บทความปริทัศน์

แนวปฏิบัติที่ดีที่สุดในการกำจัดการปนเปื้อนของระบบน้ำในยูนิตทันตกรรม
Best Practices in Dental Unit Waterlines Decontamination

รัชนี อัมพรอร่ามเวทย์[1]

Ruchanee Ampornaramveth[1]

[1]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

[1]Department of Microbiology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

บทคัดย่อ

การดูแลระบบน้ำในยูนิตทันตกรรมเป็นความท้าทายสำคัญด้านการควบคุมการติดเชื้อทางทันตกรรม เนื่องจากภายในยูนิตทำฟันซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักในการให้การรักษาทางทันตกรรมมีท่อส่งน้ำขนาดเล็กซึ่งมีน้ำหล่ออยู่ตลอดเวลาส่งเสริมให้เกิดไบโอฟิล์มก่อตัวอย่างรวดเร็วภายในท่อ หากไม่ได้รับการดูแล น้ำที่ออกมาจากระบบน้ำดีของยูนิตทำฟันมักไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำที่กำหนดไว้ คือค่าการปนเปื้อนของแบคทีเรียไม่เกิน 500 โคโลนีฟอร์มมิงยูนิตต่อมิลลิลิตร (CFU/mL) การปนเปื้อนนี้อาจส่งผลให้เพิ่มความเสี่ยงของทันตบุคลากรและผู้ป่วยต่อการสัมผัสเชื้อก่อโรคฉวยโอกาส เช่น ลิจิโอเนลลา (Legionella) ซึ่งไบโอฟิล์มที่ก่อตัวขึ้นนี้มีความทนทานและยากต่อการกำจัดจากโครงสร้างเมทริกซ์ของสารโพลีเมอร์ภายนอกเซลล์ ซึ่งป้องกันการแทรกซึมของสารฆ่าเชื้อ ทำให้การใช้สารเคมีความเข้มข้นต่ำอย่างต่อเนื่องเพียงอย่างเดียวอาจไม่สามารถจำกัดการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ การกำจัดการปนเปื้อนที่เหมาะสมที่สุดจึงต้องอาศัยแนวทางแบบผสมผสานสองระบบ ได้แก่ การล้างท่อเป็นระยะ (Shock Treatment) ซึ่งเป็นการใช้สารฆ่าเชื้อความเข้มข้นสูงล้างท่อส่งน้ำดีเป็นระยะเพื่อกำจัดหรือลดไบโอฟิล์ม ตัวอย่างสารเคมีที่นิยมใช้ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1-3 คลอรีนไดออกไซด์ความเข้มข้นไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และการเติมยูนิตด้วยน้ำที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบบต่อเนื่อง (Continuous Treatment) คือการจัดให้มีสารฆ่าเชื้อความเข้มข้นต่ำในระบบน้ำอย่างต่อเนื่อง เช่น ระบบพลาสมา โอโซน ระบบปล่อยไอโอดีน หรือกรดไฮโปคลอรัส เพื่อป้องกันการเกิดไบโอฟิล์มใหม่ แนวปฏิบัติที่ดีที่สุดแนะนำให้ ทำการล้างท่อทุก 3 เดือน โดยสลับชนิดของสารเคมี เป็นประจำ เพื่อลดความต้านทานของจุลชีพต่อสารฆ่าเชื้อร่วมกับการเติมยูนิตด้วยน้ำที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบบต่อเนื่อง ตรวจคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการอย่างน้อยทุกไตรมาส เพื่อยืนยันการปฏิบัติตามมาตรฐาน นอกจากนี้ ในการทำหัตถการผ่าตัดทั้งหมด ต้องไม่ใช้น้ำจากระบบน้ำของยูนิตโดยตรง แต่ให้ใช้น้ำเกลือปราศจากเชื้อแทน การดำเนินการทั้งหมดจะประสบความสำเร็จได้ก็ต่อเมื่อมีการปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างเคร่งครัดโดยบุคลากร และหากเป็นไปได้การใช้ระบบอัตโนมัติจะช่วยลดความผิดพลาดจากมนุษย์ได้

คำสำคัญ: การปนเปื้อน, การควบคุมการติดเชื้อ, ไบโอฟิล์ม, ระบบน้ำของยูนิตทันตกรรม

Abstract

The maintenance of Dental Unit Waterlines (DUWLs) represents a major challenge in dental infection control. Within the dental unit, the primary equipment used in dental treatment, the narrow-bore waterlines that remain continuously filled with water, provide an ideal environment for rapid biofilm formation inside the tubing. If not properly maintained, the output water from the dental unit frequently fails to meet the recommended water quality standard, which requires bacterial contamination to be ≤500 Colony Forming Units per milliliter (CFU/mL). Such contamination increases the risk of exposure to opportunistic pathogens, such as Legionella, for both dental personnel and patients. The formed biofilm exhibits remarkable resistance due to the extracellular polymeric substance (EPS) matrix that shields microorganisms and prevents effective penetration of disinfectants. Consequently, continuous low-concentration chemical treatment alone cannot efficiently eliminate established microbial growth. Effective

article in press

decontamination, therefore, requires a combined dual-protocol approach: Periodic Shock Treatment, application of high-concentration disinfectants to flush and decontaminate waterlines at regular intervals, aiming to remove or reduce biofilm. Commonly used agents include 1-3% hydrogen peroxide or chlorine dioxide (ClO2) at concentrations not exceeding 20 mg/L. Continuous Treatment, continuous introduction of low-level disinfectants into the water system, such as plasma, ozone systems, iodine, or hypochlorous acid release systems, to prevent new biofilm formation. Best practices recommend performing shock treatment every three months, regularly rotating chemical agents to minimize microbial resistance, together with continuous treatment protocol and conducting quarterly laboratory testing to verify water quality compliance. Moreover, during all surgical procedures, water from the dental unit waterlines must not be used directly; instead, sterile saline should be utilized. Ultimately, successful maintenance depends on strict staff adherence to the protocols, and whenever possible, the use of automated dosing or control systems to minimize human error.

Keyword: Contamination, Infection control, Biofilms, Dental Unit waterline

Received date: Dec 19, 2025 **Revised date:** Mar 13, 2026 **Accepted date:** Mar 23, 2026
Doi:

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:
รัชนี อัมพรอร่ามเวทย์ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 34 ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330 ประเทศไทย โทรศัพท์: 02-2188680 อีเมล: ruchanee.a@chula.ac.th
Correspondence to:
Ruchanee Ampornaramveth, Department of Microbiology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, 34 Henri-Dunant Road, Wangmai, Patumwan, Bangkok, 10330, Thailand. Tel: 02-2188680 Email: ruchanee.a@chula.ac.th

article in press

บทนำ

1. สาเหตุของการปนเปื้อนในระบบน้ำของยูนิตทันตกรรม (DUWL): กลไกการเกิดไบโอฟิล์มและความเสี่ยงต่อสาธารณสุข

1.1 กลไกการเกิดไบโอฟิล์มในระบบน้ำของยูนิตทันตกรรม

ระบบน้ำของยูนิตทันตกรรม (Dental Unit Waterlines: DUWLs) มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดการปนเปื้อน เนื่องจากมีปัจจัยทางกายภาพและสิ่งแวดล้อมหลายประการที่เอื้อต่อการเกิดไบโอฟาวลิง (biofouling)[1] อาทิเช่นภายในท่อส่งน้ำของยูนิตมีลักษณะทางโครงสร้างที่เหมาะต่อการเจริญของจุลชีพ ได้แก่ ท่อขนาดเล็ก ความยาวของท่อที่มาก อัตราการไหลของน้ำต่ำ พื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง และมีช่วงเวลาที่น้ำค้างนิ่งภายในระบบบ่อยครั้ง ปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งเสริมให้เกิดการเพิ่มจำนวนของจุลชีพอย่างรวดเร็ว[1] (รูปที่ 1)

