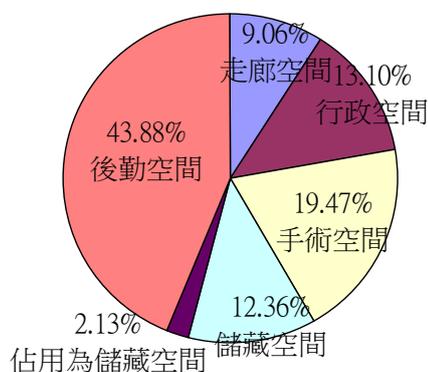


圖 15 K 醫院手術部空間總體比例分佈

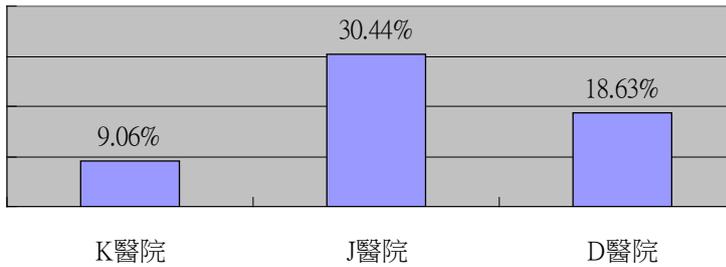


圖 16 各醫院走廊面積比例

5-4 J 醫院綜合分析

1.空間配置分析：J 醫院手術部空間中，非直接與手術行為相關的後勤空間均移出手術部，使得後勤空間僅佔手術部 12.85%（詳圖 16），為三家醫院中比例最低者（詳圖 17），使得 J 醫院擁有最多的 12 間手術室，走廊面積比例也為三所醫院中最高的 30.44%。但 J 醫院手術部與護理站完全無法通視，如果有手術室發生火災，護理站不容易第一時間發覺危險，會大為增加避難準備時間。而手術室單元配置沿著單一走廊排列，手術部內直通逃生梯只有一座，一旦手術室需要進行避難逃生時，人員較難進行兩方向逃生。

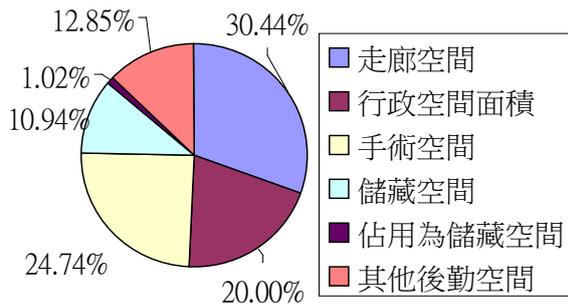


圖 17 J 醫院手術部空間比例分佈

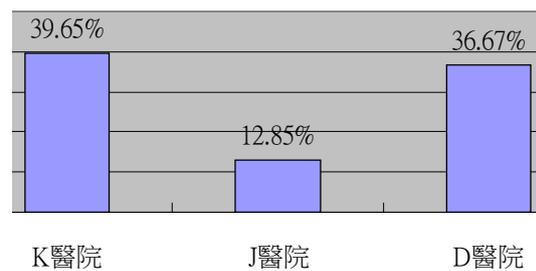


圖 18 各醫院其他後勤空間面積比例

2.避難動線分析：J 醫院手術部內僅有一座直通逃生梯，離手術部最近的另一座直通逃生梯，也因為手術室單元的線性配置，而離手術室單元單元甚遠，僅能勉強符合法規上對於步行距離之規定。

3.手術類型分析：手術室一、十一緊鄰直通逃生梯，建議可將耗時的大手術，如胸腔手術、腹腔手術，安排在這兩間，手術室七因為離各直通逃生梯動線最遠，建議將手術室七移作手術部儲藏室使用。

4. 防火避難性能綜合分析：J 醫院手術部雖然於走廊前後兩側均有避難逃生動線，但是走廊後端距離兩座直通逃生梯均超過卅五公尺以上，不利於逃生，建議於恢復室加開一樁逃生門，將恢復室外的露臺闢為避難逃生平台。

