

แนวทางปฏิบัติ

เรื่อง

การเตรียมน้ำบริสุทธิ์ เพื่อการฟอกเลือด ด้วยเครื่องไตเทียม

โดย

สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย

ฉบับปี พ.ศ. 2550



แนวทางปฏิบัติ
เรื่อง
การเตรียมน้ำบริสุทธิ์เพื่อการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม
โดยสมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย
ฉบับปี พ.ศ. 2550

ชบัญญัติ M.๒. ๕๕๕๐
ประชุมที่ประชุมแพทยสภา
ประชุมที่ประชุมแพทยสภา
๒๕๕๐
๒๕๕๐





แนวทางปฏิบัติ

เรื่อง

การเตรียมน้ำบริสุทธิ์เพื่อการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม

โดย สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย

ฉบับปี พ.ศ. 2550

ISBN: 974-13-1065-4

พิมพ์ครั้งที่ 1 พฤศจิกายน 2550

จำนวนพิมพ์ 2,000 เล่ม

จัดพิมพ์โดย สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย

คำนำ

สรุป

การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมเป็นวิธีการรักษาผู้ป่วยไตวายเรื้อรังและเฉียบพลันที่สำคัญและทันสมัย เป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน ซึ่งการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมในประเทศไทยมีได้จำกัดอยู่แต่ในเฉพาะโรงพยาบาลระดับตติยภูมิตั้งแต่ในกรุงเทพฯ ครอบคลุมถึงโรงพยาบาลระดับอำเภอ รวมถึงมีการจัดตั้งศูนย์ไตเทียมเอกชนนอกโรงพยาบาลอีกด้วย ทั้งนี้เป็นเพราะวิวัฒนาการของการรักษาด้วยวิธีการนี้ได้ก้าวหน้าไปอย่างมาก สามารถพัฒนาเครื่องไตเทียมให้มีขนาดเล็กลง ใช้งานง่าย มีระบบความปลอดภัยมากขึ้น อุปกรณ์ที่ใช้มีราคาถูกลงเนื่องจากสามารถผลิตได้เองภายในประเทศและมีปริมาณความต้องการในการผลิตที่มากพอ ประกอบกับสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยดีขึ้น ระบบสวัสดิการต่างๆ สามารถขยายขอบเขตการช่วยเหลือด้านการรักษาพยาบาล ทำให้ผู้ป่วยสามารถเข้าถึงการรักษาด้วยวิธีไตเทียมได้มากขึ้น ส่วนในด้านบุคลากรผู้ให้บริการแม้ว่าจะยังมีไม่เพียงพอแต่ก็ได้รับการสนับสนุนเพื่อเพิ่มจำนวนฝึกอบรมมากขึ้นทั้งในส่วนของแพทย์และพยาบาลไตเทียม

สิ่งสำคัญที่จะต้องเน้นควบคู่ไปกับการเพิ่มขยายในเชิงปริมาณก็คือ การควบคุมดูแลด้านคุณภาพ เนื่องจากการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมแม้ว่าปัจจุบันจะทำได้ง่ายขึ้นกว่าในสมัยก่อน แต่ก็ยังมีความเสี่ยงต่างๆ อีกมากที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการให้บริการผู้ป่วยหรือในขั้นตอนการเตรียมความพร้อมเพื่อให้บริการ ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อผู้ป่วยจนเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ ระบบการเตรียมน้ำบริสุทธิ์เพื่อใช้ในการฟอกเลือดเป็นขบวนการ



หนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งแม้จะไม่ใช่เป็นขบวนการที่ใช้รักษาผู้ป่วย โดยตรงก็ตาม การฟอกเลือดแต่ละครั้งต้องใช้น้ำปริมาณมากถึง 120 ลิตร และน้ำสามารถซึมผ่านเข้ากระแสเลือดผู้ป่วยได้ น้ำที่ใช้จึงต้องมีความสะอาด บริสุทธิ์ตามมาตรฐาน ดังนั้นขบวนการควบคุมคุณภาพในระบบการเตรียมน้ำบริสุทธิ์จึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งสำหรับศูนย์ไตเทียม

สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย ได้เล็งเห็นความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้นและตระหนักถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในระบบการให้บริการฟอกเลือดผู้ป่วยด้วยเครื่องไตเทียม จึงได้ออกแนวทางปฏิบัติเกี่ยวกับการเตรียมน้ำบริสุทธิ์เพื่อใช้ในการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมขึ้นฉบับแรกเมื่อปี พ.ศ. 2546 แนวทางปฏิบัติฉบับนี้เป็นการแก้ไขปรับปรุงจากแนวทางฉบับแรก โดยได้นำปัญหาที่พบจากการเยี่ยมสำรวจของคณะกรรมการตรวจรับรองสถานพยาบาลที่ให้บริการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมของราชวิทยาลัยอายุรแพทย์แห่งประเทศไทย (ตรต.) ปัญหาและข้อเสนอแนะจากการสัมมนาของสมาคมโรคไตแห่งประเทศไทยเมื่อวันที่ 26 มกราคม 2550 ตลอดจนได้ค้นคว้าแนวทางปฏิบัติใหม่ๆ จากต่างประเทศมาพิจารณาปรับประยุกต์ให้เหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน เพื่อให้สามารถใช้เป็นแนวทางปฏิบัติทั่วไปอย่างมีคุณภาพและเป็นมาตรฐานเดียวกัน

สุดท้ายนี้ทางสมาคมฯ ต้องขอขอบคุณ คณะทำงานปรับปรุงแนวทางการเตรียมน้ำบริสุทธิ์เพื่อการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม ที่ได้สละเวลาศึกษาข้อมูลตลอดจนนำข้อคิดเห็นจากสมาชิกมาวิเคราะห์ รวบรวมเรียบเรียงจนสำเร็จเป็นอย่างดี ขออานิสงส์แห่งคุณความดีเหล่านี้โดยหวังประโยชน์ต่อผู้ป่วยเป็นที่ตั้ง ได้โปรดดลบันดาลให้คณะผู้ทำงาน ตลอดจนผู้สนับสนุนทุกท่าน ประสบแต่ความสุข ความเจริญ ยิ่งๆ ขึ้นไป

ศาสตราจารย์แพทย์หญิง ลีนา องอาจยุทธ

นายกสมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย

สารบัญ

ขงภยทิ

รยณมคณะทงนงปรบปรนงนงวทง

การเตรียมน้ำบริสุทธิ์เพื่อการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม 6

บทนำ 7

นงยงม 8

นงวทงปรบปรนง

1. คุณภณนงน้ำบริสุทธิ์ทงใช้ในการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม 12

2. การตรวงสรบคณภณนงน้ำบริสุทธิ์ 14

3. การตงตงระบบผลตงนงน้ำบริสุทธิ์ 18

4. การววงระบบจ่ายนงน้ำบริสุทธิ์ 20

5. การบงรวงรักษาระบบผลตงนงน้ำบริสุทธิ์ 23

6. การบงรวงรักษาระบบจ่ายนงน้ำบริสุทธิ์ 28

นงวทง ก คงอธบยประกอบนงวทงปรบปรนง 32

นงวทง ข การตรวงหาระตบ endotoxin 42

นงวทง ค ทวอยงงวทงการตรวงสรบสารเคมทงปนเปอนดวยตนเอง 43

นงวทง ง ทวอยงงดงการบงรวงรักษาระบบเตรียมนงน้ำบริสุทธิ์ 48

เอกสารอ้งอง 56



**รายนามคณะกรรมการปรับปรุงแนวทาง
การเตรียมน้ำบริสุทธิ์เพื่อการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม
ของสมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย**

- | | |
|--|------------------------|
| 1. ศ.พญ. ลีนา อองอาจยุทธ | ที่ปรึกษา |
| 2. ศ.นพ. เกรียง ตั้งสง่า | ที่ปรึกษา |
| 3. น.อ. กลศร ภัคโชตานนท์ | ประธานคณะกรรมการ |
| 4. ศ.นพ. วสันต์ สุเมธกุล | คณะกรรมการ |
| 5. ผศ.นพ. เกื้อเกียรติ ประดิษฐ์พรศิลป์ | คณะกรรมการ |
| 6. นพ. ชัยยศ วรวิญญวงศ์ | คณะกรรมการ |
| 7. พ.ต.ท.นพ. ธนิต จิรนนท์ธวัช | คณะกรรมการ |
| 8. พญ. ธนินดา ตระการวนิช | คณะกรรมการ |
| 9. นพ. อุดม ไกรฤทธิชัย | คณะกรรมการ |
| 10. พ.ท. อำนาจ ชัยประเสริฐ | คณะกรรมการ |
| 11. ผศ.นพ. ทวี ชาญชัยรุจิรา | คณะกรรมการ |
| 12. คุณदनัย กวยอะไพ | คณะกรรมการ |
| 13. คุณอิชณีย์ พุทธิมนตรี | คณะกรรมการ |
| 14. พ.ต.ท.หญิง จิตรสุดา เอื้อมานะพงษ์ | คณะกรรมการ |
| 15. คุณตรุณี จันทระเลิศฤทธิ์ | คณะกรรมการ |
| 16. คุณสุชาดา บุญแก้ว | คณะกรรมการ |
| 17. คุณปิ่นแก้ว กล้ายประยงค์ | คณะกรรมการ |
| 18. คุณนงนุช เอื้อสุจริตวงศ์ | คณะกรรมการ |
| 19. คุณพรพิศ เมฆสวัสดิ์ | คณะกรรมการ |
| 20. คุณสมรัก รอดพ่าย | คณะกรรมการ |
| 21. คุณผกามาศ มณีรัตน์ | คณะกรรมการ |
| 22. คุณจิราพร อุดมศิลป์ | คณะกรรมการ |
| 23. น.ต. พงศธร คชเสนีย์ | เลขานุการและคณะกรรมการ |

บทนำ

บทนำ

แนวทางปฏิบัติฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายใช้สำหรับการเตรียมน้ำบริสุทธิ์เพื่อการทำ conventional hemodialysis ซึ่งเป็นการฟอกเลือดชนิดพื้นฐานที่ใช้รักษาผู้ป่วยในศูนย์ไตเทียมทั่วไปเป็นส่วนใหญ่ แนวทางปฏิบัตินี้ไม่ได้ครอบคลุมถึงการเตรียมน้ำบริสุทธิ์สำหรับการทำฟอกเลือดชนิด hemodiafiltration และ on-line hemofiltration หรือ on-line hemodiafiltration ซึ่งจำเป็นต้องมีแนวทางปฏิบัติอื่นนอกเหนือจากแนวทางปฏิบัติฉบับนี้เพิ่มเติมอีก เนื้อหาของแนวทางปฏิบัติแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนหลักของแนวทางปฏิบัติซึ่งเป็นการระบุถึงหลักเกณฑ์และข้อกำหนดต่างๆ ของแนวทางการเตรียมน้ำบริสุทธิ์ และส่วนภาคผนวกซึ่งประกอบด้วย คำอธิบายถึงเหตุผลของแนวทางปฏิบัติ วิธีการตรวจ endotoxin ตัวอย่างวิธีการตรวจสอบสารเคมีที่ต้องทำด้วยตนเองเป็นประจำ และตัวอย่างของตารางการบำรุงรักษาระบบเตรียมน้ำบริสุทธิ์ แนวทางปฏิบัติที่ใช้คำว่า “ต้อง” เป็นแนวทางปฏิบัติที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง ถือเป็นมาตรฐานที่จำเป็นอย่างยิ่งและต้องปฏิบัติตาม แนวทางปฏิบัติที่ใช้คำว่า “ควร” เป็นแนวทางปฏิบัติที่อาจยังไม่จำเป็นต้องปฏิบัติตาม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความพร้อมของศูนย์ไตเทียม แต่ถ้าศูนย์ไตเทียมสามารถปฏิบัติตามได้จะทำให้ได้คุณภาพของระบบการเตรียมน้ำบริสุทธิ์ดียิ่งขึ้น