การเกิดไบโอฟิล์มภายใน DUWLs เกิดขึ้นตามวงจรชีวิตที่เป็นระบบ 5 ขั้นตอน[2] กระบวนการเริ่มจากแบคทีเรียในสภาพล่องลอย (planktonic bacteria) ยึดเกาะกับพื้นผิวด้านในของท่อ จากนั้นจุลชีพจะเพิ่มจำนวนและหลั่งสารเมือกที่ก่อตัวจากเมทริกซ์นอกเซลล์ (extracellular matrix) จนเกิดเป็นกลุ่มจุลชีพขนาดเล็ก (microcolonies) ต่อมาเมื่อไบโอฟิล์มเจริญเต็มที่ กลุ่มจุลชีพเหล่านี้จะพัฒนาเป็นโครงสร้างซับซ้อนคล้ายเห็ด และในระยะสุดท้ายแบคทีเรียบางส่วนจะแยกตัวออกจากเมทริกซ์แล้วแพร่กระจายออกไปในรูปแบบจุลชีพล่องลอย เพื่อเริ่มการเกาะตัวและสร้างอาณานิคมใหม่ในส่วนอื่นของระบบน้ำ กระบวนการนี้อธิบายได้ว่าทำไมการพ่นไล่สายน้ำหรือการทำให้น้ำไหลผ่านท่อเพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถกำจัดการปนเปื้อนที่ฝังแน่นของไบโอฟิล์มได้อย่างมีประสิทธิภาพ[4] นอกจากนี้ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำที่ใช้เติมยูนิตยังมีผลต่อการเริ่มและอัตราในการก่อตัวของไบโอฟิล์ม งานวิจัยหลายฉบับระบุว่า แร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยเฉพาะแคลเซียมและแมกนีเซียม (หรือที่เรียกว่าความกระด้างของน้ำ) มีส่วนสำคัญต่อการสะสมของตะกรันภายในท่อของ DUWL ตะกรันเหล่านี้เพิ่มพื้นที่ผิวภายในท่อและเป็นพื้นผิวที่เหมาะสมอย่างยิ่งต่อการยึดเกาะเริ่มต้นของแบคทีเรียและการก่อตัวของไบโอฟิล์ม[3]

เมื่อไบโอฟิล์มเจริญเต็มที่ โครงสร้างเมทริกซ์พอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide matrix; glycocalyx) ที่ชุมชนจุลชีพหลั่งออกมานอกเซลล์จะทำหน้าที่ห่อหุ้มและป้องกันเชื้อภายใน ทำให้จุลชีพในไบโอฟิล์มมีความทนทานต่อสารฆ่าเชื้อและยาปฏิชีวนะสูงกว่าจุลชีพล่องลอยทั่วไปถึง 500 เท่า[1] เนื่องจากสภาพแวดล้อมของจุลชีพในระบบน้ำถูกกำหนดทั้งจากปฏิกิริยาเคมีอนินทรีย์ (เช่น

การเกิดตะกรันแร่ธาตุ) และกิจกรรมทางชีวภาพ การกำจัดการปนเปื้อนอย่างมีประสิทธิภาพจึงต้องอาศัยสารเคมีที่สามารถแทรกซึมหรือสลายได้ทั้งเมทริกซ์ชีวภาพและตะกรันแร่ธาตุ หากพึ่งพาเพียงสารฆ่าเชื้อมาตรฐานที่ทำลายเฉพาะจุลชีพบนผิวเท่านั้น จะทำให้จุลชีพที่อยู่ในชั้นลึกยังคงอยู่รอด และสามารถก่อให้เกิดการปนเปื้อนซ้ำอย่างรวดเร็วหลังการบำบัด

ภาพประกอบ โดยนทพ.สิรภัทร วาณิชย์เสถียร,19 ธ.ค.2568

รูปที่ 1 *การปนเปื้อนของเชื้อในระบบน้ำดีของยูนิตทันตกรรมนั้นมีสาเหตุมาจากการก่อตัวของไบโอฟิล์มในท่อส่งน้ำดีของยูนิต หากไบโอฟิล์มก่อตัวภายในท่อแล้วจะเป็นแหล่งสะสมและปล่อยเชื้อออกมากับน้ำ ไม่ว่าจะเติมยูนิตด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำปราศจากเชื้อก็ยังจะสามารถตรวจพบการปนเปื้อนของเชื้อจากน้ำที่ปลายสายได้หากไม่มีมาตรการควบคุมหรือกำจัดไบโอฟิล์มที่ดีพอ*

Figure 1 *The contamination of microorganisms in the water delivery system of dental units is caused by the formation of biofilm within the unit's waterlines. Once a biofilm forms inside the tubing, it acts as a reservoir, harboring and continuously releasing microorganisms into the water. Therefore, even if the unit is supplied with clean or sterile water, microbial contamination can still be detected at the water outlet unless effective measures are in place to control or eliminate biofilm.*

1.2 ความเสี่ยงและผลกระทบทางคลินิกจากการปนเปื้อนของระบบน้ำในยูนิตทันตกรรม

การปนเปื้อนของจุลชีพภายในระบบน้ำของยูนิตทันตกรรมที่ไม่ได้รับการดูแลอย่างเหมาะสม ถือเป็นอันตรายต่อสุขภาวะอย่างมีนัยสำคัญ ยูนิตที่ไม่ได้รับการบำรุงรักษามักมีการปนเปื้อนของเชื้อและไม่สามารถส่งน้ำที่มีคุณภาพถึงมาตรฐานน้ำดื่มเพื่อใช้ในการรักษาทางทันตกรรมได้ พบว่าภายในระบบเหล่านี้มีปริมาณแบคทีเรียในน้ำทั่วไปจำนวนมาก รวมถึงเชื้อก่อโรคฉวยโอกาสหลายชนิด เช่น ลิจิโอเนลลา *(Legionella spp.)*, สูโดโมนาสแอรูจิโนซา *(Pseudomonas aeruginosa)* และ เชื้อกลุ่มไมโคแบคทีเรีย *(Mycobacteria)* ที่ไม่ใช่วัณโรค (Nontuberculous Mycobacteria: NTM)[1]

มีการยืนยันแล้วว่าน้ำจากยูนิตที่ปนเปื้อนสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อที่รุนแรง และในบางกรณีอาจเป็นอันตรายถึงชีวิต โดยเฉพาะในผู้ป่วยสูงอายุหรือผู้ที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง[4] มีรายงานการระบาดที่ชัดเจน เช่น การติดเชื้อไมโคแบคทีเรียในเด็กหลังการรักษาทางทันตกรรมในรัฐแคลิฟอร์เนียและจอร์เจียของสหรัฐอเมริกา[4] นอกจากนี้ ยังมีรายงานการติดเชื้อไมโคแบคทีเรีย และ ลิจิโอเนลลาหลังการรักษารากฟัน การถอนฟันกรามซี่ที่สาม และหัตถการทั่วไปทางทันตกรรมอีกด้วย[4] เหตุการณ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่า การตรวจนับจำนวนจุลชีพโดยใช้ค่ามาตรฐาน Heterotrophic Plate Count (HPC) เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการประเมินความเสี่ยงทางคลินิก เนื่องจากอันตรายที่แท้จริงเกิดจากชนิดและความรุนแรงของเชื้อก่อโรคฉวยโอกาสที่มีอยู่ ซึ่งจำเป็นต้องใช้แนวทางการฆ่าเชื้อที่เจาะจงตามชนิดของเชื้อ หากตรวจพบเชื้อฉวยโอกาสเหล่านี้จำเป็นต้องมีมาตรการที่เร่งด่วนในการกำจัด

ความเสี่ยงในการแพร่เชื้อยังเกิดขึ้นได้ทั้งต่อผู้ป่วยและบุคลากรทางทันตกรรม ผ่านละอองลอย (aerosols) และละออง

article in press

กระเด็น (spatters) ที่เกิดจากการใช้เครื่องมือหมุนความเร็วสูง[5] ละอองเหล่านี้ประกอบด้วยทั้งน้ำที่ปนเปื้อนและสารชีวภาพ เช่น น้ำลาย เลือด และคราบจุลินทรีย์จากในช่องปากของผู้ป่วย[5] งานวิจัยหลายฉบับยืนยันว่า มีการดูดย้อนของสารคัดหลั่งจากช่องปากผู้ป่วยเข้าสู่ระบบน้ำของยูนิตได้แม้ว่ายูนิตจะติดตั้งวาล์วป้องกันการดูดกลับ (anti-retraction valves) ตามที่กำหนดแล้วก็ตาม[2] ดังนั้น การพึ่งพาการออกแบบทางวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอสำหรับการควบคุมการติดเชื้อในยูนิตทันตกรรม จำเป็นต้องมีมาตรการควบคุมเชิงกระบวนการที่เข้มงวด ได้แก่ การเดินน้ำและลมล้างระบบเป็นเวลา 2 นาทีก่อนเริ่มปฏิบัติงานในแต่ละวัน และเดินน้ำล้างระบบ 20–30 วินาทีหลังการรักษาผู้ป่วยแต่ละราย[6] ซึ่งถือเป็นขั้นตอนสำคัญในการลดการปนเปื้อนในระบบ

ในประเทศไทยเคยมีการสำรวจการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในระบบน้ำของยูนิตทันตกรรมในสถานประกอบการทันตกรรมในเขตกรุงเทพมหานคร[7] ในปี พ.ศ. 2553 พบการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในระบบน้ำของยูนิตทันตกรรมในระดับสูงมากกว่า 100,000 CFU/ml ถึงแม้บางคลินิกจะมีมาตรการในการควบคุมเชื้อในระบบน้ำแต่ก็ยังไม่สามารถควบคุมเชื้อให้อยู่ในค่ามาตรฐานที่ 500 CFU/ml ได้ แสดงให้เห็นว่าปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อในระบบน้ำของยูนิตทันตกรรมในประเทศไทยยังคงเป็นปัญหาที่รอการแก้ไขอย่างเป็นรูปธรรม

2. มาตรฐานคุณภาพน้ำจากระบบน้ำของยูนิตทันตกรรม

2.1 มาตรฐานและข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพน้ำจากยูนิตทันตกรรมในสหรัฐอเมริกา

ข้อกำหนดทางกฎหมายที่ควบคุมคุณภาพน้ำในระบบยูนิตทันตกรรม ของสหรัฐอเมริกา มีความเป็นเอกภาพภายใต้ฉันทามติร่วมของหน่วยงานภาครัฐและองค์กรวิชาชีพสำคัญ ได้แก่ ศูนย์ควบคุมและป้องกันโรค (Centers for Disease Control and Prevention: CDC), สมาคมทันตแพทย์อเมริกัน (American Dental Association: ADA) และสำนักงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency: EPA) ทั้งสามหน่วยงานกำหนดให้น้ำที่ใช้ในกระบวนการรักษาทางทันตกรรมทั่วไปที่ไม่ใช่การผ่าตัด ต้องมีคุณภาพเทียบเท่ามาตรฐานน้ำดื่มของ EPA[8] เกณฑ์มาตรฐานสำคัญนี้ระบุว่า ปริมาณจุลชีพในน้ำต้องไม่เกิน 500 โคโลนีฟอร์มมิงยูนิตต่อมิลลิลิตร (CFU/mL) สำหรับแบคทีเรียเฮเทอโรโทรฟ (heterotrophic bacteria)[4]

เดิมทีในปี พ.ศ. 2538 (ค.ศ. 1995) ADA เคยเสนอเป้าหมายที่เข้มงวดกว่า คือมีการปนเปื้อนของเชื้อได้ไม่เกิน 200 CFU/mL ก่อนจะปรับมาตรฐานในปี พ.ศ. 2547 (ค.ศ. 2004) ให้สอดคล้องกับแนวทางของ CDC ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 500 CFU/mL[9] แม้เกณฑ์ 500 CFU/mL จะเป็น “ค่าขั้นต่ำตามกฎหมาย” ที่ต้องปฏิบัติ แต่การที่ผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์หลายประเภทและโปรแกรมประเมินคุณภาพภายในของคลินิกหลายแห่งในประเทศสหรัฐอเมริกายังคงอ้างอิงมาตรฐาน ≤200 CFU/mL แสดงให้เห็นว่ามาตรฐานที่เข้มงวดกว่านี้ยังคงได้รับการยอมรับว่าเป็น “ค่ามาตรฐานเป้าหมาย” เพื่อเพิ่มความปลอดภัยสูงสุดให้แก่ผู้ป่วย[6] นอกจากนี้ ค่ามาตรฐาน 500 CFU/mL มาจากเกณฑ์ของน้ำดื่มทั่วไป ไม่ได้ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับของเหลวที่ถูกทำให้เป็นละออง (aerosolized fluids) และสัมผัสกับเนื้อเยื่อเปิดระหว่างการรักษาทางทันตกรรม ดังนั้นการตั้งเป้าหมายที่เข้มงวดกว่าค่ามาตรฐานขั้นต่ำทางกฎหมายจึงถือเป็นแนวทางที่เหมาะสม โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมทางคลินิกที่มีความเสี่ยงสูง

ล่าสุด CDC ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ออก ประกาศแจ้งเตือนด้านสุขภาพ (CDC Health Advisory Notice) เมื่อวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2565 (ค.ศ. 2022) โดยเน้นย้ำถึงความสำคัญของการดูแลและตรวจสอบระบบน้ำของยูนิตทันตกรรมอย่างต่อเนื่อง โดยมีการอ้างถึงกรณีการระบาดของการติดเชื้อไมโคแบคทีเรียเป็นเหตุผลหลักที่ต้องเพิ่มความเข้มงวดในการเฝ้าระวัง[4] ประกาศนี้สะท้อนถึง การยกระดับความสำคัญของการกำกับดูแล และย้ำเตือนถึงความเสี่ยงด้านความรับผิดชอบทางกฎหมายสำหรับสถานพยาบาลทางทันตกรรมที่ไม่สามารถรักษาคุณภาพน้ำให้เป็นไปตามมาตรฐานได้

ในสถานการณ์เฉพาะทางคลินิกบางประการมีการกำหนดมาตรฐานไว้อย่างเข้มงวด ตัวอย่างเช่น ศูนย์ควบคุมและป้องกันโรคแห่งสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้อย่างชัดเจนว่า สำหรับหัตถการผ่าตัดในช่องปากทุกประเภท ซึ่งหมายถึงหัตถการใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการกรีด การตัด การเปิดแผล หรือการเจาะกระดูก จำเป็นต้องใช้น้ำหรือสารละลายเกลือปราศจากเชื้อ (sterile water หรือ sterile saline) เป็นตัวหล่อเย็นหรือชะล้างบาดแผลเท่านั้น[4,8] นอกจากนี้ยังกำหนดว่าของเหลวปราศจากเชื้อดังกล่าวจะต้องถูกส่งผ่านระบบที่เหมาะสม โดยทั่วไปจะต้องเป็นระบบแยกจากท่อน้ำมาตรฐานของยูนิตทันตกรรม และมักใช้อุปกรณ์แบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง (single-use disposable components) ในการนำส่งน้ำเพื่อป้องกันการปนเปื้อน

2.2 การเปรียบเทียบมาตรฐานคุณภาพน้ำจากยูนิตทันตกรรมในระดับสากลและแนวทางปฏิบัติของประเทศไทย

แม้สหรัฐอเมริกาจะยึดค่าการปนเปื้อนของเชื้อในระบบน้ำตามเกณฑ์ขั้นต่ำที่ ไม่เกิน 500 CFU/mL แต่หน่วยงานกำกับดูแลในหลายประเทศกลับใช้มาตรฐานที่เข้มงวดกว่านี้ ตัวอย่างเช่น สหภาพยุโรป (European Union: EU) ภายใต้ข้อกำหนด *EU Drinking Water Directive* กำหนดให้ระดับจุลชีพต้องไม่เกิน 100 CFU/mL[10,11] ความแตกต่างนี้สะท้อนให้เห็นว่า การรักษาคุณภาพน้ำให้สะอาดกว่ามาตรฐานของสหรัฐฯ นั้นเป็นไปได้จริง และแสดงถึงมาตรฐานการดูแลผู้ป่วยที่สูงขึ้น ซึ่งควรได้รับการพิจารณาในระดับนโยบาย

ในประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดทางกฎหมายเกี่ยวกับคุณภาพน้ำที่ออกมาจากยูนิตทันตกรรมโดยตรง แต่ข้อแนะนำในการดูแลระบบส่งน้ำดีของยูนิตทันตกรรมและมาตรฐานคุณภาพน้ำถูกกล่าวถึงเป็นครั้งแรกใน แนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางทันตกรรม 2567 (Dental Safety Goals & Guidelines 2024)[12] และเกณฑ์ประเมินมาตรฐานคุณภาพและความปลอดภัยบริการทันตกรรม 2567 (Thai Dental Clinic Accreditation Standard 2024)[13] ซึ่งระบุว่าคลินิกทันตกรรมควรมีการดูแลคุณภาพน้ำและท่อนำระบบน้ำดีของยูนิตทันตกรรมอย่างสม่ำเสมอ โดยแนะนำให้ใช้หลายมาตรการร่วมกัน อาทิเช่น การใช้ระบบป้องกันการดูดกลับของด้ามกรอฟัน การเดินเครื่องพ่นน้ำออกจากสายส่งน้ำของยูนิตทันตกรรม 2 นาที ก่อนเริ่มปฏิบัติงานในแต่ละวัน และ 20-30 วินาที ระหว่างเปลี่ยนผู้ป่วยแต่ละราย การทำให้ระบบส่งน้ำแห้งในช่วงที่ไม่มีการใช้งานยูนิต หรือการใช้ภาชนะบรรจุน้ำที่สะอาดและเลือกใช้น้ำกรองหรือน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว รวมทั้งยังแนะนำให้ใช้สารเคมีเพื่อฆ่าเชื้อในท่อส่งน้ำดีทั้งในลักษณะแบบเป็นครั้งคราว และการใส่สารเคมีความเข้มข้นต่ำในระบบน้ำอย่างต่อเนื่องหรือการใช้น้ำที่มีฤทธิ์ออกซิไดซ์ที่สามารถฆ่าเชื้อได้ เช่นน้ำโอโซน หรือพลาสมา นอกจากนี้ยังแนะนำให้ ใช้น้ำเกลือปราศจากเชื้อหรือน้ำกลั่นปราศจากเชื้อฉีดหล่อหรือฉีดล้างขณะทำงานศัลยกรรม อย่างไรก็ตามแนวปฏิบัตินี้ยังไม่ถือเป็นข้อบังคับตามกฎหมายเป็นเพียงข้อแนะนำขององค์กรวิชาชีพในประเทศไทย และเป็นส่วนหนึ่งของเกณฑ์การตรวจประเมินเพื่อขอรับรองมาตรฐานคุณภาพและความปลอดภัยบริการทันตกรรม โดยสถาบันทันตกรรม กรมการแพทย์และทันตแพทยสภา

3. แนวทางการกำจัดการปนเปื้อนของเชื้อในระบบน้ำของยูนิตทันตกรรมแบบองค์รวม

การกำจัดการปนเปื้อนของระบบน้ำในยูนิตทันตกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องใช้กลยุทธ์แบบบูรณาการ 3 ด้าน ที่สามารถจัดการได้ทั้ง แบคทีเรียในรูปแบบล่องลอย (planktonic bacteria), ไบโอฟิล์มที่ก่อตัวแล้ว, และ ความเสี่ยงของการปนเปื้อนระหว่างผู้ป่วย กลยุทธ์นี้ต้องผสมผสานระหว่าง การควบคุมทางกายภาพ, การใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่องเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลชีพ,และ การทำความสะอาดเป็นครั้งคราวด้วยสารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงเป็นระยะ

3.1 การลดเชื้อด้วยการเพิ่มขั้นตอนปฏิบัติงาน (การไล่น้ำค้างท่อ)

ขั้นตอนพื้นฐานที่สุดของการลดจำนวนจุลชีพในระบบน้ำ คือ การจัดการทางกายภาพของท่อน้ำ หลังการรักษาผู้ป่วยแต่ละราย จำเป็นต้องพ่นน้ำและลมล้างระบบส่งน้ำดีอย่างน้อย 20–30 วินาที เพื่อชะล้างสารชีวภาพที่อาจถูกดูดย้อนจากปากผู้ป่วยเข้าสู่ท่อ และเพื่อลดจำนวนแบคทีเรียล่องลอยที่สะสมอยู่ในช่วงเวลาน้ำค้างนิ่งระหว่างหัตถการ[2] นอกจากนี้การจัดการปัญหาน้ำค้างนิ่งยังต้องดำเนินอย่างเป็นระบบในแต่ละวันโดยเฉพาะหลังวันที่คลินิกปิดทำการ โดยทุกเช้าก่อนเริ่มงานควรทำการฉีดพ่นน้ำล้างระบบออกจากทุกสายที่มีน้ำ อย่างน้อย 2-3 นาที เพื่อกำจัดแบคทีเรียที่เพิ่มจำนวนขึ้นขณะยูนิตไม่ได้ใช้งาน[6] สำหรับยูนิตที่มี ขวดเติมน้ำอิสระ (independent water reservoir) ควรระบายน้ำออกจากท่อทุกคืนเพื่อป้องกันการตกตะกอนของน้ำที่ค้างนิ่ง[14,15]

3.2 รูปแบบการใช้สารเคมีในการควบคุมการปนเปื้อนของเชื้อในระบบน้ำของยูนิตทันตกรรม

แนวทางการกำจัดการปนเปื้อนของเชื้อในระบบน้ำดีของยูนิตทันตกรรมด้วยการใช้สารเคมีที่มีประสิทธิภาพต้องผสมผสานสองวิธีการเข้าด้วยกัน กล่าวคือ ใช้ทั้งการล้างท่อส่งน้ำเป็นครั้งคราว *(Shock Treatment)* ร่วมกับการใส่สารเคมีอย่างต่อเนื่องในระบบน้ำดี *(Continuous Treatment)*

การใส่สารเคมีอย่างต่อเนื่องในระบบน้ำ (Continuous Treatment)

การใส่สารเคมีอย่างต่อเนื่องในระบบน้ำดีคือการเติม สารฆ่าเชื้อที่มีความเข้มข้นต่ำและเข้ากันได้กับระบบลงในน้ำที่ใช้เติมในขวดน้ำของยูนิตทันตกรรมเป็นประจำทุกวัน ตัวอย่างของสารที่นิยมใช้ได้แก่ คลอรีนไดออกไซด์ชนิดคงตัว (stabilized chlorine dioxide) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide)[16] ไอออนเงิน (silver ions)[17,18] การเติมสารเคมีเหล่านี้มีจุดประสงค์เพื่อ ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียล่องลอย และป้องกันการยึดเกาะเริ่มต้นของจุลชีพที่อาจนำไปสู่การก่อตัวของไบโอฟิล์มใหม่[18] อย่างไรก็ตาม การรักษาแบบต่อเนื่องไม่สามารถกำจัดการปนเปื้อนในระดับสูงหรือทำลายไบโอฟิล์มที่ก่อตัวสมบูรณ์แล้วได้อย่างมีประสิทธิภาพ วัตถุประสงค์หลักของระบบนี้คือ การคงไว้ซึ่งคุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมากกว่าการกำจัดการปนเปื้อนที่มีอยู่เดิม[19]

การล้างท่อส่งน้ำเป็นครั้งคราว *(Shock Treatment)*

การล้างท่อส่งน้ำเป็นครั้งคราว (Shocking) หมายถึงการใช้สารฆ่าเชื้อที่มีความเข้มข้นสูง ร่วมกับระยะเวลาสัมผัสที่ยาวนาน (มักใช้เวลาหลายชั่วโมงหรือทิ้งไว้ข้ามคืน) เพื่อทำลายไบโอฟิล์มที่เจริญเต็มที่ ซึ่งการใส่สารเคมีอย่างต่อเนื่องในระบบน้ำดีไม่สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ[19]

การล้างท่อส่งน้ำดีถือเป็นขั้นตอน บังคับ ในหลายกรณีดังต่อไปนี้[20]:

1. ก่อนเริ่มต้นการใช้สารเคมีชนิดใหม่ หรือ ก่อนเปลี่ยนไปใช้ผลิตภัณฑ์อีกยี่ห้อหนึ่ง เพื่อให้แน่ใจว่าระบบปราศจากสารตกค้างหรือจุลชีพจากระบบเดิม
2. ทันทีหลังจากผลการตรวจคุณภาพน้ำไม่ผ่านมาตรฐาน (มีปริมาณจุลชีพเกิน 500 CFU/mL)
3. เป็นส่วนหนึ่งของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามรอบเวลา โดยทั่วไปแนะนำให้ทำอย่างน้อย ทุก 3 เดือน (รายไตรมาส) สำหรับคลินิกที่ต้องการรักษามาตรฐานคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่อง[21]
4. เมื่อยูนิตไม่ได้ใช้งานเป็นเวลานานกว่า 2 สัปดาห์ (14 วันขึ้นไป) เพื่อป้องกันการสะสมของจุลชีพและการเกิดไบโอฟิล์มใหม่

article in press

5. เมื่อสงสัยว่าแหล่งน้ำต้นทางมีการปนเปื้อน เช่น หลังเกิดเหตุท่อประปาหลักแตกหรือระบบน้ำมีการซ่อมบำรุงที่อาจนำสิ่งสกปรกเข้าสู่ระบบ[22]

