Korean Journal of Clinical Dental Hygiene

Original Article

치위생학과 학생의 설면세균막 생체형광과 구강건강행태의 관련성

김효정[1†], 이은송[2†], 김지혜[3*]
[1]신구대학교 치위생학과, [2]연세대학교 치과대학 예방치과학교실, [3]백석대학교 치위생학과

Associations between Tongue-Coating Biofluorescence and Oral Health Behaviors in Dental Hygiene Students

Received: April 30, 2026
Revised: May 20, 2026
Accepted: May 26, 2026

Hyo-Jung Kim[1†], Eun-Song Lee[2†], Ji-Hye Kim[3*]
[1]Department of Dental Hygiene, Shingu College, Seongnam 13174, Korea
[2]Department of Preventive Dentistry & Public Oral Health, BK21 FOUR Project, Yonsei University College of Dentistry, Seoul 12345, Korea
[3]Department of Dental Hygiene, Baekseok University, Cheonan, 31065, Korea

[†] These authors contributed equally to this work.

[*]**Corresponding Author: 김지혜**, (31065) 충청남도 천안시 동남구 백석대학로 1, 백석대학교 조형관 732호, Tel: (041) 550-2509, (041) 550-2509, E-mail: hippojidong@bu.ac.kr

Abstract

Objective: To examine the associations between the tongue-coating biofluorescence score (TCBS), derived from quantitative light-induced fluorescence (QLF) imaging, and oral health behaviors in dental hygiene students, while evaluating the spatial distribution of tongue coating. **Methods:** Thirty-one volunteers participated in the study. A self-administered questionnaire was used to assess preventive dental care and oral hygiene behaviors. Tongue surfaces were imaged using QLF, and the TCBS was calculated by combining red biofluorescence intensity and coverage. The tongue surface was divided into six regions to derive the lateral asymmetry index (LAI) and the anterior–posterior asymmetry index (APAI). Group differences were analyzed using the chi-square test with Bonferroni-adjusted post-hoc comparisons and one-way ANOVA with Tukey's HSD test. **Results:** Regular dental check-ups and recent scaling were associated with a significantly lower TCBS (p<0.05), whereas a higher sugar intake was associated with a higher TCBS. There were no significant associations between the TCBS and tooth brushing frequency, brushing before bedtime, floss use, or tongue cleaner use. The TCBS tertile groups showed a significant stepwise increase in LAI and APAI, with the highest asymmetry in the high-TCBS group (p<0.05). **Conclusions:** The TCBS was more strongly associated with professional preventive care and dietary factors than with self-reported oral hygiene behaviors. A higher TCBS was accompanied by greater spatial asymmetry, suggesting uneven biofilm distribution during oral hygiene.

Korean Journal of Clinical Dental Hygiene, 2026;14(2):143-152 https://doi.org/10.12972/kjcdh.2026.14.2.7 pISSN : 2287-9641 eISSN : 2465-7743 Copyright © 2026 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: Biofluorescence, Dental hygiene, Oral health, Tongue-coating
색 인: 생체형광, 치위생학, 구강건강, 설면세균막

1. 서론

구강은 지속적으로 습윤한 환경을 유지하며 치아, 치은, 협점막, 혀 등 서로 다른 표면의 특성에 따라 다양한 미생물 군집이 형성된다. 치면세균막은 무균상태인 획득피막 위에 조기 군집 미생물이 부착된 후, 시간이 경과함에 따라 혐기성 및 운동성 세균으로 변화하며 바이오필름을 형성하는 과정을 거친다(1). 이와 유사하게 설면세균막은 요철의 유두 구조를 갖고 있는 표면적이 넓은 혀 위에 형성되며, 주로 호기성 세균, 구강에서 탈락한 다수의 상피세포, 혈액 대사산물, 음식물 잔사가 축적되어 형성된다(2). 이와 같이 혀 표면에 축적되는 설면세균막은 특히 휘발성 황화합물의 주요 생성원으로 작용하여 구취와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있다. Oho T 등은 구취 환자에서 설태 수준이 대조군보다 높음을 보고하였으며, 혀 표면이 구취 발생의 주요 기여부위임을 제시하였다(3, 4).