นิยาม

บทนำ

Conventional hemodialysis

คือ การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมที่ขจัดสารออกจากร่างกายโดยอาศัยการแพร่ (diffusion) เป็นหลักผ่านเยื่อตัวกรองเลือด และต้องมี dialysate ไหลผ่านด้าน dialysate ของตัวกรองเลือด ตัวกรองเลือดอาจเป็นชนิด low flux หรือ high flux อาจมีการเคลื่อนผ่านของน้ำบางส่วนจากกระแสเลือดผ่านเยื่อตัวกรองเข้าสู่ด้าน dialysate ของตัวกรองเลือด ปริมาณน้ำที่เคลื่อนผ่านเท่ากับปริมาณน้ำส่วนเกินที่ต้องการขจัดออกจากร่างกาย

Hemofiltration

คือ การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมที่ขจัดสารออกจากร่างกายโดยอาศัยการพา (convection) เป็นหลักผ่านเยื่อตัวกรองเลือด ไม่มี dialysate ไหลผ่านด้าน dialysate ของตัวกรองเลือด ตัวกรองเลือดที่ใช้เป็นชนิด high flux มีการเคลื่อนผ่านของน้ำจากกระแสเลือดไหลผ่านเยื่อตัวกรองเข้าสู่ด้าน dialysate ของตัวกรองเลือดเป็นจำนวนมาก น้ำที่เคลื่อนผ่านมีปริมาณมากกว่าส่วนเกินที่ต้องการขจัดออกจากร่างกาย การฟอกเลือดวิธีนี้จำเป็นต้องให้สารละลายทดแทนกลับเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อชดเชยส่วนที่เคลื่อนผ่านเยื่อตัวกรองเลือดออกจากร่างกาย สารละลายทดแทนที่ให้อาจเป็น sterile solution

Hemodiafiltration

คือ การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมที่ขจัดสารออกจากร่างกายโดยอาศัยการพา (convection) ร่วมกับการแพร่ผ่านเยื่อตัวกรองเลือด ต้องมี dialysate ไหลผ่านด้าน dialysate ของตัวกรองเลือด ตัวกรองเลือดที่ใช้เป็นชนิด high flux มีการเคลื่อนผ่านของน้ำจากกระแสเลือดไหลผ่านเยื่อตัวกรองจำนวนมาก จนอาจทำให้แรงดันเลือดที่ส่วนปลายของตัวกรองเลือดน้อยกว่าแรงดันด้าน dialysate และเกิดกระบวนการน้ำไหลย้อนกลับจากด้าน dialysate ผ่านเยื่อตัวกรองเข้าไปในกระแสเลือด (backfiltration) การฟอกเลือดวิธีนี้จำเป็นต้องให้สารละลายทดแทนจำนวนมากกลับเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อชดเชยส่วนที่เคลื่อนผ่านเยื่อตัวกรองเลือดออกจากร่างกาย สารละลายทดแทนที่ให้อาจเป็น sterile solution และน้ำบริสุทธิ์ที่ป้อนให้กับเครื่องฟอกเลือดเพื่อผลิต dialysate ต้องมีคุณภาพระดับ ultrapure

On-line hemofiltration หรือ on-line hemodiafiltration

คือ hemofiltration หรือ hemodiafiltration ที่ใช้ dialysate ที่ผลิตจากเครื่องฟอกเลือดมาทำเป็นสารละลายทดแทนให้กลับเข้าสู่กระแสเลือดผู้ป่วย ในกระบวนการนี้ต้องมีกรรมวิธีทำให้ dialysate ส่วนที่ใช้เป็นสารละลายทดแทนมีความสะอาดใกล้เคียงกับ sterile solution น้ำบริสุทธิ์ที่ป้อนให้กับเครื่องฟอกเลือดต้องมีคุณภาพระดับ ultrapure



(ว่าง)

แนวทางปฏิบัติ
เรื่อง
การเตรียมน้ำบริสุทธิ์เพื่อการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม
โดยสมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย
ฉบับปี พ.ศ. 2550

สมุญญา ม.ช. ๕๒๒๐
ศูนย์สุขภาพไต ศูนย์การแพทย์เฉพาะทาง
มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์มวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี
๕๕๑
กรุงเทพมหานคร



1 คุณภาพน้ำบริสุทธิ์ที่ใช้ในการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม

ขั้วต่อของท่อระบายน้ำของตู้ฟอกเลือด

น้ำบริสุทธิ์ที่ใช้ในการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม มีคุณสมบัติดังนี้

- 1.1 ต้องมีจำนวนแบคทีเรียในน้ำบริสุทธิ์น้อยกว่า 200 CFU/mL และเมื่อนำไปผสมกับน้ำยาไตเทียมเข้มข้น (dialysate concentrate) จำนวนแบคทีเรียใน dialysate ที่ผสมแล้วต้องมีจำนวนน้อยกว่า 200 CFU/mL ศูนย์ไตเทียมควรกำหนดจำนวนแบคทีเรียที่ต้องเริ่มดำเนินการแก้ไข (action level) ไว้ที่ 50 CFU/mL (ดูผนวก ก ข้อ 1)
- 1.2 ควรมีปริมาณ endotoxin ปนเปื้อนน้อยกว่า 2 EU/mL ศูนย์ไตเทียมควรกำหนดปริมาณ endotoxin ที่ต้องเริ่มดำเนินการแก้ไข (action level) ไว้ที่ 1 EU/mL
- 1.3 ในการทำ hemodiafiltration หรือ on-line hemofiltration หรือ on-line hemodiafiltration ต้องใช้น้ำบริสุทธิ์ที่มีคุณภาพระดับ ultra-pure ซึ่งมีจำนวนแบคทีเรียในน้ำบริสุทธิ์น้อยกว่า 0.1 CFU/mL และปริมาณ endotoxin ปนเปื้อนน้อยกว่า 0.03 EU/mL
- 1.4 มีปริมาณสารปนเปื้อนไม่เกินค่าสูงสุดที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานของ Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI) 2006 ดังนี้

สาร	ระดับสูงสุด (mg/L)
Aluminum	0.01
Chloramines	0.1
Free chlorine	0.5
Copper	0.1
Fluoride	0.2
Lead	0.005
Nitrate (as N)	2
Sulfate	100
Zinc	0.1
Calcium	2 (0.1 mEq/L)
Magnesium	4 (0.3 mEq/L)
Potassium	8 (0.2 mEq/L)
Sodium	70 (3.0 mEq/L)
Arsenic	0.005
Barium	0.1
Cadmium	0.001
Chromium	0.014
Mercury	0.0002
Selenium	0.09
Silver	0.005
Antimony*	0.006
Beryllium*	0.0004
Thallium*	0.002

(* ดูคำอธิบายผนวก ก ข้อ 1)



2

การตรวจสอบคุณภาพน้ำบริสุทธิ์

บทบัญญัติของภยัฒบมกฎภยัฒมขุ

3

2.1 การตรวจหาจำนวนแบคทีเรียปนเปื้อนโดยวิธีเพาะเชื้อ

- 2.1.1 ต้องเก็บตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์ส่งเพาะเชื้อเป็นประจำทุกเดือนและให้เก็บตัวอย่างก่อนทำการอบฆ่าเชื้อในระบบน้ำบริสุทธิ์และ/หรือในเครื่องไตเทียม
- 2.1.2 ควรส่งตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์ ตรวจหาปริมาณ endotoxin เป็นประจำอย่างน้อยทุก 3 เดือน สำหรับศูนย์ไตเทียมที่มีการทำ hemodiafiltration หรือ on-line hemofiltration หรือ on-line hemodiafiltration ต้องส่งตรวจทุกเดือน (วิธีการตรวจ ดูผนวก ข)
- 2.1.3 ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างน้ำส่งตรวจ คือ
- ก. น้ำบริสุทธิ์ในระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์ ตำแหน่งที่ต้องส่งตรวจเป็นประจำทุกเดือน ได้แก่
- ต้นทางของระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์ ให้เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำหลัง bacteria filter ตัวแรก (ตำแหน่ง S4 ในแผนผัง ผนวก ง)
 - ปลายทางของระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์ ให้เก็บจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำก่อนน้ำบริสุทธิ์ไหลวนกลับเข้าถังเก็บน้ำบริสุทธิ์ (ตำแหน่ง S6 ในแผนผัง ผนวก ง)

- จุดจ่ายน้ำสำหรับใช้ล้างและเตรียมตัวกรองเลือด เพื่อนำกลับมาใช้ซ้ำ (ตำแหน่ง S5 ในแผนผัง ผนวก ง)
 - จุดจ่ายน้ำเพื่อใช้เตรียมน้ำยาไตเทียมเข้มข้น (กรณีที่ศูนย์ไตเทียมเตรียมน้ำยาไตเทียมเข้มข้นเอง)
- ข. dialysate ของเครื่องฟอกเลือดแต่ละเครื่อง ให้เก็บจาก outflow port ของตัวกรองเลือด ส่งตรวจอย่างน้อยเดือนละ 2 เครื่อง สลับกันไป แต่ละเครื่องต้องได้รับการส่งตรวจอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง
- ค. ตำแหน่งที่เคยพบจำนวนแบคทีเรียมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ต้องส่งตรวจซ้ำใหม่หลังดำเนินการแก้ไขจนกระทั่งผลการเพาะเชื้ออยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด
- ง. ในกรณีติดตั้งระบบน้ำบริสุทธิ์ใหม่ ต้องเก็บตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์ส่งตรวจเพื่อยืนยันความบริสุทธิ์ของน้ำที่ผลิตได้ และยืนยันผลสัมฤทธิ์ของการฆ่าเชื้อในระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์หลังการติดตั้งระบบ โดยให้เก็บตัวอย่างน้ำส่งตรวจตามตำแหน่งที่ระบุใน ข้อ 2.1.3 ก และเก็บจากตำแหน่งอื่นเพิ่มอีกดังนี้
- ตัวอย่างน้ำจากระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ ให้เก็บจากตัวอย่างน้ำหลังชุด reverse osmosis (RO) หรือหลังชุดเสริม deionizer (DI) (ตำแหน่ง S2 ในแผนผัง ผนวก ง)
 - ตัวอย่างน้ำจากถังเก็บน้ำบริสุทธิ์ (ตำแหน่ง S3 ในแผนผัง ผนวก ง)

2.1.4 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ ให้ปฏิบัติดังนี้

- ก. ล้างมือให้สะอาดและเช็ดให้แห้งด้วยผ้าสะอาด
- ข. เปิดน้ำให้ไหลผ่านหัวจ่ายน้ำที่ต้องการเก็บตัวอย่าง เป็นเวลาอย่างน้อย 60 วินาที หรือให้ปริมาณน้ำไหลผ่านอย่างน้อย 1 ลิตร เพื่อล้างสิ่งปนเปื้อนที่อาจติดค้างในหัวจ่ายน้ำออกโดยไม่ต้องใช้น้ำยาฆ่าเชื้อทำความสะอาดที่หัวจ่ายน้ำ
- ค. กรณีที่ต้องการหรือมีความจำเป็นต้องใช้น้ำยาฆ่าเชื้อทำความสะอาดหัวจ่ายน้ำที่จะเก็บตัวอย่าง ให้เช็ดด้วยแอลกอฮอล์ 70% และรอให้แห้งก่อนเริ่มเก็บตัวอย่างน้ำ
- ง. ถ้าใช้เทคนิคการเพาะเชื้อวิธี membrane filtration ให้เก็บตัวอย่างน้ำอย่างน้อย 100 mL กรณีใช้วิธี spread plate ให้เก็บอย่างน้อย 10 mL ใส่ในภาชนะที่สะอาดปราศจากเชื้อ โดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ และปิดฝาให้สนิท
- จ. นำตัวอย่างน้ำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อลงเพาะเชื้อภายใน 2 ชั่วโมง หากไม่สามารถส่งห้องปฏิบัติการได้ทันภายในเวลาที่กำหนดให้เก็บตัวอย่างน้ำไว้ที่อุณหภูมิ 4°C แล้วรีบส่งตรวจภายใน 24 ชั่วโมง

