วารสาร Mahidol R2R e-Journal ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 ประจำเดือนมกราคม-เมษายน 2566
Received: September 4, 2020, Revised: August 1, 2021 , Accepted: February 7, 2022
http://doi.org/10.14456/jmu

ประสิทธิภาพของน้ำยา 0.12% คลอเฮกซิดีนกลูโคเนต ด้านการฆ่าเชื้อแบบครั้งคราว ในระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟัน

Efficacy of 0.12% chlorhexidine gluconate on periodic disinfections of dental unit waterlines

นิวัฒน์ พันธ์ไพศาล[1*] พบชัย งามสกุลรุ่งโรจน์[2] ณัฐกฤตา เสร็จกิจ[1] และ สุนีย์ ลิ้มศรีวาณิชยกร[2]
Niwat Phanpaisan[1*], Popchai Ngamskulrungroj[2], Nattakrita Sedkit[1] and Sunee Limsrivanichakorn[2]

บทคัดย่อ

น้ำที่ไหลเข้าระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟัน (dental unit waterline: DUWL) มีปริมาณจุลินทรีย์จำนวนเล็กน้อย ขณะที่เมื่อฉีดพ่นเข้าสู่ช่องปากกลับมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจจะทำให้ทั้งผู้ป่วยและบุคลากรทางทันตกรรมมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อบางอย่างได้ **วัตถุประสงค์:** เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและหาความถี่ที่เหมาะสมของการใช้น้ำยา 0.12% คลอเฮกซิดีนกลูโคเนต (chlorhexidine gluconate: CHX) แบบครั้งคราว สำหรับฆ่าเชื้อภายในระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟัน **วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ:** สามยูนิตทำฟันถูกกำหนดเป็นยูนิต A, B และ C ตามลำดับ ซึ่งมีภาชนะเก็บน้ำของตัวเองถูกใช้ในการศึกษาเป็นเวลาสองสัปดาห์ ในแต่ละสัปดาห์ได้ทำการฆ่าเชื้อ DUWL ของยูนิต A เป็นเวลา 5 วัน (วิธีที่ 1) และยูนิต B เป็นเวลา 1 วัน (วิธีที่ 2) ตลอดทั้งคืนด้วย 0.12% CHX ส่วนยูนิต C ไม่ได้ทำการฆ่าเชื้อเพื่อใช้เป็นยูนิตควบคุม ตัวอย่างน้ำถูกเก็บภายใน 2 สัปดาห์ น้ำกรองของโรงพยาบาลศิริราชซึ่งเป็นแหล่งน้ำของยูนิตทำฟันถูกเก็บ 1 ตัวอย่างต่อสัปดาห์ และก่อนการฆ่าเชื้อ DUWL ตัวอย่างน้ำ 3 ตัวอย่างจากแต่ละยูนิตทำฟัน (A, B, C) ถูกเก็บเพื่อใช้เป็นตัวอย่างพื้นฐาน หลังการฆ่าเชื้อ DUWL น้ำจากแต่ละยูนิต A และ B ถูกเก็บ 1 ตัวอย่างต่อวัน 5 วันต่อสัปดาห์เพื่อใช้เป็นตัวอย่างทดสอบ สำหรับยูนิต C น้ำถูกเก็บ 1 ตัวอย่างต่อวัน 5 วันต่อสัปดาห์เพื่อใช้เป็นตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างน้ำทั้งหมดจำนวน 35 ตัวอย่าง ถูกส่งตรวจเพื่อหาปริมาณจุลินทรีย์แอโรบิกทั้งหมด (total aerobic microbial count) และชนิดของจุลินทรีย์ตามมาตรฐานน้ำดื่ม

ผล: เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดโดยสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (200 cfu/ml) พบว่าตัวอย่างน้ำจากยูนิตทำฟันทั้งหมดในแต่ละสัปดาห์มีปริมาณจุลินทรีย์มากกว่ามาตรฐาน และเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ที่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญพบได้จากยูนิต A ในสัปดาห์ที่ 1 หลังการฆ่าเชื้อ (P = 0.034) เท่านั้น และมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญของปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างอื่นๆ ในช่วงเวลาที่ทำการทดลอง

บทสรุป: ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษาคุณสมบัติทางชีววิทยาในหลอดทดลอง (*in vitro* study) นี้ พบว่าการใช้น้ำยา 0.12% CHX ในการฆ่าเชื้อ DUWL แบบครั้งคราวไม่สามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ให้ได้ตามมาตรฐานสากล ดังนั้นจึงแนะนำว่าถ้าเป็นไปได้ควรใช้น้ำยา 0.12% CHX ฆ่าเชื้อด้วยความถี่ที่มากกว่าห้าวันต่อสัปดาห์ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในการฆ่าเชื้อ DUWL

คำสำคัญ: ระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟัน จุลินทรีย์ คลอเฮกซิดีนกลูโคเนต

[1*] งานทันตกรรม โรงพยาบาลศิริราช คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

[2] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

[1*] Dental Division of Siriraj Hospital, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University

[2] Department of Microbiology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University

[*] corresponding author, E-mail : niwat_ph@hotmail.com

Received: September 4, 2020, Revised: August 1, 2021 , Accepted: February 7, 2022
http://doi.org/10.14456/jmu

Abstract

The water flowing into a dental unit waterline (DUWL) system has a small amount of microorganisms while that forced intraorally a large one. The latter may put both patients and dental personnel at risk of some infections. **Objective:** To study an efficacy and an optimal usage frequency of 0.12% chlorhexidine gluconate (CHX) solution in periodic disinfections for reducing DUWL microbial contamination. **Materials and Methods:** Three dental units designated as Units A, B, and C, respectively, with their own water-container were used for two weeks. On a weekly basis, DUWLs of Units A and B underwent a 5- (method 1) and a 1- (method 2) day disinfection, respectively, overnight with 0.12% CHX. Unit C was left undisinfected control. Water samples were collected within 2 weeks. The filtered water of Siriraj Hospital, which is the water source of dental units was collected one sample per week. Before disinfection of DUWL, 3 samples of water from each dental unit (A, B, C) were collected for use as the baseline samples. After disinfection of DUWL, water from each unit A and B were collected 1 sample per day, 5 days a week for use as the test samples. For unit C, water were collected 1 sample per day, 5 days a week for use as the control samples. Total of 35 water samples were examined for total aerobic microbial count and type of microorganisms according to drinking water standards.