설면세균막을 평가하는 방법으로는 혀 표면의 박테리아 수를 측정하거나 습중량을 측정하는 방법, 그리고 면적·양·색·두께와 같은 특성을 육안으로 관찰하여 점수화하는 방법이 사용되어 왔다(5). 이러한 평가법은 간편하고 임상적용성이 높다는 장점이 있으나, 설면세균막 침착 상태를 구별하기 위한 정확한 기준이 충분히 표준화되어 있지 않아 관찰자 간 변이가 크고, 그 결과 객관성과 재현성이 떨어지는 한계가 있다.

이 한계를 보완하기 위해 미생물의 생체형광 반응을 이용하여 설면 세균막을 시각화하고 정량화 하기 위한 시도가 있었다. 405 nm의 광원과 특수 필터를 이용하는 정량광형광(Quantitative light-induced fluorescence, QLF) 기술은 특정 구강세균의 대사산물인 메탈-프리 포르피린을 탐지하여 적색 생체형광(Red biofluorescence)으로 시각화 한다. 이는 육안으로는 식별이 어려운 설면세균막의 양과 분포를 실시간으로 시각화하고 정량화하는 것이 가능하다. 자가형광 장치를 이용한 설면세균막 진단의 임상적 가능성이 보고된 이래(6), 해당 형광 점수가 구취 지표와 연관됨이 확인되어 객관적·반복 가능한 평가 방법으로서의 가능성이 제시되었다(7-9). 최근에는 중환자실 환자를 대상으로 한 다기관 연구에서도 QLF 기술의 임상적 적용 가능성이 확인되어, 다양한 임상 환경에서의 활용 가능성이 주목받고 있다(10).

한편, 사회·생활 환경 변화와 함께 구강건강행태의 중요성이 강조되고 있으나, 젊은 성인 특히 대학생 집단에서 설면세균막의 형광 특성과 구강건강행태 간의 연관성을 정량적으로 검증한 연구는 충분하지 않다. 특히 치위생학과 학생은 전문 교육과정을 통해 구강건강 지식, 태도, 실천 수준이 타 계열 대학생에 비해 높은 것으로 보고되고 있어, 구강건강행태와 설면세균막 지표 간 관계를 규명하기에 적합한 집단으로 볼 수 있다(11). 그러나 치위생학과 학생을 포함한 대학생 집단을 대상으로 생체형광 기반 설면세균막 지수와 구강건강행태를 연계하여 분석한 연구는 현재까지 보고된 바 없으며, 이에 대한 기초자료 마련이 필요하다.

이에 본 연구는 치위생학과 재학생을 대상으로 설면세균막 생체형광 점수(Tongue-coating biofluorescence score, TCBS)를 산출하고, 구강건강행태와의 관련성을 평가하고자 하였다. 아울러 혀를 6개 구역으로 구분하여 좌우 및 전후 비대칭 지수를 도출함으로써 설면세균막의 공간적 분포 특성과 TCBS의 관계를 함께 분석하였다. 본 연구의 가설은 아래와 같다.

1) 구강관리행동에 따라 설면세균막 생체형광 점수에 차이가 있다.
2) 구강관리용품 사용에 따라 설면세균막 생체형광 점수에 차이가 있다.
3) 설면세균막 형광지수에 따라 좌우 및 전후 비대칭 지수에 차이가 있다.

2. 연구대상 및 방법

2.1. 연구대상

본 연구는 연구 참여에 동의한 31명의 치위생학과 재학생을 편의표본 추출법으로 모집하였다. 2022년 11월 1개월간 자기기입식 설문과 설면세균막 생체형광 영상 자료를 수집하였다. 연구자는 연구윤리 교육을 이수하였고, OO대학교 기관생명윤리위원회 승인(승인번호: BUIRB-202212-HR-030)을 받았다. 표본수 산정은 G*Power 3.1.9.2(Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Germany)로 수행하였다. 일원배치 분산분석에서 유의수준 0.05, 검정력 1−β=0.80, 효과크기 f=0.60를 가정한 결과 최소 표본수는 약 30명으로 산출되었으며, 탈락 가능성을 고려하여 최종 31명을 포함하였다.

2.2. 설문조사

일반적 특성으로 성별, 전신질환 유무, 흡연, 음주 여부를 조사하였다. 구강건강행태 관련 문항은 정기적 구강검진 여부, 최근 1년 이내 스케일링 경험 여부, 혀 관리 교육 이수 여부, 주당 설탕 섭취 빈도로 구성하였다. 구강위생행태는 일일 칫솔질 횟수, 취침 전 칫솔질 여부, 치실 사용 여부, 혀 클리너 사용 여부를 포함하였다.