2.1.5 เทคนิคการเพาะเชื้อ ควรใช้วิธี membrane filtration โดยใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำ 100 mL หรือ อาจใช้วิธี spread plate โดยใช้ pipette ดูดปริมาณตัวอย่างน้ำ 0.1–0.5 mL ไม่ควรลงเพาะเชื้อโดยใช้ calibrated loop media ที่ใช้เพาะเชื้อต้องเป็น trypticase soy agar โดยเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35°C – 37°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือใช้ Reasoner's 2A agar หรือ tryptone glucose extract agar เป็น media

โดยเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 20°C – 22°C เป็นเวลา 168 ชั่วโมง ไม่ควรใช้ chocolate agar หรือ blood agar เป็น media ในการเพาะเชื้อ (ดูผนวก ก ข้อ 2)

2.2 การตรวจหาสารปนเปื้อนทางเคมี

เมื่อมีการติดตั้งระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ต้องเก็บตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์ที่ผลิตได้ (จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำหลัง bacteria filter ตัวแรกของระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์) ส่งตรวจหาสารต่างๆ ตามมาตรฐาน AAMI (ตามข้อ 1.4) หลังจากนั้นให้ส่งตรวจอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และมีเหตุให้สงสัยเกี่ยวกับความบริสุทธิ์ของน้ำ

3 การติดตั้งระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์

บทช่วยสอนภาคทฤษฎีสำหรับผู้ดูแล

3.1 การเตรียมน้ำดิบ

- 3.1.1 บริษัทผู้ติดตั้งระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ต้องตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบและนำเสนอข้อมูลวิธีการออกแบบระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ให้คุณยี่ไตเทียมทราบ โดยมีเป้าหมายสามารถผลิตน้ำบริสุทธิ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของคุณยี่ไตเทียม และมีความเหมาะสมในแง่การบำรุงรักษา (ดูผนวก ก ข้อ 3)
- 3.1.2 ควรมีถังล้ารงน้ำดิบ เพื่อแก้ปัญหาการขาดน้ำดิบในขณะให้บริการผู้ป่วย ถังล้ารงน้ำดิบต้องมีลักษณะปิดทึบ แสงส่องผ่านไม่ได้และควรตั้งอยู่ในที่ร่ม

3.2 ระบบกรองน้ำเบื้องต้น (pre-treatment)

- 3.2.1 ควรมี multimedia filter หรือ particle filter หรือ cartridge filter เพื่อกรองตะกอนขนาดใหญ่ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ
- 3.2.2 ต้องมีชุดลดความกระด้าง (softener) ของน้ำดิบก่อนป้อนเข้าสู่ชุด RO เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการอุดตันในแผ่นกรอง RO จากการตกตะกอนของสารกระด้าง
- 3.2.3 ต้องมีชุดผงกรองคาร์บอน (carbon filter) เพื่อดักจับสารคลอรีนหรือคลอรามินไม่ให้หลุดลอดเข้าไปสัมผัสแผ่นกรอง RO ผงคาร์บอนที่ใช้ต้องเป็นชนิด granular activated

carbon มีค่า iodine number มากกว่า 900 และต้องจัดวางชุดผงกรองคาร์บอนในลักษณะสองถังวางต่อกันแบบอนุกรม (ดูผนวก ก ข้อ 3) แต่ละถังต้องมีค่า empty-bed contact time (EBCT) อย่างน้อย 5 นาที (รวมสองถัง 10 นาที) ต้องมีหัวจ่ายน้ำหลังถังคาร์บอนแต่ละถังเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำตรวจหาปริมาณสารคลอรีนและคลอรามินในน้ำที่ไหลผ่านออกจากถังคาร์บอนแต่ละถัง

- 3.2.4 ต้องมี pre-RO filter ขนาด 5 ไมครอน ติดตั้งต่อจากชุดกรองน้ำเบื้องต้นเพื่อดักจับผงคาร์บอนหรือตะกอนแขวนลอยอื่นๆ ไม่ให้เข้าสู่ชุด RO
- 3.2.5 ต้องมีมาตรวัดแรงดันน้ำแสดงให้เห็นได้ตรงตำแหน่งขาเข้าและขาออกของชุดกรองแต่ละชุด ตามข้อ 3.2.1 – 3.2.4 เพื่อใช้ตรวจสอบการอุดตันในชุดกรองแต่ละชุด

3.3 ระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์

- 3.3.1 ต้องใช้ระบบ RO เป็นระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ ไม่ควรใช้ระบบ DI เป็นระบบหลักในการผลิตน้ำบริสุทธิ์ อาจใช้ DI เป็นชุดเสริมต่อจากชุด RO เพื่อทำให้น้ำบริสุทธิ์ที่ผลิตได้จากชุด RO มีปริมาณสารเคมี (ชนิดที่มีประจุอ่อน) ปนเปื้อนน้อยลง หรืออาจใช้ DI เป็นชุดล้ารงกรณีเกิดปัญหาขัดข้องในระบบ RO
- 3.3.2 ต้องมีระบบสัญญาณแจ้งเตือนเมื่อมีเหตุขัดข้องเกิดขึ้นในระบบ RO ทำให้ไม่สามารถผลิตน้ำบริสุทธิ์ได้ตามที่กำหนด



4

การวางระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์

แบบวางระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์

4.1 ถึงเก็บน้ำบริสุทธิ์

ระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์ที่มีถึงเก็บน้ำบริสุทธิ์ (indirect feed) ถึงเก็บน้ำบริสุทธิ์ควรมีลักษณะ ดังนี้

- 4.1.1 ควรมีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำบริสุทธิ์ที่จำเป็นต้องสำรองเพื่อไว้ใช้ในเวลาที่อาจมีการใช้น้ำบริสุทธิ์มากกว่าอัตราที่ผลิตได้ หรือใช้ในช่วงเวลาที่มีเหตุขัดข้องในระบบการผลิตน้ำบริสุทธิ์จนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาเบื้องต้นหรือสามารถหยุดการให้บริการผู้ป่วยได้โดยปลอดภัย
- 4.1.2 ถึงเก็บน้ำต้องทำด้วยวัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดสนิมและมีผิวเรียบ เช่น สแตนเลสเกรด 316 โพลีโพรไพลีนคุณภาพสูง โพลีเอทิลีน เป็นต้น ก้นถังควรมีลักษณะเป็นรูปทรงกรวย ไม่แบนราบ ระบุเปิดจ่ายน้ำควรอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุดของก้นถังเพื่อให้น้ำบริสุทธิ์ที่เก็บไว้ในถังมีการไหลเวียนออกไปใช้ได้หมด ไม่มีส่วนที่ตกค้างอยู่ในถัง
- 4.1.3 ถึงเก็บน้ำต้องมีฝาปิดสนิท และต้องมีตัวกรองขนาดไม่โตกว่า 0.2 ไมครอน ติดตั้งไว้ที่รูระบายอากาศสำหรับตัวกรองแบบที่เรียก
- 4.1.4 ต้องมีระบบสัญญาณแจ้งเตือนเมื่อระดับน้ำในถังต่ำกว่าระดับที่กำหนด เพื่อให้ผู้ใช้ทราบถึงปัญหาปริมาณน้ำบริสุทธิ์ที่ผลิตได้อาจไม่เพียงพอ

4.2 ป้อนจ่ายน้ำ

- 4.2.1 ต้องทำด้วยสแตนเลสหรือวัสดุอื่นที่มีคุณภาพสูง ทนต่อการกัดกร่อน ไม่เป็นสนิม
- 4.2.2 ควรมีป้อนจ่ายน้ำอย่างน้อย 2 ตัว เพื่อสลับใช้งาน และควรเปิดป้อนให้น้ำมีการไหลวนในระบบจ่ายน้ำตลอด 24 ชั่วโมง (ดูผนวก ก ข้อ 4)

4.3 ท่อจ่ายน้ำ

- 4.3.1 ท่อจ่ายน้ำ ข้อต่อ และวาล์ว ต้องทำด้วยวัสดุผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม เช่น สแตนเลสเกรด 316 โพลีโพรไพลีนคุณภาพสูง โพลีเอทิลีน โพลีเอทิลีนชนิด cross-linked (PEX) โพลีไวนิลคลอไรด์ชนิด U-PVC หรือ C-PVC เป็นต้น ห้ามใช้ท่อ PVC ชนิดธรรมดา หรือท่อโลหะชนิดอื่นนอกจากสแตนเลส วัสดุที่ใช้ต้องทนต่อสารเคมีที่ใช้ในการอบฆ่าเชื้อ
- 4.3.2 การเดินท่อจ่ายน้ำต้องเป็นลักษณะไหลวนกลับ (recirculating loop) ท่อไม่ควรมีขนาดใหญ่เกินไปเพื่อลดพื้นที่ผิวของระบบท่อจ่ายน้ำ ไม่ให้ปริมาณน้ำในระบบจ่ายน้ำมีมากเกินไปจนความจำเป็น และให้น้ำบริสุทธิ์สามารถไหลผ่านท่อด้วยความเร็วไม่ต่ำกว่าที่กำหนดได้ตลอดทั้งระบบจ่ายน้ำแม้ในขณะที่มีการใช้น้ำสูงสุด ความเร็วที่กำหนดคือไม่ต่ำกว่า 1.5 ฟุตต่อวินาที ในระบบจ่ายน้ำที่ไม่มีถึงเก็บน้ำบริสุทธิ์ (direct feed) หรือไม่ต่ำกว่า 3 ฟุตต่อวินาที ในระบบจ่ายน้ำที่มีถึงเก็บน้ำบริสุทธิ์
- 4.3.3 ไม่ควรเดินท่อจ่ายน้ำในระบบยาวเกินความจำเป็น หลีกเลี่ยงการเดินท่อในลักษณะหักมุมและมีข้อต่อมาก หรือมีท่อปลายปิด หรือแนวท่อที่มีการเปลี่ยนระดับขึ้นลงในลักษณะที่อาจทำให้มีอากาศตกค้างในท่อได้ซึ่งอาจส่งผลให้การอบฆ่าเชื้อในระบบทำได้ไม่ทั่วถึง

4.3.4 ท่อจ่ายน้ำสำหรับใช้ล้างและเตรียมตัวกรองเลือดเพื่อนำกลับมาใช้ซ้ำ ต้องมีการติดตั้งวาล์วน้ำทิศทางเดียว (check valve) เพื่อป้องกันน้ำไหลย้อนกลับเข้าสู่ระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์

4.4 ระบบดักกรองและฆ่าเชื้อโรค

4.4.1 ในระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์ที่มีถึงเก็บน้ำบริสุทธิ์ต้องมีระบบดักกรองและฆ่าเชื้อโรคในระบบจ่ายน้ำโดยการใช้ submicron filter หรือ ultrafilter เพื่อดักจับเชื้อโรค และใช้ ultraviolet irradiator เพื่อฆ่าเชื้อโรค ให้ติดตั้ง filter ที่ต้นทางและปลายทางของระบบจ่ายน้ำเพื่อดักกรองเชื้อแบคทีเรียในน้ำบริสุทธิ์ก่อนจ่ายให้กับเครื่องฟอกเลือดและก่อนไหลกลับเข้าสู่เก็บน้ำบริสุทธิ์ตามลำดับ ต้องมีชุด ultraviolet irradiator อย่างน้อย 1 ชุดที่ต้นทางของระบบจ่ายน้ำในตำแหน่งหน้าต่อ submicron filter หรือ ultrafilter ชุด ultraviolet irradiator ต้องมีคุณสมบัติให้ความเข้มของแสง UV ไม่น้อยกว่า 30 milliwatt-sec/cm²