การล้างท่อส่งน้ำดีจึงถือเป็นมาตรการสำคัญในการ "รีเซ็ต" ระบบน้ำของยูนิตทันตกรรม เพื่อให้พร้อมกลับเข้าสู่การควบคุมเชิงป้องกันและคงคุณภาพน้ำให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้ป่วยและบุคลากร

3.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความเข้ากันได้ของสารเคมีในระบบน้ำของยูนิตทันตกรรม

การเลือกใช้สารเคมีในการฆ่าเชื้อในระบบน้ำของยูนิตทันตกรรมจำเป็นต้องพิจารณาอย่างรอบคอบระหว่าง ประสิทธิภาพในการกำจัดจุลชีพ และความเสี่ยงต่อการกัดกร่อนของระบบหรือการเกิดสารพิษรองจากปฏิกิริยาเคมี

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) และไอออนเงิน (Silver ion)

ระบบที่ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นพื้นฐานได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความปลอดภัยสูง และมีผลกระทบต่อวัสดุภายในระบบน้ำของยูนิตน้อยกว่าเมื่อเทียบกับสารกลุ่มคลอรีน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในไบโอฟิล์มจนเกิด สารไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes: THMs) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง[23] อีกทั้งยังสามารถใช้ร่วมกับ ไอออนเงิน ได้อย่างปลอดภัยในการเติมลงในระบบน้ำอย่างต่อเนื่อง[24] เพื่อเพิ่มฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของจุลชีพ

อย่างไรก็ตามหากต้องการกำจัดเชื้อฉวยโอกาสหรือเชื้อก่อโรคบางกลุ่ม เช่น การลดจำนวนเชื้อ Legionella ลงถึงระดับ 5-log reduction (ลดลง 100,000 เท่า) การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับไอออนเงินจำเป็นต้องมี ระยะเวลาสัมผัสนานถึง 15 ชั่วโมง เพื่อให้สามารถแทรกซึมและทำลายโครงสร้างเมทริกซ์ของไบโอฟิล์มได้อย่างสมบูรณ์[24] ดังนั้นแนวทางปฏิบัติที่ดีควรกำหนดให้การแช่สารเคมีนี้ทำในช่วงกลางคืนหรือสุดสัปดาห์เพื่อให้ระยะเวลาสัมผัสเพียงพอ

โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl)

แม้โซเดียมไฮโปคลอไรต์จะมีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าเชื้อ แต่ก็ถือว่าเป็นสารที่มีฤทธิ์กัดกร่อนรุนแรงและอาจทำลายวัสดุภายในระบบท่อน้ำได้อย่างมาก การใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ยังมีความเสี่ยงรองที่สำคัญ ได้แก่ การทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในไบโอฟิล์มจนเกิดสารไตรฮาโลมีเทน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง[23] และสารออกซิไดซ์อย่างโซเดียมไฮโปคลอไรต์ยังสามารถละลายปรอทจากวัสดุบูรณะฟันผสมอะมัลกัมออกมาในน้ำของยูนิต[23] ซึ่งอาจส่งผลต่อมลพิษทางสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุนี้การใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์จึงควรถูกจำกัดหรือหลีกเลี่ยง และเปลี่ยนไปใช้สารทางเลือกที่ปลอดภัยกว่าแทน

คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2)

คลอรีนไดออกไซด์ชนิดคงตัว (stabilized chlorine dioxide) เป็นสารที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมไบโอฟิล์ม และเมื่อใช้ความเข้มข้นตามคำแนะนำของผู้ผลิตจะไม่กัดกร่อนโลหะภายในระบบน้ำของยูนิตทันตกรรม[25] คลอรีนไดออกไซด์สามารถใช้ได้ทั้งในรูปแบบการใส่สารเคมีอย่างต่อเนื่องในระบบน้ำ และการล้างท่อส่งน้ำในช่วงข้ามคืน (initial overnight shock) พบว่าสามารถควบคุมการก่อตัวของไบโอฟิล์มได้อย่างมีประสิทธิภาพ และรักษาระดับปริมาณจุลชีพในน้ำให้น้อยกว่า 200 CFU/mL ได้อย่างสม่ำเสมอ[25]

น้ำที่มีฤทธิ์ออกซิไดซ์ เช่น พลาสมา โอโซน หรือไอโอดีน

น้ำที่มีฤทธิ์ออกซิไดซ์มีอำนาจในการฆ่าเชื้อ เช่นการทำให้น้ำแตกตัวเป็นพลาสมาไอออนที่มีประจุบวกและลบ ที่เรียกว่า Plasma-Activated Water (PAW) นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีการจัดเรียงโมเลกุลของน้ำใหม่ให้เกิดเป็นโอโซน (O_3) ซึ่งมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ หรือหลอดบรรจุเรซินที่สามารถปลดปล่อยไอโอดีน (iodinated resin) ออกมาในน้ำอย่างช้า ๆ ในระดับต่ำ ๆ ซึ่งไอโอดีนเป็นสารออกซิไดซ์ซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อ น้ำที่มีฤทธิ์ออกซิไดซ์เหล่านี้ได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีความปลอดภัยและในขณะเดียวกันมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อสามารถนำมาใช้ในการควบคุมเชื้อในระบบน้ำของยูนิตทันตกรรมในลักษณะต่อเนื่องได้[26,27]

3.4 การควบคุมเชื้อด้วยวิธีทางกายภาพและการออกแบบทางวิศวกรรม

ระบบน้ำอิสระ (Self-Contained Water Systems)

ระบบน้ำอิสระ หรือ ขวดน้ำแยก (independent reservoirs) เป็นคุณลักษณะมาตรฐานของยูนิตทันตกรรมสมัยใหม่ ซึ่งช่วยแยกระบบน้ำของยูนิตออกจากแหล่งน้ำประปาหลัก ทำให้ทันตแพทย์สามารถควบคุมแหล่งน้ำที่ใช้ได้เอง[8] และสามารถเติมสารเคมีเฉพาะเพื่อฆ่าเชื้อหรือป้องกันการเกิดไบโอฟิล์มได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำกลั่น (distilled water) หรือ น้ำที่ผ่านระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO water) เพียงอย่างเดียว ยังไม่เพียงพอในการป้องกันการเกิดไบโอฟิล์ม การเติมสารเคมีฆ่าเชื้อที่มีฤทธิ์อ่อนและปลอดภัยลงในน้ำที่ใช้เติมในถัง หรือการใส่สารเคมีอย่างต่อเนื่องในระบบน้ำจะช่วยป้องกันการเจริญของจุลชีพและการยึดเกาะของไบโอฟิล์มภายในท่อส่งน้ำของยูนิตทันตกรรมและลดเชื้อที่ออกมาจากปลายสายในระยะยาวได้[8]

ตัวกรองจุลชีพแบบติดปลายทาง (Point-of-Use: POU Microbial Filters)

ตัวกรองแบบ POU (Point-of-Use) ติดตั้งไว้บริเวณก่อนถึงปลายทางของเครื่องมือทันตกรรม เช่น หัวกรอ (handpiece) หรือหัวฉีดน้ำ-ลม (air-water syringe) ทำหน้าที่เป็นด่านสุดท้ายในการกรองเชื้อก่อนถึงผู้ป่วย[28] ตัวกรองชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงในการดักจับและกำจัดจุลชีพในน้ำ โดยสามารถลดจำนวนแบคทีเรีย Heterotrophic Plate Count (HPC) ได้มากกว่าร้อยละ 99 และกำจัดเชื้อก่อโรคฉวยโอกาส เช่น Legionella และ Mycobacterium ได้อย่างสมบูรณ์ในจุดจ่ายน้ำ[29] อย่างไรก็ตามตัวกรอง POU ไม่สามารถ

