

สายฟอกเลือดชนิดเคลือบสารบนพื้นผิว

วิวัฒน์ จันเจริญฐานะ*
สมชาย เขียมทอง*

Chanchaoenthana W, Eiam-ong S. Surface-coated tunneled hemodialysis catheters. Chula Med J 2014 Sep – Oct; 58(5): 511 - 23

In hemodialysis, infection is a complication of severe morbidity and mortality caused by hemodialysis catheters; significant numbers of catheters are removed due to catheter-related sepsis. Several strategies have been employed to reduce the incidence of infection and improve long-term outcomes. The use of surface-coated tunneled hemodialysis catheter is currently one of the promising approach. Herein, this article aims to review the efficacy and current recommendation for using the device.

Keywords: *Surface-coated tunneled catheter, hemodialysis.*

Reprint request: Chanchaoenthana W. Department of Medicine, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand.

Received for publication. August 31, 2013.

วัตถุประสงค์:

1. เพื่อทราบถึงกลไกการติดเชื้อของสายฟอกเลือด
2. เพื่อทราบถึงชนิดและประเภทของสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ และสายฟอกเลือดชนิดเคลือบสาร
3. เพื่อทราบถึงข้อดี และข้อเสียของการเลือกใช้สายฟอกเลือดชนิดเคลือบสารบนพื้นผิว

**วิวัฒน์ จันเจริญฐานะ, สมชาย เอี่ยมอ่อง. สายฟอกเลือดชนิดเคลื่อนที่บนพื้นผิว.
จุฬาลงกรณ์เวชสาร 2557 ก.ย. - ต.ค.; 58(5): 511 - 23**

ภาวะติดเชื้อของสายฟอกเลือดเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลต่อภาวะทุพพลภาพในผู้ป่วยไตเรื้อรังที่ได้รับการฟอกเลือด และทำให้ผู้ป่วยจำนวนหนึ่งจำเป็นต้องได้รับการเปลี่ยนสายฟอกเลือดใหม่เพื่อรักษาภาวะติดเชื้อของสายฟอกเลือด แนวทางการป้องกันการเกิดภาวะติดเชื้อในสายฟอกเลือดมีหลากหลายวิธีโดยเฉพาะการใช้สายฟอกเลือดที่มีคุณสมบัติพิเศษ เช่น สายฟอกเลือดชนิดเคลื่อนที่บนพื้นผิวเป็นทางเลือกที่น่าสนใจและมีการใช้อย่างแพร่หลาย บทความนี้จึงขกกล่าวถึงประสิทธิภาพและคำแนะนำของการใช้สายฟอกเลือดชนิดเคลื่อนที่บนพื้นผิวในปัจจุบัน

คำสำคัญ: สายฟอกเลือดชนิดเคลื่อนที่บนพื้นผิว, การบำบัดทดแทนไตด้วยวิธีการฟอกเลือด.

การฟอกเลือดในผู้ป่วยไตเรื้อรังระยะสุดท้าย (end stage kidney disease, ESRD) โดยใช้หลอดเลือดของผู้ป่วยเอง (arteriovenous fistula, AVF) จัดเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตาม ในผู้ป่วยบางกลุ่มก็มีความจำเป็นที่จะต้องฟอกเลือดผ่านสายฟอกเลือด โดยเฉพาะผู้ป่วยที่มีอายุมาก ไม่สามารถทนต่อการผ่าตัดได้ หรือผู้ป่วยที่มีหลอดเลือดไม่เหมาะสำหรับการฟอกเลือดเป็นต้น การฟอกเลือดผ่านสายฟอกเลือดมักปรากฏภาวะแทรกซ้อนตามมา อาทิเช่น การติดเชื้อ การเลื่อนตำแหน่งของสาย และการอุดตันของสายฟอกเลือด (thrombosis) เป็นต้น

การติดเชื้อของสายฟอกเลือดจัดเป็นภาวะที่สำคัญที่สุดของภาวะแทรกซ้อน ส่งผลต่อคุณภาพและอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยไตเรื้อรัง พบว่าผู้ป่วยที่ฟอกเลือดผ่านสายฟอกเลือดมีอุบัติการณ์การติดเชื้อสูงกว่าผู้ป่วยที่ฟอกเลือดผ่านหลอดเลือด AVF ถึง 5 เท่า⁽¹⁾ และมากกว่าร้อยละ 50 ของผู้ป่วยกลุ่มนี้จะมีการติดเชื้อในกระแสเลือดตามมา (catheter-related blood stream infection หรือ CRBSI) ส่งผลให้ผู้ป่วยต้องนอนรักษาในโรงพยาบาลเฉลี่ย 10 - 40 วันและมีอัตราการเสียชีวิตที่สูงถึงร้อยละ 14 - 28⁽²⁾

ในปัจจุบัน มีการพัฒนาสายฟอกเลือดโดยใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติฆ่าเชื้อโรคเคลือบบนพื้นผิวของสายฟอกเลือดเพื่อจุดประสงค์ในการป้องกัน และลดอุบัติการณ์การติดเชื้อ ได้แก่ สาร chlorhexadine/ silver sulfadiazine, minocycline/ rifampicin, trillium และ silver-platinum-carbon เป็นต้น บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนองค์ความรู้ด้านการติดเชื้อที่เกิดจากสายฟอกเลือด การป้องกัน การติดเชื้อ ตลอดจนแนวทางการประยุกต์ใช้สายฟอกเลือดที่มีสารเคลือบผิวป้องกันการติดเชื้อทั้งข้อดีและข้อเสีย

ชนิดของสายฟอกเลือด

โดยทั่วไป สามารถแบ่งชนิดของสายฟอกเลือดตามลักษณะการใช้งาน ได้แก่

1. สายฟอกเลือดชนิดใช้ชั่วคราว (noncuffed)

catheter) เป็นสายฟอกเลือดเพื่อการฟอกเลือดในผู้ป่วยที่มีภาวะไตวายเฉียบพลัน ซึ่งแพทย์ผู้ดูแลผู้ป่วยคาดการณ์ว่าจะทำการฟอกเลือดเพื่อบำบัดทดแทนไตให้กับผู้ป่วยเพียงระยะเวลาสั้น ๆ ในระยะเวลาไม่เกิน 3 - 4 สัปดาห์ แบ่งเป็นสายฟอกเลือดรูเดียว (single lumen) สองรู (dual-lumen) และสามรู (triple-lumen) ทั้งนี้สายฟอกเลือดรูเดียวนั้นไม่มีที่ใช้แล้วในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเลือกใช้เป็นชนิดสองรูเพื่อนำเลือดเข้าและออกจากหลอดเลือดของผู้ป่วย สำหรับสายฟอกเลือดชนิดสามรูนั้น มีความคล้ายคลึงกับชนิดสองรูโดยจะเพิ่มอีกรูเพื่อเป็นทางนำสารน้ำหรือเข้าสู่ร่างกายของผู้ป่วย

2. สายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวร (cuffed catheter)

เป็นสายฟอกเลือดที่ใช้ในผู้ป่วยไตเรื้อรังระยะบำบัดทดแทนไต โดยจะมีการออกแบบให้มีส่วนยาวลอดใต้ผิวหนัง (tunnel catheter) และมีปมูนูน (cuff) เพื่อป้องกันการติดเชื้อตามแนวสายที่ลอดใต้ผิวหนัง และเพื่อป้องกันการเลื่อนหลุดของสาย โดยทั่วไปสายชนิดนี้จะมีระยะเวลาในการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 3 - 6 เดือน จัดเป็นสายฟอกเลือดที่ใช้ในระหว่างการรอให้หลอดเลือดฟอกเลือดของผู้ป่วยโตและแข็งแรงพร้อมใช้งาน สามารถแบ่งสายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรออกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้แก่ สายฟอกเลือดสองรูชนิดถาวร (dual-lumen tunneled cuffed catheter) สายฟอกเลือดชนิดท่อเดี่ยวแต่มีรูข้าง (side hole) หลายรู (two-single lumen tunneled, cuffed catheter) และสายฟอกเลือดสองรูชนิดปลายสายแยกจากกัน (split-tip dual-lumen tunneled, cuffed catheter) เป็นต้น

กลไกการติดเชื้อของสายฟอกเลือด

การติดเชื้อของสายฟอกเลือดมีสาเหตุจากหลายกลไก สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. การติดเชื้อผ่านทางรูเปิดผิวหนัง (exit site infection)

เป็นสาเหตุหลักที่พบได้บ่อยที่สุดพบว่าผู้ป่วยไตเรื้อรังที่ฟอกเลือดผ่านสายฟอกเลือดมากกว่าร้อยละ 90 ที่ใช้สายฟอกเลือดนานเกิน 3 เดือน จะมีการติดเชื้อของ

ผิวหนังรอบตำแหน่งสายฟอกเลือดอย่างน้อย 1 ครั้ง การติดเชื้อของผ่านทางรูเปิดของผิวหนังนี้อาจก่อให้เกิดการสะสมของซากเซลล์ (debris) ทำให้เกิดเป็นหนองเซาะตามแนวช่องว่างระหว่างสายและผิวหนัง (tunnel infection) ซึ่งเป็นภาวะแทรกซ้อนที่มีความรุนแรง และข้อบ่งชี้ในการนำสายฟอกเลือดออก

2. การติดเชื้อผ่านทางรูเปิดของสายฟอกเลือด (transluminal infection)

กลไกการติดเชื้อมักเกิดจากการขาดความระมัดระวังในการใช้เทคนิคปราศจากเชื้อ (aseptic technique) ในระหว่างการใส่สาย ทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อจากพื้นผิวด้านในของสายฟอกเลือด

3. การติดเชื้อผ่านกระแสเลือดที่มาจากตำแหน่งอื่นในร่างกาย (metastatic blood stream infection)

การติดเชื้อในกระแสเลือดที่มาจากตำแหน่งอื่นหรือเรียกว่า systemic infection นี้ มักพบในผู้ป่วยที่มีอายุมาก มีการใช้ยากดภูมิคุ้มกันร่างกาย มีภาวะเบาหวานหรือมะเร็งร่วมด้วย โดยอวัยวะที่พบว่าเป็นสาเหตุของการติดเชื้อในกระแสเลือดที่พบบ่อย ได้แก่ การติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะ และระบบทางเดินหายใจ

การติดเชื้อทั้งสามประเภทนี้ จะนำไปสู่การสร้างเยื่อไบโอฟิล์ม (biofilm) ขึ้นภายในพื้นผิวของสายฟอกเลือดเยื่อไบโอฟิล์ม เป็นโครงสร้างที่เชื้อแบคทีเรียสร้างขึ้นเพื่อยึดเกาะบริเวณของผิวสายฟอกเลือดหรือเนื้อเยื่อที่ตายแล้ว หากนำเอาพื้นผิวของสายฟอกเลือดมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน จะพบว่าทันทีที่ใส่สายฟอกเลือดเข้าสู่หลอดเลือด เชื้อแบคทีเรียสามารถเกาะติดผนังสายฟอกเลือดและสร้างไบโอฟิล์มได้ภายใน 24 ชั่วโมง⁽³⁾ จากนั้นจะมีการขยายขอบเขตและสร้างสารประกอบเชิงซ้อนโพลีแซคคาไรด์แมทริกซ์ (polysaccharide matrix) ในการยึดเกาะพื้นผิวที่แน่นยิ่งขึ้นตามมา ปริมาณและความหนาของเยื่อไบโอฟิล์มจะสัมพันธ์กับระยะเวลาการใส่สายฟอกเลือดค้างในหลอดเลือด อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าการสร้างเยื่อไบโอฟิล์มในทันทีที่ใส่สายฟอกเลือด กลับพบ

ว่าไม่ได้ก่อให้เกิดปัญหาการติดเชื้อตามมาทุกครั้ง เนื่องจากอัตราการเจริญของเยื่อไบโอฟิล์มนั้นช้ามาก รวมทั้งมีการสร้างสารไซโตไคน์ (cytokines) ในปริมาณที่น้อยมาก จนไม่ก่อให้เกิดภาวะไข้ หนาวสั่น หรือการติดเชื้อในกระแสเลือด⁽⁴⁾

การติดเชื้อที่สัมพันธ์กับสายฟอกเลือดมักเกิดจากแบคทีเรียชนิดแกรมบวก แกรมลบ หรือเชื้อรา ได้แก่ coagulase-negative staphylococci, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas*, enterococci และ *Candida* เป็นต้น นอกจากนี้ พบว่าระยะเวลาของการใช้งานก่อนการติดเชื้อของสายฟอกเลือดมีความสัมพันธ์กับสาเหตุของการติดเชื้อเช่นกัน โดยพบว่าหากการติดเชื้อของสายฟอกเลือดเกิดภายในระยะเวลา 30 วันหลังการใส่สายฟอกเลือด มักมีสาเหตุมาจากการติดเชื้อจากเชื้อประจำถิ่นบริเวณผิวหนัง (skin microflora) หรือขั้นตอนการใส่สายฟอกเลือดที่ไม่ปราศจากเชื้อแต่ถ้าการติดเชื้อของสายฟอกเลือดหลังระยะเวลา 30 วันของการใส่สายฟอกเลือด มักสัมพันธ์กับการติดเชื้อในกระแสเลือดจากตำแหน่งอื่น⁽⁵⁾