Results: When compared to that determined by American Dental Association (200 cfu/ml), water samples from all dental units in each week contained more microorganisms. When compared to those of controls, a significantly lower amount of microorganisms was disclosed in only that obtained from Unit A at Week 1 post-disinfection (P = 0.034), with non-significant differences in microbial amount among other samples during the experimental period.

Conclusions: Within the limitations of this *in vitro* study, the use of 0.12% CHX solution in DUWL periodic disinfections was unable to reduce microbial contamination to the international standard. Hence, it was suggested that 0.12% CHX solution should be used as frequently over five days a week as possible for maximal efficacy of DUWL disinfections.

Keywords: dental unit waterline, microorganism, chlorhexidine gluconate

หลักการและเหตุผล

ทันตแพทย์ใช้น้ำจากยูนิตทำฟัน (dental unit) เพื่อลดความร้อนจากด้ามกรอ (handpiece) และเพื่อทำความสะอาดช่องปากของผู้ป่วยระหว่างการทำหัตถการทางทันตกรรม ซึ่งน้ำดังกล่าวในยูนิตทำฟันทั่วไปมักบรรจุในภาชนะที่มาพร้อมกับยูนิตทำฟัน โดยอาจเป็นน้ำประปา น้ำกรอง น้ำกลั่น หรือน้ำที่ผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ ซึ่งมีปริมาณจุลินทรีย์ไม่มากนัก หลังเข้ายูนิตทำฟันแล้ว น้ำจะผ่านไปตามท่อพลาสติกขนาดเล็กของระบบท่อส่งน้ำ (waterline) แล้วถูกฉีดออกสู่ช่องปากของผู้ป่วยระหว่างหัตถการต่าง ๆ ผ่านด้ามกรอชนิดใช้น้ำ (water-turbine handpiece) และกระบอกฉีดน้ำ-ลม (water-air syringe)

จุลินทรีย์ปนเปื้อนปริมาณค่อนข้างสูงในน้ำจากยูนิตทำฟัน ถูกรายงานครั้งแรกตั้งแต่เมื่อกว่า 60 ปีที่แล้ว (Blake, 1963) และจุลินทรีย์ซึ่งอาจมาจากแหล่ง

Received: September 4, 2020, Revised: August 1, 2021 , Accepted: February 7, 2022
http://doi.org/10.14456/jmu

น้ำก่อนเข้าสู่ยูนิตทำฟัน และจากภายในช่องปากของผู้ป่วย โดยผ่านด้ามกรอและกระบอกฉีดน้ำ-ลมกลับสู่ระบบท่อส่งน้ำนั้น จะเติบโตเพิ่มขึ้น สะสมเป็นกลุ่มแล้วเกาะที่ผนังภายในของท่อส่งน้ำในลักษณะไบโอฟิล์ม (biofilm) (Donlan & Costerton, 2002) และสามารถถูกนับเป็นกลุ่มต่อมิลลิลิตร (colony forming unit/ml: cfu/ml) จุลินทรีย์บนผิวของไบโอฟิล์มเติบโตได้เร็วและหลุดมาปนกับแพลงก์ตอน (plankton) ภายในท่อส่งน้ำได้ จุลินทรีย์ซึ่งหลุดมานี้อาจไปเกาะอีกครั้งหนึ่งบนพื้นผิวที่ไกลไปทางปลายน้ำ หรืออาจถูกฉีดเข้าสู่ช่องปากของผู้ป่วยได้ จุลินทรีย์ซึ่งปนเปื้อนในน้ำที่ออกจากยูนิตทำฟัน อาจมีจำนวนสูงถึง 10^5 cfu/ml (Singh et al., 2013) และอาจเป็นเชื้อก่อโรคฉวยโอกาส (opportunistic pathogen) เช่น *Streptococci* spp., *Enterococci* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella* spp. แบคทีเรียแกรมลบทรงแท่งอื่น ๆ (Ajami et al., 2012; Mills, 2000; Pankhurst, 2003) ขณะที่ทันตแพทย์ใช้งานด้ามกรอ น้ำและลมจากระบบท่อส่งน้ำ จะดันให้จุลินทรีย์เหล่านี้หลุดปนกับละอองน้ำเข้าสู่บาดแผลในช่องปาก หรือเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจผ่านทางจมูกของผู้ป่วย แล้วก่อให้เกิดการติดเชื้อภายในระบบต่าง ๆ ของร่างกายผู้ป่วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายที่มีภูมิต้านทานต่ำ (Ajami et al., 2012; Pankhurst, 2003) รวมทั้งแพร่กระจายไปยังทันตบุคลากรขณะให้บริการได้ (Walker et al., 2004) ดังนั้น สมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (American Dental Association: ADA) จึงเน้นให้ทันตบุคลากรป้องกันและควบคุมการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ระหว่างให้บริการทางทันตกรรม (ADA Council on Scientific Affairs [CSA], 1999)

ปริมาณของกลุ่มจุลินทรีย์ในน้ำจากระบบท่อส่งน้ำอาจอยู่ในช่วง 10^2-10^6 cfu/ml (Szymańska et al., 2008) แต่ปริมาณดังกล่าวต้องไม่เกิน 200 cfu/ml ตามที่ ADA กำหนด (Porteous & Cooley, 2004) หรือไม่เกิน 500 cfu/ml ซึ่งเท่ากับปริมาณที่กำหนดในน้ำดื่ม สำหรับหัตถการที่ไม่ใช่ศัลยกรรมช่องปาก ตามที่ศูนย์ควบคุมและป้องกันโรคของสหรัฐอเมริกา (Centers for Disease Control and Prevention: CDC) แนะนำ (Zhang et al., 2007)

ความเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ป่วยจะสูงขึ้นหากระบบท่อส่งน้ำปนเปื้อนจุลินทรีย์สูงกว่าค่ามาตรฐาน ไบโอฟิล์มภายในระบบท่อส่งน้ำสามารถแพร่กระจายแล้วก่อตัวเป็นไบโอฟิล์มบนลิ้นหัวใจของผู้ป่วย ทำให้เกิดเยื่อหุ้มหัวใจอักเสบ (infective endocarditis) ได้จาก *Moraxella* spp. (Mills, 2000) นอกจากนี้ จุลินทรีย์บางชนิดในน้ำจากยูนิตทำฟัน ซึ่งไม่ก่อให้เกิดโรคในคนปกติ เช่น *Pseudomonas*, *Acinetobacter* อาจก่อให้เกิดโรคในผู้ป่วยที่พักรักษาในโรงพยาบาล (Morrison et al., 1986; Schiff et al., 1961) ดังนั้น การลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟัน เป็นการปฏิบัติที่จำเป็นอย่างยิ่งในสภาวการณ์ปัจจุบันและสามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การใส่สารละลายคลอเฮกซิดีนกลูโคเนต (chlorhexidine gluconate: CHX) เข้มข้น 0.12% (ระดับเดียวกับในน้ำยาบ้วนปากที่จำหน่ายในท้องตลาด) ลงในภาชนะเก็บน้ำของยูนิตทำฟันตลอดเวลาเพื่อฆ่าเชื้อ การใช้ CHX แม้ว่าค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง แต่การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในน้ำที่ออกมาจากยูนิตทำฟันก็ถูกลดลง จนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสากล (Singh et al., 2013)