2.3. 설면세균막 생체형광 평가

2.3.1. 이미지 획득

설면세균막의 생체형광을 평가하기 위해 QLF 기술이 적용된 디지털 카메라(Qraycam Pro, Aiobio, Seoul, Korea)를 사용하였다. 모든 대상자는 촬영 1시간 전부터 음식 및 음료 섭취, 칫솔질, 가글 사용을 제한하였다. 촬영 시 대상자는 유니트체어에 앙와위로 위치시킨 후, 혀를 최대한 전방으로 내밀도록 하여 혀 배면의 생체형광 이미지를 표준화된 조건에서 촬영하였다.

2.3.2. 이미지 분석 및 생체형광 점수

촬영은 단일 촬영자에 의해 일관되게 수행되었으며, 생체형광 이미지 분석은 TB01.1.17 소프트웨어(Inspektor Research Systems BV, Amsterdam, the Netherlands)를 통해 자동으로 수행되어 판독자 간 변동 가능성을 최소화하였다. 본 연구에서는 설면세균막의 양적 분포와 질적 특성을 동시에 반영하기 위해 두 변수를 결합한 설면세균막 생체형광 점수(Tongue coating biofluorescence score, TCBS)를 산출하였다(8). 설면세균막 생체형광 점수(TCBS)는 다음과 같이 정의된다

$$TCBS = R\ value \times RF\ coverage\ (\%)$$

여기서 R value는 분석 영역에서 측정된 평균 적색 형광 강도이며, RF coverage는 전체 분석 영역 대비 적색 형광이 차지하는 면적의 비율(%)이다. 설면세균막 점수에 따른 구강건강행태 및 구강관리용품 사용을 비교하기 위해 전체 대상자의 설면세균막 생체형광 점수를 삼분위수(Tertile) 기준으로 저지수군(Low, TCBS≤75.0, n=10), 중지수군(Moderate, 75.0<TCBS≤172.3, n=11), 고지수군(High, TCBS>172.3, n=10)의 세 그룹으로 분류하였다.

2.3.3. 공간적 비대칭 지수 분석

혀 배면은 분석 프로그램을 이용하여 여섯 개의 구역(A, B, C, D, E, F)으로 분할하여 각 구역별 적색 형광 값을 산출하였다. 이를 기반으로 설면세균막의 공간적 분포 불균형을 평가하기 위해 좌우 및 전후 비대칭 지수를 계산하였다(Figure 1).

좌우 비대칭 지수(Lateral asymmetry index, LAI)는 좌측과 우측 영역의 평균 차이를 절대값으로 산출하였다.

$$Lateral\ asymmetry\ index\ (LAI) = |\ average\ (A+D) - average\ (C+F)\ |$$

전후 비대칭 지수(Anterior-posterior asymmetry index, APAI)는 전방과 후방 영역간 평균 차이를 절대값으로 산출하여 계산하였다.

$$\text{Anterior-posterior asymmetry index (APAI)} = |\ \text{average (A+B+C)} - \text{average (D+E+F)}\ |$$

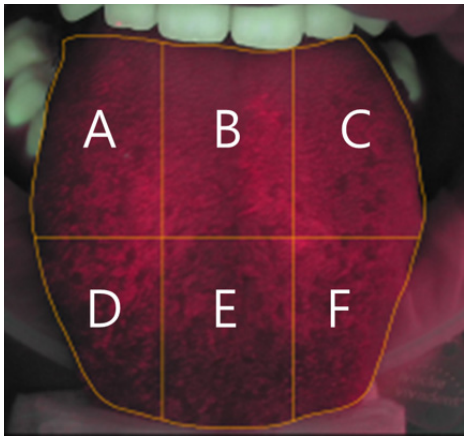


Figure 1. Regional segmentation of tongue-coating biofluorescence for asymmetry analysis.

