Korean Journal of Clinical Dental Hygiene

Review Article

치과용 핸드피스의 세척 방법과 자동 세척기의 세척 효과에 대한 서술적 문헌고찰

박명진[1], 문혜영[2], 강정윤[2*]
[1]연세대학교 보건과학대학원 구강건강증진학과, [2]연세대학교 치위생학과

Cleaning Methods for Dental Handpieces and the Cleaning Efficacy of Automated Cleaning Devices: A Narrative Review

Received: June 13, 2025
Revised: August 06, 2025
Accepted: August 25, 2025

Myoung Jin Park[1], Hye Young Mun[2], Jung Yun Kang[2*]
[1]Department of Oral Health Promotion, Graduate School of Health Sciences, Yonsei University, Wonju 26493, Korea
[2]Department of Dental Hygiene, College of Software and Digital Healthcare Convergence, Yonsei University, Wonju 26493, Korea

[*]**Corresponding Author: 강정윤,** (26493) 강원도 원주시 연세대길1 연세대학교 소프트웨어디지털헬스케어융합대학 치위생학과, Tel: (033) 760-5564, Fax: (033) 760-2919, E-mail: hannahkang@yonsei.ac.kr

Abstract

Objective: This review aimed to examine various cleaning methods for dental handpieces for infection control and compare the cleaning efficacy of automated cleaning devices based on residual protein analysis according to the International Organization for Standardization (ISO) 15883-5. **Methods:** Using major databases and relevant keywords, a literature search was conducted for studies published between 2003 and 2025. The cleaning methods were categorized into manual, automated, and ultrasonic. The cleaning efficacy of automated cleaning devices was evaluated based on residual protein analysis, focusing on compliance with the ISO 15883-5 standard (≤6.4 μg/cm^2). **Results:** Cleaning methods differed in terms of equipment requirements, cleaning duration, cost, internal cleaning capability, and verifiability of cleaning outcomes. Automated cleaning devices demonstrated excellent cleaning efficacy on external surfaces that met ISO standards; however, localized limitations were identified in the internal cleaning of some devices. **Conclusions:** Effective cleaning of dental handpieces requires strategies that reflect their structural complexity and clinical setting. Automated cleaning is a promising approach for standardized infection control. Establishing standardized protocols, improving device performance, and developing validated verification methods are essential for enhancing clinical cleaning practices and informing infection control policies.

Korean Journal of Clinical Dental Hygiene, 2025;13(3):207-217 https://doi.org/10.12972/kjcdh.2025.13.3.7 pISSN : 2287-9641 eISSN : 2465-7743 Copyright © 2025 by Korean Journal of Clinical Dental Hygiene. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Key words: Cleaning, Dental handpiece, Infection control, Protein residue, Washer-disinfector
색 인: 세척, 치과용 핸드피스, 감염관리, 단백질 잔류량, 워셔 소독기

1. 서론

치과용 핸드피스는 치과 진료 시 필수적으로 사용되는 고속 회전 기구이다. Bur나 disc와 같은 다양한 회전 기구를 장착하여 구동하며, 절단과 연마 또는 치아 삭제와 같이 정밀성과 효율성이 요구되는 대부분의 치과 시술에서 핵심적인 역할을 수행한다(1). 의료기구의 멸균 및 소독 수준을 결정하는 체계로 널리 사용되는 Spaulding 분류에 따르면, 치과용 핸드피스는 점막과 직접 접촉하며 혈액 및 체액 노출 위험이 있어 고위험 기구(Critical item)로 간주되며, 철저한 세척과 멸균이 필수적이다(2). 미국질병관리센터(U.S. Centers for Disease Control and Prevention, CDC)의 표준주의(Standard precaution) 지침 역시 치과용 핸드피스를 환자 간 교차감염 방지를 위해 매 환자마다 세척 및 멸균할 것을 명시하고 있다(3).

치과용 핸드피스는 작동 속도에 따라 고속형(High-speed)과 저속형(Low-speed)으로 구분되며, 형태에 따라 직선형(Straight), 앵글형(Contra-angle), 수직형(Right-angle)으로 나뉜다. 또한 구동 방식에 따라 에어터빈식, 기어식, 전기모터식으로도 구분할 수 있다(4). 이러한 다양성으로 인해 임상 현장에서의 분류 기준이나 세척 지침이 일관되지 못하거나 모호해지는 경우가 발생할 수 있다(5). 특히 치과용 핸드피스 내부는 정밀하고 복잡한 구조로 설계되어 있으며, 물과 공기를 전달하는 루멘(Lumen), 베어링(Bearing), 카트리지(Cartridge), 터빈(Turbine), 기어(Gear system)를 비롯한 다양한 미세 기계 장치가 내장되어 있다. 따라서 기계적 충격이나 부식에 민감하므로 관리 및 세척 시 각별한 주의가 필요하다(6). 이로 인해 작동 종료 시 발생하는 역류 현상(Suck flow 또는 Suck-back)을 통해 환자의 타액이나 혈액, 치아 파편이 내부로 유입될 수 있으며, 세균 오염과 생물막(Biofilm)형성에 매우 취약한 구조적 특성을 가진다(7-9). 하지만 치과용 핸드피스 내부를 완전히 분해하거나 소독제에 장시간 침지하는 방법은 현실적으로 적합하지 않으며, 기기 손상 및 금속 부식, 내부 부품 기능 저하의 위험이 있다(10).

세척은 단순한 전처리 과정을 넘어 멸균의 성공을 좌우하는 핵심적인 과정으로, 치과용 핸드피스 표면과 내부에 남아 있는 유기물, 무기물, 단백질을 제거하여 감염 전파를 차단하고 멸균 효과를 향상시킨다(3). 불완전한 세척은 치과용 핸드피스 표면에 단백질, 타액, 혈액과 같은 유기물이 남아 생물막 형성을 유발한다. 생물막은 세균의 생존 환경을 안정화하고 외부의 멸균 인자에 대한 저항성을 높여 소독제의 침투를 방해하고 멸균 효과를 저하시킨다. 그 결과 기구가 멸균 상태를 유지하지 못하게 되어 감염 전파와 교차감염의 위험이 증가한다(11). 또한 기구 표면에 잔류한 오염물은 고온 증기의 응축을 방해해 열전달을 저해하며, 멸균 온도 도달 실패나 멸균 시간의 비효율을 초래할 수 있다. 이는 멸균 과정의 안정성과 신뢰도를 저하시켜, 감염 관리의 전반적인 질을 떨어뜨릴 수 있다(12).

