

醫院改建或整修工程之感染管制

劉伊容 李桂珠 黃高彬

中國醫藥大學附設醫院 感染管制小組

醫院改建或整修過程中產生之粉塵、氣霧或水霧可能含有曲黴菌、退伍軍人菌、隱球菌…等微生物，能扮演媒介角色感染免疫力不全病人，因此，醫院工程之感染管制措施為一不容忽視之議題。感染管制人員於施工前應依感染管制風險評估 (infection control risk assessment, ICRA) 步驟判斷工程感染管制等級。工程感染管制等級分為 I、II、III、IV 共 4 級。等級 I 之工程感管措施著重於使用避免粉塵產生之方式施作、完工後可立即復原，並清潔施工區；等級 II 之工程應關閉空調系統並密封出風口、使用集塵器或水霧等設備控制粉塵量、人員離開施工區需以除塵墊移除鞋底粉塵…等；等級 III 之工程還需設置屏障以區隔施工區域、利用高效率過濾 (high-efficacy particulate filtration, HEPA) 裝置使施工區維持相對負壓、運送垃圾時需加蓋或以膠布覆蓋；等級 IV 之工程除上述措施外，人員進入施工區須穿上鞋套、應設置相對乾淨之除塵區域、人員離開施工區時以 HEPA 吸塵器移除身上粉塵…等。針對等級 III/IV 之工程，感染管制人員需至施工現場稽核，確認相關防護之落實度。於施作期間以及完工時介入適當感染管制措施方能避免工程相關感染之產生。(**感控雜誌 2015:25:77-85**)

關鍵詞： 醫院整修、工程、感染管制

緒 言

醫院改建或整修過程中容易產生粉塵、氣霧或水霧，這些可能含有環境中微生物的粉霧扮演了媒介的角色，進而造成免疫力低下之住院病人發生群聚感染[1]。許多醫

院曾爆發侵襲性曲黴菌病 (Invasive aspergillosis) 醫療照護相關感染事件，且已被證實與醫院改建或整修工程所產生之粉塵相關[2-5]。其他微生物如退伍軍人菌 (*Legionella spp.*)、隱球菌 (*Cryptococcus spp.*)、念珠菌 (*Candida spp.*)、接合菌 (*Zygomycetes*

民國 103 年 12 月 1 日受理
民國 104 年 2 月 6 日接受刊載

通訊作者：黃高彬
通訊地址：台中市北區育德路2號
連絡電話：(04) 22052121 轉 1930

DOI: 10.6526/ICJ.2015.204

中華民國 104 年 4 月第二十五卷二期

spp.) 等，皆可能在醫院改建或整修過程中造成醫療照護相關感染事件[6-8]。

這些微生物有兩大共通性。其一，能於建築結構或水管管線中生長，當工程施作破壞原有結構或管線時就有機會暴露出來，人們藉由吸入含微生物的粉塵或水霧而感染[6-8]。其二，對於因骨髓移植、肝臟移植、化學治療等免疫不全者造成伺機性感染，微生物破壞身體組織導致嚴重疾病。文獻資料指出，病情嚴重的患者因免疫力低下，若感染侵襲性曲黴菌病死亡率高達 100% [9]。於施工前中後介入適當之感染管制措施能有效避免相關感染之產生[10-12]，因此醫院改建或整修過程之感染管制為一不容忽視的議題。

工程風險評估

美國建築師學會 (The American Institute of Architects, AIA) 建議感染管制的介入應從工程規劃及設計階段著手，先進行風險評估[12]。風險評估的目的在於衡量工程施作期間病人的感染風險，因此包含工程類型、施作工法、施工地點、受影響的醫療單位、病人特性及嚴重度、醫療處置之侵入程度、人潮及交通流量、空調系統等皆為需考量的重點[11]。

評估感染管制風險首先須確認工程類型，依施工內容及規模可分四類[10,12,15]。第一類為表面檢查或油

漆牆壁等無破壞結構之工程；第二類為產生少量粉塵且短期的小型工程；第三類為需破壞固定建築結構或付屬物且會產生中量至大量粉塵之工程；第四類為破壞建築主結構之工程或是整層樓面重新規劃建設，實例詳見表一。工程若界於兩種類型，可從嚴判定之。

