運用管制圖分析某醫院 11 年間醫療照護相關的金黃色葡萄球菌血流感染

張育菁[1] 林慧姬[1] 黃筱芳[2] 盛望徽[1,3,4] 王振泰[1,3] 陳宜君[1,3]

台灣大學醫學院附設醫院 [1]感染管制中心 [2]品質管理中心 [3]內科部 [4]教學部

當罹患醫療照護相關的金黃色葡萄球菌的血流感染 (Healthcare-associated *Staphylococcus aureus* bacteraemia, HA-SAB) 時，可能會造成死亡率及醫療花費的上升、延長住院天數、增加入住加護病房的機率、及導管置放時間較長等，然而，金黃色葡萄球菌或其他皮膚菌叢造成的血流感染，通常可以經由良好的感染管制措施來預防。本研究為回溯性研究，運用多種的感染管制措施，包括「預防導管相關血流感染的組合式照護措施」、「中心導管照護品質提升計畫」「降低加護病房血流感染競賽」等，並配合運用統計管制圖 (Statistical process control chart, SPCC)，長期觀察 11 年的資料，自 2008 年 1 月至 2018 年 12 月共計發生 1,272 例 HA-SAB 個案，以 SPCC 的 u chart 統計軟體進行繪圖，發現在 2008~2011 年推動相關感染管制措施之初期，皆超出 SPCC Chart 的 Central line 且依據 SPCC 判斷原則為非隨機變異而呈現紅點，而在推動後期 2011~2018 年間則大部分皆低於 SPCC Chart 的 Central line 且依據 SPCC 判斷原則為非隨機變異而呈現紅點，顯示 HA-SAB 個案較少。推動感染管制措施確實可以降低 HA-SAB，而 SPCC Chart 的運用在視覺上容易判斷其變化型態，也十分適用於感染管制的監測。（**感控雜誌 2020:30:33-42**）

關鍵詞： 醫療照護相關血流感染、金黃色葡萄球菌、統計管制圖

民國 108 年 12 月 20 日受理
民國 108 年 11 月 11 日修正
民國 108 年 12 月 18 日接受刊載

通訊作者：張育菁
通訊地址：台北市中山南路七號
連絡電話：(02) 23123456轉63097

DOI: 10.6526/ICJ.202002_30(1).0004

中華民國 109 年 2 月第三十卷一期

前　言

醫療照護相關血流感染對病人的影響相當可觀，包括增加死亡率、延長住院天數、額外醫療等[1]。現代醫療措施中侵入血管的處置是非常普遍的，包括抽血、置入周邊靜脈導管、動脈導管、中心靜脈導管等。當皮膚屏障被破壞時，若沒有落實感染管制措施，則可能會增加病人感染，包括由皮膚菌叢引起的血流感染 (Bloodstream Infection, BSI) 的風險。巴西某間醫學中心的研究顯示，金黃色葡萄球菌引起的醫療照護相關的血流感染，以下簡稱 HA-SAB (Healthcare-associated *Staphylococcus aureus* bacteraemia, HA-SAB)，對病人負面影響包括上升七倍死亡率、三倍的醫療花費及住院天數、並顯著增加入住加護病房的機率及導管置放的時間[2]。

相對於常見的革蘭氏陰性菌 (Gram-negative) 引起的血流感染，常是因為病人病況嚴重，或免疫不全 (如癌症或血液腫瘤) 等，黏膜屏障受損，而使得菌種由腸胃道等黏膜侵入組織進入血流。此類型的血流感染一般的感染管制措施難以避免[3]。然而，金黃色葡萄球菌或其他皮膚菌叢造成的血流感染，通常可以經由落實感染管制措施來預防，包括手部衛生、良好的靜脈導管置入無菌措施、及適當的導管照護等[2,4]。上述顯示執行感染管制措施以及監測 HA-SAB 的重要性，在澳洲更將 HA-SAB 列為國家監測的指標之一[4]。