복잡한 구조와 반복 사용이라는 특성을 가진 치과용 핸드피스는 세척 정확성과 반복성이 멸균 성공 여부에 직접적으로 작용하며, 실제 임상에서는 세척 기준의 모호함과 교육 부재로 인해 세척 품질의 일관성에 대한 우려가 꾸준히 제기되고 있다. 이에 따라 우리나라 보건복지부와 CDC는 수동 세척보다 표준화된 자동 세척을 권장하고 있으며(3), 자동 세척 장비는 일정한 압력과 온도, 정해진 시간으로 작동하여 표면과 내부의 오염물을 효과적으로 제거하고 세척의 재현성과 효율을 높이며, 특히 내부 루멘 오염 제거에도 효과적이라고 보고되었다(13).

치과용 핸드피스는 사용 직후 외부 유기물을 가능한 빠르게 제거하고, 제조사 권장 또는 미국 식품의약국(U.S. Food and Drug Administration, FDA) 승인 세척제를 사용하여 브러시로 물리적 세척을 진행한 뒤 헹굼, 건조, 윤활, 멸균 준비 단계를 철저히 이행하는 것이 필요하다(3, 14). 현재 국내를 포함한 여러 국가에서 치과용 핸드피스는 감염관리 측면에서 취약 기기로 꾸준히 지적되고 있다. 실제로 일부 의료기관에서 세척 또는 멸균하지 않은 채 재사용하는 사례도 보고되고 있고(15) 여전히 치과용 핸드피스의 표면을 알코올 솜으로 단순히 닦는 방식이 일반적인 관행으로 자리잡고 있다(16). 그러나 이 방식은

내부 오염 제거에 효과적이지 않고 오히려 세척력 부족으로 감염 예방에 적절하지 않은 것으로 평가받고 있다(14). 세척 과정의 번거로움이나 장비 접근성 문제로 인해 세척이 소홀히 이루어질 경우, 환자 간 또는 의료진 간 교차감염(Cross-infection)의 위험이 현저히 증가하며(17), 오염된 치과용 핸드피스가 치과 유니트의 수관(Waterline)과 공기관(Airline)을 통해 전체 시스템으로 오염을 확산시킬 수 있다는 보고도 있다(18).

효과적인 치과용 핸드피스 세척을 위해서는 일관된 감염관리 기준에 따라 세척 후 잔류 오염 여부를 평가하는 절차가 병행되어야 한다. 치과용 핸드피스 세척 효과 평가는 시각적 확인을 넘어 단백질 잔류량을 중심으로 정성적 및 정량적 분석을 수행할 수 있다. 일반적으로 세척력을 평가하기 위해서 인공 오염물질(soil)을 이용해 세척 전후의 육안 비교를 수행하는 Soil test(19)와 국제표준화기구(International Organization for Standardization, ISO) 15883-5 기준에 따른 단백질 잔류량 분석이 활용된다. 정성적 단백질 잔류량 분석인 Biuret 반응은 단백질과 구리 이온 결합으로 색 변화를 관찰하는 방식이며, 정량적 단백질 잔류량 분석으로 Bicinchoninic Acid (BCA) assay, Ninhydrin test 등이 활용된다. 특히 BCA assay는 낮은 농도의 단백질도 민감하게 검출할 수 있어 ISO에서 권장하는 방식이다(20). 실제로 ISO는 재사용 의료기기 세척 성능 검증 기준으로 ISO 15883-1 및 ISO/TS (Technical Specification) 15883-5를 제시하고 있으며, 해당 표준에는 자동 세척기의 세척 평가를 위한 Soil test 및 Biuret, BCA assay의 적용 절차와 임계값이 기술되어 있다(21, 22).

최근 다양한 자동 세척 장비들이 개발되어 임상 현장에 도입되고 있으나, 이러한 장비들의 세척 효과를 치과용 핸드피스를 대상으로 정성적 및 정량적으로 비교·평가한 연구는 아직 제한적이다. 특히 세척이 불충분할 경우 단순한 감염관리 실패를 넘어, 내부 베어링의 손상, 마모, 회전 성능 저하 등 기계적 문제로 이어질 수 있으며, 이는 장비의 신뢰성 저하로도 연결되기 때문에 세척의 중요성은 더욱 강조된다(13).

이에 본 문헌 고찰에서는 치과용 핸드피스의 세척 방법을 체계적으로 정리하고, 임상 현장에서 널리 사용되는 자동 세척기의 세척 효과를 단백질 잔류량 분석을 통해 평가하고자 한다. 이를 통해 치과용 핸드피스의 효과적인 세척 방법을 규명하고, 감염관리 향상을 위한 과학적 근거를 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구방법