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและหาความถี่ที่เหมาะสมของการใช้น้ำยา 0.12% CHX แบบครั้งคราวสำหรับฆ่าเชื้อภายในระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟัน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการฆ่าเชื้อในยูนิตทำฟัน

สามยูนิตทำฟัน (A, B, C) ซึ่งมีภาชนะเก็บน้ำของตัวเอง และใช้น้ำกรองของโรงพยาบาลบรรจุลงในภาชนะดังกล่าว โดยน้ำจะถูกส่งผ่านระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟัน แล้วปล่อยออกสู่ช่องปากของผู้ป่วยผ่าน

Received: September 4, 2020, Revised: August 1, 2021 , Accepted: February 7, 2022
http://doi.org/10.14456/jmu

ด้ามกรอชนิดใช้น้ำ (water-turbine handpiece) และกระบอกฉีดน้ำ-ลม (water-air syringe) ขณะทำหัตถการต่างๆ และระหว่างทำการรักษาผู้ป่วยแต่ละราย จะทำการพ่นน้ำออกจากระบบเป็นเวลา 30 วินาที ตัวอย่างน้ำจะถูกเก็บจากด้ามกรอฟันของแต่ละยูนิตทำฟัน (A, B, C) เพื่อใช้เป็นค่าพื้นฐานก่อนเริ่มการศึกษา

หลังจากสิ้นสุดการรักษาผู้ป่วยในแต่ละวัน ภาชนะเก็บน้ำของยูนิต A และ B จะถูกเปลี่ยนจากน้ำกรองเป็นน้ำยา 0.12% คลอเฮกซิดีนกลูโคเนต (chlorhexidine gluconate: CHX) ซึ่งมีสีม่วง โดยน้ำยาประมาณ 250 มิลลิลิตรจะถูกส่งไปตามระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟัน และถูกพ่นออกมาทางด้ามกรอและกระบอกฉีดน้ำ-ลม จนกระทั่งน้ำเปลี่ยนเป็นน้ำสีม่วง เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำยาถูกส่งผ่านเข้าไปเต็มระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟัน และทิ้งน้ำยาไว้ในระบบตลอดทั้งคืนเพื่อทำการฆ่าเชื้อ โดยยูนิต A (วิธีที่ 1) ทำการฆ่าเชื้อ 5 วันต่อสัปดาห์ (จันทร์ ถึง ศุกร์) และยูนิต B (วิธีที่ 2) ทำการฆ่าเชื้อ 1 วันต่อสัปดาห์ (เฉพาะวันจันทร์) ส่วนยูนิต C ไม่ได้ทำการฆ่าเชื้อ ยังใช้น้ำกรองเหมือนเดิมเพื่อใช้เป็นยูนิตควบคุม (control) โดยทำการศึกษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (รูปที่ 1)

วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการศึกษา

สำหรับตัวอย่างควบคุม จะใช้น้ำ 2 ประเภท ได้แก่ 1) เก็บตัวอย่างน้ำกรองที่ใช้ใส่ภาชนะเก็บน้ำของยูนิตทำฟัน ก่อนการทดสอบในแต่ละสัปดาห์ เพื่อใช้เป็นมาตรฐานของน้ำที่เข้าทุกยูนิตทำฟัน และ 2) เก็บตัวอย่างน้ำจากด้ามกรอทั้ง 3 ยูนิตทำฟัน (A, B, C) โดยฉีดน้ำจากด้ามกรอ 800 มิลลิลิตรลงในภาชนะที่ปราศจากเชื้อ (sterile containers) ในตอนเช้าก่อนเริ่มทำหัตถการ เพื่อใช้เป็นตัวอย่างน้ำพื้นฐาน ก่อนเริ่มทำการฆ่าเชื้อระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟัน

สำหรับตัวอย่างทดลอง หลังสิ้นสุดการรักษาผู้ป่วยในแต่ละวัน และทำการฆ่าเชื้อระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟันตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เช้าวันรุ่งขึ้นก่อนเริ่มทำงาน จะทำการพ่นน้ำยา 0.12% CHX ออกจากยูนิต A และ B จนหมด หลังจากนั้น จึงเติมน้ำกรองลงในภาชนะเก็บน้ำของยูนิตทำฟันทั้ง 3 ยูนิต (A, B, C) และพ่นน้ำกรองทิ้งออกจากระบบนาน 2 นาที แล้วจึงเก็บตัวอย่างน้ำ 800 มิลลิลิตรของแต่ละยูนิตลงในภาชนะที่ปราศจากเชื้อ การเก็บตัวอย่างน้ำจากทั้ง 3 ยูนิตทำฟันจะทำวันละ 1 ครั้ง โดยทำการเก็บ 5 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ (รูปที่ 1)

ตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บจะถูกส่งตรวจเพื่อหาปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ที่ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ตามมาตรฐานของการตรวจจุลินทรีย์ในน้ำดื่ม ซึ่งมีรายการดังนี้

1. Total aerobic microbial count การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างน้ำ โดยการตรวจนับจำนวนทั้งแบคทีเรีย ราและยีสต์ที่ยังมีชีวิตในตัวอย่าง รายงานผลเป็น colony forming unit (cfu)/ml

2. Coliform count การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียในกลุ่ม coliforms ในตัวอย่างน้ำ โดยวิธี multiple tube fermentation technique หรือ MPN (Most Probable Number) เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียในกลุ่ม coliforms โดยอาศัยความสามารถในการย่อยสารอาหารให้เกิดกรดและก๊าซในหลอดทดลอง จากนั้นนำจำนวนหลอดที่ให้ผลบวกไปอ่านค่าในตาราง MPN มาตรฐาน และรายงานเป็นค่า MPN โดยการทดสอบนี้มี limit of detection ที่ 1.8 ดังนั้น หากการทดสอบให้ผลลบจะรายงานผลว่า < 1.8