4.4.2 ในระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์ที่ไม่มีถึงเก็บน้ำบริสุทธิ์ อาจไม่จำเป็นต้องมีระบบดักกรองหรือฆ่าเชื้อโรค

4.5 ระบบเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ

ต้องมีเครื่องวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ (conductivity meter หรือ resistivity meter หรือ TDS meter) ชนิด on-line ติดตั้งในระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์หรือในระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ ถ้าใช้ชุดเสริม DI ต้องมีการติดตั้งระบบแจ้งสัญญาณเตือนเมื่อคุณภาพของน้ำที่ผลิตได้ต่ำกว่าที่ผู้ใช้งานกำหนด เพื่อเตือนให้ผู้ใช้ทราบถึงกำหนดเวลาต้องฟื้นฟูสภาพ (regenerate) สารกรองชุด DI

5

การบำรุงรักษาระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์

บทบัญญัติของกฎกระทรวงมหาดไทย

๑

5.1 ระบบน้ำดิบ

- 5.1.1 ควรตรวจสอบปริมาณน้ำในถังสำรองน้ำดิบ (ถ้ามี) เป็นประจำทุกวัน
- 5.1.2 ควรตรวจสอบการทำงานของปั้มน้ำดิบและทิศทางของวาล์วน้ำก่อนเริ่มใช้งานเป็นประจำทุกวัน
- 5.1.3 ควรมีการตรวจสอบสภาพน้ำดิบเป็นประจำอย่างน้อยทุก 2 เดือน หรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแหล่งน้ำดิบ หรือเมื่อมีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำบริสุทธิ์ที่ผลิตได้ ดังนี้
 - 5.1.3.1 ตรวจสอบสภาพความขุ่นของน้ำ
 - 5.1.3.2 ตรวจสอบความเป็นกรดต่างโดยดูค่า pH ควรมีค่าระหว่าง 6.5 – 8.5
 - 5.1.3.3 ตรวจสอบความกระด้าง (hardness) ของน้ำ ควรมีค่าน้อยกว่า 500 mg/L ถ้าน้ำดิบมีค่าความกระด้างสูงกว่านี้ควรพิจารณาความจำเป็นในการปรับช่วงระยะเวลาการฟื้นฟูสภาพสารกรองของชุดลดความกระด้างให้ถี่ขึ้น และ/หรือการเพิ่มปริมาณเกลือที่ใช้ในการฟื้นฟูสภาพสารกรอง หรืออาจพิจารณาปรับปรุงชุดลดความกระด้างให้มีขนาดใหญ่ขึ้น
 - 5.1.3.4 ตรวจสอบปริมาณคลอรีน ควรมีค่าคลอรีนอิสระอย่างน้อย 0.3 mg/L ถ้าตรวจไม่พบสารคลอรีนในน้ำดิบ



ควรพิจารณาความจำเป็นในการเติมสารคลอรีนในน้ำดิบก่อนป้อนเข้าสู่ชุดกรองน้ำเบื้องต้น โดยการเผื่อปริมาณแบคทีเรียที่ฝังตัวอยู่ในระบบกรองน้ำเบื้องต้นและแนวโน้มการก่อปัญหาการติดเชื้อในระบบน้ำบริสุทธิ์ รวมทั้งการเกิดปัญหาแผ่นกรอง RO เสื่อมสภาพจากการก่อฝังตัวของแบคทีเรีย

5.1.4 ในกรณีที่มีการติดตั้งปั๊มคลอรีนควรตรวจสอบการทำงานของปั๊มคลอรีนทุกวัน

5.2 ชุดกรองตะกอน (particle filter หรือ multimedia filter)

5.2.1 ควรตรวจสอบและบันทึกค่าแรงดันน้ำด้านขาเข้าและขาออกของชุดกรองตะกอนทุกวัน ถ้ามีค่าต่างกันมากกว่า 10 psi ควรพิจารณาแก้ไขโดยการล้างหรือเปลี่ยนตัวกรองใหม่

5.2.2 ควรเปลี่ยน particle filter เป็นประจำทุกเดือน ถ้าเป็น multimedia filter หรือ sand filter ควรทำการล้างแบบ backwash ทุกวัน ถ้าเป็นระบบการล้างแบบอัตโนมัติ (autobackwash) ต้องตรวจสอบความถูกต้องของนาฬิกาตั้งเวลาทุกวัน

5.3 ชุดลดความกระด้าง

5.3.1 ควรตรวจสอบและบันทึกค่าแรงดันน้ำด้านขาเข้าและขาออกของชุดลดความกระด้างทุกวัน ถ้าค่าแรงดันน้ำลดลงต่ำกว่าที่กำหนดต้องดำเนินการแก้ไข

5.3.2 ต้องตรวจและบันทึกค่าความกระด้างของน้ำที่ไหลผ่านออกจากชุดลดความกระด้างเป็นประจำทุกวัน (ควรมีค่าน้อยกว่า 1 grain/gallon หรือ 17.1 mg/L หรือได้ผลลบโดยวิธีการตรวจแบบ semiquantitative) และควรตรวจในช่วงเวลาสิ้นสุดการบริการผู้ป่วยในแต่ละวัน เพื่อดูวงรอบของการฟื้นฟูสภาพ

สารกรอง (ดูผนวก ก ข้อ 5) สำหรับศูนย์ไตเทียมที่ให้บริการผู้ป่วยจำนวนไม่มาก อาจไม่จำเป็นต้องตรวจทุกวันแต่อย่างน้อยต้องตรวจทุกสัปดาห์ (ดูตัวอย่างวิธีการตรวจในผนวก ค)

5.3.3 ต้องมีการฟื้นฟูสภาพสารกรอง โดยการล้างแช่ด้วยน้ำเกลือเข้มข้นอย่างน้อยทุกสองสัปดาห์หรืออาจเร็วกว่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการให้บริการผู้ป่วยและผลการตรวจความกระด้าง ตามข้อ 5.3.2 ในขณะที่ฟื้นฟูสภาพสารกรองต้องให้วาล์วน้ำหลังชุดลดความกระด้างอยู่ในตำแหน่งระบายน้ำทิ้งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการฟื้นฟูสภาพเส็ดลอดเข้าสู่ระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์

5.3.4 ในกรณีที่ใช้ระบบฟื้นฟูสภาพสารกรองแบบอัตโนมัติ ต้องตรวจสอบความถูกต้องของนาฬิกาตั้งเวลาทุกวัน และตรวจสอบปริมาณเกลือในถังเกลือที่ใช้สำหรับการฟื้นฟูสภาพสารกรอง

5.3.5 เปลี่ยนสารกรองในชุดลดความกระด้างตามกำหนดหรือเมื่อเสื่อมสภาพ หมดยุการใช้งาน

5.4 ชุดผงกรองคาร์บอน

5.4.1 ควรตรวจสอบและบันทึกค่าแรงดันน้ำด้านขาเข้าและขาออกของชุดผงกรองคาร์บอนทุกวัน ถ้าค่าแรงดันน้ำลดลงต่ำกว่าที่กำหนดต้องดำเนินการแก้ไข

5.4.2 ต้องล้างตะกอนในชุดผงกรองคาร์บอนโดยวิธี backwash เป็นประจำทุกวันเพื่อป้องกันการอุดตัน ถ้าใช้ระบบการล้างแบบอัตโนมัติ ต้องตรวจสอบความถูกต้องของนาฬิกาตั้งเวลาทุกวัน

5.4.3 ต้องตรวจวัดปริมาณคลอรีนในน้ำที่ไหลผ่านออกจากถังคาร์บอนถึงแรกก่อนเริ่มให้บริการผู้ป่วยเป็นประจำทุกวันหรืออย่างน้อยทุกสัปดาห์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการให้บริการผู้ป่วย ลง



บันทึกค่าไว้ (ดูตัวอย่างวิธีการตรวจในผนวก ค) ถ้าพบปริมาณคลอรีนอิสระมากกว่า 0.5 mg/L หรือปริมาณคลอรามินมากกว่า 0.1 mg/L (ในกรณีตรวจ total residual chlorine ได้เพียงอย่างเดียวโดยไม่สามารถตรวจหาคลอรามินได้ ให้ใช้ค่า total residual chlorine มากกว่า 0.1 mg/L) ให้เปลี่ยนถึงคาร์บอนถังแรกออก สลับถังที่ 2 มาอยู่ในตำแหน่งถังแรกแทน นำถึงคาร์บอนถังใหม่ มาวางในตำแหน่งถังที่ 2 เดิม ในช่วงเวลาที่หรือการเปลี่ยนถึงคาร์บอนถังใหม่ ยังคงให้บริการผู้ป่วยได้ถ้าตรวจปริมาณคลอรีนในน้ำที่ไหลผ่านออกจากถังคาร์บอนถังที่สองได้ค่าไม่เกินกว่าค่าที่กำหนด

5.5 ชุด RO

- 5.5.1 ต้องตรวจสอบและบันทึกค่าแรงดันน้ำด้านขาเข้าและขาออกของชุด pre-RO filter เป็นประจำทุกวัน ถ้าพบว่าแรงดันลดลงมากกว่าที่กำหนดแสดงว่ามีการอุดตันเกิดขึ้น ควรเปลี่ยน pre-RO filter ใหม่
- 5.5.2 ต้องตรวจสอบและบันทึกคุณภาพน้ำที่ผลิตได้จากชุด RO โดยตรวจค่า conductivity หรือ resistivity หรือ percent solute rejection เป็นประจำทุกวัน ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงที่บ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำที่ผลิตได้เลวลงจากเดิม ให้ตรวจสอบหาสาเหตุและทำการแก้ไข
- 5.5.3 ต้องตรวจสอบและบันทึกค่าแรงดันและอัตราการไหลของน้ำในชุด RO เป็นประจำทุกวัน เพื่อเฝ้าระวังการอุดตันของแผ่นกรอง RO แรงดันที่ต้องตรวจสอบคือ feed water pressure และ final pressure อัตราการไหลของน้ำที่ต้องตรวจสอบคือ product water flow (permeate flow) และ drain water flow (concentrate flow) นำไปคำนวณเป็น percent recovery rate

ถ้าพบว่า recovery rate ลดลง ควรมีการล้างหรือเปลี่ยนแผ่นกรอง RO ใหม่ โดยช่างผู้ชำนาญ

- 5.5.4 ตรวจสอบความถูกต้องของนาฬิกา และการตั้งเวลา autoflush (ถ้ามี) เป็นประจำทุกวัน
- 5.5.5 เปลี่ยนแผ่นกรอง RO ใหม่เมื่อครบอายุการใช้งานตามกำหนด

5.6 ชุด DI

- 5.6.1 ต้องตรวจสอบและบันทึกคุณภาพน้ำที่ได้จากชุด DI โดยตรวจค่า conductivity หรือ resistivity เป็นประจำทุกวัน ต้องมีการตั้งสัญญาณแจ้งเตือนค่า conductivity หรือ resistivity ไว้ตลอดเวลาที่ให้บริการเพื่อเตือนให้มีการฟื้นฟูสภาพสารกรองก่อนที่คุณภาพน้ำจะลดลงต่ำกว่าที่กำหนดไว้ (ควรตั้งสัญญาณเตือนค่า conductivity ที่ 1 microsiemen/cm หรือค่า resistivity ที่ 1 megaOhm-cm)
- 5.6.2 ควรตรวจสอบการอุดตันในชุด DI โดยตรวจดูความแตกต่างของแรงดันน้ำด้านขาเข้าและขาออกจากชุด DI เป็นประจำทุกวัน ถ้าพบว่ามี การอุดตันต้องทำการล้างโดยวิธี backwash
- 5.6.3 เปลี่ยนสารกรองในชุด DI เมื่อหมดสภาพการใช้งาน (ดูผนวก ก ข้อ 5)