นอกจากนี้การติดเชื้อของสายฟอกเลือดยังสัมพันธ์กับการอุดตันของสายฟอกเลือด ถึงแม้ยังไม่ทราบกลไกและความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดแผ่นไฟบริน การติดเชื้อและการอุดตันของสายฟอกเลือดที่แน่ชัดในปัจจุบัน ทั้งนี้พบว่าการอุดตันของสายฟอกเลือดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเกิดการติดเชื้อในกระแสเลือดถึงร้อยละ 18.8 เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการติดเชื้อเฉพาะที่ (ร้อยละ 7.2) และเมื่อนำลิ่มเลือดและไฟบริน (fibrin) ที่อุดตันภายในสายฟอกเลือดไปวิเคราะห์ พบว่าร้อยละ 70 ของสายฟอกเลือดที่นำไปวิเคราะห์จะมีเชื้อแบคทีเรียเป็นส่วนประกอบ⁽⁶⁻⁸⁾

การป้องกันการติดเชื้อที่เกิดจากสายฟอกเลือด

การป้องกันการติดเชื้อของสายฟอกเลือดเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนในหัตถการใส่สายฟอกเลือด ผู้ทำหัตถการใส่สายฟอกเลือดต้องทำทุกขั้นตอนด้วยวิธีปราศจากเชื้อได้แก่ การล้างมือที่ถูกต้องวิธีนานอย่างน้อย 30 วินาที

การสวมหมวกเพื่อเก็บผมให้มิดชิด การใช้ผ้าปิดปาก การสวมชุดคลุมที่ปราศจากเชื้อ และการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ ชนิดคลอเฮกซิดีน (chlorhexidine) เป็นต้น ภายหลังจาก การใส่สายฟอกเลือดเรียบร้อยแล้ว ผู้ป่วยต้องป้องกันแผล เบียดน้ำหรือเหงื่อ มีการเปลี่ยนผ้าปิดแผลที่สะอาดและ ถูกวิธี แพทย์หรือบุคลากรทางการแพทย์ที่เป็นผู้ใช้สายฟอก เลือดต้องใช้เทคนิคปราศจากเชื้อทุกครั้ง และเมื่อสาย ฟอกเลือดติดเชื้อต้องให้การรักษาทันที รวมทั้งพิจารณา การใส่ยาปฏิชีวนะสายฟอกเลือด (antibiotic lock) หรือ นำสายฟอกเลือดออกเมื่อไม่ตอบสนองต่อการรักษาด้วยยา ปฏิชีวนะ อย่างไรก็ตาม แม้จะมีการป้องกันและรักษา การติดเชื้ออย่างถูกวิธี ก็พบว่าผู้ป่วยจำนวนหนึ่งไม่สามารถ รักษาการติดเชื้อของสายฟอกเลือดได้ เนื่องจากสาร แอนติบอดี (antibodies) จากระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย และยาปฏิชีวนะไม่สามารถผ่านเยื่อไบโอฟิล์มเข้าไปทำลาย เชื้อแบคทีเรียได้ ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนสายฟอกเลือดใน ท้ายที่สุด ดังนั้นจึงมีการพัฒนาสายฟอกเลือดที่มีคุณ สมบัติยับยั้งการสร้างเยื่อไบโอฟิล์มโดยออกแบบให้มีสาร ฆ่าเชื้อหรือยาปฏิชีวนะเคลือบบนพื้นผิว

สายฟอกเลือดชนิดเคลือบสารบนพื้นผิวและคุณสมบัติ ของสารเคลือบพื้นผิว

สายฟอกเลือดในอุดมคติที่ดี ควรมีคุณสมบัติ เพื่อลดภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น ได้แก่ มี คุณสมบัติเข้ากันได้ดีทางชีวภาพกับร่างกาย (biocompatible) ป้องกันการเกิดแผ่นไฟบริน ป้องกันการอุดตัน มีคุณสมบัติยับยั้งเชื้อโรคที่ไม่เหนียวนำไปเกิดการดื้อยา

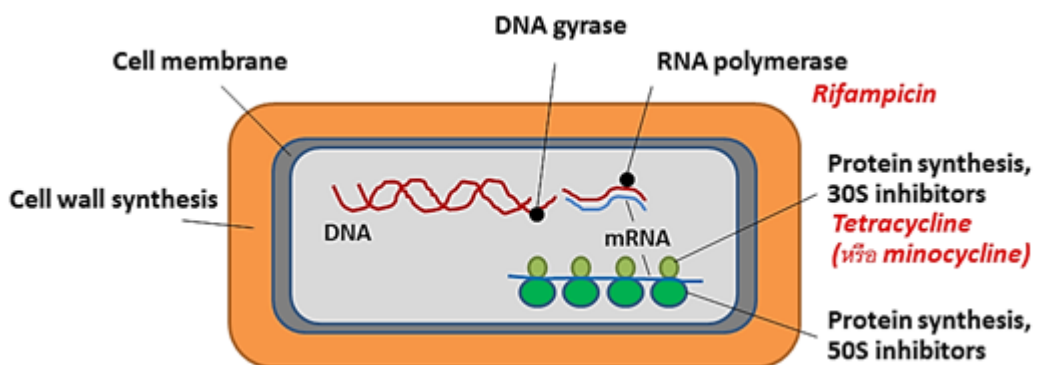
และเป็นวัสดุที่สามารถใช้ได้เป็นระยะเวลานาน ในปัจจุบัน มีการพัฒนาสายฟอกเลือดที่มีคุณสมบัติ hydrophilic polymeric เพื่อป้องกันการเกาะของเชื้อและสร้างเยื่อ ไบโอฟิล์มโดยใช้สารเคลือบที่มีคุณสมบัติเป็นยาปฏิชีวนะ ได้แก่

1. คลอเฮกซิดีน/ ซิลเวอร์ ซัลฟาไดอะซีน (chlorhexidine/ silver sulfadiazine หรือ C-SS)