3. *Escherichia coli* (*E. coli*) count การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ *E. coli* ในตัวอย่างน้ำ โดยวิธี multiple tube fermentation technique หรือ MPN เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณ *E. coli* โดยอาศัยการใช้ fluorogenic substrate เป็นการตรวจหา *E. coli* ที่มีเอนไซม์ β-glucuronidase ซึ่งสามารถย่อย substrate 4-methylumbelliferyl-β-D-glucuronide (MUG) ทำให้เกิดการเรืองแสงสีฟ้า เมื่อส่องภายใต้แสง UV ความยาวคลื่น 365-366 นาโนเมตร จากนั้นนำจำนวนหลอดที่ให้ผลบวกไปอ่านค่าในตาราง MPN

Received: September 4, 2020, Revised: August 1, 2021 , Accepted: February 7, 2022
http://doi.org/10.14456/jmu

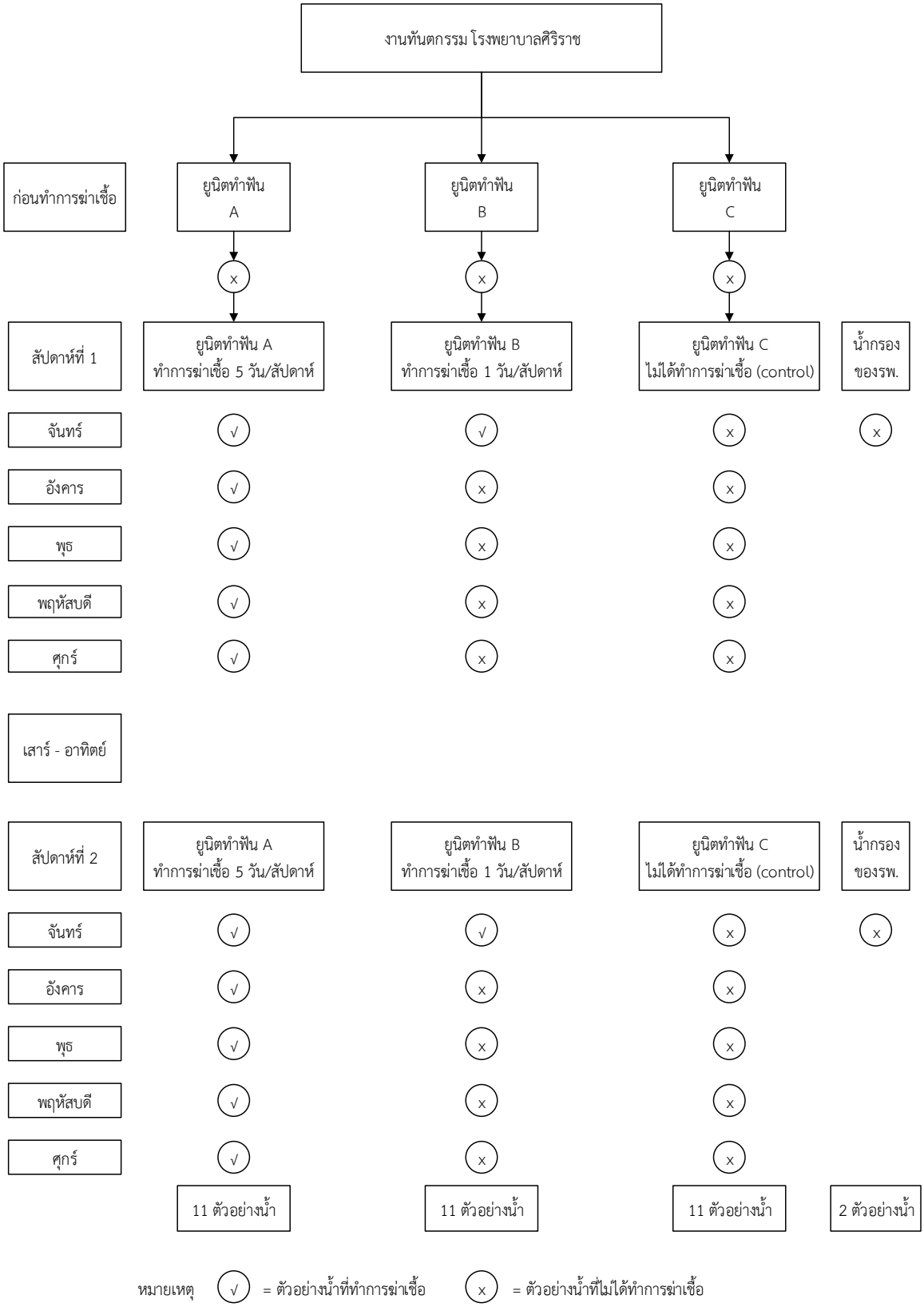
มาตรฐาน และรายงานเป็นค่า MPN โดยการทดสอบนี้มี limit of detection ที่ 1.8 ดังนั้น หากการทดสอบให้ผลลบจะรายงานผลว่า < 1.8

4. *Staphylococcus aureus* detection การตรวจวิเคราะห์หา *Staphylococcus aureus* ในตัวอย่างน้ำ โดยวิธีกรองตัวอย่างน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตรผ่านแผ่นกรองเมมเบรน (membrane filter) ที่มีรู (pore size) ขนาด 0.22 ไมครอน แล้วนำแผ่นกรองนี้ไปวางลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่จำเพาะกับการเจริญเติบโตของ *S. aureus* ได้แก่ Baird-Parker agar เพื่อตรวจหาว่า พบ/ไม่พบ *S. aureus* ในตัวอย่างน้ำโดยวิธี membrane filtration

5. *Pseudomonas aeruginosa* detection การตรวจวิเคราะห์หา *Pseudomonas aeruginosa* ในตัวอย่างน้ำ โดยวิธีกรองตัวอย่างน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตรผ่านแผ่นกรองเมมเบรน (membrane filter) ที่มีรู (pore size) ขนาด 0.22 ไมครอน แล้วนำแผ่นกรองไปวางลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่จำเพาะกับการเจริญเติบโตของ *P. aeruginosa* ได้แก่ Cetrimide agar เพื่อตรวจหาว่า พบ/ไม่พบ *P. aeruginosa* ในตัวอย่างน้ำโดยวิธี membrane filtration