2.1. 문헌 검색 전략 및 자료 수집

본 연구는 문헌 고찰을 기반으로 수행되었으며, 검색 기간은 CDC 치과 감염관리 지침이 발표된 2003년 1월부터 2025년 4월까지로 설정하였다. 문헌 검색은 PubMed와 Google Scholar를 활용하여 수행하였으며, 다음의 검색어를 사용하였다: “Dental handpiece” AND (“Infection control” OR “Washer-disinfector” OR “Handpiece contamination” OR “Handpiece cleaning”). 검색어는 MeSH(Medical Subject Headings) 용어와 자유어(Free text terms)를 병행하여 구성하였으며, 필요에 따라 “Dental handpiece mechanical cleaning”, “Protein residue”, “ISO 15883” 등 관련 용어를 추가하여 검색을 보완하였다. 또한, 임상 현장에서 널리 사용되고 있는 자동 세척기의 세척 방식 및 내부 구조에 대한 정보를 수집하기 위해 Miele, W&H, NSK, SciCan, VR2M, BELIMED, Dentsply Sirona 의 제품 매뉴얼 및 사용 지침서(Instructions for Use, IFU)를 참조하였다. 해당 자료는 각 제조사의 공식 웹사이트와 유럽 및 미국 인증기관 자료를 통해 수집하였다. 추가적으로 데이터베이스에서 검색에 포함되지 않는 문서도 분석에 포함하였다. 국제표준화기구(ISO) 중앙사무국의 공식 문서와 인증 기관에서 발행한 해설서(ISO 15883-1, ISO/TS 15883-5)를 참고하여 단백질 잔류량과 측정 가능한 검출 방법을 기준으로 세척 효과를 검토하였다. 또한 독일병원위생학회(Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene, DGKH)의 1차 진료기관 위생관리 지침(Primary care hygiene management guideline)과 미국 식품의약국(U.S. Food and Drug Administration, FDA)의 관련 기술 문서도 포함하여 데이터베이스 기반 문헌을 보완하는 참고 자료로 활용하였다.

https://doi.org/10.12972/kjcdh.2025.13.3.7

2.2. 문헌 선정 및 분석 방법

문헌 선정 과정의 세부 단계는 Figure 1에 제시하였다. 영문 및 국문 문헌을 포함하여 검색된 총 893편의 문헌 중, 중복 문헌과 영어로 작성되지 않은 문헌을 제외한 836편을 대상으로 제목, 초록, 키워드를 기준으로 1차 선별을 실시하였다. 이후 연구 설계의 구체성과 평가 지표의 명확성을 바탕으로 선정 및 제외 기준을 적용하여 24편의 문헌을 선정하였다. 이들 문헌의 원문을 검토한 결과, 최종적으로 6편의 문헌과 데이터베이스 검색에서 제외된 3편을 추가하여 총 9편의 문헌을 분석 대상으로 확정하였다. 또한, 본 연구에서 제시한 Table 1과 Table 2의 결과는 모두 문헌 고찰을 통해 도출된 것이며, 두 표는 서로 다른 문헌을 통합, 정리, 분석한 결과이다.

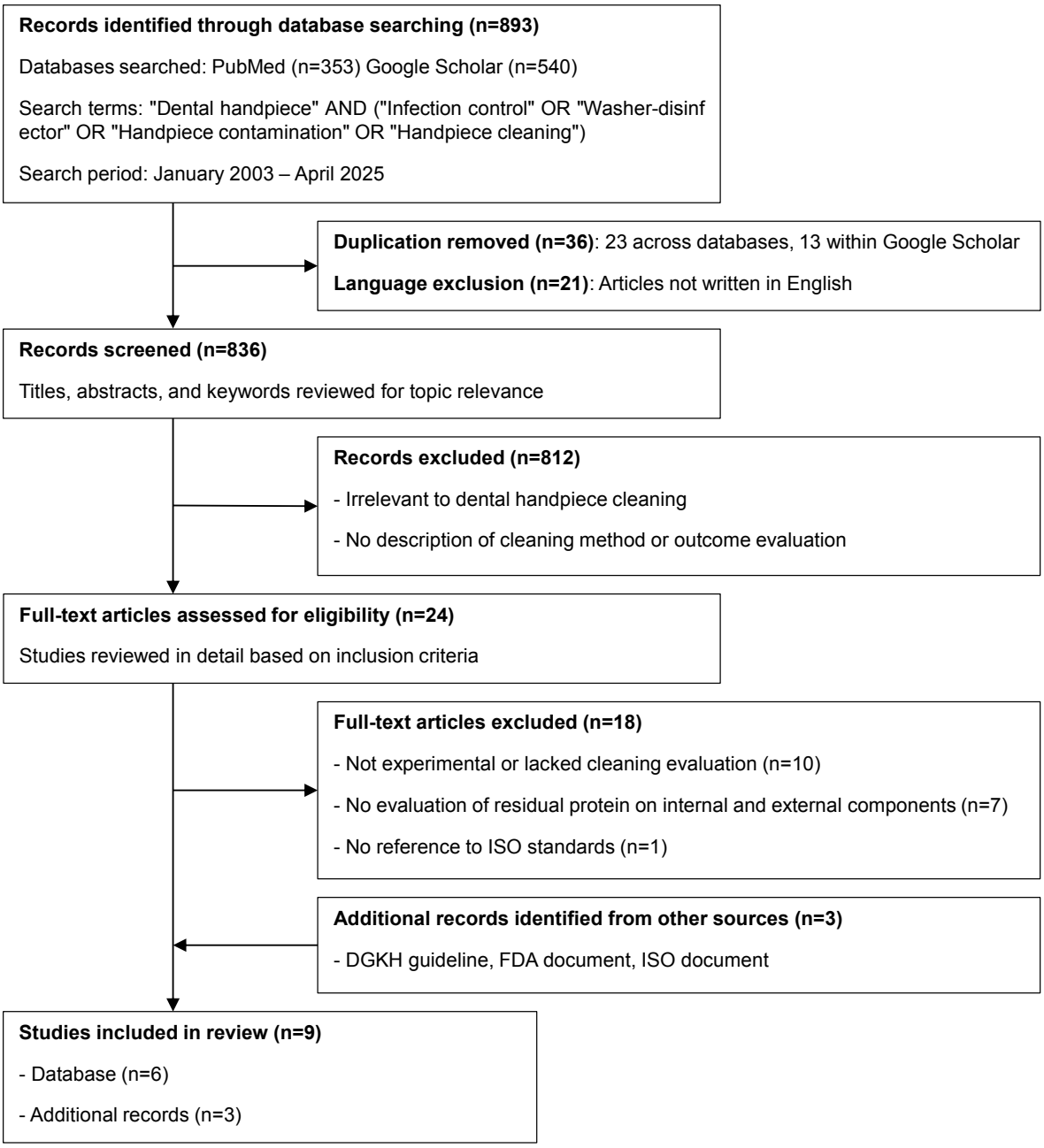


Figure 1. Flowchart of literature selection.