5-5 D 醫院綜合分析

1.空間配置分析：D 醫院雖為三所醫院中最新落成的，但是對於儲藏空間的規劃明顯偏低，僅佔 5.91%，如圖 19，為三所醫院中最低者。儲藏空間的不足，反應在佔用為儲藏室空間比例上，D 醫院第五醫療大樓自啟用迄今僅四年有餘，就有 1.63%的空間被佔用為儲藏室（如圖 20）。D 醫院雖然於近年內方完工使用，但是對於儲藏室之設置仍

是不足，導致許多醫療儀器被囤積於逃生梯前，阻礙逃生；另外手術部內直通逃生梯也是只有一座，一旦手術室需要進行避難逃生時，人員較難進行兩方向逃生；但 D 醫院在手術部內有一座露臺，於火災時可作為避難平台使用。

2. 避難動線分析：J 醫院手術部內僅有一座直通逃生梯，離手術部最近的另一座直通逃生梯，也因為手術室單元的線性配置,而離手術室單元單元甚遠。

3.手術類型分析：手術室一、二、三離直通逃生梯最近，建議可將耗時的大手術，如胸腔手術、腹腔手術，安排在這三間，手術室七、八是所有手術室中，離直通逃生梯動線最遠的空間，建議將手術室八安排局部麻醉手術或是小型手術，手術室七則作為儲藏室使用。

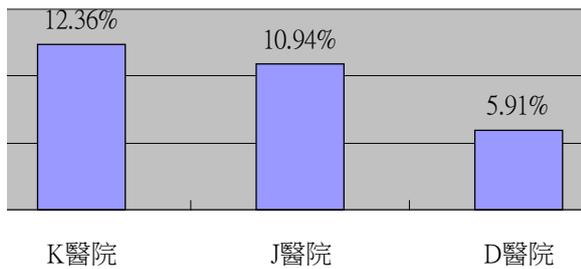


圖 19 各醫院儲藏室面積比例

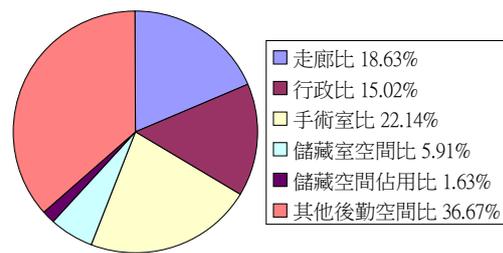


圖 20 D 醫院手術部空間比例分佈

4.防火避難安全性能綜合分析：D 醫院手術部對於醫療設備儲藏室的空間量明顯不足，以至於過多醫療設備停留於避難逃生動線上，阻礙通行。

雖然在醫院設計（廖椿華，2009）中，手術部設計僅就空間配置及機能、動線有所規範，本研究則嘗試由手術部內各空間的使用功能加以分類統計，嘗試得出一所舊醫院，在手術部空間改善的方向與未來醫院手術部設立時的參考。目前各醫院手術部逃生步行距離檢討僅援用建築技術規則第九十三條所規定之五十公尺為上限，在本研究調查後，如圖 21 所示，K 醫院各手術室平均步行距離為 12.7 公尺，J 醫院手術室平均步行距離為 28.65 公尺，D 醫院手術室平均步行距離則為 20.26 公尺。進一步將各醫院手術室依性能驗證法判定結果分類如圖 22，安全之步行距離應在 20 公尺以內；當步行距離在 20—30 公尺之間時，則須配合其他空間條件方能安全逃生；而步行距離超過 30 公尺則不利於手術室病患安全逃生。經性能驗證法計算後，顯示各手術室手術類型可以手術規模的大小，配合各手術室與直通逃生梯間的距離搭配安排，應可有效維護手術部病患安全。