6

การบำรุงรักษาระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์

บททบทวนความรู้ก่อนปฏิบัติงาน

6.1 Filter

- 6.1.1 ควรตรวจสอบบันทึกค่าแรงดันน้ำด้านขาเข้าและขาออกของ filter ต่างๆ ที่อยู่ในระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์เป็นประจำทุกวัน และเมื่อพบว่ามีความแตกต่างของแรงดันน้ำทั้งสองด้านมากกว่า 10 psi ต้องเปลี่ยน filter จุดนั้นใหม่
- 6.1.2 ต้องเปลี่ยน bacteria filter (0.2 ไมครอน) อย่างน้อยทุก 6 เดือน และเปลี่ยนทุกครั้งเมื่อมีการอบฆ่าเชื้อในระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์ หรือเมื่อเห็นว่า filter สกปรกหรืออุดตันโดยสังเกตจากความแตกต่างของแรงดันน้ำด้านขาเข้าและขาออกของ filter
- 6.1.3 ควรเปลี่ยนตัวกรองแบคทีเรียที่ระบายอากาศของถังเก็บน้ำบริสุทธิ์ปีละครั้งหรือบ่อยกว่าถ้าอยู่ในที่มีฝุ่นละอองมาก

6.2 ปัมป์น้ำ

- 6.2.1 ตรวจสอบการเริ่มทำงานและหยุดทำงานของปั๊มให้เป็นไปตามที่กำหนดเป็นประจำทุกวัน
- 6.2.2 ตรวจสอบความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นในขณะที่ปั๊มทำงาน
- 6.2.3 ตรวจสอบการรั่วซึมของปั๊ม

6.3 การฆ่าเชื้อในระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์

- 6.3.1 เปลี่ยนหลอดไฟ ultraviolet ตามระยะเวลาที่กำหนด หรือเมื่อหลอดเสื่อมสภาพ เพื่อคงประสิทธิผลในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียอย่างต่อเนื่อง
- 6.3.2 ต้องมีการอบฆ่าเชื้อในระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์อย่างน้อยทุก 6 เดือน และต้องทำก่อนครบกำหนดหากพบจำนวนแบคทีเรียหรือปริมาณ endotoxin ในระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์มากกว่า 200 CFU/mL หรือ 2 EU/mL ตามลำดับ วิธีการอบฆ่าเชื้อในระบบจ่ายน้ำต้องทำตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ของแต่ละวิธีการ และต้องมีการล้างและตรวจสอบจนกว่าจะไม่พบสารที่ใช้ฆ่าเชื้อโรคเหลือตกค้างอยู่ในระบบน้ำบริสุทธิ์ก่อนนำน้ำบริสุทธิ์ไปใช้

(ว่าง)

ภาคผนวก

บัญชีรวม



ผนวก ก คำอธิบายประกอบแนวทางปฏิบัติ

คู่มือการดูแลระบบฮีมодиอัลลิซิส ผนวก ข

1. คุณภาพน้ำบริสุทธิ์

คุณภาพน้ำบริสุทธิ์ที่กำหนดไว้ในแนวทางปฏิบัติฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายหลักใช้สำหรับการทำ conventional hemodialysis ซึ่งเป็นการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมชนิดพื้นฐานที่ทำในศูนย์ไตเทียมทั่วไปเป็นส่วนใหญ่ สำหรับศูนย์ไตเทียมที่ทำการฟอกเลือดชนิด hemodiafiltration หรือ on-line hemofiltration หรือ on-line hemodiafiltration จำเป็นต้องใช้น้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่านี้ กล่าวคือ ต้องใช้น้ำบริสุทธิ์คุณภาพระดับ ultrapure ซึ่งมีปริมาณแบคทีเรียในน้ำบริสุทธิ์น้อยกว่า 0.1 CFU/mL และปริมาณ endotoxin ปนเปื้อนน้อยกว่า 0.03 EU/mL เนื่องจากการใช้เทคนิคดังกล่าวมีโอกาสเกิด contamination ได้ง่าย จากการใช้ตัวกรองเลือดชนิด high flux ซึ่งเยื่อตัวกรองมี pore size ใหญ่ และมีโอกาสเกิด backfiltration ในระหว่างการฟอกเลือดได้ง่าย รวมทั้งการทำ on-line hemofiltration หรือ on-line hemodiafiltration จะใช้ dialysate ที่ผลิตจากเครื่องฟอกเลือดมาทำเป็นสารละลายทดแทนให้กลับเข้าสู่กระแสเลือดของผู้ป่วย

endotoxin เป็นสาร lipopolysaccharide ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของผนังเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียในกลุ่มกรัมลบ มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 300,000–1,000,000 ดาลตัน endotoxin เป็น pyrogen ชนิดหนึ่งสามารถกระตุ้นร่างกายให้มีปฏิกิริยาตอบสนองหลายประการ ซึ่ง

ส่วนใหญ่เป็นผลจากการกระตุ้นการหลั่งสาร inflammatory cytokines ชนิดต่างๆ ในกรณีผู้ป่วยได้รับหรือสัมผัสกับ endotoxin ในปริมาณไม่มากอาจไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองให้เห็น แต่ถ้าได้รับติดต่อกันเป็นเวลานานอาจมีผลเสียระยะยาวต่อผู้ป่วยได้ น้ำบริสุทธิ์ที่ใช้ในห้องไตเทียมจึงควรได้รับการตรวจติดตามหาปริมาณ endotoxin อย่างสม่ำเสมอ ระดับ endotoxin เป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญของการเกิดอาการไข้หนาวสั่น ซึ่งเป็นอาการไม่พึงประสงค์ที่สำคัญที่พบในระหว่างการฟอกเลือด

การกำหนดจำนวนแบคทีเรียและปริมาณ endotoxin ที่ต้องเริ่มดำเนินการแก้ไข (action level) ไว้ที่ 50 CFU/mL และ 1 EU/mL ตามลำดับ มีจุดประสงค์เพื่อให้บุคลากรที่เกี่ยวข้องขอรับดำเนินการศึกษาถึงสาเหตุ หรือเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิดถึงแนวโน้มของการเพิ่มจำนวนแบคทีเรียและปริมาณ endotoxin และหาแนวทางแก้ไขเพื่อป้องกันไม่ให้อัตราแบคทีเรีย และ endotoxin เพิ่มขึ้นจนทำให้น้ำบริสุทธิ์ไม่ได้คุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด (วิธีการตรวจ endotoxin ดูผนวก ข)

การตรวจหาคลอรินอิสระและคลอรามิน ต้องทำการตรวจทันทีหลังเก็บตัวอย่างน้ำ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการตรวจที่สามารถตรวจที่ศูนย์ไตเทียม (on-site) ได้ (ตัวอย่างวิธีการตรวจ ดูผนวก ค) สำหรับสารปนเปื้อน 3 ชนิดที่พื้กำหนดไว้ใน AAMI 2001 ตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แก่ antimony, beryllium และ thallium นั้น แนวทางปฏิบัติฉบับนี้ยังไม่ได้กำหนดให้จำเป็นต้องตรวจเนื่องจากปัญหาของห้องปฏิบัติการที่สามารถตรวจได้ยังมีจำกัด

2. การตรวจสอบคุณภาพน้ำบริสุทธิ์

การส่งตัวอย่างน้ำบริสุทธิ์เพื่อเพาะเชื้อหาปริมาณแบคทีเรียควรทำเป็นประจำทุกเดือน หรืออาจส่งตรวจก่อนกำหนดถ้ามีสิ่งบ่งชี้เกี่ยวกับความไม่บริสุทธิ์ของน้ำเกิดขึ้น เช่น มี pyrogenic reaction เกิดขึ้นกับผู้ป่วยในขณะที่ฟอกเลือด การเก็บตัวอย่างน้ำให้ทำก่อนอบฆ่าเชื้อในระบบเสมอเพื่อให้ทราบถึงคุณภาพน้ำก่อนอบฆ่าเชื้อ ถ้าจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างน้ำส่งตรวจซ้ำในช่วงเวลาหลังอบฆ่าเชื้อก่อนเก็บตัวอย่างต้องแน่ใจว่าได้มีการล้างน้ำยาอบฆ่าเชื้อออกจากระบบจนหมดแล้ว

แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในระบบน้ำบริสุทธิ์ได้จะปรับสภาพตัวเองให้คงทนอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ขาดสารอาหาร การเพาะเชื้อเพื่อตรวจหาแบคทีเรียประเภทนี้จึงต้องใช้ media ที่ต่างไปจากแบคทีเรียทั่วไป การใช้ media ที่มีปริมาณสารอาหารต่ำให้ความไวในการเพาะเชื้อแบคทีเรียประเภทนี้ดีกว่า media มาตรฐาน เช่น chocolate agar หรือ blood agar ที่ใช้กันทั่วไป trypticase soy agar เป็น media ที่แนะนำให้ใช้ในการเพาะเชื้อน้ำจากระบบน้ำบริสุทธิ์ เพราะให้ความไวในการเพาะเชื้อสูงกว่า media ที่มีปริมาณสารอาหารต่ำชนิดอื่น เนื่องจากมี sodium chloride และ sodium bicarbonate เป็นส่วนประกอบ จึงเหมาะสำหรับแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในสารละลาย bicarbonate ชนิดเข้มข้นที่ใช้ในการฟอกเลือด AAMI แนะนำให้เพาะเชื้อใน trypticase soy agar ที่อุณหภูมิ 35°C – 37°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง มีรายงานการใช้ Reasoner's 2A agar หรือ tryptone glucose extract agar (เป็น poor nutrient media) เป็น media ในการเพาะเชื้อน้ำบริสุทธิ์โดยใช้อุณหภูมิ 20°C – 22°C เป็นเวลา 168 ชั่วโมง พบว่าให้ความไวในการตรวจหาแบคทีเรียในน้ำบริสุทธิ์ได้ดีกว่า trypticase soy agar ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีที่แนะนำไว้ใน European Best Practice Guideline

วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำส่งตรวจทางเคมี ต้องเก็บในภาชนะที่สะอาดปราศจากการปนเปื้อนของ trace element

3. ระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์

การออกแบบและการคำนวณหาขนาดของระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำบริสุทธิ์ที่ศูนย์ไตเทียมต้องการนำไปใช้ และขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำดิบของศูนย์ไตเทียม โดยทั่วไปต้องประเมินอัตราการใช้น้ำบริสุทธิ์ที่ศูนย์ไตเทียมต้องการก่อน จากนั้นหาปริมาณน้ำดิบที่ต้องป้อนให้กับชุด RO (ขึ้นอยู่กับ percent recovery ของชุด RO ที่ใช้) คุณภาพน้ำดิบจะเป็นตัวกำหนดชนิดและขนาดของชุดกรองเบื้องต้นที่ต้องใช้ เพื่อทำให้น้ำดิบมีคุณภาพและมีปริมาณที่เหมาะสมก่อนป้อนให้ชุด RO โดยต้องอาศัยค่า empty-bed contact time เป็นหลักในการคำนวณหาปริมาตรของสารกรองในแต่ละถังของชุดกรองน้ำเบื้องต้น นอกจากนี้จำนวนรอบของการให้บริการต่อวันมีส่วนในการกำหนดขนาดของชุดกรองน้ำเบื้องต้นด้วยเพราะต้องคำนึงถึงช่วงเวลาและความถี่ในการให้การบำรุงรักษาชุดกรองน้ำเบื้องต้น ซึ่งไม่ควรตรงกับเวลาในการให้บริการผู้ป่วย บริษัทผู้ติดตั้งระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ต้องตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบของศูนย์ไตเทียม และนำเสนอข้อมูลวิธีการออกแบบระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ดังกล่าวให้ศูนย์ไตเทียมทราบ

การใช้ถังคาร์บอน 2 ถังต่ออนุกรมกัน สามารถป้องกันคลอรีนหรือคลอรามินไม่ให้หลุดลอดเข้าไปทำลายแผ่นกรอง RO จนส่งผลอันตรายต่อผู้ป่วยได้ดีกว่าการใช้ถังคาร์บอนเพียงถังเดียว ทั้งนี้ต้องมีการตรวจเฝ้าระวังปริมาณคลอรีนและคลอรามินในน้ำที่ไหลผ่านออกจากถังคาร์บอนถึงแรกเป็นประจำทุกวัน เมื่อตรวจพบคลอรีนหรือคลอรามินที่จุดดังกล่าว แสดงว่า ผงกรองคาร์บอนในถังแรกเริ่มเสื่อมสภาพ ไม่สามารถดักจับสารคลอรีนหรือคลอรามินออกได้หมด