세척 효과 평가는 문헌에서 보고된 결과를 바탕으로 Pass, Partial Pass, Fail의 세 단계로 분류하였다. 이 중 Partial Pass는 ISO 권장 기준에는 완전히 부합하지 않지만 FDA 권장 기준에는 부합하여 세척 효과가 부분적으로 확보된 경우로 정의하였다. 이러한 분류 기준은 문헌별 실험 결과와 평가 지표를 통합하여 본 연구 전반에 일관되게 적용하였다. 문헌의 선정과 분석은 두 저자가 독립적으로 수행한 후, 합의를 통해 최종 결정하였다.

2.2.1. 문헌 선정 기준

- 치과용 핸드피스 세척 방법에 대한 실험 또는 평가를 포함한 연구
- 자동 세척기 사용에 따른 세척 효과를 실험적으로 분석한 연구
- 단백질 잔류량을 이용하여 세척 효과를 정성적 및 정량적으로 평가한 연구
- ISO 기준을 적용하거나 이에 부합하는 기준을 사용한 연구

2.2.2. 제외기준

- 치과용 핸드피스 세척과 관련이 없는 연구
- 세척 방법이나 세척 효과를 평가하지 않은 연구
- 단백질 잔류량 평가 지표 없이 미생물학적 세척 효과만을 다룬 연구
- ISO 기준에 대한 언급이 없는 연구

3. 연구결과

3.1. 치과용 핸드피스 세척 방법

치과용 핸드피스의 세척 효과를 객관적으로 비교하기 위해 대표적인 세척 방법인 수동 세척(Manual cleaning), 자동 세척(Automatic cleaning), 초음파 세척(Ultrasonic cleaning)을 대상으로, 각 방법의 장비 구성, 세척 소요 시간, 비용 수준, 내부 세척 가능성, 장점 및 단점을 분석하였다(Table 1).

치과용 핸드피스의 수동 세척은 세척 솔, 효소 세제, 세척용 트레이, 내부세척을 위한 도구의 기본적인 장비를 필요로 하며, 최소 5-10분 이상의 시간이 소요되는 저비용 세척 방식이다. 장비 구성이 간단하고 사용 방법이 어렵지 않아 다양한 임상 환경에서 쉽게 적용 가능하고, 필요 시 부분 분해를 통해 표적 부위 세척이 가능하다는 장점이 있다. 외부 표면의 오염물 제거에는 효과적이나, 치과용 핸드피스를 분해하지 않고 내부 구조를 세척하는 데에는 한계가 있다. 또한 세척 과정이 노동 집약적이고 작업자의 숙련도와 반복성에 따라 세척 결과의 일관성이 낮아질 수 있다. 아울러 세척 여부를 시각적 평가에만 의존할 경우 잔류 오염이 발생할 가능성이 높고, 교차 감염의 위험이 증가할 수 있는 것으로 나타났다.

자동 세척 방법은 자동세척기인 세척-소독기(Washer-disinfector)를 활용하여 치과용 핸드피스를 자동화된 절차에 따라 세척 및 소독하는 방식이다(3). 이 방법에는 자동세척기와 세척기 전용 효소 세제가 필요하며, 전용 장비가 아닐 경우 치과용 핸드피스 전용 어댑터 또는 랙(Rack)이 추가로 요구된다. 세척 시간은 약 8-30분이며, 비용이 비교적 높은 편이다. 하지만 내부와 외부를 동시에 일관성 있게 세척할 수 있다는 장점을 지닌다. 작업자의 개입을 최소화함으로써 반복성과 검증 가능성이 높고, 교차 감염의 위험을 효과적으로 감소시킬 수 있다. 또한 ISO 15883 기준에 따른 문서화 및 표준화된 감염관리 체계의 구축이 가능하다는 점에서 우수한 방식으로 평가된다. 그러나 장비 적재가 부적절할 경우 세척 효율이 저하될 수 있으며, 반복 사용에 따른 기구 손상의 위험과 초기 설치 및 유지 관리에 대한 비용 부담이 수반되는 한계가 있다.

초음파 세척은 고주파 음파를 활용하여 세척액 내에서 미세 기포의 진동 현상이라고 하는 공동현상(Cavitation)을 유도함으로써 기구 표면의 미세 오염물을 제거하는 방식으로, 복잡한 구조물이나 열에 민감한 기기에 적합한 멸균 전 사전 세척(Pre-cleaning) 방법이다(1, 14). 초음파 세척은 초음파 세척기(Ultrasonic cleaner), 초음파 세척기 전용 효소 세척제, 스테인

https://doi.org/10.12972/kjcdh.2025.13.3.7

https://doi.org/10.12972/kjcdh.2025.13.3.7

Table 1. Cleaning methods for dental handpieces

Cleaning method	Required equipment	Cleaning duration* (minutes)	Cost level**	Internal cleaning capability†	Advantages	Disadvantages	Ref.‡
Manual cleaning	-Bristle brush -Enzymatic detergent solution¶ -Cleaning tray -Flush port, lumen brush or syringe	>5-10	Low	Limited	-Effective on visible surface contaminants -Allows partial disassembly for targeted cleaning -Cost-effective; no special equipment needed -Simple setup; usable in various clinical settings	-Limited internal cleaning: risk of incomplete removal -Operator-dependent; low consistency and reproducibility -Labor-intensive and time-consuming -Higher risk of cross-contamination -Visual inspection only; may miss residue	(1,3,14)
Automatic cleaning	-Washer-disinfector§ -Enzymatic detergent solution (washer-disinfector compatible) -Adapter and rack for handpieces	8-30	High	Yes (Partially effective)	-Reduces cross-contamination risk -Consistent internal and external cleaning -Hands-free; minimizes labor and human error -Standardized and repeatable process -Validatable and documentable per ISO 15883	-Reduced efficacy with improper loading -Risk of damage or wear over repeated use -High initial cost and maintenance demand	(1,3,14)
Ultrasonic cleaning	-Ultrasonic cleaner, -Enzymatic detergent solution (ultrasonic cleaner compatible) -Stainless steel instrument basket or holder	5-10	Medium	Unknown	-Non-invasive for deep spaces, small crevices, and joints -Efficient removal of surface biofilms and organic debris -Effective on irregular and complex surfaces -Suitable for pre-cleaning before sterilization -Less labor than manual cleaning	-Not recommended dental handpieces, risk of bearing damage -Limited internal cleaning efficacy -Risk of instrument damage with prolonged use -Requires more frequent and higher -volume solution replacement to minimize cross-contamination than other methods -Applicable only to dental handpieces approved for use in ultrasonic clean	(1,3,14)

※ All data in this table are derived from literature review articles.