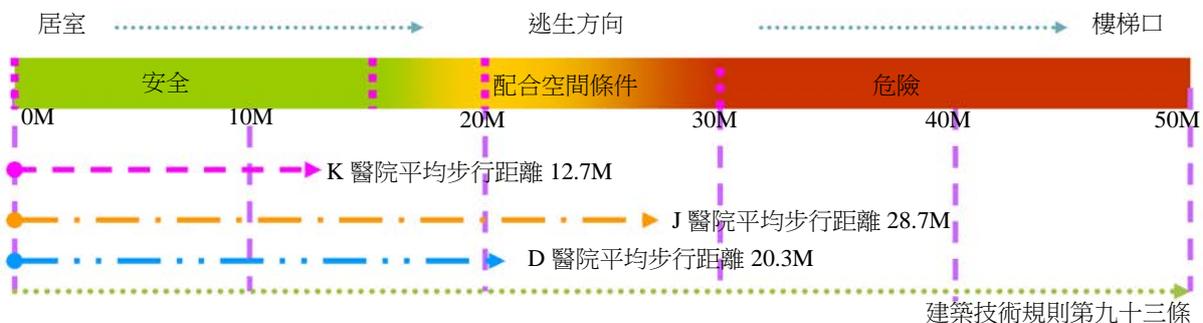


圖 21 各醫院步行距離統計

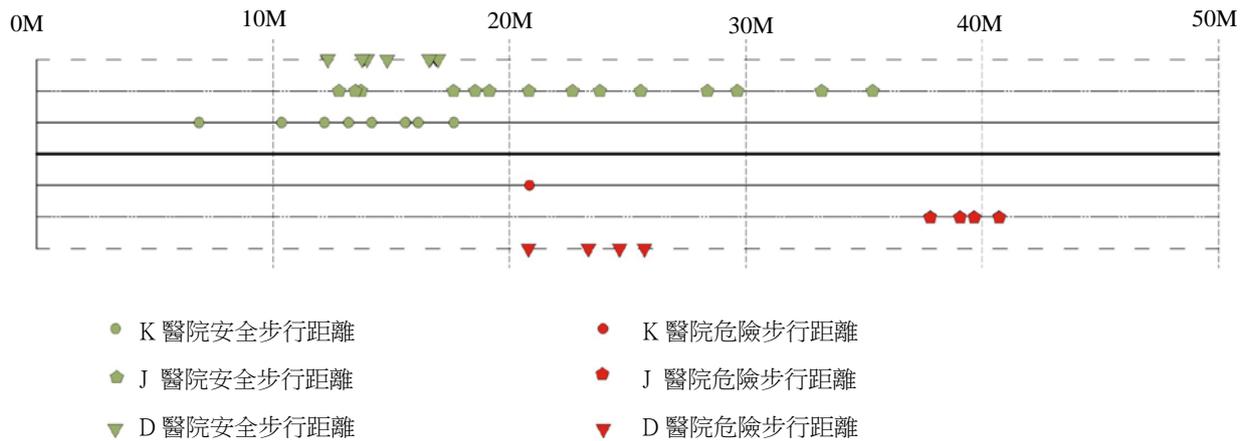


圖 22 各手術室步行距離統計

六、結論與建議

重新檢視研究目的，並整合上述分析，將結論建議依研究目的分類為三大項目分述。

6-1 動線規劃與空間配置對於安全避難時間之潛在影響

1. 醫院手術部空間的規劃：醫院手術部之空間與動線的規劃，主要指導意見來自於醫療人員，是以輔助醫療行為的角度出發，作出的空間規劃，並未將避難逃生規劃納入主要意見。

另外，醫院手術部空間在設立後，就很難再進行大規模整修改善，故在進行手術部的空間規劃時，就應預留未來擴充空間。由逃生避難角度來作手術部空間規劃，加高手術部天花板可以有效延長逃生時間；觀察防火避難安全性能驗證法計算式中，天花板高度的增加可以有效延長煙層下降時間，越高的天花板高度可以得到越大的煙層容納容積，就可延長煙層下降時間；手術部天花高度的提升，可以利用原本為空調設備機械空間的挑空空間，如圖 23。