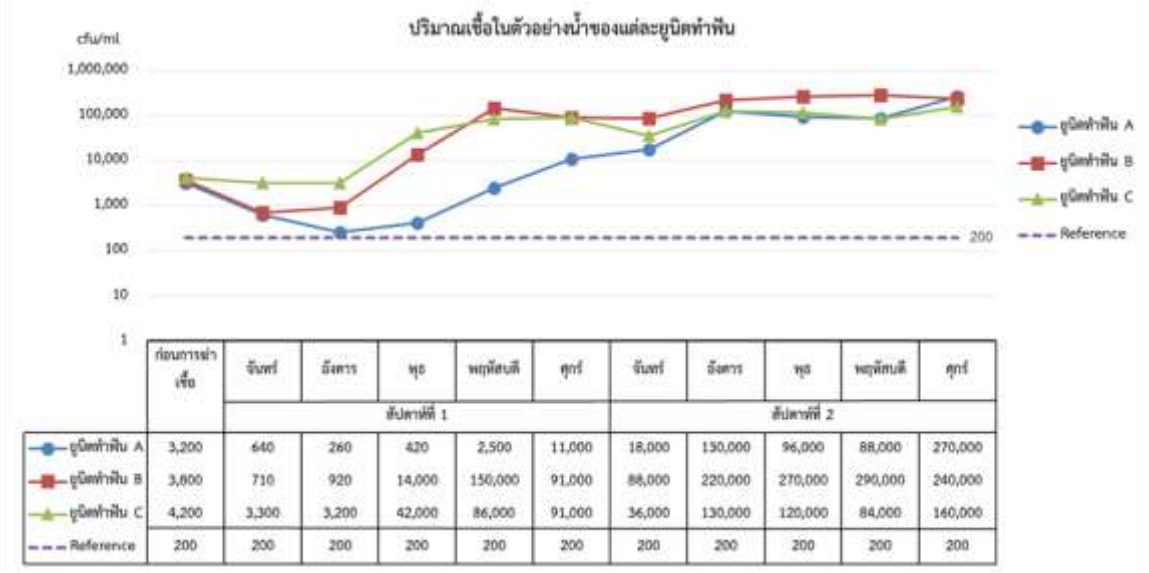
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ข้อมูลจากการตรวจตัวอย่างน้ำที่เก็บจากยูนิตทำฟันทั้ง 3 ยูนิต นำมาวิเคราะห์โดยใช้ Dunnett's test (IBM SPSS Statistics version 23) โดยศึกษาความแตกต่างของปริมาณจุลินทรีย์ที่ลดลงของยูนิตทำฟัน A และ B เทียบกับยูนิตทำฟัน C ($p < 0.05$)

Received: September 4, 2020, Revised: August 1, 2021 , Accepted: February 7, 2022
http://doi.org/10.14456/jmu



รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงวิธีการดำเนินการวิจัย

Received: September 4, 2020, Revised: August 1, 2021 , Accepted: February 7, 2022
http://doi.org/10.14456/jmu



	ก่อนการฆ่าเชื้อ	สัปดาห์ที่ 1					สัปดาห์ที่ 2				
		จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์
ยูนิตทำฟัน A	3,200	640	260	420	2,500	11,000	18,000	130,000	96,000	88,000	270,000
ยูนิตทำฟัน B	3,600	710	920	14,000	150,000	91,000	88,000	220,000	270,000	290,000	240,000
ยูนิตทำฟัน C	4,200	3,300	3,200	42,000	86,000	91,000	36,000	130,000	120,000	84,000	160,000
Reference	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

รูปที่ 2 กราฟและตารางแสดงปริมาณเชื้อที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำจากแต่ละยูนิตในสัปดาห์ที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณของเชื้อในน้ำกรองมาตรฐานโรงพยาบาล (รพ.) ซึ่งใช้ในกลุ่มทดลอง กับในน้ำตามมาตรฐานของหน่วยงานต่างๆ

			ชนิดและปริมาณของเชื้อ			
แหล่งน้ำ		**ปริมาณเชื้อทั้งหมด**	Coliform	*Escherichia*	*Staphylococcus*	*Pseudomonas*
ประเภท	**มาตรฐาน**	**(cfu/ml)**		*coli*	*aureus*	*aeruginosa*
			MPN*	MPN*	per 100 ml	per 500 ml
น้ำกรอง	รพ.					
สัปดาห์ที่ 1		740	13	< 1.8	Undetectable	Undetectable
สัปดาห์ที่ 2		1,700	< 1.8	< 1.8	Undetectable	Undetectable
น้ำดื่ม	สมอ.	≤ 500	2.2	UD	Undetectable	Undetectable
น้ำประปา	กปน.	500	UD	UD	Undetectable	Undetectable
น้ำจากยูนิตทำฟัน	ADA	200	UD	UD	Undetectable	Undetectable
น้ำจากยูนิตทำฟัน	CDC	≤ 500	UD	UD	Undetectable	Undetectable

* MPN, most probable number of colony forming unit (cfu) per 100 ml

ADA, American Dental Association; CDC, Centers for Disease Control and Prevention

กปน., การประปานครหลวง; สมอ., มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

UD, Undetectable

Received: September 4, 2020, Revised: August 1, 2021 , Accepted: February 7, 2022
http://doi.org/10.14456/jmu

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (log10) ระหว่างปริมาณเชื้อในตัวอย่างจากกลุ่มทดลอง (ยูนิตทำฟัน A และ B) ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 หลังฆ่าเชื้อแบบครั้งคราว ด้วย 0.12% คลอเฮกซิดีนกลูโคเนต กับปริมาณเชื้อในตัวอย่างจากกลุ่มควบคุม (ยูนิตทำฟัน C)

สัปดาห์ที่	ยูนิตทำฟัน	ค่าเฉลี่ย (log10) ของปริมาณเชื้อในตัวอย่างน้ำ	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	*P*-value
1	A*	3.1	0.7	0.034**
	B*	4.0	1.1	0.443
	C	4.3	0.7	-
2	A*	4.9	0.4	0.606
	B*	5.3	0.2	0.983
	C	5.0	0.3	-

* เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยจากยูนิตทำฟัน C ในสัปดาห์นั้นๆ

** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย Dunnett's test ที่ $P < 0.05$

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณของเชื้อในน้ำ/จำนวนตัวอย่างน้ำที่ตรวจพบเชื้อจากกลุ่มทดลอง (ยูนิตทำฟัน A และ B) ก่อนและในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 หลังฆ่าเชื้อแบบครั้งคราว ด้วย 0.12% คลอเฮกซิดีนกลูโคเนต กับที่ตรวจพบจากกลุ่มควบคุม (ยูนิตทำฟัน C)