統計管制圖 (Statistical process control chart, SPCC) 因為容易監測判斷現況落實度，妥適分析資料而廣泛的使用於提升品質監測的管理上，最初應用於提升製造業的品質管控，如今越來越多的健康照護單位選用此管制圖進行品質管控的監測手法[5,6]。雖然醫院感染管制的複雜度遠高於工廠製造業，但兩者運用在 SPCC 的判斷基本原則是相同的，簡易判斷原則，包括點的分佈趨勢沒有特殊的形狀、所有點都在管制上限 (Upper control limit, UCL) 及下限 (Lower control limit, LCL) 內，此些狀況在分析軟體的統計圖上將以黑點呈現。但當點超出 UCL 及 LCL；或是點都介於 UCL 及 LCL 內，但形成某種特別的圖形 (如連續五個點落在 CL 之上等)，這些異常的狀況皆會在分析軟體的統計圖上以紅色點呈現，即可得知異常狀況[6-8]。因此，茲以 SPCC Chart 呈現過去十一年某醫學中心系列推動血流感染預防措施之資料。

材料及方法

本研究針對北部某間醫學中心，2008 年 1 月 1 日至 2018 年 12 月 31 日，全院前瞻性醫療照護相關感染監測資料進行回溯性分析。醫院總床數為 2,609 床、加護病房床數為 241 床，提供初級及轉診照顧，病人共病

多，血流感染中約占 40~50% 為癌症病人。由 12 位感染管制師收集全院(包括加護病房及一般病房) 符合 HA-SAB 資料，以醫療照護相關血流感染資訊化監測系統個案[9]。

「醫療照護相關血流感染」收案定義依據美國國家醫療保健安全網 (National Healthcare Safety Network, NHSN) 期間共 3 次收案定義的變更，包括 2004 年、2008 年及 2017 年版本[10-12]。但雖歷經多次收案定義的改變但仍未影響本文 HA-SAB 的收案。此外，血流感染可分為原發性 (Primary) 及續發性 (Secondary)，當血流感染是因為身體某部位感染引致的，且微生物與該部位的感染相關時，稱之為續發性血流感染[10]。

因此本文「醫療照護相關的金黃色葡萄球菌的血流感染 (Healthcare-associated *Staphylococcus aureus* bacteraemia, HA-SAB)」之收案定義為：若血流感染為金黃色葡萄球菌原發性的血流感染，則收案為 HA-SAB 的個案。

統計方式

SPCC 包括多種統計方式，依據分析事件的特性選用適當的方式，醫療院所內常使用的管制圖種類共 4 種，包括 u chart、c chart、p chart 及 g chart，此篇 HA-SAB 資料屬性為率 (rate) 且分子與分母測量不同事物之特性，故選用 u chart 做為監測工具 [6-8]，並以 2010 年版本的 QI Macros 軟體進行分析。

感染管制相關介入措施

為了提升醫療照護的品質，本院努力達成落實醫療機構感染管制的工作目標，致力於持續不斷的推廣、教育、檢討改善並優化流程，其中血流感染之管制及預防是一項重要的議題，重要推動歷程如表一 (表一中數項推動計畫簡述如下)。

「降低加護病房血流感染競賽」-

2012 年 1 至 12 月舉辦競賽，參與單位為全院內、外、兒科加護病房共 18 個，強調落實置放及留置之整合式感管措施，採以正向回饋及鼓勵方式推行，以內部查核、外部稽核方式並加入導管使用率及感染率，且每季回饋科部及單位執行情形，並鼓勵單位以品管專案方式進行自主改善。成績評比內容共計 7 項指標 1-4 項為過程面、5-7 項為結果面，其指標內容、定義詳見表二。

「中心導管照護品質提升作業計畫」-

2013 年 1 月至 2014 年 12 月底，參與台灣疾病管制署辦理的「中心導管照護品質提升計畫」，計畫期間成立專案小組領導統御經營並定期舉辦專案會議，成員包括內外科加護病房主任、護理部、感染管制中心、品質管理中心、營養部等。配合疾病