และจำเป็นต้องเปลี่ยนผงกรองคาร์บอนใหม่ ในระหว่างที่รอการเปลี่ยน
ผงกรองคาร์บอนในถังแรกนี้ สารคลอรีนหรือคลอรามินที่หลุดลอด
ออกมาจากถังคาร์บอนถังแรกจะถูกผงกรองคาร์บอนในถังที่สองซึ่ง
ยังมีประสิทธิภาพในการดักจับสารคลอรีนหรือคลอรามินได้ดี ดักจับ
ไว้ได้ ดังนั้นเมื่อเริ่มตรวจพบคลอรีนหรือคลอรามินในตัวอย่างน้ำ
ที่ไหลผ่านออกจากถังคาร์บอนถังแรก ให้รีบดำเนินการเปลี่ยนถัง
คาร์บอนถังแรก โดยปลดถังคาร์บอนถังแรกออก สลับถังคาร์บอน
ถังที่สองเดิมมาไว้ในตำแหน่งถังแรก นำถังคาร์บอนถังใหม่มาวางใน
ตำแหน่งถังที่สองแทน

การคำนวณขนาดถังคาร์บอน คำนวณจากค่า empty-bed
contact time (EBCT) ที่กำหนดให้ต้องมีอย่างน้อย 5 นาทีขึ้นไป
โดยคำนวณจากสูตร

$$EBCT = \frac{\text{ปริมาณสารคาร์บอน (ลูกบาศก์ฟุต)} \times 7.48 \text{ (แกลลอน/ลูกบาศก์ฟุต)}}{\text{อัตราการไหลผ่านที่มากที่สุดของน้ำดิบ (แกลลอน/นาที)}}$$

ตัวอย่างเช่น ถ้าวางบ่อน้ำดิบให้กับชุด RO ปริมาณ 10
แกลลอนต่อนาทีเพื่อผลิตน้ำบริสุทธิ์ ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณสารคาร์บอนที่ต้องการอย่างน้อยถึงละ} &= \frac{10 \text{ แกลลอนต่อนาที} \times 5 \text{ นาที}}{7.48} \\ &= 6.68 \text{ ลูกบาศก์ฟุต} \end{aligned}$$

หรือ ถ้าวางถังคาร์บอน EBCT ของถังคาร์บอน ขนาด 6
ลูกบาศก์ฟุต โดยมีน้ำดิบไหลผ่านในอัตรา 12 แกลลอนต่อนาที คำนวณ
ได้จาก

$$EBCT = \frac{6 \text{ ลูกบาศก์ฟุต} \times 7.48}{12 \text{ แกลลอนต่อนาที}} = 3.74 \text{ นาที}$$

ขนาดของชุด RO ขึ้นอยู่กับจำนวนเครื่องฟอกเลือดที่ศูนย์
ไตเทียมให้บริการพร้อมกัน กล่าวคือต้องผลิตน้ำบริสุทธิ์ได้ไม่น้อยกว่า
0.8 ลิตรต่อนาทีต่อเครื่องฟอกเลือด 1 เครื่อง ที่ percent recovery
ไม่ต่ำกว่า 50% และ percent solute rejection มากกว่า 90% โดย
น้ำที่ผลิตได้ต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์ที่ระบุไว้ในแนวทางปฏิบัติ
ข้อ 1. นอกจากนี้ปริมาณน้ำบริสุทธิ์ที่ผลิตได้ต้องครอบคลุมถึงน้ำที่
ใช้สำหรับล้างตัวกรองเลือด ซึ่งจะมีอัตราการใช้น้ำแตกต่างกันไปตาม
ลักษณะการบริหารจัดการในการล้างตัวกรองเลือดของศูนย์ไตเทียม

ถ้าวางระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์เป็นชนิดไม่มีถังเก็บน้ำบริสุทธิ์ซึ่ง
อาศัยแรงดันของปั้มน้ำในชุด RO เป็นตัวผลักดันน้ำบริสุทธิ์จ่ายให้เครื่อง
ฟอกเลือดโดยตรงโดยไม่มีปั้มน้ำจ่ายน้ำบริสุทธิ์โดยเฉพาะ (transfer pump)
ระบบนี้ต้องเพิ่มขนาด RO ให้สามารถผลิตน้ำบริสุทธิ์ได้มากกว่าที่
ต้องการใช้อีกอย่างน้อย 25% ขึ้นไป เพื่อให้แรงดันน้ำและอัตราการ
ไหลของน้ำบริสุทธิ์ในท่อจ่ายน้ำมีเพียงพอ กรณีนี้มีความจำเป็นต้อง
ติดตั้งถังสำรองน้ำดิบไว้เนื่องจากหากเกิดปัญหาขาดน้ำดิบ จะส่งผล
กระทบต่อการผลิตน้ำบริสุทธิ์และอาจมีผลให้ต้องหยุดให้บริการผู้ป่วย
เนื่องจากไม่มีถังน้ำบริสุทธิ์สำรองไว้ นอกจากนี้หากเกิดปัญหาขัดข้อง
ในระบบ RO อาจส่งผลให้การบริการผู้ป่วยต้องหยุดชะงักได้เช่นกัน
ศูนย์ไตเทียมควรวางแผนแนวทางปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว เพื่อ
ไม่ให้เกิดอันตรายต่อผู้ป่วย



percent recovery และ percent solute rejection ของ RO เป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพและคุณภาพของระบบ RO RO บางระบบจะมีมาตรวัดแสดงค่านี้ให้ดู ถ้าไม่มีสามารถคำนวณหาค่าดังกล่าวได้จากสูตร

$$\% \text{ Recovery} = 100 \times \frac{\text{Product flow}}{\text{Drain flow} + \text{Product flow}}$$

Product flow = Permeate flow

Drain flow = Concentrate flow

$$\% \text{ Solute rejection} = 100 \times \frac{(\text{Feed water conductivity} - \text{Product water conductivity})}{\text{Feed water conductivity}}$$

กรณีใช้ชุด DI ร่วมด้วย จะต้องผลิตน้ำบริสุทธิ์ให้มีค่า conductivity ต่ำกว่า 1 microsiemen/cm หรือมีค่า resistivity มากกว่า 1 megaohm-cm ค่า conductivity หรือค่า resistivity ของน้ำจะบ่งบอกถึงปริมาณสารเคมีชนิดที่มีประจุไอออน ชุด DI ไม่สามารถดักจับสารชนิดที่ไม่มีประจุไอออนออกได้ เช่น สารอินทรีย์ ตะกอน-แขวนลอย หรือตัวจุลชีพ เป็นต้น นอกจากนี้ชุด DI อาจเป็นที่อยู่อาศัยของแบคทีเรียได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องมีระบบกรองน้ำเบื้องต้นที่ดี และต้องมีระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำบริสุทธิ์ต่อหลังจากชุด DI เสมอ เมื่อสารกรองที่ใช้ในระบบ DI ดักจับสารที่มีประจุไอออนไว้จนถึงจุดอิ่มตัวแล้วจะไม่สามารถดักจับสารที่มีประจุไอออนไว้ได้อีก คุณภาพของน้ำที่ไหลผ่านออกมาจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยสังเกตได้จากค่า conductivity หรือค่า resistivity ของน้ำในช่วงเวลาที่ชุด DI เริ่มถึงจุดอิ่มตัวจะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างรวดเร็วตามลำดับ จึงกำหนดให้ระบบ DI ต้องสามารถผลิตน้ำที่มีค่า conductivity ต่ำกว่า 1 microsiemen/cm

หรือมีค่า resistivity มากกว่า 1 megaOhm-cm และเมื่อน้ำมีคุณภาพลดลงจนถึงเกณฑ์ดังกล่าว ต้องหยุดใช้ DI ชั่วคราวเพื่อฟื้นฟูสภาพสารกรองใหม่ หรือเปลี่ยนชุดสารกรองใหม่ และควรมีถังเก็บน้ำบริสุทธิ์สำรองไว้ใช้ในช่วงเวลาดังกล่าว จากเหตุผลที่กล่าวมาจึงไม่แนะนำให้ใช้ชุด DI เป็นระบบหลักในการผลิตน้ำบริสุทธิ์ แต่อาจใช้เป็นชุดเสริมต่อหลังจากชุด RO เพื่อทำให้น้ำบริสุทธิ์ที่ผลิตได้จากชุด RO มีความบริสุทธิ์มากยิ่งขึ้น หรืออาจใช้เป็นระบบสำรองในกรณีชุด RO เกิดปัญหาไม่สามารถผลิตน้ำบริสุทธิ์ได้

4. การวางระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์

ประเด็นสำคัญของ การวางระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์คือ การป้องกันไม่ให้เชื้อโรคก่อฝังตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้นในระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์ และการป้องกันการเกิด biofilm ที่พื้นผิวของวัสดุที่สัมผัสกับน้ำบริสุทธิ์ การใช้วัสดุที่มีผิวเรียบไม่ขรุขระจะช่วยลดการเกาะฝังตัวของเชื้อโรคที่ผิววัสดุ นอกจากนี้การทำให้น้ำเคลื่อนที่ด้วยความเร็วตามที่กำหนดไว้ตลอดเวลาจะทำให้ไม่เกิดชั้นน้ำที่หยุดนิ่งที่ผิวด้านในของท่อจ่ายน้ำ เป็นการลดการก่อฝังตัวของเชื้อโรคที่พื้นผิวของท่อได้ ระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์ที่มีถังเก็บน้ำบริสุทธิ์จะมีโอกาสเกิดการก่อฝังตัวและแพร่กระจายเชื้อโรคได้ง่ายกว่าระบบจ่ายน้ำที่ไม่มีถังเก็บน้ำบริสุทธิ์ เนื่องจากการมีถังเก็บน้ำทำให้น้ำมีการหยุดนิ่งและเป็นแหล่งให้เชื้อโรคเจริญเติบโตสะสมมากขึ้นได้ ดังนั้นควรเปิดให้น้ำบริสุทธิ์มีการไหลวนออกจากถังตลอดเวลา และถังน้ำบริสุทธิ์ไม่ควรมีขนาดใหญ่เกินไป ควรกำหนดขนาดถังให้น้ำบริสุทธิ์สามารถไหลวนออกจากถังได้หมดภายใน 45 นาที



5. การบำรุงรักษาระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์

ศูนย์ไตเทียมแต่ละแห่งควรตรวจสอบหาวงรอบเวลาในการฟื้นฟูสภาพสารกรองของชุดลดความกระด้างเป็นระยะๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการเพิ่มหรือลดจำนวนการให้บริการผู้ป่วย วิธีการหาวงรอบเวลาดังกล่าวให้เริ่มต้นนับจากวันที่ฟื้นฟูสภาพสารกรองครั้งสุดท้าย หลังจากนั้นให้ตรวจหาค่าความกระด้างในน้ำที่ไหลผ่านออกจากชุดลดความกระด้างในช่วงเวลาสิ้นสุดการให้บริการของแต่ละวัน ทำติดต่อกันไปทุกวันจนกว่าจะตรวจพบค่าความกระด้างได้ผลบวก หรือมากกว่าค่าที่กำหนด วงรอบเวลาของการฟื้นฟูสภาพสารกรองคือต้องไม่มากกว่าจำนวนวันที่นับจากการฟื้นฟูสภาพสารกรองครั้งสุดท้าย จนถึงวันก่อนที่จะตรวจพบความกระด้างในน้ำ 1 วัน