ตัวอย่างน้ำ		ค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อ	ปริมาณของเชื้อ/จำนวนตัวอย่างน้ำซึ่งตรวจพบเชื้อ			
ยูนิตทำฟัน	จำนวน	(cfu/ml)	Coliform	*Escherichia coli*	*Staphylococcus aureus*	*Pseudomonas aeruginosa*
			MPN*	MPN*	per 100 ml	per 500 ml
ก่อนฆ่าเชื้อ						
A	1	3,200	< 1.8	< 1.8	Undetectable	1 ตัวอย่าง
B	1	3,800	< 1.8	< 1.8	Undetectable	Undetectable
C	1	4,200	< 1.8	< 1.8	Undetectable	Undetectable
หลังฆ่าเชื้อ (ยกเว้น C)						
สัปดาห์ที่ 1						
A	5	2,964	< 1.8	< 1.8	Undetectable	3 ตัวอย่าง
B	5	51,326	< 1.8	< 1.8	Undetectable	3 ตัวอย่าง
C	5	45,100	< 1.8	< 1.8	Undetectable	4 ตัวอย่าง
สัปดาห์ที่ 2						
A	5	120,400	< 1.8	< 1.8	Undetectable	5 ตัวอย่าง
B	5	221,600	< 1.8	< 1.8	Undetectable	4 ตัวอย่าง
C	5	106,000	< 1.8	< 1.8	Undetectable	5 ตัวอย่าง

* MPN, most probable number of colony forming unit (cfu) per 100 ml

Received: September 4, 2020, Revised: August 1, 2021 , Accepted: February 7, 2022
http://doi.org/10.14456/jmu

ผลของการวิจัย

น้ำกรอง (ตามมาตรฐานโรงพยาบาล) ในภาชนะเก็บน้ำของยูนิตทำฟัน มีปริมาณเชื้อ 740 (สัปดาห์ที่ 1) และ 1,700 (สัปดาห์ที่ 2) cfu/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ก่อนและหลังการฆ่าเชื้อในตัวอย่างน้ำด้วย 0.12% CHX แบบครั้งคราว ปริมาณของเชื้อจากยูนิตทำฟันทั้งหมดในการวิจัยนี้ มีค่าสูงกว่า 200 cfu/ml (รูปที่ 2) อย่างไรก็ตาม หลังการฆ่าเชื้อระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟัน A และ B แล้ว (ตารางที่ 2) พบว่าปริมาณเชื้อในน้ำจากยูนิตทำฟัน A น้อยกว่าของกลุ่มควบคุม (ยูนิตทำฟัน C) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.034) โดยที่ปริมาณเชื้อในน้ำจากยูนิตทำฟัน B แตกต่างจากของกลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.443) ในสัปดาห์ที่ 1 และปริมาณเชื้อในน้ำจากทั้งยูนิตทำฟัน A และ B แตกต่างจากของกลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.606 และ 0.983 ตามลำดับ) ในสัปดาห์ที่ 2

อนึ่ง ตารางที่ 3 แสดงว่า *Pseudomonas aeruginosa* ถูกตรวจพบในตัวอย่างน้ำ 1 ชุด จากยูนิตทำฟัน A ก่อนการฆ่าเชื้อแบบครั้งคราวด้วย 0.12% CHX และในตัวอย่างน้ำ 6 ชุด จากยูนิตทำฟัน A และ B (3 ชุด และ 3 ชุด ตามลำดับ) ในสัปดาห์ที่ 1 หลังการฆ่าเชื้อร่วมกับในตัวอย่างน้ำ 9 ชุด จากยูนิตทำฟัน A และ B (5 ชุด และ 4 ชุด ตามลำดับ) ในสัปดาห์ที่ 2 หลังการฆ่าเชื้อ ในขณะที่ ตรวจไม่พบการปนเปื้อนของ coliform bacteria, *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ในตัวอย่างน้ำทั้งหมดจากยูนิตทำฟันในงานวิจัยนี้

การอภิปรายผลการวิจัย

ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากยูนิตทำฟันพบว่ามีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟันเป็นจำนวนมาก การฆ่าเชื้อระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟันด้วยน้ำยา 0.12% CHX แบบครั้งคราว ได้ผลดีเฉพาะสัปดาห์ที่ 1 ของยูนิต A เท่านั้น (วิธีที่ 1) แต่ก็ยังไม่ถึงระดับที่ยอมรับได้ คือ 200 cfu/ml ตามมาตรฐานของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา จากการทดลองนี้ซึ่งใช้น้ำยา 0.12% CHX ที่มีความเข้มข้นต่ำและทำการฆ่าเชื้อแบบครั้งคราว ทั้งวิธีที่ 1 และ 2 เพื่อต้องการลดค่าใช้จ่ายของการใช้น้ำยา 0.12% CHX ฆ่าเชื้อแบบตลอดเวลาในระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟัน พบว่าไม่สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำจากยูนิตทำฟันได้ แต่กลับทำให้ปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นในเวลาต่อมา ทั้งยูนิตทำฟันที่ทำการฆ่าเชื้อ (ยูนิต A และ B) และยูนิตทำฟันที่ไม่ได้ทำการฆ่าเชื้อ (ยูนิต C) ทั้งนี้เพราะน้ำยา 0.12% CHX มีความเข้มข้นต่ำ จุลินทรีย์ที่อยู่ในไบโอฟิล์มนั้นสามารถทนทานต่อการถูกกำจัดด้วยสารเคมีที่มีความเข้มข้นต่ำ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไม่สามารถกำจัดไบโอฟิล์มให้หมดไป และมีการเพิ่มขึ้นกลับมาใหม่ของจุลินทรีย์ในน้ำที่ออกมาจากยูนิตทำฟันภายในระยะเวลาไม่ถึงหนึ่งสัปดาห์ (Karpay et al., 1999) เมื่อทำการฆ่าเชื้อแบบครั้งคราว พร้อมทั้งยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีส่วนช่วยเสริมต่อการเกิดไบโอฟิล์ม เช่น ขนาดของท่อน้ำ ลักษณะพื้นผิวของท่อน้ำ และความเร็วของน้ำภายในท่อ เป็นต้น (Donlan, 2002) ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำที่ออกจากยูนิตทำฟันเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