表一 推動預防血流感染措施之歷程

階段	時間/年	推動項目
一	1980 起	開始開設無菌技術訓練班，推動相關感管措施。
	2000	參與「臺灣品質改善指標專案 (Taiwan Quality Indicator Project, TQIP)」(2011 年轉型為「醫策會台灣臨床成效指標 (Taiwan Clinical Performance Indicator, TCPI)」)，將導管相關血流感染率及中心靜脈導管使用率列入感染品管指標監測，並定期回饋科部。
	2004	積極推動手部衛生運動，藉由系統性的改變，將手部衛生五時機推廣至全院。
二	2009	設備規劃期，如將鋪設最大無菌面所需的無菌包布及無菌衣，設置成 CVC 包以方便同仁取用等。
		根據美國疾病管制中心 (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) 預防中心導管相關血流感染之臨床指引，制定並推動「預防導管相關血流感染的組合式照護措施」(Catheter line-associated blood stream infection bundle care)，組合式照護指同時採取數樣 (3 至 5 項) 具有實證研究的感控措施，當此些措施共同實施時其成果遠優於只執行單一措施，本院選定以下五項作為執行措施，「選-置入導管部位的選擇、手-正確執行手部衛生、大-最大無菌面、消-正確消毒、除-每日評估盡早移除不必要導管」[13,14]。
三	2011	引進含 Chlorhexidine 的消毒液，並使用於導管置入前及導管照護時的消毒流程。
		進用無針預充式導管沖洗器 (Pre-filled flush syringes)，以減少醫療人員執行分裝時染污無菌器材的風險。
	2012	舉辦降低加護病房血流感染競賽
	2013~14	參與台灣疾病管制署辦理的「中心導管照護品質提升計畫」

管制署舉辦之實地稽核，稽核項目及內容如表三。

上述為重要推動歷程，除此之外也於 2008 至 2018 年期間舉辦多樣化、多元管道的教育訓練，共舉辦多達 70 餘場的實地教育訓練且開放數位學習平台，設計宣導海報、相關文宣及設置電腦桌布，另與教學部及護理部合作拍攝中心導管置入教學影片、中心靜脈導管照護教學影片、Port-A 角針置放教學影片、Port-A 照護教學影片、Port-A 移除教學影片等，提供同仁學習。

以工作團隊教育、團隊合作執行、用物創新改善、評值及回饋的四大方向執行計畫。

相關用物的改革與創新，使同仁便利、簡化作業，進用可吸附滲液及抗菌功能的 chlorhexidine 無菌敷料，使敷料更換時間可延長至 7 天，不因敷料滲濕而提早更換。設置中心靜脈導管設備車，將置放導管所需用物統

表二　降低加護病房血流感染競賽評分指標及內容

指標	定義
1. 置放中央靜脈導管查核	回覆率 (%) = 該季回覆且填寫完整張數/該季置放次數×100
2. 導管留置理由每日評估	執行率 (%) = 實際紀錄的天數/評核天數×100
3. 中心靜脈導管傷口護理評核	完成率 (%) = 實際執行的項目/全部評核項目×100
4. 單位品管專案	單位參加並完成品管專案
5. 中心靜脈導管使用率 (%)	中心靜脈導管使用率 (%) = 該單位中心導管使用日數 / 該加護病房住院人日數 ×100
6. 中心導管導致血流感染率 (‰) (central line-related bloodstream infection rates, CRBSI)	中心導管導致血流感染指 (1) 發生血流感染時或曾於感染前48小時內使用中心導管者；且 (2) 感染後 7 天內導管的 Tip culture 與 Blood Culture 長相同菌；且菌落數≧15 cfu 中心導管導致血流感染率 (‰) = 該單位中心導管導致血流感染人次 / 該加護病房中心導管使用日數×1,000
7. 零容忍 (zero tolerance)	零容忍指未發生皮膚上常見的微生物及特定革蘭式陽性菌(以下簡稱皮膚菌叢) 皮膚菌叢引起的「中心導管導致血流感染率」(‰) = 該單位發生皮膚菌叢導致的中心導管血流感染人次 / 該加護病房中心導管使用日數×1,000

表三　中心導管照護品質提升計畫實地稽核項目

項目	稽核項目
一	中心導管置放查檢表完整性
二	中心導管置放每日照護評估表完整性
三	中心導管組合式照護裝備可近性
四	中心導管組合式照護措施遵從性
五	每日照護評估項目內容正確性
六	手部衛生遵從率
七	手部衛生執行正確率

一置放，減少備物時間。設置相關評估電子表單，並合併至適當的系統中以提升紀錄流程的順暢度，包括中心靜脈導管置入評核表、每日評估導管留置理由的紀錄，來提醒置入導管的正確措施及提醒盡早拔除不需要的導管。

