

呼吸器相關事件 (VAE) 自動化即時監測系統：成功實證報告

【馬偕紀念醫院 陳湘婷/郭立國 摘評】

呼吸器相關性肺炎 (ventilator-associated pneumonias, VAP) 是一種發生於使用呼吸器患者的醫療照護相關感染 (healthcare-associated infection, HAI)，是最常見的 HAI 之一。高風險地區的發病率為每千呼吸器使用人日數 (ventilator days) 有 4.4 例。VAP 與其他疾病發病率有很大的相關性，因使用呼吸器患者也有其他併發症的風險，例如急性呼吸窘迫症候群 (ARDS)、氣胸、肺栓塞、肺塌陷和肺水腫。Melsen 等人估計總歸因死亡率為 13%，手術患者或入院評估為中度嚴重程度 (midrange severity scores) 的患者死於 VAP 的風險最高。VAP 通常與多重抗藥性細菌有關。組合式照護措施可以有效預防 VAP，包括口腔照護和抬高床頭等。如何及時與相關工作人員分享監測結果也是改善的重要關鍵。

監測導管裝置相關感染是感染管制人員用於追蹤高風險病房發病率和預防措施確效指標的重要工具。傳統

監測方式通常為人工回溯病歷，這種方式非常耗費人力，有可能減少院感人員關注預防院內感染的處理時間。由於傳統的 VAP 監測相當耗時，因此常會延遲 VAP 判定。調查 152 家澳大利亞醫院的感染管制相關單位，結果顯示感染預防最急需的是改善資訊技術。

2013 年 1 月前，美國疾病管制與預防中心/國家醫療安全網 (CDC/NHSN) 的 VAP 的監測定義，包括需主觀判斷胸部影像學變化及肺炎的徵象 (signs) 和症狀 (symptoms)。2013 年，CDC/NHSN 發佈了一項稱為呼吸器相關事件 (ventilator-associated events, VAE) 的新定義，只需客觀數據即可判定。此定義包含 4 個層級：呼吸器相關疾病 (ventilator-associated condition, VAC)、呼吸器的感染相關併發症 (infection-related ventilator-associated complication, IVAC)、可能的 VAP (possible VAP) 和極可能的 VAP (probable VAP)。2015 年

1 月，NHSN 將 possible VAP 和 probable VAP 合併為可能的呼吸器相關肺炎 (possible ventilator-associated pneumonia, PVAP)，於 2017 年 1 月最後一次修改。連續大幅度修改旨在提高報告的再現性及標準化，提高自動化監測的能力和可行性。Woeltje 等人在 HAI 電子監測數據條件的官方報告指出，目前 VAE 監測自動化是可行的。但只有少數大型醫學中心使用新定義實施即時監測系統 (near real-time) 自動化的論文發表。

2014 年俄亥俄州立大學韋克斯納醫學中心 (OSUWMC) 為改善臨床流行病學品質，開發 VAE 監測系統。OSUWMC 是一間三級醫療醫學中心，擁有 1,382 張病床，其中包括 132 張 ICU 病床，每年有 3,500 位入住 ICU 患者。這項品質改善研究收案對象包括了 2014 年 1 月 1 日至 2014 年 6 月 30 日間在 OSUWMC 中 ICU 和心臟外科病房中判定為 VAE 的所有患者。

Courtney Hebert 團隊開發了一種自動化偵測 VAE 的電子病歷 (electronic health record, EHR) 資料自動計算及偵測演算法，並花費 6 個月的時間將該演算法的結果與傳統的人工 VAE 監測結果進行比較。

研究結果顯示感染管制人員的人工監測判定了 13 例可能 (possible) 的和 11 例極可能 (probable) 的 VAP，自動化 VAE 監測系統判定了 16 例可能的 VAP 和 13 例極可能的 VAP。

以可能和極可能的 VAP 來看，與人工監測相比，自動化 VAE 監測系統具有 100% 的靈敏度和 100% 的準確度。

自動化監測演算法最大的挑戰之一，是正確地抓取 HER 資料並歸入正確欄位中。需透過資料管理分析師提供的具體範例，以確定在資料庫 (information warehouse, IW) 中的數據可以正確地顯示在 VAE 資訊系統畫面中。從年齡、性別、患者入住病房、入院和出院日期、呼吸器模式、呼吸器使用日期、機械呼吸機在吸氣相產生正壓 (PEEP)、氧合指數 (F_{iO_2})、體溫、白血球量、抗生素使用及微生物培養報告，皆能顯示於 VAE 資訊系統畫面上。