* Cleaning time verified according to the manufacturer's standard protocol, excluding lubrication and drying steps, as specified in the Instructions for Use (IFU) or official brochure.

** Presented as relative comparisons between cleaning methods, categorized as Low, Medium, or High.

† Presented as Yes, Limited or No for internal cleaning capability without disassembly.

‡ Indicates the reference number of the source document (journal articles, official guidelines, etc.).

¶ Enzymatic detergents should match the cleaning method (e.g., washer-disinfector vs. ultrasonic compatible).

§ Washer-disinfectors are Conformité Européenne (CE)-certified, compliant with International Organization for Standardization (ISO) 15883, and globally distributed according to official manufacturer information.

리스 재질의 기구 거치대(Stainless steel instrument basket)를 필요로 하며, 약 5-10분의 세척 시간이 소요되고, 중간 수준의 비용이 드는 방식이다. 초음파 세척은 복잡한 표면, 깊은 틈, 접합 부위와 같은 구조에 대한 비침습적 세척에 유리하며, 표면의 생물막 및 유기 잔여물 제거에 효과적인 외부 중심의 세척 효과를 보인다. 그러나 치과용 핸드피스의 내부 세척에 대한 지침이나 근거가 부족한 실정이다. 또한 장시간 사용 시 기기 손상의 위험이 있고, 세척액의 오염 가능성으로 인해 다른 방법에 비해 세척액의 교체 빈도 및 사용량이 더 많이 요구된다. 고수준 소독 또는 멸균 전 단계의 사전 세척(Pre-cleaning) 방법으로 적합하며, 수동 세척보다 작업 강도가 낮다는 장점이 있다. 이러한 특성으로 인해 초음파 세척은 단독 세척 방법보다는 보조적 사전 세척 단계로 활용하는 것이 바람직하다.

이와 같이 치과용 핸드피스의 세척을 위한 각 세척 방법은 장비 구성, 소요 시간, 세척 효과 및 비용 측면에서 상이한 특성을 보였다.

3.2. 치과용 핸드피스 자동세척기의 세척 효과 비교

치과용 핸드피스를 세척할 수 있는 자동세척기의 세척 효과를 확인하기 위해, ISO 15883-5에서 제시한 세척 후 단백질 잔류 기준(≤6.4 μg/cm²)에 따라 분석하였다(Table 2). 세척 결과는 치과용 핸드피스의 외부와 내부 표면으로 구분하여 단백질 잔류 검출 방법을 통해 분석하였으며, ISO 기준에 따라 'Pass', 'Partial pass', 'Fail'로 분류하였다. 치과용 핸드피스 전용 세척기(A, B)는 외부와 내부 표면 모두에서 ISO 15883-5 기준을 충족하여 'Pass'로 평가되었다. 반면, 치과용 핸드피스 어댑터나 랙을 추가하여 사용하는 범용 자동세척기(C~F)는 외부 표면에서는 모두 'Pass'를 나타내었지만, 일부 기기(D~F)의 내부 표면에서 'Partial pass' 결과를 보여 내부 세척력의 차이를 보였다. ISO 15883에서 제시한 잔류 단백질 검출 방법인 Ninhydrin, Micro BCA™, ProTest™, Quant-TiPro™, Biuret 등의 분석법이 사용되었으며, 이 중에서 Micro BCA™ 과 Quant-TiPro™는 고감도 정량법으로 권장되는 방법이다.

Table 2. Comparison of cleaning effectiveness of automated washer-disinfectors for dental handpieces

Machine	Handpiece-specific washer-disinfector*	Cleaning result**		Residual protein detection method†	Components designed for internal cleaning‡	Ref.¶
		External surface	Internal surface			
A	Yes	Pass	Pass	Ninhydrin test	Yes	(23)
B	Yes	Pass	Pass	Micro BCA™, BCA protein assay	Yes	(24)
C	No	Pass	Pass	ProTest™ Quick Test	Yes	(25)
D	No	Pass	Partial pass	Quant-TiPro BCA assay	Yes	(26)
E	No	Pass	Partial pass	Biuret reaction test	Yes	(27)
F	No	Pass	Partial pass	Biuret reaction test	Yes	(27)

※ All data in this table are derived from literature review articles.
* Washer-disinfectors specifically designed for dental handpieces are indicated as 'Yes'; General-purpose washer-disinfectors with separate adapters for handpieces are indicated as 'No'.
** Cleaning results are presented as 'Pass', 'Partial Pass', or 'Fail' based on ISO 15883-5 and FDA criteria: protein residue ≤6.4 μg/cm² and <100 μg/device.
† Residual protein detection method based on ISO 15883 guidelines.
‡ Components for internal cleaning were identified according to official manufacturer sources, such as the Instructions for Use (IFU) or product brochures and refer to those enabling cleaning without disassembly.
¶ Indicates the reference number of the supporting journal article for each item.

내부 세척을 위한 구성 요소로는 치과용 핸드피스 어댑터 및 인젝터, 회전 어댑터 모듈, 스페셜 홀더, 치과용 핸드피스 전용 랙 등이 포함되며, 이러한 장치는 세척액 주입 경로의 확보, 기구의 안정적 고정, 세척 효율 향상에 기여한다. 해당 내용은 각 제조사의 공식 사용설명서(IFU) 및 제품 브로셔를 기반으로 확인되었다.