結　果

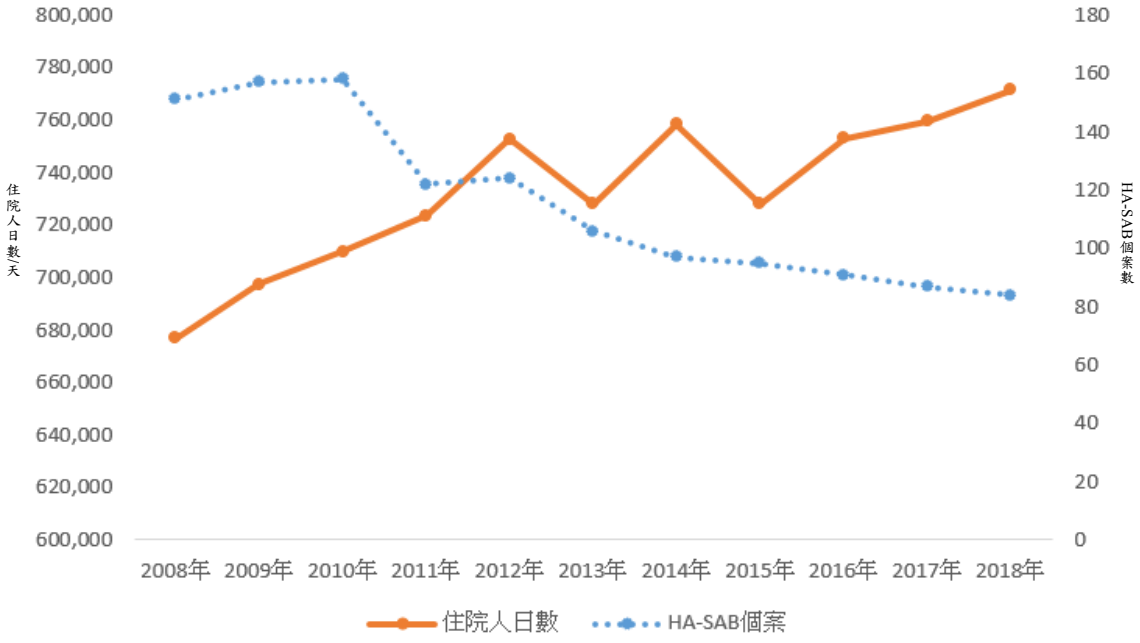
2008 年 1 月至 2018 年 12 月共

發生 1,272 例 HA-SAB 個案，住院人日數 8,059,530 天，因分子 HA-SAB 之個案未限於使用中心靜脈導管病人，故分母選用住院人日數而非導管人日數 (圖一)。