2.4. 자료분석

수집된 자료의 통계 분석은 IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0(IBM Corp., Armonk, NY, USA) 프로그램을 이용하였다. 구강건강행태 및 구강관리용품 사용에 따른 TCBS 차이는 카이제곱검정(Chi-squared test)을 이용하여 분석하였다. 유의미한 차이가 있는 경우, 본페로니 교정(Bonferroni correction)을 적용한 사후분석을 실시하여 집단 간 차이를 검정하였다. 또한 TCBS 그룹 간 비대칭 지수(LAI, APAI)의 차이는 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 통해 검정하였으며, 사후분석은 Tukey의 HSD (Honestly Significant Difference) 방법을 적용하였다. 모든 통계 분석에서 유의수준(α)은 0.05로 설정하였다.

3. 연구결과

3.1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자 31명의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1). 평균 연령은 22.2세였으며, 대상자 전원이 여성이었다. 전신질환이 없고 현재 복용 중인 약물이 없는 대상자는 28명(90.3%)이었으며, 현재 흡연자는 2명(6.5%), 음주자는 19명(61.3%)으로 나타났다. 전신질환 유무(Low 10.0%, Moderate 9.1%, High 10.0%), 흡연 여부(Low 0%, Moderate 0%, High 20.0%), 음주 여부(Low 70.0%, Moderate 63.6%, High 50.0%)에 따른 TCBS 그룹 간 차이는 모두 통계적으로 유의하지 않았다(p=0.997, p=0.106, p=0.643).

Table 1. General characteristics of the study participants

Variables		Value n(%) or mean±SD
Age		22.2±0.70
Sex		
	Female	31(100.0)
Systemic disease		
	Yes	3(9.7)
	No	28(90.3)
Smoking		
	Current smoker	2(6.5)
	Non-smoker	29(93.5)
Drinking		
	Yes	19(61.3)
	No	12(38.7)

Values are presented as mean±standard deviation (SD) or n (%).

3.2. 구강관리행태에 따른 설면세균막 생체형광 점수

구강관리행태 및 식이 습관에 따른 TCBS의 차이를 분석한 결과는 Table 2와 같다. 정기 구강검진 여부와 최근 1년 내 스케일링 경험은 TCBS와 통계적으로 유의한 관련성을 보였다(p<0.05). 정기 검진을 받는 비율은 저지수군(100%)에서 가장 높았고, 고지수군(60%)에서 상대적으로 낮은 분포를 보였다. 최근 1년 내 스케일링 경험 또한 저지수군(80%)에서 가장 높고, 고지수군(30.0%)에서 가장 낮은 경향을 나타냈다.

설탕 섭취 빈도는 TCBS와 유의한 관련성을 보였으며(p=0.018), 섭취 빈도가 증가할수록 고지수군에 속하는 비율이 증가하는 경향을 보였다. 특히 주 15회 이상 섭취군에서 고지수군의 비율이 60.0%로 가장 높게 나타났다. 반면, 혀 관리 교육 이수 여부는 통계적으로 유의하지 않았다(p=0.134).

Table 2. Preventive dental care experiences by TCBS tertile group

Variables	Low TCBS	Moderate TCBS	High TCBS	p-value
Regular dental check-up				
Yes	10(100)	6(54.5)	6(60.0)	0.047*
No	0(0)	5(45.5)	4(40.0)	
Scaling within the past year				
Yes	8(80.0)	8(72.7)	3(30.0)	0.045*
No	2(20.0)	3(27.3)	7(70.0)	
Tongue care education experience				
Yes	5(50.0)	9(81.8)	3(30.0)	0.134
No	5(50.0)	2(18.2)	7(70.0)	
Sugar intake (times/week)				
≤6	1(10.0)	4(36.4)	2(20.0)	0.018*
7-14	8(80.0)	6(54.5)	2(20.0)	
≥15	1(10.0)	1(9.1)	6(60.0)	

TCBS, tongue-coating biofluorescence score.
Values are presented as n(%).
Group differences were analyzed using the chi-squared test. *p<0.05

3.3. 구강관리용품 사용에 따른 설면세균막 생체형광 점수

구강관리용품 사용에 따른 TCBS 그룹 간 분포 차이를 분석한 결과(Table 3), 일일 칫솔질 횟수(p=0.306), 취침 전 칫솔질 여부(p=0.609), 치실 사용 여부(p=0.691), 혀 클리너 사용 여부(p=0.980) 모두에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 특히 혀 클리너 사용률은 모든 그룹에서 약 36-40% 수준으로 유사하게 나타나, 구강관리용품의 사용 여부 자체는 TCBS와 직접적인 관련성을 보이지 않는 것으로 확인되었다.