이러한 결과는 치과용 핸드피스 세척 시 전용 세척기기의 사용 여부와 내부 세척을 위한 구성 요소의 유무가 세척 효율에

영향을 미치며, 특히 복잡한 내부 구조의 효과적인 세척을 위해 전용 세척기의 사용이 보다 적절함을 보여준다.

4. 고안

본 논문에서는 문헌 고찰을 통해 치과용 핸드피스의 감염 관리를 위한 다양한 세척 방법을 종합적으로 정리하고, 그 중 자동 세척 장비의 세척 효과를 ISO 기준에 따라 단백질 잔류량 분석을 통해 비교, 분석하였다. 이를 통해 치과용 핸드피스 감염관리의 표준화 가능성과 세척 효율성에 대한 근거를 제시하고자 한다.

치과용 핸드피스의 대표적인 세척 방법인 수동 세척, 자동 세척, 초음파 세척은 각각 장비 구성, 소요 시간, 비용, 내부 세척 가능성, 세척의 일관성 측면에서 뚜렷한 차이를 보였다. 세척 방법을 선택할 때에는 단순한 외부 오염 제거에 그치지 않고, 내부 구조의 세척 가능성과 세척 결과의 일관성, 그리고 오염 제거 효과에 대한 검증 가능성까지 종합적으로 고려해야 한다. 치과용 핸드피스는 감염 전파 위험이 높은 기기이므로, 표면뿐만 아니라 내부 오염까지 효과적으로 제거할 수 있는 자동화되고 표준화된 세척 방식의 적용과 그에 대한 객관적 평가가 요구된다. 특히 치과용 핸드피스의 복잡한 구조와 다양한 오염 양상을 고려할 때, 단일 세척 방식만으로는 충분한 세척 효과를 확보하기 어렵다는 한계도 확인되었다(14). 따라서 각 세척 방법의 감염관리 효과를 정성적 및 정량적으로 비교할 수 있는 기준을 확립하고, 다양한 세척 방법의 병용 가능성에 대한 검토와 평가도 필요하다.

수동 세척은 비용 효율성과 접근성 측면에서 임상 현장에서 널리 사용되고 있으나, 작업자의 숙련도 및 감염관리 지식과 인식에 따라 세척 효과의 편차가 발생하고, 외부에 국한된 세척 범위와 주관적인 시각적 평가 방식으로 인해 오염 잔존 가능성과 교차감염의 위험성이 지속적으로 제기되고 있다(28). 그럼에도 불구하고 수동 세척에 대한 잔류 단백질의 정량 기준이 명시되지 않아 세척 유효성의 객관적 평가에는 한계가 있는 것으로 보고된 바 있다(14). 따라서, 표준화된 수동 세척 절차와 세척 결과의 검증을 위한 프로토콜 수립의 필요성이 제기된다.

치과용 핸드피스의 초음파 세척은 공동현상에 의해 발생되는 미세 진동과 압력이 외부 표면의 불규칙한 구조에 부착된 오염물 제거에 효과적이지만, 내부의 정밀한 베어링에 손상을 줄 수 있으며 공동현상에 의해 분리된 오염물질이 다시 내부 표면에 재부착될 가능성이 있는 것으로 나타났다(1, 29). 이에 따라 초음파 세척은 사전 세척 단계에서의 보조적 방법으로 제한적으로 사용되어야 하며 반드시 제조사 매뉴얼에 해당 기기에서의 사용이 명시적으로 허용된 경우에만 적용해야 한다.

치과용 핸드피스의 내부는 루멘, 베어링, 카트리지, 터빈, 기어 등 구조적으로 미세하고 복잡한 형태를 이루고 있어 세척액이 모든 표면에 균일하게 도달하지 못할 가능성이 존재한다. 이러한 점은 세척 효율에 있어 근본적인 한계로 지적된다. 자동 세척기는 치과용 핸드피스를 분해하지 않은 상태에서도 협소한 내부 구조에 세척액을 효과적으로 전달할 수 있도록 성능이 지속적으로 개선되고 있으며, 일정한 압력, 온도, 시간 조건 하에서 일관된 세척 결과를 제공한다(13). 특히 세척 결과의 검증 및 문서화가 가능하다는 점에서 감염관리의 표준화에 적합한 방식으로 평가된다(3). 그러나 장비의 초기 도입 비용과 유지관리 부담은 임상 현장에서의 활용에 제약 요인으로 작용할 수 있다. 또한 일부 연구에서는 장비 적재 방식, 세척 시간, 압력 설정 등이 적절하지 않을 경우 세척 효과가 저하되는 사례가 보고되었으며(27), 이는 세척 프로토콜의 최적화 부족과 밀접한 관련이 있다. 이에 따라, 치과용 핸드피스의 구조적 특성을 반영한 루멘 전용 인젝션 시스템, 모듈형 어댑터, 회전형 전용 홀더 등의 보조 장치를 갖춘 세척기의 도입이 필요하며, 내부 구조에 대한 효과적인 세척을 가능하게 하기 위해 장비 성능의 고도화와 세척 절차의 표준화가 지속적으로 이루어져야 한다.

지금까지 보고된 자동 세척기의 세척 효과에 대한 연구 장비들을 본 연구에서 단백질 잔류량 분석을 통해 비교한 결과, 치과용 핸드피스 전용 세척기와 범용 세척기 모두 외부표면에서는 ISO 및 FDA에서 권장하는 단백질 잔류 기준(≤6.4 μg/cm^2, ≤100 μg/device)을 충족하는 세척 성능을 보였다. 그러나 일부 장비에서는 치과용 핸드피스 내부에서 국소적으로 단백질 잔류량이 ISO 기준(≤6.4 μg/cm^2)을 초과하여 검출되었으며, 이는 부분적인 세척 실패로 해석된다(26, 27). 이러한 결과는 세

척기의 성능 차이보다는, 내부에 세척액이 효과적으로 도달하도록 설계된 세척 프로토콜, 장비 적재 방식, 단백질 잔류 검출 방법의 차이 등이 복합적으로 작용한 것으로 판단된다. 따라서 내부 세척의 유효성을 확보하기 위해 표준화된 세척 프로토콜과 검증 방법, 적절한 장비 적재 방식에 대한 교육 및 지침이 필수적임을 시사한다.