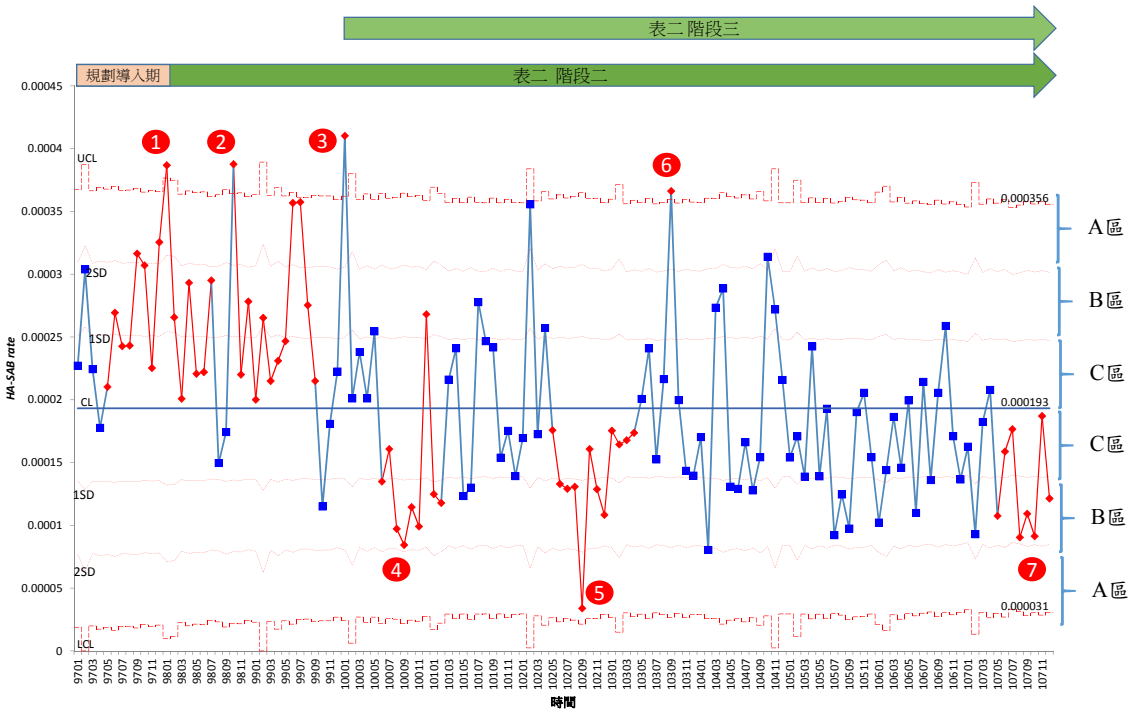
以 SPCC 的 u chart 統計軟體進行繪圖，為觀察整段研究期間 HA-SAB 趨勢變化而將整段 11 年的繪製成圖二，發現分別在 2008 年 5 月至 2009 年 7 月間 (圖二，❶)、2009 年 10 月至 2010 年 9 月間 (圖二，❷)、2011 年 1 月 (圖二，❸)，在推動相關感染管制措施之初期，皆超出 SPCC Chart 的 Central line 且依據 SPCC 判斷原則為非隨機變異而呈現紅點，顯示 HA-SAB 個案較多。然而，在努力推動各項感染管制措施之後期，於 2011 年 6 月至 2012 年 2 月間 (圖二，❹)、2013 年 5 月至 2014 年 4 月間 (圖二，❺)、2018 年 5 月至 2018 年 12 月間 (圖二，❼)，大部分皆低於 SPCC Chart 的 Central line 且依據 SPCC 判斷原則為非隨機變異而呈現紅點，顯示 HA-SAB 個案較少。另於 2014 年 9 月有顯示個案數較多隨機變異的紅點 (圖二，❻)，進一步個案分析共 23 名 HA-SAB 個案，其中加護病房產生的為 3 例，其餘為一般病房，而 23 例中與導管相關的佔 8 例，但並無發現單位集中現象。

結語與討論

本院歷經多年推動組合式照護，



圖一　歷年 HA-SAB 個案



依下列 SPCC 的規則判斷事件為非隨機變異而呈現紅點的區間[7]：

❶ 十五個連續點位於區域 C (在中央線的上面或下面)。(Zone C-15 points in a row inside Zone C)

❷ 八個連續點在區域 C 或以上成串排列。(8 points in a row above or below center line)

❸ 一個點超出區域 A。(Points above UCL or Below LCL)

❹ 連續點數中的 5 個點有 4 個點在區域 B 或以上。(Zone B n of 4 + 1 points above/below 1 sigma)

❺ 八個連續點在區域 C 或以上成串排列。

❻ 一個點超出區域 A。(Points above UCL or Below LCL)

❼ 八個連續點在區域 C 或以上成串排列。

圖二　2008~2018 HA-SAB u chart

結果顯示減少 HA-SAB 成效良好，HA-SAB rate 由 2008 年的 0.22% 下降至 2018 年的 0.11%，若以 2008 年的 151 名個案作為基準點，計算 2009~2018 年的 10 年間共減少了 389 名個案，依此推估節省約 56,856,240 元的額外醫療花費 (將 2009~2018 各年間發生的個案減去 2008 年的 151 名個案的基準值，且以每增加 1 人次多 146,160 元的額外花費來估算)[15]。