สารประกอบคลอเฮกซิดีน/ซิลเวอร์ ซัลฟาไดอะซีน หรือ C-SS มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ดี ทั้งสอง จะออกฤทธิ์เสริมซึ่งกันและกัน (synergistic) โดยสาร คลอเฮกซิดีนจะไปทำลาย ผนังไซโตพลาสซึม (cytoplasmic membrane) ของเซลล์แบคทีเรีย เพื่อให้มีการแพร่ของสาร ซิลเวอร์ ซัลฟาไดอะซีนเข้าสู่ในเซลล์แบคทีเรียได้ง่ายขึ้น ทำให้เซลล์ตาย ทั้งนี้ สารประกอบ C-SS จะมีความเฉพาะ เจาะจงในการทำลายเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมบวกมากกว่า ชนิดแกรมลบ

2. ไมโนไซคลิน/ ไรแฟมพิซิน (minocycline/ rifampicin)

สารปฏิชีวนะไมโนไซคลิน/ไรแฟมพิซินมีคุณสมบัติ ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมบวกและชนิดแกรมลบ ได้ดีมาก ผ่านกลไกการยับยั้งเอนไซม์อาร์เอ็นเอ โพลีเมอเรส (RNA polymerase) โปรตีน 30 เอส อินฮิบิเตอร์ (protein 30S inhibitors) (รูปที่ 1) รวมทั้งสามารถฆ่าเชื้อรา กลุ่มอัสบิแคน (*Candida albicans*) ได้ดี นอกจากนี้ สาร ปฏิชีวนะไมโนไซคลิน/ ไรแฟมพิซิน ยังสามารถใช้เป็นยา หลักในกรณีที่เกิดการติดเชื้อที่เป็นเชื้อดื้อยาหลายชนิด (multidrug resistant pathogens) ได้



รูปที่ 1. กลไกการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียของไมโนไซคลิน/ ไรแฟมพิซิน (minocycline/ rifampicin)

3. สารโลหะหนัก (metals)

สารโลหะหนักหลายชนิด ได้แก่ เงิน (silver) ทองแดง (copper) สังกะสี (zinc) ไททาเนียม (titanium) แมกนีเซียม (magnesium) ทอง (gold) เป็นต้น ล้วนมีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าเชื้อได้ โดยเฉพาะโลหะเงินที่มีความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียทั้งชนิดแกรมบวกและชนิดแกรมลบได้ โดยการยับยั้งการแบ่งตัวของสายดีเอ็นเอของสารพันธุกรรมในเซลล์แบคทีเรีย และยังสามารเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเอ็นไซม์ ในเซลล์แบคทีเรียให้เป็นชนิดที่เป็นอันตรายต่อเซลล์แบคทีเรียได้โดยตรง (รูปที่ 2)

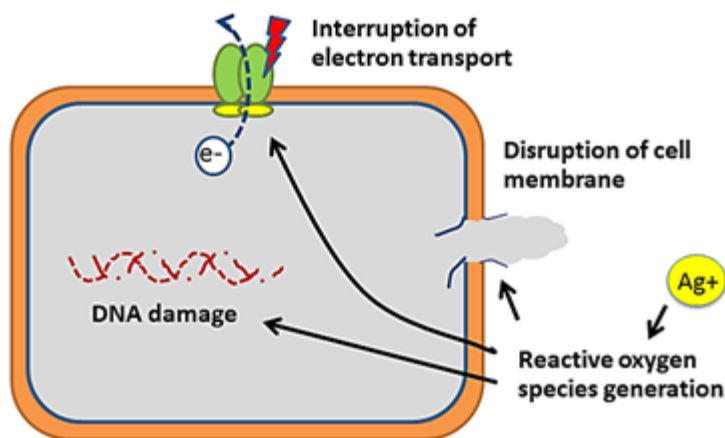
การใช้สายฟอกเลือดชนิดเคลือบสารในทางเวชปฏิบัติ

ข้อมูลทางระบาดวิทยา พบว่าผู้ป่วยที่เริ่มเข้าสู่การรักษาบำบัดทดแทนไตด้วยวิธีการฟอกเลือด ครั้งแรกนั้นหากใช้สายฟอกเลือดจะมีความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตคิดเป็น relative risk 1.31 เปรียบเทียบกับผู้ป่วยที่เริ่มฟอกเลือดครั้งแรกผ่านหลอดเลือดของผู้ป่วยเอง⁽⁹⁾ ซึ่งในจำนวนนี้คิดเป็นจำนวนผู้ป่วยรายใหม่ถึงร้อยละ 30 ทำให้มีอัตราการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่สูงตามมา โดยเฉพาะการติดเชื้อของสายฟอกเลือด⁽¹⁰⁾ ดังนั้น การใช้สายฟอกเลือดชนิดเคลือบสารบนพื้นผิว จึงเป็นอีกทางเลือกสำหรับผู้ป่วย

ที่มีความจำเป็นต้องใช้สายฟอกเลือดเพื่อการรักษาบำบัดทดแทนไตด้วยวิธีการฟอกเลือด

ข้อมูลการศึกษาประสิทธิภาพของสายฟอกเลือดชนิดใช้ชั่วคราวที่เคลือบด้วยสารปฏิชีวนะ

การศึกษาแรกเป็นการศึกษาแบบไปข้างหน้า (prospective) และสุ่มเลือก (randomization) เกี่ยวกับความถี่ของการเกิดการติดเชื้อของสายฟอกเลือดในผู้ป่วยไตวายฉับพลัน (acute kidney injury, AKI) จำนวน 103 รายเปรียบเทียบระหว่างผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายฟอกเลือดชนิดชั่วคราว และเคลือบด้วยมิโนไซคลิน/ ไรแฟมพิซินที่ตำแหน่งหลอดเลือดดำฟีโมรอล (femoral vein) และผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายฟอกเลือดชนิดชั่วคราวที่ไม่เคลือบสารพื้นผิวที่ตำแหน่งหลอดเลือดเดียวกันในระยะเวลาเฉลี่ยของการคาสายทั้งสองกลุ่มใกล้เคียงกัน (8 ± 6 วัน) พบว่าเกิดการติดเชื้อของสายฟอกเลือดที่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดรวม 7 ครั้ง (episodes) ในกลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายฟอกเลือดชนิดชั่วคราวที่ไม่เคลือบสาร โดยไม่พบการติดเชื้อเลยในกลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายฟอกเลือดชนิดชั่วคราวและเคลือบด้วยมิโนไซคลิน/ ไรแฟมพิซิน ($P = 0.006$)⁽¹¹⁾



รูปที่ 2. กลไกการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อของโลหะเงิน (Ag⁺)