สาเหตุอีกส่วนหนึ่งของการปนเปื้อนในน้ำของยูนิตทำฟันเกิดจากน้ำกรองของโรงพยาบาลที่ใช้เติมในภาชนะเก็บน้ำของยูนิตทำฟันซึ่งมีปริมาณจุลินทรีย์มากอยู่แล้ว คือ > 200 cfu/ml (ตารางที่ 1) รวมทั้งจุลินทรีย์จากภายในช่องปากสามารถย้อนกลับเข้าสู่ระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟัน โดยผ่านทางด้านกรอและกระบอกฉีดน้ำ-ลม (Martin, 1987) ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะเกาะติดที่ผนังของท่อน้ำพลาสติกภายในระบบของยูนิตทำฟันและมีการแพร่พันธุ์เพิ่มปริมาณมากขึ้น แล้วเกิดการสะสมเป็นไบโอฟิล์มอยู่ตลอดเวลา ทำให้น้ำที่ออกจากยูนิตทำฟันมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป (รูปที่ 2)

นอกจากนี้ ในการศึกษานี้ไม่มีวิธีใดที่กำจัดเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* ได้ และปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำที่เพิ่มมากขึ้นก็จะพบเชื้อ

Received: September 4, 2020, Revised: August 1, 2021 , Accepted: February 7, 2022
http://doi.org/10.14456/jmu

Pseudomonas aeruginosa ได้มากขึ้นตามไปด้วย (ตารางที่ 3) ซึ่งเป็นอันตรายมากเพราะเป็นเชื้อฉวยโอกาสในโรงพยาบาลที่ก่อให้เกิดโรคที่ดื้อยาสูงมาก เพราะฉะนั้นผู้ป่วยที่มีภูมิต้านทานต่ำควรได้รับการรักษาทางทันตกรรมด้วยยูนิตทำฟันที่มีการฆ่าเชื้อของน้ำภายในยูนิตทำฟัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ น้อยกว่า 200 cfu/ml

สรุปผลการวิจัย

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษาคุณสมบัติทางชีววิทยาในหลอดทดลอง (*in vitro* study) นี้ พบว่าการใช้น้ำยา 0.12% คลอเฮกซิดีนกลูโคเนต ในการฆ่าเชื้อระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟันแบบครั้งคราว (periodic treatment) ไม่สามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ให้ได้ตามมาตรฐานสากล ดังนั้นจึงแนะนำว่าถ้าเป็นไปได้ควรใช้น้ำยา 0.12% CHX ฆ่าเชื้อด้วยความถี่ที่มากกว่าห้าวันต่อสัปดาห์หรือใช้ตลอดเวลา (continuous treatment) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในการฆ่าเชื้อระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟัน

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การฆ่าเชื้อระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟันเป็นสิ่งสำคัญในการลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ออกจากยูนิตทำฟัน ซึ่งน้ำที่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เกินมาตรฐาน เมื่อถูกฉีดพ่นเข้าสู่ช่องปากของผู้ป่วยและฟุ้งกระจายไปในอากาศขณะปฏิบัติงาน สามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อในระบบต่าง ๆ ของร่างกายได้ เช่น *Pseudomonas aeruginosa* เป็นเชื้อฉวยโอกาสซึ่งสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อของแผลในช่องปาก การติดเชื้อไปตามกระแสโลหิต (septicemia) หรือก่อให้เกิดโรคของระบบทางเดินปัสสาวะและโรคของระบบทางเดินหายใจทำให้ปอดอักเสบ (pneumonia) ได้ โดยเฉพาะผู้ป่วยที่มีภูมิต้านทานต่ำ ทั้งนี้เพราะเชื้อชนิดนี้มีคุณสมบัติในการต้านน้ำยาฆ่าเชื้อและยาปฏิชีวนะต่าง ๆ (Martin, 1987) *legionella pneumophila* เป็นสาเหตุของโรคปอดอักเสบที่เรียกว่า Legionellosis ซึ่งโรคนี้สามารถติดต่อได้จากการสูดดมเอาละอองฝอยของน้ำที่ปนเปื้อนด้วยเชื้อนี้เข้าไป (Atlas et al., 1995)

ในทางปฏิบัติ การทำความสะอาดระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟันสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การใช้น้ำที่ปลอดเชื้อเป็นแหล่งน้ำของยูนิตทำฟัน การติดตั้งวาล์วป้องกันการดูดกลับของน้ำจากด้ามกรอ การพ่นน้ำออกจากท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟันทั้งก่อนและหลังการปฏิบัติงาน การทำให้ท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟันแห้งในตอนกลางคืนและช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ การใช้ภาชนะเก็บน้ำในตัวเองที่สะอาดแทนการต่อน้ำประปาเข้ากับยูนิตทำฟันโดยตรง การใช้น้ำยาฆ่าเชื้อในระบบน้ำของยูนิตทำฟัน ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การใช้น้ำยาที่มีความเข้มข้นสูงในการล้างระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟันแบบครั้งคราว (periodic, shock treatment) และการใช้น้ำยาที่มีความเข้มข้นต่ำอยู่ในระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟันตลอดเวลา (continuous treatment) เช่น 0.005% โซเดียมไฮโปคลอไรต์ หรือ 0.12% คลอเฮกซิดีนกลูโคเนต ทั้งนี้น้ำยาฆ่าเชื้อที่ใช้ต้องไม่มีฤทธิ์กัดกร่อนอุปกรณ์ภายในระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟันและไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ในผู้ป่วย เช่น มีรายงานว่า 9% ของผู้ป่วยที่เกิดอาการแพ้อย่างรุนแรงระหว่างทำหัตถการ (perioperative anaphylaxis) มีสาเหตุมาจากคลอเฮกซิดีน (Harper et al., 2018)

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การทำความสะอาดระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟันอาจต้องใช้หลายวิธีร่วมกัน ซึ่งแต่ละวิธีล้วนต้องใช้แรงงานจากบุคลากรที่มีความชำนาญ ต้องทำการฆ่าเชื้อซ้ำ ๆ อยู่บ่อย ๆ ยิ่งมียูนิตทำฟันมากขึ้นเท่าไหร่ ก็ยิ่งต้องใช้แรงงานคนและเวลาในการกำจัดเชื้อเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น ย่อมส่งผลทำให้มีโอกาสเกิดความผิดพลาด หรือละเลยในการทำความสะอาดระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟันขึ้นได้ ดังนั้นการใช้เครื่องที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบบอัตโนมัติ เช่น เครื่องฆ่าเชื้อด้วยระบบพลาสม่า (plasma sterilization system) ซึ่งสามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในน้ำที่ออกจากยูนิตทำฟัน ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลงได้ตามมาตรฐานสากล