然而，推動一系列預防血流感染措施及政策是極具挑戰性的，縱使有完善的規劃，但在推動過程中仍

然會遇到許多困難，並且，當措施推動初期不一定會立即產生效果，由圖二結果可見初步推動時感染率似乎沒有明顯下降，直到後期才有明顯變化，即使在相關品管活動結束後，仍持續發揮效果，此結果與 2004 年本院推動手部衛生運動的經驗類似，顯示推動措施與成效間皆有顯著的延遲效應[16]。其新措施的挑戰與無法立即可見的成效一再再衝擊同仁們的信心，但醫療機構仍應持續不間斷一同努力，人人遵守感染管制規範，如同本中心在 2009~2013 年間推動 BSI Bundle 下降的 31% 的血流感染[17]以及本篇推動多項措施降低 HA-SAB 的成效顯現，相信在大家共同努力下，能創造導管相關血流感染零容忍的優良醫療品質。

此次運用 SPCC Chart 回溯分析歷年來資料與其他感染管制提升的努力類似，然而因為本中心持續不斷推動相關感染管制措施，因此難以切分介入點，故以長時間的趨勢變化來判斷推動成效。若運用於前瞻性之研究或監測時，建議可將資料切割為推動前、推動後，如此程式會自動計算 UCL 及 LCL 及 CL，並判斷其管制上限與下限是否彼此越來越靠近，若相距越小則表示該製程的穩定性正在改善[8]。因為 SPCC Chart 僅需使用 Excel 即可輸入資料，故鍵入當月資料即可觀察是否有異常的紅點產生，視覺上容易判斷其變化型態，十分適用於感染管制的監測及通報系統。

雖然推廣及實施單位皆為全院，但在實際執行之比重上，仍偏於加護病房以及與中心導管相關之血流感染，然而，卻也使全院 HA-SAB 的感染率下降。但病房端產生的感染個案仍不容忽視，以圖二超出 u Chart A 區產生隨機變異的紅點的 2014 年 9 月為例，普通病房產生 HA-SAB 的個案高於加護病房且大部分與中心導管無關。礙於近年血液腫瘤病人就醫量急速成長，病房中高危險族群占率增加。加護病房病人由同仁全責照護，感管成效有目共睹；而病房由家屬等其他照護者參與照護，衛教不易且感管措施配合度參差不齊。因此，除高危險單位的加護病房外，擬訂適於一般病房的推動政策也是必須考量的重點，例如教育病人 (及其照顧者) 提升認知及動機，善盡自我照護的責任，落實每日維護身體清潔以降低導管置入部位或手術部位的皮膚菌落，妥善照護傷口 (洗澡時不要弄濕傷口處等)、制訂衛教單張、設置皮膚清潔的標準流程及製劑等，期望能經由共同賦予能力及責任共同預防感染。

限　制

遵從率的重點各階段不同，相關感染管制措施評估遵從率無法比較。因短時間研究容易產生霍桑效應，本研究強調長時間推動，長期塑造機構文化人員教育養成，觀察其推動成果的成效，顯現持續不間斷感染管制的

執行確實可以使感染率下降[16,18]。建議醫院或單位也可採前瞻性研究，引進配合 SPCC Chart 的運用，當發生異常狀況時立即及早介入處理並適時加入評估過程面或遵從率之指標等，並觀察兩者間之關聯性。另本研究對象為單一北部醫院，可能無法將此結果推論至全國，但相關推動及分析方式可供參考。