其次須依醫院區域功能性質、病人特性及病情嚴重度劃分風險區域[10,12,15]。行政辦公區以及機房等非病人出入場所屬低度風險區；中度風險區為人潮雖多但病情嚴重度較低的區域或非進行侵入性治療的醫療支援區，如門診、復健部、餐廳以及藥局等；收治病情嚴重度較高病人之區域以及進行侵入性治療的醫療支援區則屬高度風險區，如病房以及血液透析室等；而加護病房、移植病房等收治免疫不全病人之區域以及講求無菌之手術室則列為極高度風險區，詳見表二[10,12,15]。當工程影響範圍不止一個風險區域時，應選擇稍高風險等級的病人群體作為判斷依據[10]。

最後將工程類型及施工區域依表三進行矩陣配對即可評核工程感染管制等級，共分四級 (I、II、III、IV)，不同等級之感染管制措施亦有所差異[10,12,15]。

感染管制措施

為防止醫院改建或整修過程造成免疫不全病人群聚感染，必需針對

表一 醫院改建或整修工程類型[10,12,15]

工程類型	說明	細項 (不侷限於以下幾點)
A	表面檢查、無破壞結構性之工程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 移開天花板塊以進行檢查，且每 4.65 m² (50 平方英尺) 僅移動一塊。 2. 油漆牆壁 (並非打磨牆壁)。 3. 噴塗牆面、電氣裝飾工作、較小的給排水管道施工、其他不產生粉塵或不需要開鑿牆壁的活動。
B	限於只產生少量粉塵的小型、短期施工活動	<ol style="list-style-type: none"> 1. 安裝電話和電腦線纜。 2. 在天花板上的空間進行管道施工。 3. 可有效控制粉塵傳播的情況下開鑿牆壁或天花板。
C	產生中等至大量粉塵的施工活動或需要破壞、移動任何固定的醫院建築結構或附屬物的活動	<ol style="list-style-type: none"> 1. 為油漆或噴塗牆壁而進行打磨牆壁。 2. 拆除地板、天花板和建築物主體結構。 3. 修建新的隔間牆。 4. 在天花板上的空間進行較大的管道或電氣施工。 5. 需密集繁複管線配置。 6. 需班次輪替的工程。
D	主要建築結構的破壞和建設工程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 需要連續不間斷的工作班次施工活動或新建工程。 2. 進行大型的施工破壞活動或移動集中的管線配置系統。 3. 新建工程。

改建或整修工程制訂感染管制政策[12]。由於工程施作牽涉範圍廣泛，工務室、勞安室及總務室等單位皆需參與其中，感染管制委員會制訂政策時應召集相關人員共同商討施工前、中、後須配合的事項及作為，分配相關單位之權責，以各司其職、相互合作，以達政策之落實[10-13,15]。此外，與工程承攬商擬定合約時須詳載應配合之感染管制措施及違約時的罰則[10-13,15]。

工程的前、中、後期感染管制人員都須參與，扮演協助規劃、評估感染風險以及稽核監督的角色[10-13,15]。在工程施作前的規劃期的感染管制重點如下：

1. 協助確認改建空間之設計是否符合感染管制原則，如動線無交叉感染之虞、洗手設備充足、溫濕度調節、正負壓設定等[10-14]。
2. 與相關單位聯繫，瞭解施作方法及施工範圍，進行感染風險評估

表二 醫院風險區域劃分[10,12,15]

風險等級	醫院單位
低度	非醫療區，如行政區域、機房
中度	門診區域： <ol style="list-style-type: none"> 1. 門診 (排除高度及極高度風險門診) 2. 肺功能室 3. 復健部 (含物理、職能語言治療區) 醫療支援區域： <ol style="list-style-type: none"> 1. 廚房 2. 藥局 (排除化療調配及藥劑調配室) 3. 實驗室 (排除細菌及病毒實驗室) 4. 心臟超音波室 5. 核醫科 6. 放射線部 / MRI 7. 內視鏡室
高度	住院病人之區域： <ol style="list-style-type: none"> 1. 一般病房 高風險門診區： <ol style="list-style-type: none"> 1. 胸腔科門診 2. 兒科門診 高風險醫療支援區域： <ol style="list-style-type: none"> 1. 急診室 2. 恢復室 3. 產房 (自然產) 4. 嬰兒室 5. 藥局化療調配及藥劑調配室 6. 細菌及病毒實驗室 7. 血液/腹膜透析室
極高度	住院病人之區域： <ol style="list-style-type: none"> 1. ICU 2. BURN 3. 負壓隔離病室 高風險門診區： <ol style="list-style-type: none"> 1. 腫瘤科門診 2. 移植病人門診 3. 門診化療室 高風險醫療支援區域： <ol style="list-style-type: none"> 1. 供應中心 2. 手術室 (含剖腹產) 3. 心導管室