而手術部走廊亦應予以加寬，在本研究對象中，K 醫院手術部之走廊空間僅有 9.06%，導致各手術室所需之醫療設備散布於走廊上，如圖 24；觀察防火避難安全性能驗證法計算式中，走廊空間直接與煙層下降時間相關，越大的走廊空間可以得到越長的逃生時間；故寬敞的走廊空間除有利於保持避難逃生動線暢通，避免醫療設備阻礙逃生動線外，更可延長煙層下降時間。

2. 手術部內應有兩座以上之直通逃生梯：以本研究對象的三所醫院為例，K 醫院雖然為最早期所設立之醫院，走廊空間較其他兩所醫院為少，但是在手術部內就有兩座直通逃生梯（如圖 25），有利於走廊前後兩向逃生；反觀新近設立的 D 醫院，手術部內只有一座直通逃生梯，走廊末端的手術室需要通過恢復室與外走廊，經過廿三公尺的距離，方能到達第二座直通逃生梯，甚為不利手術部火災逃生。

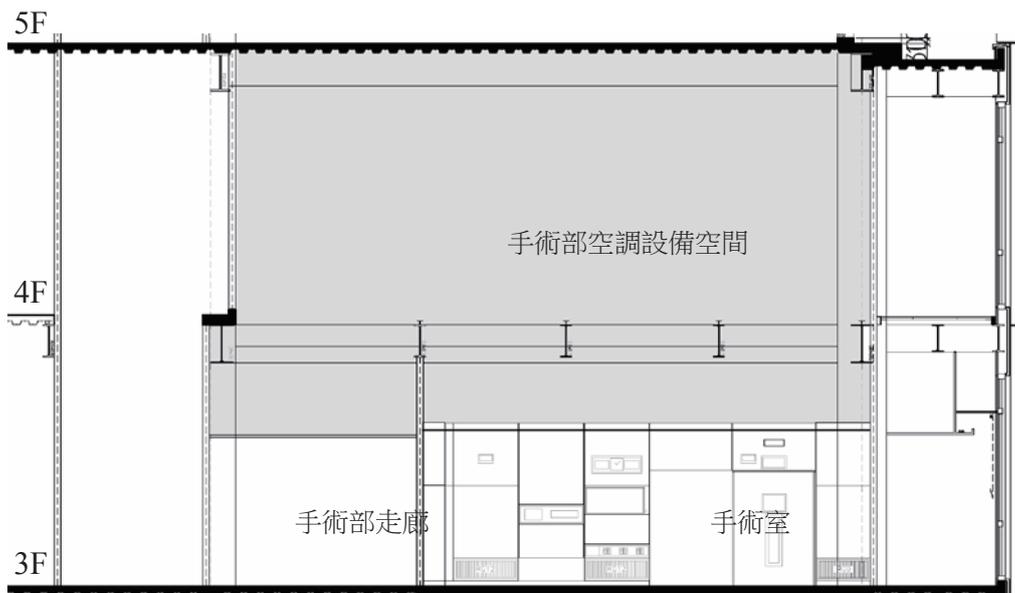


圖 23 手術室空間剖面示意圖



圖 24 J 醫院手術部走廊



圖 25 K 醫院手術部內雙向逃生動線

6-2 以數值計算模擬醫護人員能否有足夠時間內進行避難

1. 防火避難安全性能驗證法的改善：在台灣，供公眾使用建築物之消防法規檢討從早期以建築技術規則檢討，到目前演化出許多性能驗證法，而防火避難安全性能驗證法是由內政部建築研究所認可之其中一種，其優點是學習時間短，可快速應用，不需影響過多建築設計，可以在早期設計就可以導入使用，檢討防火性能，唯目前安全性能驗證法並未對應用於醫療院所上多所著墨，在性能驗證法持續研修的過程中，應可加以專章研究。