세척 여부를 판단하기 위한 단백질 잔류 검출 분석법은 정성적 평가와 정량적 평가로 구분된다(14). 이 중 정성적 방법은 색 변화에 기반한 직관적인 판독이 가능하여 임상 현장에서 신속하고 간편하게 활용할 수 있으며, 세척 유효성에 대한 정기적인 검증을 통해 감염관리 실천에 실질적인 기여가 가능하다. 반면, 정량적 방법은 단백질의 종류, 민감도, 그리고 치과용 핸드피스의 복잡한 구조적 특성을 고려하여 보완적으로 활용함으로써, 검증의 정확성과 신뢰도를 높이는 데 유리하다. 이러한 분석법들을 기반으로 한 표준화된 세척 검증 방법에 대한 추가 연구와 이에 따른 프로토콜 수립이 요구된다.

본 연구는 문헌 고찰을 통해 치과용 핸드피스의 세척 방식에 따라 감염 관리 효과에 차이가 발생할 수 있음을 확인하고, 특히 자동 세척 방법의 구조적, 기능적 장점과 함께 존재하는 한계를 자동 세척기의 세척 효과 비교를 통해 분석하였다. 연구 결과는 치과용 핸드피스의 세척 과정에서 단일 방식에 의존하기보다, 구조적 복잡성과 다양한 오염 양상을 반영한 통합적 세척 전략의 필요성을 시사한다. 이를 위해 수동, 자동, 초음파 세척 방법의 병용 가능성을 검토하고, 각 방식에 따른 세척 효과를 평가할 수 있는 검증 기준 마련이 요구된다. 향후에는 세척 프로토콜의 표준화뿐만 아니라, 루멘 전용 인젝터와 맞춤형 어댑터의 개발, 장비 적재 방식에 대한 실증적 가이드라인 수립, 정기적인 세척 검증 체계의 구축이 병행되어야 한다. 나아가 치과용 핸드피스의 제조 단계에서부터 세척 친화적인 구조 설계를 반영함으로써, 구조적 한계를 극복하고 세척의 일관성과 재현성을 제고할 수 있을 것이다. 이러한 다각적인 개선 노력이 이루어질 때, 치과용 핸드피스의 세척 효과는 물론 감염관리의 신뢰성 또한 동시에 확보될 수 있을 것으로 기대된다.

5. 결론

본 연구는 문헌 고찰을 기반으로 치과용 핸드피스의 감염 관리를 위한 다양한 세척 방법을 비교, 분석하고, 특히 자동 세척기의 세척 성능을 ISO 권장 기준에 따른 단백질 잔류량 분석을 통해 고찰하였다. 그 결과, 수동 세척, 자동 세척, 초음파 세척은 장비 구성, 소요 시간, 비용, 내부 세척 가능성, 세척의 일관성 등 여러 측면에서 뚜렷한 차이를 보였으며, 각 방식은 적용 환경과 목적에 따라 상이한 특징을 나타냈다.

자동 세척기는 일부 장비에서 내부의 세척 한계가 관찰되었음에도 불구하고, 전반적으로 우수한 세척 효과를 보였으며, 세척 결과에 대한 검증 및 문서화가 가능하다는 점에서 감염관리의 표준화를 위한 효과적인 방법으로 확인되었다. 다만, 세척 프로토콜 설계, 장비 적재 방식, 단백질 잔류 검출 방법 등에서의 차이로 인해 세척 성능의 편차가 발생할 수 있음을 고려해야 한다.

본 연구는 문헌 고찰을 기반으로 한 간접적 분석이라는 특성상, 원문헌의 질과 보고 내용에 대한 의존성이라는 한계가 존재하며, 연구별로 사용된 핸드피스의 종류와 세척·분석 방법이 상이하여 결과의 통합적 해석에 제한이 있다. 따라서 향후에는 표준화된 설계와 분석 방법을 적용한 추가적인 실증 연구가 요구된다.

이상의 결과를 종합할 때 치과용 핸드피스의 효과적인 세척을 위해 기기의 구조적 특성, 오염 양상, 임상 환경을 종합적으로 고려한 세척 방식의 선택이 필요하다. 본 연구는 치과용 핸드피스의 감염 관리 개선을 위한 과학적 근거를 제공하며, 향후 자동 세척 시스템의 성능 개선, 세척 프로토콜의 표준화, 세척 검증 방법의 확립을 위한 기초 자료로 활용될 수 있으며, 궁극적으로는 임상 현장에서의 세척 방법 개선 및 관련 정책 수립을 위한 실질적인 근거로도 기여할 것으로 기대된다.

https://doi.org/10.12972/kjcdh.2025.13.3.7

Author contributions

Conceptualization: JY Kang. Data curation: MJ Park and HY Mun. Formal analysis: MJ Park and JY Kang. Investigation: MJ Park. Methodology: MJ Park and JY Kang. Supervision: JY Kang. Visualization: MJ Park. Writing—original draft: MJ Park. Writing—review & editing: HY Mun and JY Kang.