ต่อมา มีการศึกษาแบบไปข้างหน้าและสุ่มเลือกเปรียบเทียบระหว่างผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายฟอกเลือดชนิดชั่วคราว และเคลื่อนที่ด้วยคลอเฮกซิดีน/คลออะซิเตรท ทั้งพื้นผิวด้านในและด้านนอกของสาย และผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายฟอกเลือดชนิดชั่วคราว ที่เคลื่อนที่ด้วยคลออะซิเตรทที่พื้นผิวด้านในและคลอเฮกซิดีน/ซิลเวอร์ซัลฟาไดอะซีนที่พื้นผิวด้านนอกของสาย พบว่าสามารถลดอัตราการเจริญเฉพาะที่ (colonization) ของเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งสองกลุ่ม⁽¹²⁾

ข้อมูลการศึกษาของสายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรที่เคลื่อนที่ด้วยสารปฏิชีวนะ

สามารถจำแนกข้อมูลการศึกษาของการใช้สายฟอกเลือดประเภทนี้ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การเคลื่อนที่ด้วยโลหะเงิน และการเคลื่อนที่ด้วยสารต้านการแข็งตัวของเลือดเฮปาริน

การศึกษาแบบสุ่มคัดเลือก (simple randomization) ผู้ป่วย 91 ราย เพื่อเปรียบเทียบผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรที่เคลื่อนที่ด้วยโลหะเงิน และผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรที่ไม่ได้เคลื่อนที่ พบว่าทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทั้งด้านการติดเชื้อของสายฟอกเลือดที่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดร่วมและการเจริญเฉพาะที่ของเชื้อแบคทีเรีย⁽¹³⁾ ส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะการใช้สายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรนี้มีการออกแบบให้มีปม (cuff) เพื่อป้องกันการติดเชื้อตามแนวสายที่ลอดใต้ผิวหนัง อย่างไรก็ตาม การศึกษาในระยะต่อมาพบว่าผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรที่เคลื่อนที่ด้วยโลหะเงินมีอัตราการเจริญเฉพาะที่ของเชื้อแบคทีเรียต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ป่วยที่ได้รับการใส่สายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรที่ไม่ได้เคลื่อนที่ด้วยสาร (อัตราการเจริญของเชื้อร้อยละ 8 ในกลุ่มแรก เทียบกับร้อยละ 46.4 ในกลุ่มหลัง) นอกจากนี้ ในผู้ป่วยกลุ่มแรกยังมีอุบัติการณ์การเกิดการอุดตันของสายฟอกเลือดน้อยกว่าผู้ป่วยกลุ่มหลังอีกด้วย⁽¹⁴⁾

ต่อมา มีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้สายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรที่มีส่วนของปมเคลื่อนที่ด้วย

โลหะเงินและสายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรแบบธรรมดาทั่วไป (ไม่มีการเคลื่อนที่สารปฏิชีวนะทั้งบริเวณพื้นผิวและปม) พบว่ามีอุบัติการณ์การติดเชื้อของสายฟอกเลือดที่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดร่วมด้วยสูงกว่าในกลุ่มที่ใช้สายฟอกเลือดที่ส่วนของคัพฟอบซิลเวอร์ (ร้อยละ 17.2 เทียบกับร้อยละ 3.2)⁽¹⁵⁾ ซึ่งอาจเป็นการบ่งชี้ว่าการเคลื่อนที่สารปฏิชีวนะไม่มีประโยชน์ด้านการป้องกันการติดเชื้อของสายฟอกเลือดที่เด่นชัด อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาผลจากการศึกษานี้โดยละเอียด พบว่ามีข้อสงสัยเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีการทำให้ปราศจากเชื้อ (aseptic technique) และเทคนิคการใช้สายฟอกเลือดของผู้วิจัย เนื่องจากพบว่ามีภาวะหลอดเลือดปอดอุดตัน (pulmonary embolism) ที่สูงในการศึกษานี้

การเคลื่อนที่สายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรด้วยสารเฮปารินเป็นอีกทางเลือกที่เริ่มมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในระยะเวลาคือมาสารเฮปารินนอกจากจะมีฤทธิ์ต้านการแข็งตัวของเลือดแล้ว ยังมีคุณสมบัติลดการกระตุ้น thrombin-activated factors) และลดการเพิ่มจำนวนของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ มีผลลดการสร้างไปโอฟิล์ม แผ่นไฟบริน การติดเชื้อ และการอุดตันของสาย ที่ผ่านมามีการผลิตใช้ในทางการแพทย์เพียงสองรุ่น ได้แก่ Carmeda® BioActive Surface (CBAS) โดยบริษัท Carmeda (Upplands Vasby, Sweden) และ Trillium® Biosurface โดยบริษัท Bio-Interactions (Reading, Berks, UK) แต่ในปัจจุบันเหลือมีการจำหน่ายเพียงรุ่น Trillium® เท่านั้น สายฟอกเลือด Trillium® นี้อาศัยการจับตัวกันระหว่างโมเลกุลเฮปารินกับสารโพลีเอทิลีนออกไซด์ (polyethylene oxide) ซึ่งเข้ากันได้ดีกับน้ำ (hydrophilic) และมีประจุลบจากโมเลกุลซัลเฟตโพลีเมอร์ (sulfate polymer) ทำให้โมเลกุลน้ำสามารถเกาะยึดผิวของสายฟอกเลือด เป็นการลดการเกาะพื้นผิวของเม็ดเลือดแดง⁽¹⁶⁾

การศึกษาเกี่ยวกับสายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรและเคลื่อนที่สารเฮปารินมีเพียง 2 การศึกษาเท่านั้น การศึกษาแรกเป็นการศึกษาลักษณะ case-control⁽¹⁷⁾ ในผู้ป่วย 163 ราย ที่มีการใส่สายฟอกเลือดครั้งแรกหรือ