Received: September 4, 2020, Revised: August 1, 2021 , Accepted: February 7, 2022
http://doi.org/10.14456/jmu

(Noopan et al., 2019) วิธีนี้เป็นการลดขั้นตอนและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟันลงได้ ซึ่งเป็นแนวทางต่อไปในการทดลองเกี่ยวกับการฆ่าเชื้อระบบท่อส่งน้ำของยูนิตทำฟัน เพื่อให้น้ำที่ออกจากยูนิตทำฟันมีปริมาณจุลินทรีย์ได้ตามมาตรฐานสากลที่กำหนดไว้ และมีความปลอดภัยต่อผู้ป่วยที่รับการรักษาทางทันตกรรม

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนพัฒนาการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล บริหารจัดการโดยหน่วยพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย ขอขอบคุณ อาจารย์สุทธิพล อุดมพันธุรัก หน่วยระบาดวิทยาคลินิก สถานส่งเสริมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ที่ให้คำปรึกษาทางด้านสถิติ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม ภาควิชาจุลชีววิทยา และเจ้าหน้าที่หน่วยพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและสนับสนุนให้งานวิจัยนี้ดำเนินการมาได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ADA Council on Scientific Affairs [CSA]. (1999). Dental unit waterlines: approaching the year 2000. *Journal of the American Dental Association, 130*(11), 1653–1664.

Ajami, B., Ghazvini, K., Movahhed, T., Ariaee, N., Shakeri, MT., & Makarem, S. (2012). Contamination of a dental unit water line system by *legionella pneumophila* in the Mashhad School of Dentistry in 2009. *Iranian Red Crescent Medical Journal, 14*(6), 376–378.

Atlas, RM., Williams, JF., & Huntington, MK. (1995). Legionella contamination of dental-unit waters. *Applied and Environmental Microbiology, 61*(4), 208–1213. https://doi.org/10.1128/aem.61.4.1208-1213.1995

Blake, GC. (1963). The incidence and control of bacterial infection of dental spray reservoirs. *British Dental Journal, 115*(10), 413–416.

Donlan, RM. (2002). Biofilms: microbial life on surfaces. *Emerging Infectious Diseases, 8*(9), 881–890. https://doi.org/10.3201/eid0809.020063

Donlan, RM., & Costerton, JW. (2002). Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms.*Clinical Microbiology Reviews, 15*(2), 167–193. https://doi.org/10.1128/CMR.15.2.167-193.2002

Harper, NJN., Cook, TM., Garcez, T., Farmer, L., Floss, K., Marinho, S., Torevell, H., Warner, A., Ferguson, K., Hitchman, J., Egner, W., Kemp, H., Thomas, M., Lucas, DN., Nasser, S., Karanam, S., Kong, KL., Farooque, S., Bellamy, M., & McGuire, N. (2018). Anaesthesia, surgery, and life-threatening allergic reactions: epidemiology and clinical features of perioperative anaphylaxis in the 6 th National Audit Project (NAP6) . *British Journal of Anaesthesia, 121*(1), 159–171. https://doi.org/10.1016/j.bja.2018.04.014

Karpay, RI., Plamondon, TJ., Mills, SE., & Dove, SB.(1999).Combining periodic and continuous sodium hypochlorite treatment to control biofilms in dental unit water systems. *Journal of the American Dental Association, 130*(7), 957–965.

Received: September 4, 2020, Revised: August 1, 2021 , Accepted: February 7, 2022
http://doi.org/10.14456/jmu

https://doi.org/10.14219/jada.archive.1999.0336

Martin, MV. (1987). The significance of the bacterial contamination of dental unit water systems. *British Dental Journal, 163*(5), 152–154. https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4806220

Mills, SE. (2000). The dental unit waterline controversy: defusing the myths, defining the solutions. *Journal of the American Dental Association, 131*(10), 1427–1441. https://doi.org/10.14219/jada.archive.2000.0054

Morrison, AJ. Jr., & Shulman, JA.(1986). Community-acquired bloodstream infection caused by *Pseudomonas paucimobilis*: case report and review of the literature. *Journal of Clinical Microbiology, 24*(5), 853–855. https://doi.org/10.1128/jcm.24.5.853-855.1986

Noopan, S., Unchui, P., Techotinnakorn, S., & Ampornaramveth, RS. (2019). Plasma sterilization effectively reduces bacterial contamination in dental unit waterlines. International *Journal of Dentistry, 2019*(4), 1–6. https://doi.org/10.1155/2019/5720204

Pankhurst, CL. (2003). Risk assessment of dental unit waterline contamination. *Primary Dental Care, 10*(1), 5–10. https://doi.org/10.1308/135576103322504030

Porteous, NB. & Cooley, RL. (2004). Reduction of bacterial levels in dental unit waterlines. *Quintessence International, 35*(8), 630–634.

Schiff, J., Suter, LS., Gourley, RD., & Sutliff, WD. (1961). Flavobacterium infection as a cause of bacterial endocarditis. Report of a case, bacteriologic studies, and review of the literature. *Annals of Internal Medicine, 55*(3), 499–506. https://doi.org/10.7326/0003-4819-55-3-499

Singh, V., Nagaraja, C., & Hungund, SA. (2013). A study of different modes of disinfection and their effect on bacterial load in dental unit waterlines. *European Journal of General Dentistry, 2*(3), 246–251. https://doi.org/10.4103/2278-9626.115999

Szymańska, J., Sitkowaska, J., & Dutkiewicz, J. (2008). Microbial contamination of dental unit waterlines.*Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 15*(2), 173–179.

Walker, JT., Bradshaw, DJ., Finney, M., Fulford, MR., Frandsen, E., ØStergaard, E., ten Cate, JM., Moorer, WR., Schel, AJ., Mavridou, A., Kamma, JJ., Mandilara, G., Stösser, L., Kneist, S., Araujo, R., Contreras, N., Goroncy-Bermes, P., O'Mullane, D., Burke, F., . . . Marsh, PD. (2004). Microbiological evaluation of dental unit water systems in general dental practice in Europe. *European Journal of Oral Sciences, 112*(5), 412–418. https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2004.00151.x

Zhang, W., Onyango, O., Lin, Z., Lee, SS., & Li, Y. (2007). Evaluation of Sterilox for controlling microbial biofilm contamination of dental water.*Compendium of Continuing Education in Dentistry, 28*(11), 586–588, 590–592.