References

1. Smith GWG. Biofouling of dental handpieces.[Unpublished doctoral dissertation]. Glasgow:Glasgow University of Medical Veterinary and Life Sciences;2011.
2. McDonnell G, Burke P. Disinfection: is it time to reconsider Spaulding? J Hosp Infect 2011;78(3):163-170. 10.1016/j.jhin.2011.05.002.
3. Kohn WG, Collins AS, Cleveland JL, Harte JA, Eklund KJ, Malvitz DM. Guidelines for infection control in dental health-care settings-2003. MMWR Recomm Rep 2003;52(RR-17):1-61.
4. Narayan GS, Kavitha L, Venkatesh B, Rajasekaran MS, Pandian APG, Ramachandran AK. Evolution and mechanism of dental handpieces – an overview. International Journal of Current Research 2018;10(2):65659-65664.
5. Loganathan K, Narayan GS, Kumar RA, Venkatesan SM, Ashok BV, Balakrishnan V, et al. Dental handpiece-maintenance, contamination control and sterilization. Int J Curr Aspects 2019;11(2):1324-1328. 10.24941/ijcr.34208.02.2019.
6. Offner D, Brisset L, Musset AM. Evaluation of the mechanical cleaning efficacy of dental handpieces. J Hosp Infect 2019;103(1):e73-e80. 10.1016/j.jhin.2018.11.011.
7. Herd S, Chin J, Palenik CJ, Ofner S. The in vivo contamination of air-driven low-speed handpieces with prophylaxis angles. J Am Dent Assoc 2007;138(10):1360-1365. 10.14219/jada.archive.2007.0053.
8. Smith G, Smith A. Microbial contamination of used dental handpieces. Am J Infect Control 2014;42(9):1019-1021. 10.1016/j.ajic.2014.06.008.
9. Smith GWG, Smith AJ, Creanor S, Hurrell D, Bagg J, Lappin DF. Survey of the decontamination and maintenance of dental handpieces in general dental practice. Br Dent J 2009;207(4):E7. 10.1038/sj.bdj.2009.761.
10. Acosta-Gio E, Bednarsh H, Cuny E, Eklund K, Mills S, Risk D. Sterilization of dental handpieces. Am J Infect Control 2017;45(8):937-938. 10.1016/j.ajic.2017.04.294.
11. Rutala WA, Weber DJ. Disinfection, sterilization, and antisepsis: an overview. Am J Infect Control 2019;47S:A3-A9. 10.1016/j.ajic.2019.01.018.
12. Alfa MJ. Monitoring and improving the effectiveness of cleaning medical and surgical devices. Am J Infect Control 2013;41(5 Suppl):S56-59. 10.1016/j.ajic.2012.12.006.
13. Schnieder L, Seekamp-Schnieder K. Cleaning of dental handpieces: manufacturer and user facility device experience database analysis and evaluation of in-use testing of manual and automated cleaning processes. JADA Foundational Science 2024;3:100030. 10.1016/j.jfscie.2023.100030.
14. U.S. Food and Drug Administration. Reprocessing medical devices in health care settings: validation methods and labeling guidance for industry and food and drug administration staff Silver Spring U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration;2015:13-34.
15. Yin T, Li Q, Sun H, Zheng J, Wang Y, Luo Y, et al. In vitro evaluation of hypochlorous acid-silver nanoparticle waterline disinfectant for dental unit waterline disinfection. BMC Chem 2025;19(1):25. 10.1186/s13065-025-01382-9.

16. Souza FB, Bruna CQM, Mesiano RAB, Cicarelli RMB, Perrett D, Graziano KU. Protein detection by fluorescence of manually cleaned high-speed dental handpieces. Infect Control Hosp Epidemiol 2023;44(5):840-842. 10.1017/ice.2022.36.
17. DePaola LG, Windsor R, Ganesh N. Infection control in the dental office in the era of COVID-19. 1st edition. Cham:Springer; 2024:182-194.
18. Szymańska J, Sitkowska J, Dutkiewicz J. Microbial contamination of dental unit waterlines. Ann Agric Environ Med 2008;15(2):173-179.
19. Gordon EA, Hitchins VM, Kelly KE, Lucas AD. Evaluation of washer-disinfector efficacy: new method to apply artificial blood test soil on standard test pieces. Central Service 2014;22(5):326-340.
20. Kelly KE, Gonzalez EA, Hitchins VM, Lucas AD. Chemically defined, clinically relevant test soils for cleaning validation of reusable medical devices. Zentralsterilisation-Central Service 2015;23(6):412-423.
21. International Organization for Standardization. ISO 15883-1:2006 Washer-disinfectors — Part 1: General requirements, terms and definitions and tests. [online] https://www.iso.org/standard/41076.html. 2025.09.18.
22. nternational Organization for Standardization. ISO 15883-5:2021 Washer-disinfectors — Part 5: Performance requirements and test method criteria for demonstrating cleaning efficacy. [online] https://www.iso.org/standard/68297.html. 2025.09.18.
23. Offner D, Brisset L, Musset AM. Cleaning of dental handpieces: a method to test its efficiency, and its evaluation with a washer-disinfector-lubricator-dryer. Dent Open J 2016;3(1):10-6. 16. 10.17140/DOJ-3-129.
24. Schmid-Schwap M, Bristela M, Franz A, Kundi M, Piehslinger E, Stauffer F. Stauffer F. Evaluation of the cleaning efficacy of instruments for processing of handpieces. Hyg Med 2008;33(12):518–521.
25. O'Connor H, Armstrong N. An evaluation of washer-disinfectors (WD) and dishwashers (DW) effectiveness in terms of processing dental instruments. J Ir Dent Assoc 2014;60(2):84-89.
26. Deasy EC, Scott TA, Swan JS, O'Donnell MJ, Coleman DC. Effective cleaning and decontamination of the internal air and water channels, heads and head-gears of multiple contra-angle dental handpieces using an enzymatic detergent and automated washer-disinfection in a dental hospital setting. J Hosp Infect 2022;128:80-88. 10.1016/j.jhin.2022.07.019.
27. Offner D, Scholler J, Musset AM. Cleaning of dental handpieces and associated parameters: internal and external cleaning, drying and rotation. Am J Dent 2021;34(3):137-142.
28. Pinto FMG, de Moraes Bruna CQ, Camargo TC, Marques M, Silva CB, Sasagawa SM, et al. The practice of disinfection of high-speed handpieces with 70% w/v alcohol: an evaluation. Am J Infect Control 2017;45(1):e19-e22. 10.1016/j.ajic.2016.08.004.
29. Smith GWG, Smith AJ, Creanor S, Hurrell D, Bagg J, Lappin DF. Survey of the decontamination and maintenance of dental handpieces in general dental practice. Br Dent J 2009;207(4):E7. 10.1038/sj.bdj.2009.761.