Table 3. Oral health behaviors by TCBS tertile group

Variables	Low TCBS	Moderate TCBS	High TCBS	p-value
Tooth brushing frequency (times/day)				
≤3	9(90.0)	8(72.7)	6(60.0)	0.306
≥4	1(10.0)	3(27.3)	4(40.0)	
Tooth brushing before bedtime				
Yes	8(80.0)	7(63.6)	8(80.0)	0.609
No	2(20.0)	4(36.4)	2(20.0)	
Floss use				
Yes	7(70.0)	6(54.5)	7(70.0)	0.691
No	3(30.0)	5(45.5)	3(30.0)	
Tongue cleaner use				
Yes	4(40.0)	4(36.4)	4(40.0)	0.980
No	6(60.0)	7(63.6)	6(60.0)	

TCBS, tongue-coating biofluorescence score.
Values are presented as n(%).
Group differences were analyzed using the chi-squared test.

3.4. 설면세균막의 공간적 분포 및 비대칭성

혀의 각 구역(A-F)별 설면세균막 생체형광 점수를 비교한 결과(Table 4), 모든 구역에서 TCBS는 저지수군에서 고지수군으로 갈수록 유의하게 증가하는 양상을 보였다(p<0.05). 특히 혀의 후방 영역에서 전방 및 측면보다 상대적으로 높은 값을 나타냈다. 비대칭 지수를 분석한 결과, 좌우 비대칭 지수(LAI)와 전후 비대칭 지수(APAI) 모두에서 TCBS가 증가할수록 값이 단계적으로 유의하게 증가하는 경향을 보였으며(p<0.05), 고지수군에서 가장 높은 비대칭성이 관찰되었다(Figure 2). 사후 분석 결과, 고지수군은 저지수군에 비해 LAI와 APAI 모두에서 유의하게 높은 값을 보였으며, 중지수군은 두 지수 모두에서 두 군 사이의 중간 수준을 나타냈다.

Table 4. Mean red biofluorescence (R value) by tongue regions (A-F) and by TCBS tertile group

Group	A	B	C	D	E	F
Low TCBS	6.3±5.5^{a}	9.8±8.7^{a}	3.3±2.8^{a}	3.5±4.5^{a}	4.8±5.7^{a}	1.5±1.7^{a}
Moderate TCBS	21.0±10.9^{b}	28.3±11.7^{b}	18.2±8.5^{b}	11.9±8.3^{b}	18.8±7.8^{b}	11.8±7.2^{b}
High TCBS	53.9±6.6^{c}	51.8±14.7^{c}	30.4±8.2^{c}	26.0±8.1^{c}	31.0±8.2^{c}	18.9±5.7^{b}

TCBS, tongue-coating biofluorescence score. Values are presented as Mean±SD. Group differences were analyzed using one-way ANOVA. Different letters indicate significant differences by Tukey's HSD post hoc test.
$^{*}p$<0.05.