表三 感染管制等級[10,12,15]

感染管制等級		工程類型			
		A	B	C	D
風險區域	低度	I	II	II	III/IV
	中度	I	II	III	IV
	高度	I	II	III/IV	IV
	極高度	II	III/IV	III/IV	IV

並建議適當之感染管制措施[10-13,15]。

3. 工程承攬商撰寫之施工計畫書應包含感染管制措施之執行，感染管制人員需審查計畫書中施工區域之劃分、垃圾清運路線及感染管制措施是否正確[10-13,15]。
4. 於施工前針對承攬商進行感染管制措施教育訓練[10-13,15]。

依 ICRA 規範，工程施作期間及完工時，承攬商應依其工程之感染管制等級執行適當感染管制措施。工程感染管制措施介入的主要目的在於避免施作時產生的粉塵及碎屑污染非施工區，尤其是收治住院病人的病房，以阻斷相關感染的傳播途徑。感染管制等級分為 I、II、III、IV 等 4 級，等級愈高感管措施即愈嚴謹(表四)。

1. 等級 I 之工程感管措施：使用避免粉塵產生之方式施作、完工後立即復原並清潔施工區[10-13,15]。就本院經驗，可建議施作廠商預先測量物件和管線尺寸、長度，於院外裁切後再送至醫院組裝，如此便可減少粉塵產生機會並縮短施作時間，將施工對醫院的影響降到最

低。

2. 等級 II 之工程感管措施：為防止粉塵透過空調系統傳播，施作時務必關閉施工區域空調[10-13,15]，並使用膠帶或塑膠布密封空調出風口，避免出風口有粉塵殘留，於空調恢復運作時造成污染。進行裁切時可藉由集塵器或灑水設備的運用來控制粉塵量[10-13,15]。施工區應有人員管制，與工程施作無關者不可近入，施工人員須有固定進出路線並儘量與病人運送路線分流[10-13,15]。出入口設置除塵墊，人員離開施工區時需以除塵墊移除鞋底粉塵[10-13,15]。完工後以濕拖把等適當工具清潔施工區，避免使用掃把。
3. 等級 III 之工程感管措施：除等級 II 感染管制措施外，尚須做到以下要點。設置實體屏障以區隔施工區域，屏障需貼合地面及天花板不可有縫隙[10-13,15]，至於屏障材質建議可與工務室討論，依其專業選擇合適材質。需利用抽風或高效率過濾裝置使施工區維持相對負壓，倘若排氣設計採用循環空氣系統模

表四 各感染管制等級需採取之感染管制措施[10,12,15]