ในศูนย์ไตเทียมที่ใช้การล้างชุดสารกรองแบบอัตโนมัติต้องมีการตรวจสอบการตั้งเวลาของนาฬิกาให้ถูกต้องอยู่เสมอ เนื่องจากบางช่วงเวลาอาจมีกระแสไฟฟ้าดับ ทำให้นาฬิกาหยุดเดิน ส่งผลให้ระบบการล้างอัตโนมัติทำงานผิดพลาด และอาจทำงานในช่วงเวลาที่กำลังให้บริการผู้ป่วยซึ่งทำให้การผลิตน้ำบริสุทธิ์ในขณะนั้นมีปริมาณลดลง ไม่เพียงพอกับที่ต้องการใช้ในช่วงเวลาดังกล่าว

การฟื้นฟูสภาพสารกรองของชุด DI คือการทำให้สารกรองเรซินในชุด DI คืนประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนสารที่มีประจุไอออนได้ดังเดิม ในการใช้งานจำเป็นต้องมีการฟื้นฟูสภาพสารกรองเป็นระยะๆ เพื่อให้ชุด DI คงประสิทธิภาพตลอดเวลา การล้าง backwash และการฟื้นฟูสภาพสารกรองหลายครั้งจะทำให้สารกรองเรซินเสื่อมสภาพลงไปเรื่อยๆ เนื่องจากทั้งจำนวนและขนาดของเม็ดสารกรองเรซินลดน้อยลง มีผลให้น้ำไหลผ่านสารกรองเรซินไปอย่างรวดเร็ว ประสิทธิภาพของการแลกเปลี่ยนไอออนของชุด DI จึงลดลงไปเรื่อยๆ

น้ำที่ไหลผ่านชุด DI จะมีค่า conductivity สูงกว่าที่กำหนดเร็วขึ้นกว่าเดิม และต้องทำการฟื้นฟูสภาพสารกรองชุด DI บ่อยขึ้นๆ จนไม่คุ้มค่าในการใช้งานทั้งในแง่เวลาและค่าใช้จ่าย และเกิดปัญหาในการให้บริการผู้ป่วย ดังนั้นจึงควรเปลี่ยนสารกรองเรซินใหม่เมื่อเสื่อมประสิทธิภาพ โดยทั่วไปสารกรองเรซินจะมีอายุการใช้งานประมาณ 1-2 ปี ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณการให้บริการ



ผนวก ข
การตรวจหาระดับ endotoxin

ผนวก ข
การตรวจหาระดับ endotoxin

วิธีมาตรฐานในการตรวจหาระดับ endotoxin ได้แก่ วิธี limulus amebocyte lysate (LAL) test LAL test เป็นการทดสอบวัด endotoxin โดยใช้โปรตีนในระบบไหลเวียนของแมงดาทะเล (limulus polyphemus) โดย endotoxin จะทำหน้าที่กระตุ้น proenzyme ในระบบไหลเวียนแมงดาทะเล ให้เป็น coagulase และทำให้เกิดการแข็งตัว (clot) ของโปรตีนเกิดขึ้น การวัดปริมาณ endotoxin จะวัดจากความขุ่นของปฏิกิริยาในหลอดทดลอง ซึ่งทำได้ 2 วิธี คือ

1) วิธี turbidimetric kinetic assay

วิธีนี้เป็นวิธีมาตรฐาน มีความไวในการตรวจวัดระดับ endotoxin ได้ถึง 0.01 EU/ml. โดยใช้ turbidimetric elisa machine สามารถตรวจวัดค่าเป็นปริมาณได้

2) วิธี Gel clot

เป็นการตรวจโดยใช้ชุดตรวจ ทำได้ง่าย ไม่ต้องใช้เครื่องมือ อาศัยสายตาตรวจประเมินความขุ่นของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ไม่สามารถวัด endotoxin เป็นปริมาณที่แท้จริงได้ แต่บอกค่า endotoxin ได้จากค่าความไวของชุดตรวจที่เลือกใช้

การเก็บตัวอย่างน้ำ ให้ทำเช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อส่งเพาะเชื้อแบคทีเรีย ต้องใสในภาชนะที่สะอาดปราศจากเชื้อ มีฝาปิดมิดชิด และรีบส่งตรวจทันที

ผนวก ค
ตัวอย่างวิธีการตรวจสอบสารเคมีปนเปื้อนด้วยตนเอง

ตัวอย่างวิธีการตรวจสอบสารเคมีปนเปื้อนด้วยตนเอง

การตรวจสอบความกระด้างของน้ำด้วยวิธีไตเตรด
(EDTA Titrimetric Method)

หลักการ

ใช้สารละลายของ ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) เป็น titrant ในการไตเตรดหาค่าความกระด้าง ของน้ำตัวอย่าง

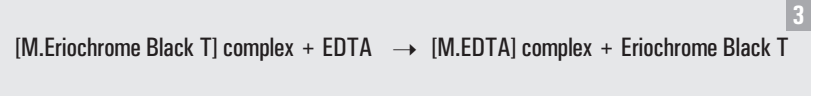
EDTA เป็น chelating agent ที่สามารถ form stable complex กับ calcium หรือ magnesium และ divalent cation อื่นๆ ที่เป็นสาเหตุให้น้ำมีความกระด้าง ดังสมการที่ 1



Eriochrome Black T เป็น indicator ที่ใช้แสดงว่า calcium, magnesium และ divalent cation อื่นๆ ทั้งหมดที่เป็นสาเหตุให้น้ำเกิดความกระด้าง form complex หมดแล้ว เกิดเป็น weak complex ion ซึ่งมีสีม่วงแดง ดังสมการที่ 2



ในระหว่างทำการไตเตรดด้วย EDTA พวก free hardness ion จะ form complex ดังสมการ 1 จนกระทั่ง EDTA ทำลายสีของ weak complex ion หมดจะได้สีน้ำเงินของ Eriochrome Black T แทน ทั้งนี้เพราะ [M.EDTA] complex ion อยู่ตัวกว่า [M.Eriochrome Black T] complex ดังนั้น Eriochrome Black T จึงถูกปล่อยตัวเป็นอิสระ สารละลายจึงกลายเป็นสีน้ำเงิน ดังกล่าว แสดงว่าถึง end point ของการทดสอบแล้ว ดังสมการที่ 3



วิธีการ

ใส่ Eriochrome Black T จำนวน 2 หยดในน้ำตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ความกระด้างของน้ำจะทำให้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดง จากนั้นทำการไตเตรดด้วย 4% Na₄EDTA ถ้าสารละลายตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินหลังจากเติม 4% Na₄EDTA หนึ่งหยด แสดงว่าน้ำตัวอย่างมีความกระด้างน้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 mg/L หรือ ppm (CaCO₃) ถ้าสารละลายตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินหลังจากเติม 4% Na₄EDTA สองหยด แสดงว่าน้ำตัวอย่างมีความกระด้างน้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 mg/L (CaCO₃) กรณีที่น้ำไม่เปลี่ยนเป็นสีม่วงแดงตั้งแต่แรกที่ใส่ Eriochrome Black T แสดงว่าน้ำไม่มีความกระด้าง

การปฏิบัติ

1. ใช้หลอดทดลองที่สะอาด เก็บน้ำตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลาย Eriochrome Black T จำนวน 2 หยด เขย่าให้เข้ากัน
3. ไตเตรดด้วย 4% Na₄EDTA ทีละหนึ่งหยด เขย่าหลอดตัวอย่างเบาๆ

4. นับจำนวนหยดของ 4% Na₄EDTA ที่ทำให้สารละลายตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน
5. คูณจำนวนหยดของ 4% Na₄EDTA ด้วย 50 mg/L ผลที่ได้คือ ค่าความกระด้าง
6. บันทึกค่าความกระด้างของน้ำตัวอย่างที่ได้ลงในตารางบันทึกผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

การตรวจหาคัลอรีนในน้ำ

□ วิธีเทียบสีโดยใช้ DPD

(DPD Colorimetric Method)

Diethyl-p-phenylene diamine (DPD) เมื่อทำปฏิกิริยากับคลอรีนในน้ำจะเกิดสีแดงที่ระดับต่างๆ ตามปริมาณคลอรีนและสารประกอบคลอรีนในน้ำตัวอย่างนั้น

สามารถหาค่าคลอรีนและสารประกอบคลอรีนต่างๆ ในน้ำตัวอย่างได้จากสาร DPD ที่เหมาะสม เช่น

- DPD No. 1** ใช้ตรวจวัดจำนวนคลอรีนอิสระ (free or available chlorine)
- DPD No. 2** ใช้ตรวจวัดจำนวนโมโนคลอรามิน (monochloramine)
- DPD No. 3** ใช้ตรวจวัดจำนวนไดคลอรามิน (dichloramine)
- DPD No. 4** ใช้ตรวจวัดจำนวนคลอรีนที่เหลือทั้งหมด (total residual chlorine)



วิธีการ

1. ใช้หลอดทดลองที่สะอาด เก็บน้ำตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร
2. ใส่ DPD No.1 ชนิดเม็ด 1 เม็ดลงในหลอดน้ำตัวอย่างและเขย่าให้ละลาย
3. เทียบสีที่เกิดกับแถบสีมาตรฐาน
4. อ่านค่าจำนวนคลอรีนอิสระที่ได้ภายในเวลา 1 นาที
5. บันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำ
6. ใส่ DPD No.2 ชนิดเม็ด 1 เม็ด ลงในหลอดทดลองที่หาค่าคลอรีนอิสระตามข้อ 4 เขย่าให้ละลาย
7. เทียบสีที่เกิดกับแถบสีมาตรฐาน
8. อ่านค่าจำนวนโมโนคลอรามินที่ได้จากค่าที่เพิ่มตามความเข้มของสีที่เปลี่ยนไป
9. บันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำ
10. ใส่ DPD No.3 ชนิดเม็ด 1 เม็ด ลงในหลอดทดลองที่หาค่าโมโนคลอรามินตามข้อ 8 เขย่าให้ละลาย
11. เทียบสีที่เกิดกับแถบสีมาตรฐาน
12. อ่านค่าจำนวนไดคลอรามินที่ได้จากค่าที่เพิ่มตามความเข้มของสีที่เปลี่ยนไป
13. บันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำ
14. ค่าจำนวนไดคลอรามินรวมค่าจำนวนโมโนคลอรามินและค่าจำนวนคลอรีนอิสระที่ได้คือค่าของจำนวนคลอรีนที่เหลือทั้งหมด (total residual chlorine) ในน้ำตัวอย่าง
15. สามารถหาค่าจำนวนคลอรีนที่เหลือทั้งหมด (total residual chlorine) ในน้ำตัวอย่างได้อย่างรวดเร็วขั้นตอนเดียวโดยใช้ DPD No.4 ชนิดเม็ด 1 เม็ดละลายในน้ำตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร เทียบสีที่เกิดกับแถบสีมาตรฐาน ค่าที่อ่านได้คือค่าของจำนวนคลอรีนที่เหลือทั้งหมดในน้ำตัวอย่าง

□ วิธีเทียบสีโดยใช้สารละลาย Orthotolidine (OTO Colorimetric Method)

สารละลาย Orthotolidine เมื่อทำปฏิกิริยากับคลอรีนและสารประกอบคลอรีนต่างๆ ในน้ำจะเกิดเป็นสีเหลืองที่ความเข้มมากน้อยแปรผันตามจำนวนคลอรีนในน้ำ

การปฏิบัติตรวจสอบคลอรีนในน้ำ ทำโดยใช้สารละลาย 0.1% Orthotolidine หนึ่งหยด ใส่ในน้ำตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร จะเกิดสีเหลืองเข้มมากน้อยตามปริมาณคลอรีนและสารประกอบคลอรีนต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำตัวอย่างสามารถอ่านค่าได้โดยเทียบกับสีมาตรฐานบอกจำนวนของคลอรีนในน้ำ มีหน่วยการวัดค่าเป็นส่วนในล้านของสารละลายทั้งหมด (ppm) หรือ mg/L