ควบคุมหรือกำจัดไบโอฟิล์มที่อยู่ภายในท่อน้ำต้นทางได้[28] อีกทั้งยังมีแนวโน้มอุดตันอย่างรวดเร็วจึงต้องมีการเปลี่ยนตามรอบเวลาที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่สูงขึ้น[28] ดังนั้นตัวกรอง POU จึงมักถูกนำมาพิจารณาเป็นลำดับสุดท้าย ซึ่งจำเป็นต้องใช้ร่วมกับระบบบำรุงรักษาด้วยสารเคมีอย่างต่อเนื่อง เพื่อควบคุมไบโอฟิล์มในระบบน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

4. การตรวจสอบ การยืนยันผล และการดำเนินการเพื่อให้ได้คุณภาพน้ำตามมาตรฐานที่กำหนด

การตรวจสอบคุณภาพน้ำเป็นกระบวนการสำคัญที่ใช้ในการยืนยันว่ามาตรการกำจัดการปนเปื้อนที่ดำเนินอยู่มีประสิทธิผลจริง การดำเนินงานในส่วนนี้จำเป็นต้องมีการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Standard Operating Procedures: SOPs) แบบเป็นลายลักษณ์อักษรเพื่อเป็นแนวทางให้บุคลากรปฏิบัติตามขั้นตอนการดูแลรักษาและการตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างถูกต้องและสม่ำเสมอ[28] ข้อมูลจากการสำรวจในช่วงหลังพบว่าแม้ทันตบุคลากรส่วนใหญ่ตระหนักถึงความสำคัญของคุณภาพน้ำในยูนิตทันตกรรม แต่ยังคงขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการฆ่าเชื้อและการตรวจสอบคุณภาพน้ำอยู่มาก ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นในการจัดให้มีการฝึกอบรมบุคลากรอย่างเป็นระบบและมีการบันทึกหลักฐานการฝึกอบรมเพื่อรับรองว่าการดำเนินการตามมาตรฐานด้านการควบคุมการติดเชื้อเป็นไปอย่างถูกต้องและยั่งยืน[4]

4.1 แนวทางและวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำในระบบยูนิตทันตกรรม

การตรวจสอบคุณภาพน้ำต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบและแม่นยำ โดยมีเป้าหมายเพื่อประเมินประสิทธิภาพของมาตรการควบคุมและรักษาคุณภาพน้ำในยูนิตทันตกรรมอย่างต่อเนื่อง

การตรวจสอบเบื้องต้น (Baseline Testing) ควรทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำในกรณีต่อไปนี้: เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์ใหม่ เมื่อมีการเปลี่ยนสารเคมีหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในระบบน้ำ หรือ เมื่อมีการเปลี่ยนผู้รับผิดชอบด้านการบำรุงรักษาระบบ[20]

การตรวจสอบตามรอบเวลา (Routine Testing) เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการติดตามคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่อง โดยต้องมีการเก็บตัวอย่างและตรวจวัดตามรอบเวลาที่กำหนดอย่างเคร่งครัด[30] การตรวจควรครอบคลุมทุกช่องทางน้ำที่เกี่ยวข้องกับการทำหัตถการ ได้แก่[20]

- ท่อน้ำของหัวกรอความเร็วสูง (high-speed handpiece lines)
- ท่อของหัวฉีดน้ำและลม (air-water syringe lines)
- ท่อของเครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิก (ultrasonic scaler lines)
- รวมถึงท่อที่ใช้งานไม่บ่อย

การเก็บตัวอย่างต้องทำด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ (aseptic technique) โดยสวมถุงมือสะอาดและหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนจากภายนอก[20] สำหรับยูนิตที่มีการใช้สารเคมีฆ่าเชื้อ จำเป็นต้องมีขั้นตอนการทำให้สารฆ่าเชื้อหยุดทำงาน (germicidal neutralization) ในตัวอย่างที่เก็บ เพื่อให้ผลตรวจสะท้อนถึงจำนวนจุลชีพที่มีชีวิตจริง ไม่ใช่เพียงเซลล์ที่ถูกยับยั้งชั่วคราว[30]

วิธีมาตรฐานของการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ (Gold Standard Method)

วิธีการตรวจที่ให้ผลแม่นยำที่สุดคือ การใช้ Reasoner's 2 Agar (R2A) ซึ่งเป็นวิธีเพาะเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบจาน (plated culture method) โดยต้องบ่มตัวอย่างเป็นเวลา 5–7 วัน เพื่อให้ได้ค่าจำนวนโคโลนีฟอร์มมิงยูนิต (CFU) ที่ชัดเจนและเชื่อถือได้[30] นอกเหนือจากการตรวจในห้องปฏิบัติการที่แนะนำให้ทำอย่างน้อยทุก 3 เดือน (รายไตรมาส) คลินิกควรพิจารณาใช้ชุดตรวจภายในคลินิก (in-office screening) แบบง่ายและรวดเร็วเพิ่มเติมในระหว่างรอบ เพื่อตรวจจับการเพิ่มขึ้นของจุลชีพได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้น ลดความเสี่ยงในการตรวจไม่ผ่านในรอบการตรวจประเมินหลัก

4.2 ความถี่ในการตรวจสอบและแนวทางการแก้ไขเมื่อไม่ผ่านเกณฑ์

แนวทางมาตรฐานในการควบคุมคุณภาพน้ำของระบบยูนิตทันตกรรมที่มีประสิทธิภาพ ควรเริ่มต้นด้วย การตรวจคุณภาพน้ำทุกเดือน ในช่วงเริ่มต้นของการใช้ระบบใหม่หรือโปรแกรมบำรุงรักษาใหม่ จนกว่าจะได้ผลการตรวจที่ผ่านเกณฑ์อย่างสม่ำเสมอ เมื่อได้ผลการตรวจสองครั้งติดต่อกัน ที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ≤ 500 CFU/mL แล้วจึงสามารถปรับรอบการตรวจเป็น ทุก 3 เดือน (ทุก 90 วัน) ได้[20]

ตารางที่ 1 *แนวทางการตรวจสอบและการแก้ไขคุณภาพน้ำในระบบยูนิตทันตกรรม[19] (มาตรฐานอ้างอิง: ≤ 500 CFU/mL)*

Table 1 *Guidelines for Monitoring and Correcting Water Quality in Dental Unit Water Systems[19] (Reference standard: ≤ 500 CFU/mL)*

ขั้นตอน	การตรวจคุณภาพน้ำ (Heterotrophic plate count: HPC)	แนวปฏิบัติเมื่อผล	
		ผ่านเกณฑ์ (≤500 CFU/mL)	ไม่ผ่านเกณฑ์ (>500 CFU/mL)
การตรวจสอบเบื้องต้น (Day 0)	น้ำที่ออกจากท่อน้ำดีของยูนิตทันตกรรมทุกสายที่มีน้ำออกมา	บันทึกผลและตรวจซ้ำภายใน 30 วัน	ล้างท่อส่งน้ำดี (Shock Tx) ทันทีและตรวจซ้ำภายใน 30 วัน

article in press

ตารางที่ 1 *แนวทางการตรวจสอบและการแก้ไขคุณภาพน้ำในระบบยูนิตทันตกรรม[19] (มาตรฐานอ้างอิง: ≤ 500 CFU/mL) (ต่อ.)*

Table 1 *Guidelines for Monitoring and Correcting Water Quality in Dental Unit Water Systems[19] (Reference standard: ≤ 500 CFU/mL) (cont.)*

ขั้นตอน	การตรวจคุณภาพน้ำ (Heterotrophic plate count: HPC)	แนวปฏิบัติเมื่อผล	
		ผ่านเกณฑ์ (≤500 CFU/mL)	ไม่ผ่านเกณฑ์ (>500 CFU/mL)
การตรวจซ้ำหลังทำการล้างท่อส่งน้ำดี (Day 30)	น้ำที่ออกจากท่อน้ำดีของยูนิตทันตกรรมทุกสายที่มีน้ำออกมา	บันทึกผลและปรับการตรวจเป็นทุกไตรมาส	ล้างท่อส่งน้ำดีอีกครั้ง (ย้อนกลับ Day 0) หากผลไม่ผ่านเกณฑ์เป็นครั้งที่ 2 ให้หยุดใช้งานยูนิตและติดต่อบริษัทผู้ผลิต
การตรวจสอบตามรอบเวลา (ไตรมาส)	น้ำที่ออกจากท่อน้ำดีของยูนิตทันตกรรมทุกสายที่มีน้ำออกมา	บันทึกผลและตรวจซ้ำทุกไตรมาส	ล้างท่อส่งน้ำดีอีกครั้ง (ย้อนกลับ Day 0) ตรวจซ้ำทุกเดือน