等級	施作期間	完工時
I	<ol style="list-style-type: none"> 盡量使用避免粉塵產生之施作方式。 若移開天花板，於工程結束後立即復原。 	<ol style="list-style-type: none"> 施工完畢立即清潔施工區。
II	<ol style="list-style-type: none"> 若有粉塵產生需使用集塵器及排煙設備。 使用水霧來控制切割物品產生之粉塵。 膠帶密封施工區域內不使用的門。 關掉空調並密封空調出風口。 施工區出入口放置除塵墊，施工人員移除鞋底粉塵再離開施工區。 移除或關閉並密封 HVAC 系統 (Heating, Ventilation, and Air Conditioning Systems)。 施工區的垃圾需集中放置並加蓋。 	<ol style="list-style-type: none"> 完工後以濕拖把等適當工具清潔施工區，避免使用掃把。 清潔完畢可恢復 HVAC 系統之運作。
III	<ol style="list-style-type: none"> 移除或關閉並密封 HVAC 系統 (Heating, Ventilation, and Air Conditioning Systems) 以防止管道遭粉塵污染。 屏障保護措施以區隔施工區域。 盡量使用避免粉塵產生之施作方式，若有粉塵產生盡可能使用集塵器。 使用高效率過濾 (high-efficacy particulate filtration, HEPA) 裝置使施工區維持相對負壓。 施工區的垃圾需集中放置並加蓋。 運送垃圾時需加蓋或以膠帶覆蓋。 人員需以 HEPA 吸塵器移除鞋底及身上粉塵再離開施工區。 	<ol style="list-style-type: none"> 完工後以 HEPA 吸塵器及濕拖把等適當工具清潔施工區，避免使用掃把。 工程完成後，由清潔人員清潔過，通知感管小組稽核通過，才可撤下施工區域周圍屏障並恢復 HVAC 系統之運作。 屏障拆除時需避免粉塵及瓦礫產生。
IV	<ol style="list-style-type: none"> 關閉並密封 HVAC 系統 (Heating, Ventilation, and Air Conditioning Systems) 以防止管道遭粉塵污染。 屏障保護措施以區隔施工區域。 盡量使用避免粉塵產生之施作方式，若有粉塵產生盡可能使用集塵器。 使用高效率過濾 (high-efficacy particulate filtration, HEPA) 裝置使施工區維持相對負壓。 施工區的垃圾需集中放置並加蓋。 運送垃圾時需加蓋或以膠帶覆蓋。 膠帶密封施工區域內不使用的門、空調出風口、排水口等。 工作場所應設置相對乾淨之除塵區域，人員離開施工區需先以 HEPA 吸塵器移除身上粉塵。 人員進入施工區域皆須穿上鞋套，且不可重複使用。 	<ol style="list-style-type: none"> 完工後以 HEPA 吸塵器及濕拖把等適當工具清潔施工區，避免使用掃把。 工程完成後，由清潔人員清潔過，通知感管小組稽核通過，才可撤下施工區域周圍屏障並恢復 HVAC 系統之運作。 屏障拆除時需避免粉塵及瓦礫產生。

式則必須使用 HEPA 裝置，過濾效率需達 95% 以上 (0.3 μm 粒徑粒子) [10-13,15]。運送垃圾時需加蓋或以膠布覆蓋，避免運送過程有粉塵或碎屑掉落[10-13,15]。就本院經驗，建議垃圾運送採固定路線與病人分流，並使用專用電梯於夜間或假日運送。完工後以 HEPA 吸塵器及濕拖把等適當工具清潔施工區，避免使用掃把，清潔完畢後應通知感管小組，稽核通過才可撤下施工區域周圍屏障，並恢復 HVAC 系統之運作。

4. 等級 IV 之工程感管措施：除等級 III 感染管制措施外，尚有以下要點：實體屏障設置時須於出入口預留空間設置除塵區域，擺放除塵墊及 HEPA 吸塵器等設備，供人員移除身上粉塵後再離開施工區[10-13,15]。人員進入施工區須穿上鞋套，鞋套採單次使用[10-14]。

工程施作期間及完工時，感染管制師應負稽核及監督之責。針對等級 III/IV 之工程制訂稽核表，感染管制人員依稽核表至施工現場進行感染管制措施查核[10-13]。稽核時可藉由肉眼觀察或空氣檢體採集等方式評估粉塵控制之成效[12]，例如至鄰近施工區的走廊、樓梯間、病房等地點，以護理巾擦拭扶手、工作車檯面，視護理巾上的粉塵量判別防塵效果。綜合實務經驗，建議稽核可邀請業管單位如工務室承辦人員一同前往，若有缺失可立即討論改善方案，如無法立

即改善，則需先予以停工並召集相關人員開會檢討，共商解決方案。

結 論

醫療照護相關感染造成病人住院天數延長並增加醫療費用及資源的浪費，所衍生的醫療糾紛更是棘手，因此不論從病人安全或是醫院管理的角度來看都應極力杜絕其發生。文獻已證實於醫院改建或整修過程中產生之粉塵、氣霧或水霧為醫療照護相關感染的危險因子之一，故感染管制措施的介入以及落實相當重要。

相對於歐美國家，國內對於醫院工程感染管制較為陌生，此項目亦非醫院評鑑重點，加上 HEPA 裝置等防護成本高，相關政策的落實並不容易。感染管制人員於醫院改建或整修過程中扮演了不可或缺的角色，然而感染管制措施的落實需工務、勞安及總務室等相關單位之合作以及院方領導階層之支持。如何在防護成本及病人安全間取得平衡點實為一困難之課題。建議在制訂政策時召集相關單位共同研議，並透過感染管制委員會上呈院方領導階層核示，通過後再全院推行。