防火避難性能驗證法應用於醫院手術部尚屬初期之測試，許多參數仍可隨未來持續的投入研究與改善，得到更具參考價值的結果。

2. 手術部走廊末端應與直通逃生梯相鄰：在本研究數據中顯示，為走廊末端的手術室設定的避難逃生動線，除了動線較為曲折外，沿途上也會通過其他部門的空間，使得動線也明顯拉長，顯示此避難逃生動線並非為手術部逃生所設立，可能僅是由原有通道中劃設，故未符合手術部所需。

6-3 緊急應變計畫可否協助病患順利逃生

1. 醫療院所消防法規的層面：醫院手術部之消防法規檢討，未與一般建築物消防法規有太大差別，致使手術部消防法規檢討流於形式，不符合手術部這種特殊空間的需求。

在消防法規尚未針對手術部空間訂定相對應的法規前，建築師於手術部空間規劃上可有更周全的計畫，除避免手術部發生火災外，更可於手術部發生火災時，提供更好的避難逃生空間，避免人員傷亡產生。在本研究對三所醫院平面圖檢視並對照計算結果後，可以發現走廊轉角處或是中點的手術室，是所有手術室在檢討兩方向逃生步行距離中，距離直通逃生梯最遠的手術室，如果手術室空間配置如 K 醫院六號手術室一般，位於手術部走廊中點又處於轉角處，極容易因走廊發生火災導致無法逃生。

2. 手術室逃生步行距離應小於廿公尺：在本研究計算後發現，即使避難逃生時間最有餘裕的 J 醫院，仍會因為避難逃生動線長度在超過廿公尺後，得出『危險』的結果；以本研究計算結果顯示，手術室距離最近的直通逃生梯，應該控制在十五公尺內，最為有利逃生。

3. 手術部當樓層應有避難逃生平台之規劃：本研究對象中，如圖 26，將 D 醫院原有之露臺納入避難逃生動線之規劃；而 J 醫院原有無開口之平臺加入開口，規畫出避難逃生動線後，均能有效減短避難逃生時間，足見於手術部樓層規畫避難逃生平臺，確實有其功能。

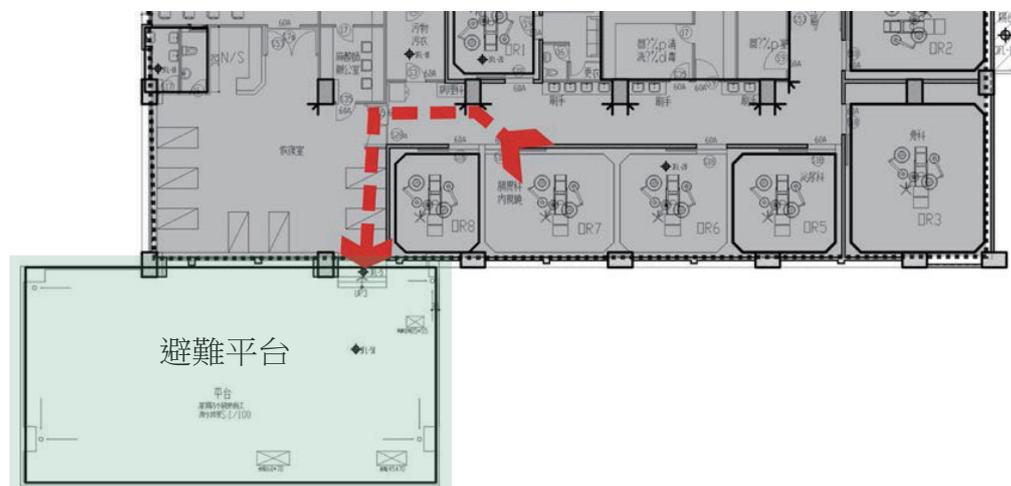


圖 26 D 醫院手術部平面

七、結語

綜合上述結論，得到三所調查醫院的回饋，認為短期內可改善之方向之意見整理如下：

1. 保持手術部走廊雜物清除與保持淨空。
2. 強化手術部人員之消防演練，以期縮短避難時間。
3. 就各手術室之避難逃生時間，重新檢討逃生動線規劃。

其中，K 醫院亦表示將在新院區規劃中，納入消防檢討項目中。

手術部之防火避難安全相關之論述與著墨方式甚為多元，其中以防火避難安全性能驗證法來檢驗醫院手術部，是因應近年來安全性能驗證法應用範圍甚廣，卻尚未於醫院手術部加以測試，而作的一項研究。研究中發現本次所使用之安全性能驗證法，許多參數與變數的設定，是以一般供公眾使用建築物作為參考對象，算式中並未加入醫療院所之考慮，故在本次研究中，須參考國內外相關研究，加以調整參數。