此系統使用 2013 年 1 月發佈的 CDC/NHSN VAE 定義開發自動化演算法。由感染管制人員和 IT 數據分析員共同驗證資料收集及演算法的正確性。使用以人工回溯病歷確定有 VAE 的患者資料，重覆測試系統演算法，直到驗證結果一致。

使用上述自動化演算法，從 EHR 中自動擷取所需資料，對所有使用呼吸器患者進行資料分析，並匯入自動化 VAE 監測系統畫面中，為每位呼吸器使用患者生成 VAE 報表，供感染管制人員執行 VAP 監測。這些數據幾乎是即時收集的。當一個日曆日結束後，即可執行系統查找新的 VAE。2014 年 1 月 1 日至 2014 年 6 月 30 日間，以人工及自動

化 VAE 監測系統同步進行監控。每月比較兩種方法判定的患者的數量和個案，以確效系統的準確性。

因組織病理學報告通常是非固定模式的文字檔，所以除了組織病理學以外的資料皆能從 EHR 擷取。而系統畫面能顯示 VAE 相關病理文字報告，再由感染管制人員人工檢查是否符合 VAE 定義標準。

自動化 VAE 監測系統啟動前 (2013 年 10 月至 12 月) 的 PVAP 率為 3.03/每千人日呼吸器使用人日數。研究期間為 2.87/每千人日呼吸器使用人日數 (2014 年 1 月至 3 月) 和 3.21/每千人日呼吸器使用人日數 (2014 年 4 月至 6 月)。此後一直呈下降趨勢，2016 年 4 月至 6 月為 1.04/每千人日呼吸器使用人日數；系統啟動後將已判定之 PVAP 資訊會提供給相關人員時，通常患者仍在 ICU 中。

在施行自動化 VAE 監測系統前，感染管制人員會收到所有入住 ICU 患者的呼吸道微生物的培養報告。然後由感染管制人員回顧 EHR，確定這些報告是否與呼吸器相關。對於使用呼吸器的患者，感染管制人員以人工方式檢視 PEEP 值和 FiO_2 值，評估是否符合 VAC。這需要查閱多個數據資料畫面並追蹤每個數值。然後在氧合惡化日期的 5 天間評估所有體溫和白血球數量以判定是否為 IVAC。如果確定了 VAC、IVAC 或 PVAP，則將該患者的數據從 EHR 人工複製到臨床流行病學資料庫

(MIDAS, MidasPlus, Norwalk, CT)。感染管制人員每年需查看約 5,000 筆呼吸道微生物培養報告，粗估是否排除 VAE 需要 3~4 分鐘；但每位個案所花費的時間可能差異很大。

自動化 VAE 監測系統改變並簡化了感染管制人員的 VAE 監測工作流程。不需再以人工檢查呼吸道微生物培養陽性之所有患者報告的方式來評估是否符合 VAE，而是由此系統顯示病例列表。雖仍需要以人工方式將數據輸入 MIDAS 資料庫，但由於資料皆可在同一畫面上提取、彙整和顯示，因此所需要的時間可以縮短很多。由於 VAE 的工作量減少，現在感染管制人員團隊可將重點轉移至關注改善手部衛生等任務，並給予相關人員 VAP 預防措施的協助，提升臨床照護品質。

自動化 VAE 監測系統的實施並不容易，因為系統所遵循的定義不斷的在更正，需要不斷的調整演算法。例如，CDC/NHSN 於 2014 年修改 0~5 的 PEEP 值應被視為 5。2013 年首次發佈 VAE 定義時，若 PEEP 在自發呼吸試驗中降至 0，PEEP 值增加 3 分的可能性很高，導致患者被判定有 VAC。了解機構內部變化也是相當重要的；在開發過程中，微生物實驗室的呼吸道檢體報告發佈方式從半定量化濃度變為半定量中性粒細胞數。若感染管制人員沒有提醒數據分析師這些變化，可能導致系統無法抓取 EHR 的這些字眼。這些例子強調

了感染管制人員、資訊技術、實驗室和數據分析師之間建立長久密切合作關係的必要性。這類項目永遠不會完整，需要不斷更新驗證，因 EHR 中微生物命名法及定義都在不斷發展。

此系統的顯著優勢是當定義有微小改變時，仍可比較歷史 VAE 率與現今 VAE 率。使用系統中的當下定義來運算歷史患者的報告，查看在指定時間範圍內使用相同定義是否有任何實質改變，能更準確地改變趨勢。