參考文獻

1. Keith K, Holzman RS, Hanna B, et al: Nosocomial fungal infection during hospital renovation. *Infection Control* 1985;6:278-82.
2. Hopkins CC, Weber DJ, Rubin RH: Invasive

- aspergillus infection: possible non-ward common source within the hospital environment. *J Hosp Infect* 1989;13:19-25.
3. Bryce EA, Walker M, Scharf S, et al: An outbreak of cutaneous aspergillosis in a tertiary-care hospital. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1996; 17:170-2.
 4. Loo VG, Bertrand C, Dixon C, et al: Control of construction-associated nosocomial aspergillosis in an antiquated hematology unit. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1996;17:360-4.
 5. Buffington J, Reporter R, Lasker BA, et al: Investigation of an epidemic of invasive asperginosis: utility of molecular typing with the use of random amplified polymorphic DNA probes. *Pediatr Infect Dis J* 1994;13:386-93.
 6. Grauhan O, Lohmann R, Lemmens P, et al: Fungal infections in liver transplant recipients. *Langenbecks Arch Chir* 1994;379:372-5.
 7. Mermel LA, Josephson SL, Giorgio CH, et al: Association of Legionnaires' disease with construction: contamination of potable water? *Infect Control Hosp Epidemiol* 1995;16:76-81.
 8. Weems JJ Jr, Davis BJ, Tablan OC, et al: Construction activity: an independent risk factor for invasive aspergillosis and zygomycosis in patients with hematologic malignancy. *Infect Control* 1987;8:71-5.
 9. Health Canada (2001, July). Construction-related nosocomial infections for hospitalized patients: decreasing the risk of *Aspergillus*, *Legionella* and other infections.
 10. Barbara MS, Cecily P, Christine W, et al: Environment of Care Issues. The APIC/JCAHO Infection Control Workbook. 5th. ed. Washington, DC. 2006:167-187.
 11. Cheng HM, Streifel AJ: Infection control considerations during construction activities: Land excavation and demolition. *Am J Infect Control* 2001;29:321-28.
 12. Bartley J: APIC State-of-the-Art Report: The role of infection control during construction in health care facilities. *Am J Infect Control* 2000;28:156-69.
 13. American Institute of Architects Academy of Architecture for Health. 1996-1997 guidelines for design and construction of hospitals and healthcare facilities. Washington, DC: The American Institute for Architects Press; 1996.
 14. Bartley J, Olmsted RN, Haas J: Current views of health care design and construction: Practical implications for safer, cleaner environments. *Am J Infect Control* 2010;38:S1-12.
 15. Bartley J, Kennedy V, Barnard B: Infection control risk assessment matrix of precautions for construction & renovation, 2009. Available http://www.ashe.org/advocacy/organizations/CDC/pdfs/assessment_icra.pdf

Infection Control during Renovation and New Construction in Hospitals

Yi-Jung Liu, Kuei-Chu Li, Kao-Pin Hwang

Committee of Infection Control, China Medical University Hospital, Taichung, Taiwan

The pathogens that have been implicated in nosocomial outbreaks associated with dust or mist generated from renovation and construction activities include *Aspergillus spp.*, *Legionella spp.*, and *Cryptococcus spp.* Therefore, infection control during renovation and construction in health care facilities is highly important to prevent these nosocomial infections. Infection control risk assessment (ICRA) should be conducted at the initial stages of planning and design. According to ICRA, the infection control class is divided into four categories (I, II, III, and IV). For category I, construction workers should use work methods that minimize dust from construction operations and replace ceiling tiles immediately. For category II, isolation of air conditioning systems, use of water mist on work surfaces to control dust while cutting, and installation of dust mats at the exits of work areas are necessary. For category III, we recommend that critical barriers should be implemented to seal work areas from non-work areas and negative air pressure should be used within the work site. In addition, the transport carts for construction waste need to be covered by a solid lid. For category IV, an anteroom for dust removal, high-efficacy particulate filtration (HEPA) vacuum cleaners, and shoe covers can promote dust and debris control. Cooperation of infection control professionals and other health care practitioners facilitate the implement of infection control methods.

Key words: Renovation, construction, infection control