เปลี่ยนสายฟอกเลือดรวมจำนวนหัตถการทั้งสิ้น 200 ครั้ง โดยให้การใส่สายฟอกเลือดหรือเปลี่ยนสายฟอกเลือด 100 ครั้งแรกติดต่อกันเป็นการใช้สายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรและไม่เคลือบสารพื้ผิว (รุ่น HemoSplit® โดยบริษัท Angiotech) เป็นกลุ่มควบคุม เปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองที่กำหนดให้การใส่สายฟอกเลือดหรือเปลี่ยนสายฟอกเลือด 100 ครั้งถัดไปติดต่อกันเป็นการใช้สายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรและเคลือบสารเฮปพาริน (รุ่น Palindrome Ruby® โดยบริษัท Kendall/Tyco Healthcare) แล้วติดตามทั้งสองกลุ่มเป็นระยะเวลาเฉลี่ย 9,765 และ 11,173 วัน (catheter days) ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองตามลำดับ พบว่าผู้ป่วยในกลุ่มควบคุมมีอัตราการติดเชื้อผ่านทางรูเปิดผิวหนัง (exit site infection) การอุดตันของสายฟอกเลือด และจำนวนครั้งของการแก้ไขสายฟอกเลือดมากกว่ากลุ่มทดลองอย่างชัดเจน ทั้งนี้ ส่วนหนึ่งอาจจะเป็นผลของการออกแบบปลายสายฟอกเลือดรุ่น Palindrome Ruby® ที่ดีต่อจลนศาสตร์ของการไหลของเลือด นอกจากนี้ ผลการศึกษายังพบว่าในกลุ่มทดลองมีอุบัติการณ์การติดเชื้อของสายฟอกเลือดที่มีภาวะติดเชื่อในกระแสเลือดร่วมนั้นลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (ร้อยละ 18 เทียบกับร้อยละ 24) ดังแสดงในตารางที่ 1

การศึกษาที่สองเป็นการศึกษาข้อมูลย้อนหลังเพื่อศึกษาอุบัติการณ์การติดเชื้อของสายฟอกเลือดที่มีภาวะติดเชื่อในกระแสเลือดรวมในผู้ป่วยไตวายที่ได้รับ

การใส่สายฟอกเลือดครั้งแรก ณ ตำแหน่งหลอดเลือดดำอินทินอลจูกลูลา (internal jugular vein) บริเวณคอด้วยสายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรที่ไม่มีสารเคลือบพื้ผิว (Med Comp®, Harleysville, PA) เป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 86 ราย เปรียบเทียบกับผู้ป่วยกลุ่มทดลองที่ใช้สายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรที่เคลือบสารเฮปพาริน (Spire Biomedical® Bedford, MA) จำนวน 89 ราย พบว่าอุบัติการณ์การติดเชื้อของสายฟอกเลือดที่มีภาวะติดเชื่อในกระแสเลือดรวมในผู้ป่วยในกลุ่มทดลองน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁽¹⁸⁾ อย่างไรก็ตาม อัตราการใช้งานได้ของสายฟอกเลือด (catheter malfunction) ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างผู้ป่วยทั้งสองกลุ่มดังแสดงในตารางที่ 2

การประยุกต์ใช้สารเคลือบพื้ผิวในทางเวชปฏิบัติด้านอื่น ๆ

ในปัจจุบัน มีการใช้สารเคลือบพื้ผิวในอุปกรณ์ทางการแพทย์หลายประเภท ได้แก่ การใช้สารเคลือบพื้ผิวในสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ (central venous catheter หรือ CVC) การใช้สารเคลือบพื้ผิวในพอร์ต (port) ที่ใช้เพื่อรับยาเคมีบำบัด และเครื่องมือกระตุ้นการเต้นของหัวใจเป็นต้นโดยในที่นี้จะขกกล่าวถึงข้อมูลการประยุกต์ใช้สารเคลือบพื้ผิวในสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ เพื่อป้องกันการอุดตันและยับยั้งเชื้อโรคเท่านั้น สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่มีการใช้ในทางเวชปฏิบัติมีหลากหลายรุ่นดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 1. การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้สายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรที่ไม่มีสารเคลือบพื้ผิว (HemoSplit®) และสายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรที่เคลือบพื้ผิวด้วยสารเฮปพาริน (Palindrome Ruby®) (ดัดแปลงจาก Kakkos และคณะ⁽¹⁷⁾)

ตัวชี้วัด	HemoSplit®	Palindrome Ruby®
การอุดตัน (thrombosis)	ร้อยละ 32	ร้อยละ 5
การติดเชื้อ (infection)	ร้อยละ 18	ร้อยละ 24
การแก้ไขสาย (re-intervention)	ร้อยละ 50	ร้อยละ 29
การติดเชื้อผ่านทางรูเปิดผิวหนัง (exit-site infection)	ร้อยละ 1	0
การติดเชื้อชั้นใต้ผิวหนัง (tunnel infection)	0	0

ตารางที่ 2. การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้สายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรที่ไม่มีสารเคลือบพื้นผิว (MedComp®) และสายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรที่เคลือบสารเฮปาริน (Spire Biomedical®) (ดัดแปลงจาก Jain และ คณะ⁽¹⁸⁾)

ตัวชี้วัด	MedComp®	Spire Biomedical®
การใช้งานไม่ได้ของสายฟอกเลือด (catheter malfunction)	17 (ร้อยละ 19)	13 (ร้อยละ 15)
การติดเชื้อของสายฟอกเลือดที่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดรวม	30 (ร้อยละ 34)	52 (ร้อยละ 60)
การถอดสายฟอกเลือดแบบ elective	31 (ร้อยละ 35)	17 (ร้อยละ 20)
ต้องแก้ไขสายฟอกเลือดด้วยการใช้ tPA (ต่อ 1,000 catheter days)	1.8	1.8

คำย่อ tPA: tissue plasminogen activator

ตารางที่ 3. สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ (central venous catheter) ชนิดเคลือบสาร

ชนิดของสาย	สารเคลือบผิว	ความยาวของสาย (ซม.)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านในของสาย(French)
ARROWgard Blue® (Arrow International)	Chlorhexadine/ silver sulfadiazine	13, 16, 20, 25	12, 14
ARROWgard Blue PLUS® (Arrow International)	Chlorhexadine/ silver sulfadiazine	16, 20	7, 8
BioBloc® Coating (CR Bard)	Silver sulfadiazine	20, 24, 28, 32, 36, 40, 47	14.5
Glide Spectrum (Cook Critical Care)	Minocycline/ rifampicin	15, 20, 25	8, 9.5
Palindrome Emerald® (Tyco-Kendall)	Trillium Biosurface®	36, 40, 45, 50	14.5
Palindrome Ruby® (Tyco-Kendall)	Silver sulfadiazine	36, 40, 45, 50	14.5
Palindrome Sapphire® (Tyco-Kendall)	Silver sulfadiazine/ Trillium Biosurface®	36, 40, 45, 50	14.5
Vantex® (Edwards Lifesciences)	Silver-platinum-carbon (SPC)	16, 20	7, 8.5