眾多資料中，又以人因數據資料尤為重要，許多避難弱者逃生之人因數據資料來自國外研究，國內對於相關數據之研究與實證也在近十年才開始發展，而醫院中避難弱者之行動能力各有不同，對於空間辨識能力更是薄弱，故極為仰賴醫護人員之引導與護送。

目前國內對於避難弱者移動速度均是量測自力移動時的數據，但尚未有對於護理人員護送下的不同狀況有更精細的計算，建議可朝不同護送人員數量與各種護送方式相互間的關係作進一步研究。

台灣目前對於醫院火災的實證測試與探討，因受限於醫院無法真正進行消防演練，故對於醫院火災預防與避難逃生的看法，多以論文期刊等書面意見為多，但由於相關數據之驗證，在台灣尚未有大規模之調查加以實證，建議後續可於新建醫療院所，進行一系列全尺寸實驗之實證測試，強化醫療院所參數之建立。

參考文獻

1. 尹祚芊、劉玉山、余騰芳（2009）：「監察院 98 年 7198 號糾正案」。監察院。
2. 各類場所消防安全設備設置標準（2012）
3. 朱宇晴（2010）：醫院病房部人員避難逃生行為與路徑之探討－以台中縣市教學醫院為例。逢甲大學建築研究所碩士論文。
4. 吳偉碩（2006）：建築物防火避難安全性能驗證之評估火災風險比對分析。國立中山大學機械與機電工程研究所碩士論文。
5. 李易欣（2009）醫院手術部防火避難計劃之研究－以「圍城」方法為探討對象。國立台灣科技大學建築研究所碩士論文。
6. 李毅（2009）：醫療機構火災意外。中華民國醫師公會全國聯合會醫療安全暨品質研討會論文。
7. 林慶元（1998）：區域性醫療院所避難逃生設計之研究。內政部建築研究所。
8. 建築技術規則（2012）
9. 建築管理組（2009）：建築物防火避難性能設計計畫書申請認可要點。內政部營建署。
10. 財團法人醫院評鑑暨醫療品質策進會（2009）：手術火災預防與緊急應變安全作業參

考指引。行政院衛生署。

- 11.財團法人醫院評鑑暨醫療品質策進會(2010):新制醫院評鑑基準。行政院衛生署。
- 12.張文滋(2010)。老人養護中心逃生動線之研究—以永信松柏園為例。逢甲大學建築研究所碩士論文。
- 13.陳建忠,簡賢文(2004):建築物防火避難安全性能驗證技術手冊。內政部建築研究所。
- 14.黃錫洲(2003):醫院防、救災體系之研究-手術室逃生避難動線探討,逢甲大學建築及都市計畫研究所碩士論文。
- 15.楊育荃(2002):建築物火災模式之特性分析及實際案例之應用。國立雲林科技大學機械工程研究所碩士論文。
- 16.廖椿華(2009)。醫院功能設計。華杏出版社。
- 17.鄧子正,曾偉文(2010):建築物火災避難弱者避難影響因子及人因數據調查之研究。內政部建築研究所委託研究報告。
- 18.簡微年(2003):急重症病患輸送之指標。台灣胸腔暨重症加護病醫學學會期刊論文。
- 19.簡賢文(2012):防火安全管理醫院常見問題。醫院火災衛生機關防火安全管理檢查實務訓練。
- 20.簡賢文(2012):醫院火災預防及緊急應變之策略與原則。大台南醫院暨醫事團體共識高峰會議。