การวิเคราะห์ข้อมูลการปฏิบัติตามมาตรฐานพบว่า มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลางระหว่าง ความถี่ของการตรวจคุณภาพน้ำกับ อัตราการตรวจพบผลล้มเหลวหรือไม่ผ่านเกณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่าผลการตรวจที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวนมากกลับไม่ได้รับการแก้ไขอย่างเหมาะสม โดยเกือบครึ่งหนึ่งของการตรวจซ้ำภายหลัง (ประมาณร้อยละ 47) ยังคงมีค่าจำนวนจุลชีพเกินเกณฑ์มาตรฐาน 500 CFU/mL[31] ข้อมูลนี้บ่งชี้ว่า บุคลากรอาจเร่งทำการตรวจซ้ำเร็วเกินไป โดยไม่ได้ให้เวลาสารเคมีทำปฏิกิริยาครบตามระยะที่กำหนด หรืออาจมีการปฏิบัติขั้นตอนการล้างท่อส่งน้ำดีไม่ถูกต้อง เช่น ความเข้มข้นของสารไม่เพียงพอ หรือระยะเวลาสัมผัสสั้นเกินไป[22]

5. บทสรุปและข้อเสนอเชิงกลยุทธ์สำหรับผู้กำหนดนโยบาย

การกำจัดการปนเปื้อนในระบบน้ำของยูนิตทันตกรรมให้ได้ผลอย่างแท้จริง จำเป็นต้องปรับแนวคิดจากการบำรุงรักษาเชิงรับไปสู่การจัดการแบบบูรณาการเชิงรุกที่เน้นการปฏิบัติตามมาตรฐานอย่างต่อเนื่อง ผู้กำหนดนโยบายควรตระหนักว่า ปัญหาหลักไม่ได้อยู่ที่การควบคุมคุณภาพน้ำเท่านั้น แต่จำเป็นต้องจัดการกับไบโอฟิล์มภายในท่อส่งน้ำซึ่งสามารถเป็นแหล่งสะสมของเชื้อก่อโรคฉวยโอกาสที่มีความรุนแรงสูงได้หากไม่มีการจัดการอย่างเหมาะสม

นโยบายการจัดการระบบน้ำในยูนิตทันตกรรมที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัย กลไกป้องกัน 3 ชั้น (Triple-Barrier Approach) ซึ่งไม่สามารถทดแทนกันได้ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยสูงสุดให้แก่ผู้ป่วยและรักษาการปฏิบัติตามมาตรฐานอย่างยั่งยืน (รูปที่ 2)

5.1 การยับยั้งการเจริญของจุลชีพด้วยการใส่สารเคมีฆ่าเชื้ออย่างต่อเนื่องในระบบน้ำ

การใส่สารฆ่าเคมีอย่างต่อเนื่องในระบบน้ำ โดยสารเคมีที่นำมาใช้นี้ควรได้รับการรับรองว่ามีความปลอดภัย และไม่กัดกร่อน ตัวอย่างสารเคมีที่นำมาใช้ เช่น คลอรีนไดออกไซด์ชนิดคงตัว (stabilized ClO_2) หรือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับไอออนเงิน (H_2O_2/Ag^+) ผ่านระบบถังน้ำอิสระของยูนิตทันตกรรมเพื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียล่องลอย (planktonic bacteria) และ ป้องกันการก่อตัวของไบโอฟิล์มใหม่[8] หลอดบรรจุเรซินที่ปลดปล่อยไอโอดีน (iodinated resin cartridge)[27] หรือระบบทำให้น้ำแตกตัวเป็นพลาสมาไอออน[26] หรือน้ำโอโซน[32] เหล่านี้ล้วนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมจุลชีพในระบบน้ำได้

5.2 การกำจัดไบโอฟิล์มด้วยการล้างท่อส่งน้ำเป็นครั้งคราว

การล้างท่อส่งน้ำเป็นครั้งคราว ควรทำอย่างน้อยทุก 3 เดือน (รายไตรมาส) โดยใช้สารฆ่าเชื้อระดับสูงเพื่อทำลายไบโอฟิล์มที่ฝังแน่น ตัวอย่างสารเคมีที่แนะนำ เช่น stabilized ClO_2 หรือ H_2O_2 ทั้งนี้ควรกำหนดระยะเวลาสัมผัสของสารให้เพียงพอ (สูงสุดถึง 15 ชั่วโมง หรือข้ามคืน) เพื่อให้สารสามารถแทรกซึมเข้าสู่ชั้นในของไบโอฟิล์มและทำลายได้อย่างสมบูรณ์[24] ทั้งนี้ไม่แนะนำให้ใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) เนื่องจากฤทธิ์ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การกัดกร่อนโลหะในระบบ การเกิดสารก่อมะเร็งไตรฮาโลมีเทน และการละลายปรอทจากวัสดุบูรณะฟันอะมัลกัม[23]

5.3 การป้องกันความเสี่ยงต่อผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงโดยการใช้ตัวกรองจุลชีพที่ปลายสายหรือการใช้น้ำเกลือปราศจากเชื้อในหัตถการที่มีความเสี่ยงสูง

การใช้ตัวกรองจุลชีพที่ปลายสาย (POU filters) โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงหรือมีภูมิคุ้มกันบกพร่อง เพื่อทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันสุดท้าย ดักจับเชื้อจุลชีพที่อาจหลุดออกมาจากไบโอฟิล์มต้นทางก่อนถึงจุดจ่ายน้ำของเครื่องมือทันตกรรม[28] หากไม่สามารถทำได้ให้เลี่ยงไปใช้น้ำเกลือปราศจากเชื้อฉีดเพื่อหล่อเย็นแทนในหัตถการที่มีความเสี่ยงสูง เช่นการผ่าตัดในช่องปาก

ตารางต่อไปนี้สรุป ข้อกำหนดขั้นต่ำในการดำเนินงาน ที่จำเป็นสำหรับการเตรียมความพร้อมก่อนการตรวจประเมิน และเพื่อให้สามารถรักษาการปฏิบัติตามมาตรฐานได้อย่างต่อเนื่อง

article in press

ตารางที่ 2 *รายการตรวจสอบความพร้อมของระบบน้ำยูนิตทันตกรรม*

Table 2 *Checklist for Assessing the Readiness of the Dental Unit Water System*

สิ่งที่ควรมี/ปฏิบัติ	ความถี่	เหตุผลในการปฏิบัติ
แนวปฏิบัติที่เป็นลายลักษณ์อักษรในการบำรุงรักษาและตรวจสอบระบบน้ำดีของยูนิตทำฟัน	ทบทวนทุกปี	สอดคล้องกับมาตรฐานในประเทศ
การพ่นสายไล่น้ำค้างท่อระหว่างเปลี่ยนผู้ป่วย	หลังเสร็จสิ้นการรักษาผู้ป่วยแต่ละราย	ไล่น้ำค้างท่อซึ่งอาจจะมีสารคัดหลั่งจากช่องปากตกค้าง นาน 20-30 วินาที[14]
การใส่สารฆ่าเคมีอย่างต่อเนื่องในระบบน้ำ	ทุกวัน	ฆ่าเชื้อที่ลอยอยู่ในน้ำ (planktonic bacteria) และยับยั้งการก่อตัวใหม่ของไบโอฟิล์ม[8]
การล้างท่อส่งน้ำเป็นครั้งคราว	ทุกไตรมาส (เป็นอย่างต่ำ)	กำจัดไบโอฟิล์มที่ก่อตัวแล้ว จำเป็นต้องทำเมื่อผลการตรวจไม่ผ่านเกณฑ์[21]
การตรวจคุณภาพน้ำ (Heterotrophic plate count; HPC)	ทุกไตรมาส	ควรอยู่ในค่ามาตรฐานที่ ≤500 CFU/mL[20]
ใช้น้ำปราศจากเชื้อ	ทุกหัตถการทางศัลยกรรม	จำเป็นเพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วย[14]
บันทึกและทบทวนหากเกิดข้อผิดพลาด หรือหาทางแก้ไขหากไม่ผ่านเกณฑ์	ทำทันทีเมื่อตรวจพบข้อผิดพลาด	แสดงหลักฐานการดำเนินการแก้ไขและการจัดการความรับผิดชอบ[20]