ข้อมูลการศึกษาของสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ชนิดเคลือบสารพื้นผิว

จากการศึกษา meta-analysis ของสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยไรแฟมพิซิน (rifampicin) พบว่าสามารถใช้ได้อย่างปลอดภัย และสามารถลด

การเจริญเฉพาะที่ (colonization) ของเชื้อแบคทีเรียได้ โดยมีค่า odds ratio (OR) ของการติดเชื้อเท่ากับ 0.23 และ odds ratio ของการเจริญเฉพาะที่ของแบคทีเรียเท่ากับ 0.46 เมื่อเปรียบเทียบกับสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่ไม่ได้เคลือบสาร⁽¹⁹⁾

สำหรับข้อมูลการศึกษา meta-analysis ของสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยคลอเฮกซิดีน/ซิลเวอร์ซัลฟาไดอะซีน พบว่ามีอัตราการเกิดการติดเชื้อของสายร่วมกับภาวะการติดเชื้อในกระแสเลือดนั้นลดลงจากร้อยละ 4.1 เป็น 1.9 เมื่อเปรียบเทียบกับสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่ไม่ได้เคลือบสาร⁽²⁰⁾

สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างสารปฏิชีวนะเคลือบผิวสองชนิดนั้นจากการศึกษาไปข้างหน้าแบบสุ่มเลือกเพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยมิโนไซคลิน/ไรแฟมพิซิน และสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยที่เคลือบด้วยคลอเฮกซิดีน/ซิลเวอร์ซัลฟาไดอะซีน พบว่ามีอุบัติการณ์การติดเชื้อของสายร่วมกับภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดในกลุ่มผู้ป่วยที่ใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยที่เคลือบด้วยคลอเฮกซิดีน/ซิลเวอร์ซัลฟาไดอะซีน เมื่อเทียบกับกลุ่มผู้ป่วยที่ใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยคลอเฮกซิดีน/ซิลเวอร์ซัลฟาไดอะซีน⁽²¹⁾

การศึกษาที่ใหญ่ที่สุดเกี่ยวกับข้อมูลการศึกษาของสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ชนิดเคลือบสารพื้นผิวนั้น เป็นการศึกษา systematic review ในปี พ.ศ. 2551 โดยรวบรวมการศึกษาทั้งหมด 37 การศึกษาที่เป็นการศึกษาไปข้างหน้า แบบสุ่มเลือก โดยมีตัวอย่างประชากรกว่า 11,568 รายที่มีการใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่หลากหลายทั้งแบบไม่เคลือบสารเคลือบด้วยเฮปาริน (heparin-coated) เคลือบด้วยสารปฏิชีวนะ (antibiotic-coated) หรือเคลือบด้วยสารฆ่าเชื้อ (antiseptic-coated) เพื่อศึกษาผลของการใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ชนิดต่าง ๆ ต่อการเจริญเฉพาะที่ของเชื้อแบคทีเรีย และอัตราการเกิดการติดเชื้อของสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดรวมในผู้ป่วยวิกฤตพบว่า⁽²²⁾

1) อัตราการเกิดการติดเชื้อของสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ร่วมกับมีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดลดลงในกลุ่มที่ใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยเฮปาริน

และเคลือบด้วยสารปฏิชีวนะ เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่ไม่เคลือบสาร

2) อัตราการเกิดการติดเชื้อของสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ร่วมกับมีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดลดลง ในกลุ่มที่ใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยสารปฏิชีวนะ เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยคลอเฮกซิดีน/ซิลเวอร์ซัลฟาไดอะซีน

3) ไม่มีความแตกต่างของอัตราการเกิดการติดเชื้อของสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ร่วมกับภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด ระหว่างกลุ่มที่ใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยโลหะเงินเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่ไม่เคลือบสาร

4) ไม่มีความแตกต่างของอัตราการเกิดการติดเชื้อของสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ร่วมกับภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดระหว่างกลุ่มที่ใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยสารปฏิชีวนะเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยโลหะเงิน

5) ไม่มีความแตกต่างของอัตราการเกิดการติดเชื้อของสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ร่วมกับภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดระหว่างกลุ่มที่ใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยเฮปาริน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยคลอเฮกซิดีน/ซิลเวอร์ซัลฟาไดอะซีน

กล่าวโดยสรุป สามารถใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยเฮปารินหรือสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยสารปฏิชีวนะ เพื่อลดอัตราการเกิดการติดเชื้อของสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ในผู้ป่วยวิกฤตได้

สำหรับข้อสรุปและคำแนะนำของการใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่โดย the Centers of Disease Control (CDC) ได้ให้คำแนะนำเพื่อป้องกันการติดเชื้อของสายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ว่าให้ใช้สายคาสวนหลอดเลือดดำใหญ่ที่เคลือบด้วยสารปฏิชีวนะในพื้นที่บริการที่มีอัตราการติดเชื้อสูงกว่า 3.3 ต่อ catheter days ในประเด็นนี้ ผู้นิพนธ์เห็นว่าอาจจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกลุ่ม

ผู้ป่วยฟอกเลือดได้ ซึ่งโดยทั่วไปมีรายงานอัตราการติดเชื้อของสายฟอกเลือดที่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดร่วมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.2 ถึง 5.5 ต่อ 1,000 catheter days⁽²³⁾ เมื่อฟอกเลือดผ่านทางสายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรและอัตราการติดเชื้อจะเพิ่มสูงขึ้นเป็น 6.3 ต่อ 1,000 catheter days เมื่อฟอกเลือดผ่านทางสายฟอกเลือดชนิดใช้ชั่วคราว⁽²⁴⁾

สรุป

เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาที่มากพอในกลุ่มผู้ป่วยไตวายฉับพลันที่ได้รับการใส่สายฟอกเลือดชนิดใช้ชั่วคราวที่เคลื่อนที่บนพื้นผิว จึงยังไม่ควรนำมาใช้ในทางเวชปฏิบัติ สำหรับการใส่สายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรที่เคลื่อนที่บนพื้นผิวในกลุ่มผู้ป่วยไตเรื้อรังนั้น ยังมีการศึกษารองรับน้อยมาก และราคาของสายฟอกเลือดชนิดนี้ก็มีราคาที่สูงกว่าสายฟอกเลือดชนิดใช้ถาวรที่มีการเคลื่อนที่บนพื้นผิวอยู่มาก ดังนั้นจึงยังไม่ควรนำมาใช้ทั่วไปในปัจจุบัน คงต้องรอการศึกษาสนับสนุนเพิ่มเติมในอนาคตอย่างไรก็ตาม สำหรับการใส่สายฟอกเลือดชนิดเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่เคลื่อนที่บนพื้นผิวนั้น มีหลักฐานการศึกษาจำนวนมากสนับสนุนการใส่สายฟอกเลือดชนิดเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่เคลื่อนที่บนพื้นผิว และสารเฮปาริน เพื่อลดอัตราการเกิดการเจริญเฉพาะที่ของเชื้อแบคทีเรีย และเพื่อลดการติดเชื้อของสายโดยเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยวิกฤตเป็นกลุ่มที่ได้ประโยชน์สูงสุด