以往使用呼吸道檢體培養陽性結果作為篩檢條件，再回顧患者資料確定是否有可能的 VAP (possible VAP)，但此時很多患者已經脫離呼吸器了。此外，使用上述方法表示若使用呼吸器患者沒有培養陽性結果而未能觸發回顧患者病歷，將導致常態性的遺漏這些個案，因此只能追蹤到部分 VAC 及 IVAC 的患者。倘若患者仍在病房時就有 VAE 判定結果，可協助這些高風險單位及時介入預防措施。

此系統不只節省工作人員的時間，還可擴展監控範圍並排除不必要的病歷回顧，並提升工作滿意度。這份成功主要歸功於數據分析師及感染管制人員之間的密切合作。說明了跨領域合作對 EHR 數據成功實施及應用的重要性。

仍值得研究的是，這些被判定 VAC 或 IVAC 的患者發展成 PVAP 的風險是否會增加，以及給予更嚴格的預防措施是否對這些患者有益。此

外，正如 Klein Klouwenberg 等人的研究強調，即使使用最新的客觀定義，仍需要許多主觀的判斷，需透過分享方法和結果，以確定這些技術的改良是否真的可以在各不同機構間進行比較。

在大型醫學中心實施自動化 VAE 監測系統是可行的，但需要跨領域合作並持續運作。因 VAE 監測定義僅需極少的人工判定，可自動並更準確地判定 PVAP。我們能盡快與所有 ICU 相關人員分享 PVAP 個案，且時間通常不超過 PVAP 開始日期一週，使該患者得到更多的照護。

【譯者評】現行監測 VAP 的困難處，主要是診斷上需有放射影像學的肺炎發現。而依據實證資料顯示，胸部 X 光診斷並不能真的鑑別出 VAP。且胸部放射影像，在報告或解釋具有主觀性及變異性。例如 ARDS、肺水腫、肺塌陷和肺栓塞等，都有可能在胸部 X 光上被判讀為肺炎。因此將胸部放射影像學檢查結果，用在院際比較或資訊公開的監測機制標準作業流程中，實有其限制。

本文的主要目的，是開發一種用於自動化偵測 VAE 的計算機演算法，並將該演算法的結果與傳統的人工 VAE 監測結果進行比較。結果發現以可能和極可能的 VAP 來看，與人工監測相比，自動化 VAE 監測系統具有 100% 的靈敏度和 100% 的準

確度。因此此系統具有相當的可靠性，並且可簡化感染管制人員的工作流程並節省許多時間及人力，是未來以人工智慧進行 VAE 監測必然趨勢。Resetar 等人也報導了該機構的 VAE 監測演算法的自動化，但因為難以從微生物檢驗報告中抓取資料，因此該系統僅限於識別 VAC 和 IVAC，最後仍須由感染管制人員確認 possible VAP 和 probable VAP。而本文作者的團隊顯然克服了此一困難，可由自動化監測系統從微生物檢驗報告中抓取資料，直接進行 PVAP 的判讀，是本研究的優點和突破之處。缺點是仍必須由 EHR 中擷取呼吸器模式、呼吸器使用日期、呼吸機吐氣末正壓 (PEEP)、氧合指數 (F_{iO_2}) 等呼吸器參數。而這些參數仍需由呼吸治療師以人工逐筆鍵入 EHR 中，故未能達成完全自動化及即時化 (real time)，這是下一步自動化 VAE 監測系統發展的目標。總之，即時化及

自動化 VAE 監測系統發展，不但可以正確且即時監測所有 VAE 相關事件，並且可以有效減輕感染管制人員的工作負荷，而可將人力及重點轉移至其他相關改善 VAP 的預防措施，改善整體醫院的照護品質。

參考文獻

1. Hebert C, Flaherty J, Smyer J, et al: Development and validation of an automated ventilator-associated event electronic surveillance system: A report of a successful implementation. *American Journal of Infection Control* 2018;46:316-21.
2. Magill SS, Edwards JR, Bamberg W, et al: Multistate point-prevalence survey of health care-associated infections. *N Engl J Med* 2014;370:1198-208.
3. Rello J, Ollendorf DA, Oster G, et al: Epidemiology and Outcomes of Ventilator-Associated Pneumonia in a Large US Database. *Chest* 2002;122:2115-21.
4. Resetar E, McMullen KM, Russo AJ, et al: Development, implementation and use of electronic surveillance for ventilator-associated events (VAE) in adults. *AMIA Annu Symp Proc* 2014;2014:1010-7.