รูปที่ 2 *อินโฟกราฟิกแสดงแนวปฏิบัติที่ดีที่สุดในการกำจัดการปนเปื้อนของเชื้อในระบบน้ำของยูนิตทันตกรรม*

Figure 2 *An infographic illustrating best practices for eliminating microbial contamination in dental unit water systems*

article in press

กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยได้รับการสนับสนุนจากเทคโนโลยี Gemini Pro และ NotebookLM ในการรวบรวมข้อมูลและร่างเนื้อหาเบื้องต้น โดยผู้เขียนได้ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาอย่างละเอียดและเพิ่มเติมข้อมูลเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์สูงสุด ผู้เขียนขอขอบพระคุณ นทพ. สิรภัทร วาณิชย์เสถียร นิสิตทันตแพทย์ ชั้นปีที่ 3 สำหรับความอนุเคราะห์ในการวาดภาพประกอบและปรับปรุงอินโฟกราฟิกให้มีความสวยงามและชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

1. Morris BF, Vandewalle KS, Hensley DM, Bartoloni JA. Comparison of in-office dental unit waterline test kits. ***Mil Med*** 2010;175(11):901-6.

2. Complete Guide to Biofilm in Dental Unit Waterlines - ProEdge Dental Water Labs, Available at https://proedgedental.com/learning-center/complete-guide-to-biofilm-in-dental-unit-waterlines/, Cited November 7, 2025.

3. Walker JT, Bradshaw DJ, Bennett AM, Fulford MR, Martin MV, Marsh PD. Microbial biofilm formation and contamination of dental-unit water systems in general dental practice. ***Appl Environ Microbiol*** 2000;66(8):3363-7.

4. Best Practices for Dental Unit Water Quality | Dental Infection Prevention and Control - CDC, Available at https://www.cdc.gov/dental-infection-control/hcp/dental-ipc-faqs/best-practices-dental-unit-water-quality.html, Cited November 7, 2025.

5. Spagnolo AM, Sartini M, Cristina ML. Microbial Contamination of Dental Unit Waterlines and Potential Risk of Infection: A Narrative Review. ***Pathogens*** 2020;9(8):651.

6. Lee SS, Yang LC, Chang YC. An update of dental unit waterlines disinfection. ***J Dent Sci*** 2022;17(4):1831-2.

7. Ampornaramveth R, Techathuvanan N, Sirihongthong T. A survey of dental unit waterline bacterial contamination methods used in dental clinics around Bangkok. ***J Dent AssocThai*** 2010;60:207-17

8. Guidelines & Best Practices for Dental Unit Waterline Maintenance, Available at https://totalmedicalcompliance.com/guidelines-and-best-practices-for-dental-unit-waterline-maintenance/ Cited November 7, 2025.

9. Effectiveness of a Dental Unit Waterline Treatment Protocol With A-Dec ICX and Citrisil Disinfectants | Military Medicine | Oxford Academic, Available at https://academic.oup.com/milmed/article/180/10/1098/4160583, Cited November 7, 2025.

10. How to perform a QWS HPC Sampler Test - YouTube, Available at https://www.youtube.com/watch?v=6VSATcd1Q4o, Cited November 7, 2025.

11. Drinking water Improving access to drinking water for all, https://environment.ec.europa.eu/topics/water/drinking-water_en, Cited November 21, 2025.

12. แนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางทันตกรรม 2567 (DSG 2024), Available at https://dentalcouncil.or.th/Pages/DentalSafetyGoal, Cited November 21, 2025.

13. Thai Dental Clinic Accreditation Standard 2024, Available at https://dentalcouncil.or.th/pdf/TDCA2024.pdf, Cited November 21, 2025

14. Dental Unit Waterlines - FDA, Available at https://www.fda.gov/medical-devices/dental-devices/dental-unit-waterlines, Cited November 7, 2025.

15. Disinfection and Decontamination Legionnaires and Managing Dental Unit Waterlines, Available at https://www.cpd4dentalhygienists.co.uk/PDFs/Disinfection%20and%20Decontamination%20Legionnaires%20and%20Managing%20Dental%20Unit%20Waterlines%20SEPT%202023H.pdf, Cited November 7, 2025.

16. Zanetti F, De Luca G, Tarlazzi P, Stampi S. Decontamination of dental unit water systems with hydrogen peroxide. ***Lett Appl Microbiol*** 2003;37(3):201-6.

17. Hong F, Chen P, Yu X, Chen Q. The Application of Silver to Decontaminate Dental Unit Waterlines-a Systematic Review. ***Biol Trace Elem Res*** 2022;200(12):4988-5002.

18. Petti S, Polimeni A, Allen MJ. Dental unit water treatment with hydrogen peroxide and monovalent silver ions artificially contaminated with freshly isolated pathogens. ***Ann Ig*** 2015;27(6):789-98.

19. Dental Waterline Shocking: Best Practices for Safe & Effective Biofilm Removal, Available at https://www.agenics.net/blog/2025/9/23/shocking-best-practices, Cited November 7, 2025.

20. Dental Unit Waterlines Maintenance Toolkit - Wisconsin Department of Health Services, Available at https://www.dhs.wisconsin.gov/publications/p03664.pdf, Cited November 7, 2025.

21. Complete Guide to Shocking Dental Unit Waterlines by ProEdge, Available at https://proedgedental.com/water-science/shocking-dental-unit-waterlines/, Cited November 7, 2025.

22. Adams School of Dentistry: Infection Control Manual - Chapter 09: Dental Unit Waterlines (DUWL) & Vacuum Maintenance - UNC Policies, Available at https://policies.unc.edu/TDClient/2833/Portal/KB/ArticleDet?ID=139925, Cited November 7, 2025.

23. Update on infectious risks associated with dental unit waterlines, Available at https://academic.oup.com/femspd/article/65/2/196/681464 Cited November 7, 2025.

24. Ditommaso S, Giacomuzzi M, Ricciardi E, Zotti CM. Efficacy of a Low Dose of Hydrogen Peroxide (Peroxy Ag^{+}) for Continuous Treatment of Dental Unit Water Lines: Challenge Test with Legionella pneumophila Serogroup 1 in a Simulated Dental Unit Waterline. ***Int J Environ Res Public Health*** 2016;13(5):745.

25. Insist on Evidence Based Waterline Cleaner - CloSYS, Available at https://closys.com/pages/waterline-cleaner-for-dental-units, Cited November 7, 2025.

26. Noopan S, Unchui P, Techotinnakorn S, Ampornaramveth RS. Plasma Sterilization Effectively Reduces Bacterial Contamination in Dental Unit Waterlines. ***Int J Dent*** 2019;2019:5720204.

27. Petchphayaprai C, Chotipan C, Sa-Ngiampak P, Thotsaporn

article in press

K, Ampornaramveth RS. Effectiveness of iodine for continuous decontamination of dental unit waterline. ***BDJ Open*** 2023;9(1):34.
28. Samaranayake L, Fakhruddin K, Sobon N, Osathanon T. Dental Unit Waterlines: Disinfection and Management. ***Int Dent J*** 2024;74Suppl2(Suppl 2):S437-S445.
29. Sheffer PJ, Stout JE, Wagener MM, Muder RR. Efficacy of new point-of-use water filter for preventing exposure to Legionella and waterborne bacteria. ***Am J Infect Control*** 2005;33(5 Suppl 1):S20-5.
30. Complete Guide to Testing Dental Unit Waterlines, Available at https://proedgedental.com/water-science/testing-dental-unit-waterlines/, Cited November 7, 2025,
31. Buitrago JM, Kolbe RJ, Siqueira MF. Dental unit waterline testing practices: an 11-Year retrospective study. ***BMC Oral Health*** 2023;23(1):867.
32. Okubo K, Ito T, Shiota Y, Kawata Y, Yamamoto T, Takashiba S. Effectiveness and safety of low-concentrated ozonized water for the reduction of contamination in dental unit water lines. ***Heliyon*** 2019;5(8):e02306.