อ้างอิง

1. Rayner HC, Besarab A, Brown WW, Disney A, Saito A, Pisoni RL. Vascular access results from the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS): performance against Kidney Disease Outcomes Quality Initiative (K/DOQI) Clinical Practice Guidelines. *Am J Kidney Dis* 2004 Nov; 44(5 Suppl 2): 22 - 6

2. Pittet D, Tarara D, Wenzel RP. Nosocomial bloodstream infection in critically ill patients. Excess length of stay, extra costs, and attributable mortality. *JAMA* 1994 May 25; 271(20): 1598-601
3. Trautner BW, Darouiche RO. Catheter-associated infections: pathogenesis affects prevention. *Arch Intern Med* 2004 Apr 26; 164(8): 842 - 50
4. Vogel L, Sloos JH, Spaargaren J, Suiker I, Dijkshoorn L. Biofilm production by *Staphylococcus epidermidis* isolates associated with catheter related bacteremia. *Diagn Microbiol Infect Dis* 2000 Feb; 36(2): 139-41
5. Beathard GA. Management of bacteremia associated with tunneled-cuffed hemodialysis catheters. *J Am Soc Nephrol* 1999 May; 10(5): 1045-9
6. Timsit JF, Farkas JC, Boyer JM, Martin JB, Misset B, Renaud B, Carlet J. Central vein catheter-related thrombosis in intensive care patients: incidence, risks factors, and relationship with catheter-related sepsis. *Chest* 1998 Jul; 114(1): 207-13
7. Suojanen JN, Brophy DP, Nasser I. Thrombus on indwelling central venous catheters: the histopathology of "Fibrin sheaths". *Cardiovasc Intervent Radiol* 2000 May - Jun; 23(3): 194-7
8. Forauer AR, Theoharis C. Histologic changes in the human vein wall adjacent to indwelling central venous catheters. *J Vasc Interv Radiol* 2003 Sep; 14(9 Pt 1): 1163 - 8
9. Manierski C, Besarab A. Antimicrobial locks: putting the lock on catheter infections. *Adv Chronic Kidney Dis* 2006 Jul; 13(3): 245 - 58

10. Lee T, Barker J, Allon M. Tunneled catheters in hemodialysis patients: reasons and subsequent outcomes. *Am J Kidney Dis* 2005 Sep; 46(3): 501 - 8
11. Chatzinikolaou I, Finkel K, Hanna H, Boktour M, Foringer J, Ho T, Raad I. Antibiotic-coated hemodialysis catheters for the prevention of vascular catheter-related infections: a prospective, randomized study. *Am J Med* 2003 Oct 1; 115(5): 352 - 7
12. Rupp ME, Lisco SJ, Lipsett PA, Perl TM, Keating K, Civetta JM, Mermel LA, Lee D, Dellinger EP, Donahoe M, et al. Effect of a second-generation venous catheter impregnated with chlorhexidine and silver sulfadiazine on central catheter-related infections: a randomized, controlled trial. *Ann Intern Med.* 2005 Oct 18;143(8):570-80
13. Trerotola SO, Johnson MS, Shah H, Kraus MA, McKusky MA, Ambrosius WT, Harris VJ, Snidow JJ. Tunneled hemodialysis catheters: use of a silver-coated catheter for prevention of infection—a randomized study. *Radiology* 1998 May; 207(2): 491 - 6
14. Bambauer R, Mestres P, Schiel R, Bambauer S, Sioshansi P, Latza R. Long-term catheters for apheresis and dialysis with surface treatment with infection resistance and low thrombogenicity. *Ther Apher Dial* 2003 Apr; 7(2): 225 - 31
15. Alderman RL, Sugarbaker PH. Prospective nonrandomized trial of silver impregnated cuff central lines. *Int Surg* 2005 Sep - Oct; 90(4): 219 - 22
16. Sandhu S, Luthra A. New biointeracting materials. *Med Device Technol* 2002 Oct; 13(8): 10 - 4, 16
17. Kakkos SK, Haddad GK, Haddad RK, Scully MM. Effectiveness of a new tunneled catheter in preventing catheter malfunction: a comparative study. *J Vasc Interv Radiol* 2008 Jul; 19(7):1018 - 26
18. Jain G, Allon M, Saddekni S, Barker JF, Maya ID. Does heparin coating improve patency or reduce infection of tunneled dialysis catheters? *Clin J Am Soc Nephrol* 2009 Nov; 4(11): 1787-90
19. Falagas ME, Fragoulis K, Bliziotis IA, Chatzinikolaou I. Rifampicin-impregnated central venous catheters: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Antimicrob Chemother* 2007 Mar; 59(3): 359-69
20. Walder B, Pittet D, Tramer MR. Prevention of bloodstream infections with central venous catheters treated with anti-infective agents depends on catheter type and insertion time: evidence from a meta-analysis. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2002 Dec; 23(12): 748 - 56
21. Darouiche RO, Raad, II, Heard SO, Thornby JI, Wenker OC, Gabrielli A, Berg J, Khardori N, Hanna H, Hachem R, et al. A comparison of two antimicrobial-impregnated central venous catheters. *Catheter Study Group. N Engl J Med* 1999 Jan 7; 340(1): 1 - 8
22. Gilbert RE, Harden M. Effectiveness of impregnated central venous catheters for catheter related blood stream infection: a systematic review. *Curr Opin Infect Dis* 2008 Jun; 21(3): 235 - 45
23. Beathard GA. Catheter management protocol

for catheter-related bacteremia prophylaxis.
Semin Dial 2003 Sep - Oct; 16(5): 403 - 5
24. Sullivan R, Samuel V, Le C, Khan M, Alexandraki

I, Cuhaci B, Nahman NS Jr. Hemodialysis
vascular catheter-related bacteremia. Am J
Med Sci 2007 Dec; 334(6): 458 - 65