วิธีการ

1. เก็บตัวอย่างน้ำ 5 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่สะอาด
2. เติมสารละลาย 0.1% Orthotolidine หนึ่งหยด
3. เขย่าหลอดตัวอย่างน้ำเบาๆ
4. เทียบสีที่เกิดกับแถบสีมาตรฐาน
5. บันทึกค่าปริมาณคลอรีนที่เหลือทั้งหมด (total residual chlorine) ลงในตารางบันทึกผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ผนวก ง ตัวอย่างตารางการบำรุงรักษาระบบเตรียมน้ำบริสุทธิ์

ศูนย์ถาวรของระบบการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม
หน่วย 1

ตารางบันทึกการตรวจคุณภาพระบบน้ำ ประจำเดือน พ.ศ.
(ดูภาพประกอบท้ายผนวก)

รายการ	ม.ค.		ก.พ.		มี.ค.	
	bacteria (CFU/mL)	endotoxin (EU/mL)	bacteria (CFU/mL)	endotoxin (EU/mL)	bacteria (CFU/mL)	endotoxin (EU/mL)
Pre RO (S1)						
Post RO (S2)						
Storage tank (S3)						
Distribution loop***						
① จุดแรก (frist outlet) (S4)						
② จุดสุดท้าย (S6)						
③ จุดล้างตัวกรองเลือด (S5)						
Dialysate in machine (S7)						
HD machine No.01						
HD machine No.02						
HD machine No.03						
HD machine No.04						
HD machine No.05						
HD machine No.06						
HD machine No.07						
ผู้รับผิดชอบ						

หมายเหตุ

1. *** ตำแหน่งนี้ต้องตรวจให้ครบทุกตำแหน่ง
2. ผลการเพาะเชื้อของน้ำตัวอย่างในระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์ ต้องมีแบคทีเรียน้อยกว่า 200 CFU/mL และ endotoxin น้อยกว่า 2 EU/mL
3. Action level ของแบคทีเรียและ endotoxin กำหนดไว้ที่ 50 CFU/mL และ 1 EU/mL ตามลำดับ
4. การตรวจคุณภาพของ dialysate ของเครื่องฟอกเลือด ให้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างส่งตรวจอย่างน้อย 2 เครื่องต่อเดือน และหมั่นเวียนให้ครบทุกเครื่อง ภายใน 1 ปี

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ RO ตามมาตรฐาน AAMI เมื่อ





ตารางตรวจสอบระบบน้ำบริสุทธิ์ของคุณไตเทียม เดือน พ.ศ.
(ดูภาพประกอบท้ายผนวก)

รายการ	การตรวจ	ค่าปกติ	หน่วย	จ	อ	พ	พฤ	ศ	ส	อา
Raw water Filter Pressure (1)	แรงดันน้ำ (เข้า/ออก)		psi	/	/	/	/	/	/	/
	แรงดันลด	<10	psi							
Chlorination unit (2)	บีมจ่าย 1 หรือ 2			/	/	/	/	/	/	/
	ORP meter		MV							
	Chlorine level		liter							
Raw water pump (3)	บีมจ่ายน้ำ 1 หรือ 2		psi	/	/	/	/	/	/	/
	ปริมาณคลอรีน ในน้ำ	>0.3	mg/L							
Multimedia / Sand / Depth filter / Particle filter (4)	แรงดันน้ำ (เข้า/ออก)		psi	/	/	/	/	/	/	/
	แรงดันลด (เข้า-ออก)	<10	psi							
Water softener (5)	นาฬิกาตั้งเวลา	ตรง / ไม่ตรง		Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N
	แรงดันน้ำ (เข้า/ออก)		psi	/	/	/	/	/	/	/
	แรงดันลด	<10	psi							
	นาฬิกาตั้งเวลา	ตรง / ไม่ตรง		Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N
Activated carbon (6)	ระดับเกลือในถัง			Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N
	ความกระด้างของน้ำ	<17.1	mg/L							
	แรงดันน้ำ (เข้า/ออก)		psi	/	/	/	/	/	/	/
	แรงดันลด		psi							
Cartridge filter (5µ) (7)	นาฬิกาตั้งเวลา	ตรง / ไม่ตรง								
	ปริมาณคลอรีน	<0.1	mg/L							
	แรงดันน้ำ (เข้า/ออก)		psi	/	/	/	/	/	/	/
Pre-RO UV (8)	แรงดันลด	<10	psi							
	หลอดไฟ, UV	ติด / ดับ		Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N
ระบบ RO (9)	แรงดันน้ำเข้า	<200	psi							
	อัตราการผลิตน้ำ (QP)	L/h							
	อัตราการทิ้งน้ำ (QC)	L/h							
	ค่า conductivity	<10	mS/cm							
	% Recovery (QP/QP+QC)	>50	%							
ถังเก็บน้ำ RO	ระบบควบคุม	ปกติ / ไม่ปกติ		Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N
Transfer Pump (10)	เครื่องสูบน้ำ 1 หรือ 2	30-50	psi	/	/	/	/	/	/	/
Supply-RO UV (11)	หลอดไฟ UV	ติด / ดับ		Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N
Supply-RO Filter Pressure (12)	แรงดันน้ำ (เข้า/ออก)		psi	/	/	/	/	/	/	/
	แรงดันลด	<10	psi							
Return-RO UV (13)	หลอดไฟ UV	ติด / ดับ		Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N	Y / N
Return-RO Filter Pressure (14)	แรงดันน้ำ (เข้า/ออก)		psi	/	/	/	/	/	/	/
	แรงดันลด	<10	psi							
ผู้ตรวจสอบ										



**ตารางบันทึกการเปลี่ยนอุปกรณ์ในระบบน้ำ RO
และการอบฆ่าเชื้อระบบน้ำ**

รายการ	อุปกรณ์ที่เปลี่ยน	ระยะเวลา	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	หมายเหตุ
Water	Filter 20 µ	1 เดือน													
Multi Filter	Filter	1 ปี													
Softener	Resin	1 ปี													
Carbon	Carbon ❶	1 ปี													
	Carbon ❷	1 ปี													
Pre RO Filter	Filter 5 µ	1 เดือน													
RO	Membrane 01														
	Membrane 02														
UV	UV in line	8,000 ชั่วโมง													
Bacteria Filter	Air-vent filter	1 ปี													
	Filter 0.2 µ ❶	6 เดือน*													
	Filter 0.2 µ ❷	6 เดือน*													
Disinfection ระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์		6 เดือน**													
ผู้ตรวจสอบ															

* และเปลี่ยนทุกครั้งที่มีการอบฆ่าเชื้อระบบน้ำบริสุทธิ์ หรือเมื่อเห็นว่า filter สกปรกหรืออุดตัน

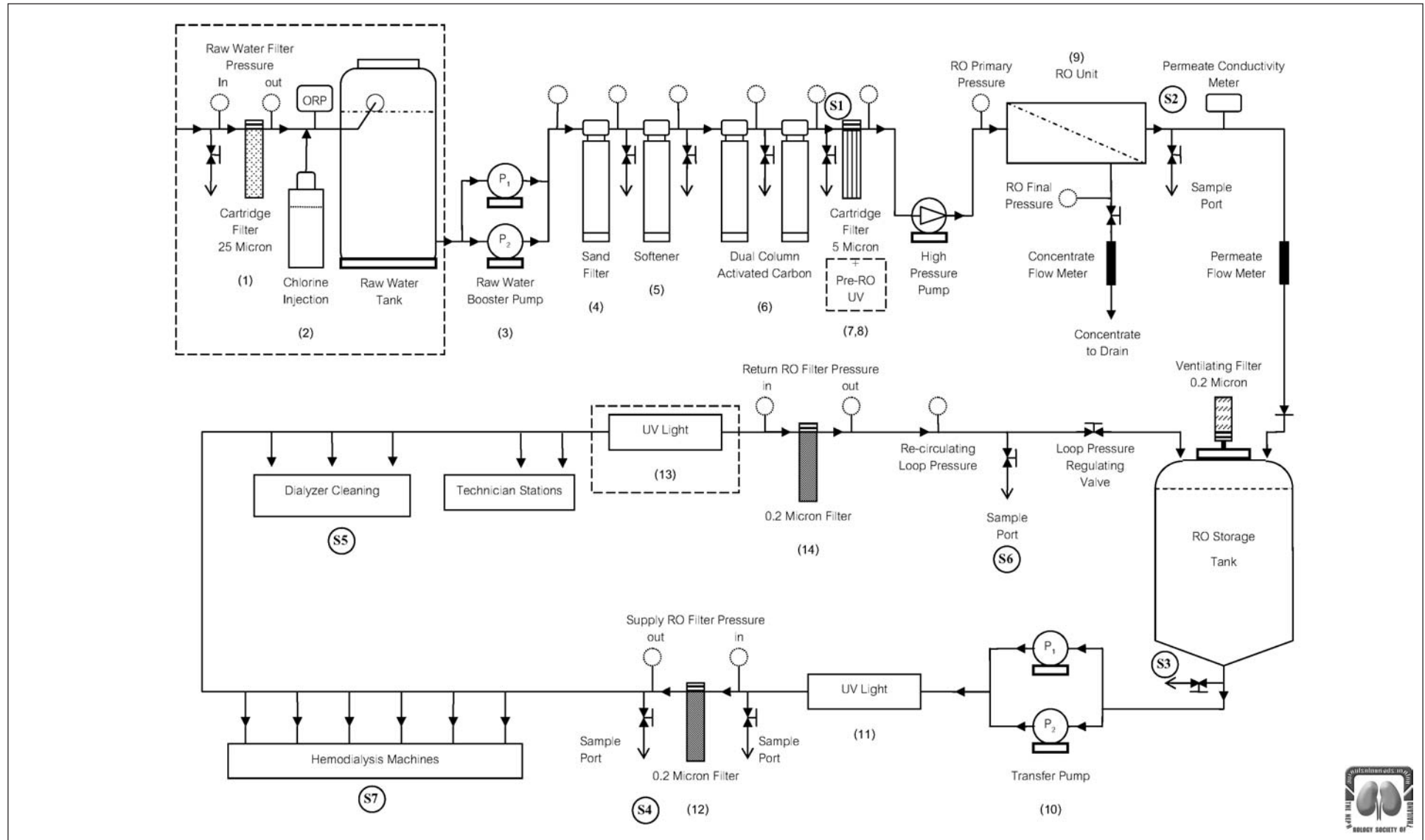
** ต้องทำก่อนกำหนด ถ้าผลการเพาะเชื้อของน้ำตัวอย่างในระบบจ่ายน้ำบริสุทธิ์พบแบคทีเรียมากกว่า 200 CFU/mL หรือตรวจพบ endotoxin มากกว่า 2 EU/mL



**แผนผังแสดงตัวอย่างการจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ
ในระบบน้ำบริสุทธิ์ที่ใช้ในศูนย์ไตเทียม
และตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจสอบคุณภาพ**

คำอธิบายประกอบภาพ

- ตำแหน่งในจุดไข่ปลาในภาพ ไม่ใช่ข้อบังคับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับนโยบายศูนย์ไตเทียมของแต่ละสถาบัน
- การตรวจสอบปริมาณน้ำมีจุดประสงค์ให้ทำการตรวจสอบการทำงานและการรั่วซึมของบ่มน้ำให้คงสภาพเป็นปกติ พร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา



เอกสารอ้างอิง

พฤษภาคม ๒๕๖๔

- Association for the Advancement of Medical Instrumentation. American National Standard, ANSI/AAMI RD52:2004: Dialysate for hemodialysis. Arlington, VA: Association for the Advancement of Medical Instrumentation; 2004.
- Association for the Advancement of Medical Instrumentation. American National Standard, ANSI/AAMI RD62:2006: Water treatment equipment for hemodialysis applications. Arlington, VA: Association for the Advancement of Medical Instrumentation; 2007.
- European Renal Association–European Dialysis and Transplant Association. European Best Practice Guidelines for Haemodialysis (Part 1), Section IV: Dialysis fluid purity. Nephrol Dial Transplant 2002;17[suppl 7]:45–62.