參考文獻

1. Lin KY, Cheng A, Chang YC, et al: Central line-associated bloodstream infections among critically-ill patients in the era of bundle care. J Microbiol Immunol Infect 2017;50:339-48.
2. Primo MG, Guilarde AO, Martelli CM, et al: Healthcare-associated Staphylococcus aureus bloodstream infection: length of stay, attributable mortality, and additional direct costs. Braz J Infect Dis 2012;16:503-9.
3. Islas-Munoz B, Volkow-Fernandez P, Ibanes-Gutierrez C, et al: Bloodstream infections in cancer patients. Risk factors associated with mortality. Int J Infect Dis 2018;71:59-64.
4. Rhodes D, Cheng AC, McLellan S, et al: Reducing Staphylococcus aureus bloodstream infections associated with peripheral intravenous cannulae: successful implementation of a care bundle at a large Australian health service. J Hosp Infect 2016;94:86-91.
5. Finnerty P, Provost L, O'Donnell E, et al: Using Infant Mortality Data to Improve Maternal and Child Health Programs: An Application of Statistical Process Control Techniques for Rare Events. Matern Child Health J 2019.
6. Imam N, Spelman T, Johnson SA, et al: Statistical Process Control Charts for Monitoring Staphylococcus aureus Bloodstream Infections in Australian Health Care Facilities. Qual Manag Health Care 2019;28:39-44.
7. Hart MK, Hart RF, eds：健康照護的統計流程管制(初版)。台北：新加坡商湯姆生亞洲私人有限公司台灣分公司。2006:157-280。
8. Foster ST：品質管理 (一版)。台北：台灣培生教育出版股份有限公司。2007。
9. Tseng YJ, Wu JH, Lin HC, et al: A Web-Based, Hospital-Wide Health Care-Associated Bloodstream Infection Surveillance and Classification System: Development and Evaluation. JMIR Med Inform 2015;3:e31.
10. National Healthcare Safety Network (NHSN) Patient Safety Component Manual, N.H.S. Network, Editor 2019.
11. 施智源、陳瀅淳、劉美芳：美國疾病管制中心 2004 年院內感染定義中譯。感控雜誌 2007;17:11-44。
12. 衛生署疾病管制局：醫療照護相關感染監測定義。衛生署疾病管制局 Editor. 2008/10/31。
13. O'Grady NP, Alexander M, Dellinger EP, et al: Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. Centers for Disease Control and Prevention. MMWR Recomm Rep 2002;51:1-29.
14. How-to Guide: Prevent Central LineAssociated Bloodstream Infections (CLABSI), I.f.H. Improvement., Editor. 2012.
15. Sheng W, Chie W, Chen Y, et al: Impact of nosocomial infections on medical costs, hospital stay, and outcome in hospitalized patients. J Formos Med Assoc 2005;104:318-26.
16. Chen YC, Sheng WH, Wang JT, et al: Effectiveness and limitations of hand hygiene promotion on decreasing healthcare-associated infections. PLoS One 2011;6:e27163.
17. Lin WP, Chang YC, Wu UI, et al: Multimodal interventions for bundle implementation to decrease central line-associated bloodstream infections in adult intensive care units in a teaching hospital in Taiwan, 2009-2013. J Microbiol Immunol Infect 2018;51:644-51.
18. Chiang CH, Pan SC, Yang TS, et al: Healthcare-associated infections in intensive care units in Taiwan, South Korea, and Japan: recent trends based on national surveillance reports. Antimicrob Resist Infect Control 2018;7:129.

Application of Process Control Chart to Analyze the Incidence of Healthcare-associated *Staphylococcus aureus* Bacteremia

Yu-Ching Chang[1], Hui-Chi Lin[1], Hsiao-Fang Huang[2], Wang-Huei Sheng[1,3,4], Jann-Tay Wang[1,3], Yee-Chun Chen[1,3]

[1]Center for Infection Control, [2]Center for Quality Management,
[3]Department of Internal Medicine,
[4]Department of Medical Education, National Taiwan University Hospital, Taipei, Taiwan

Staphylococcus aureus is a causative agent of bloodstream infections (BSIs), and healthcare-associated *S. aureus* bacteremia (HA-SAB) is associated with high morbidity and mortality. Root cause analysis focusing on healthcare workers revealed inadequate knowledge and suboptimal infection prevention and control (IPC) practice as factors that prevented central-line (CL)-associated bloodstream infection (CLABSI). In this retrospective study, we gathered evidence and promoted CLABSI bundle, Center of Excellent in a national action plan, to reduce CLABSI in Taiwan that was funded by Taiwan CDC to reduce bloodstream infection at intensive care units. The incidence of HA-SAB before and after interventions were compared using the U chart. The step-wide implementation and promotion of CLABSI bundle since 2009 resulted in a decrease in SPC outside the upper control limit and the standard deviations. A total of 1272 episodes of HA-SAB were identified during the 11-year study period. A multidisciplinary team involving all stakeholders, the adapt-to-adopt evidence-based practice and its integration into the workflow, annual promotion, and continuous education were important for the implementation and sustenance of the program during the 11-year period to demonstrate the long-term hospital-wide impact.

Key words: Healthcare-associated bloodstream infection, *Staphylococcus aureus*, Statistical process control char