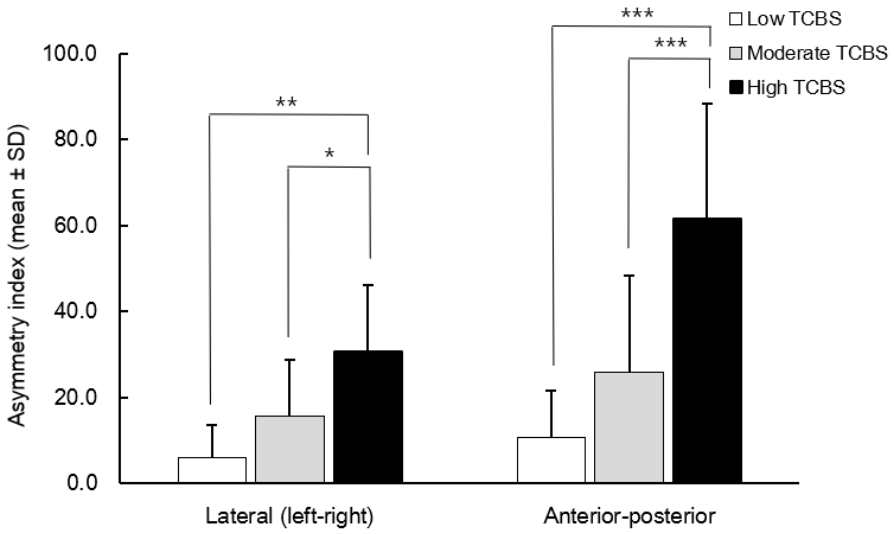


Figure 2. Tongue coating asymmetry indices (LAI and APAI) by TCBS tertile group
TCBS, tongue-coating biofluorescence score; LAI, lateral asymmetry index; APAI, anterior–posterior asymmetry index. Values are presented as mean±standard deviation. Group differences were analyzed using one-way analysis of variance. $^{*}p<0.05$, $^{**}p<0.01$, $^{***}p<0.001$.

4. 고안

본 연구는 치위생학과 학생을 대상으로 설면세균막 생체형광 점수(TCBS)와 구강건강행태 및 식이 습관 간의 관련성을 분석하고, 설면세균막의 공간적 분포 특성을 함께 평가하였다. 연구 결과, 설면세균막 생체형광 점수는 구강관리행태보다는 정기적인 전문가 예방처치 및 설탕 섭취 빈도와 밀접한 관련성이 있었으며, 설면세균막의 생체형광 점수가 증가할수록 설면세균막의 공간적 비대칭성이 함께 증가하는 경향이 확인되었다.

예방적 치과관리 경험에 따른 분석에서 정기적 구강검진 및 최근 1년 이내 스케일링 경험이 있는 경우 TCBS가 낮은 경향을 보였다. 이는 전문가에 의한 정기적 관리가 구강 내 세균막 축적을 효과적으로 유의하게 감소시킨다는 선행 연구 결과와 일치한다(12). 전문가 개입은 개인이 인지하지 못하는 세균막을 물리적으로 제거할 뿐만 아니라, 전반적인 구강위생 수준을 점검하고 교정하는 과정으로 작용할 수 있다. 특히 전문가 관리를 지속적으로 받는 집단은 건강 유지에 대한 자기효능감이 높아, 이것이 설면세균막 관리에 긍정적인 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 또한 이러한 점에서 TCBS는 단순한 세균막의 양적 축적뿐 아니라, 관리 수준이 반영된 생체형광 신호로 해석될 수 있다.

식이 요인 중 설탕 섭취 빈도 또한 설면세균막 생체형광 점수와 유의한 관련성을 보였다. 설탕 섭취가 증가할수록 TCBS가 증가하는 경향은 고당 식이가 구강 내 미생물 생태계를 변화시키고, 산 생성 및 혐기성 대사를 촉진한다는 선행 연구 결과와 관련성이 있음을 시사한다(13, 14). 특히 이러한 환경에서 성숙된 바이오필름 내 미생물은 포르피린을 생성하게 되며 이는 QLF에서 관찰되는 적색 생체형광의 주요 기전으로 알려져 있다(15). 실제로 다양한 선행연구들을 통해 바이오필름의 성숙도가 증가할수록 적색 생체형광이 증가함을 확인하였다. 따라서 TCBS의 증가는 단순한 치면세균막 축적을 넘어, 대사적으로 활성화되어 성숙 세균막 상태를 반영하는 지표로 해석될 수 있다.

반면, 칫솔질 횟수나 취침 전 칫솔질 여부, 치실 및 혀 클리너 사용 여부와 같은 자가 구강관리행태는 TCBS와 통계적으로 유의한 연관성을 보이지 않았다. 기계적 혀 세정에 따른 설면세균막 및 구취 변화를 분석한 선행 연구에 따르면, 칫솔과 혀 클리너 사용 후 설면세균막 지수는 감소하였으나 세정 방법 간의 유의한 차이는 나타나지 않았다(16). 또한 건강한 성인 268명을 대상으로 한 관찰 연구에서도 자기기입 설문을 통해 조사된 혀 세정 빈도는 설면세균막의 두께나 변색과 유의한 관련성

이 없었음이 보고된 바 있다(17). 이러한 결과는 구강관리용품의 단순한 사용 여부나 행위의 빈도보다는 실제 세정 방법의 정확도와 관리 범위가 설면세균막 축적에 영향을 미칠 가능성을 시사하나 본 연구에서는 세정 정확도를 직접 측정하지 않았으므로 이에 대한 해석은 제한적으로 이루어져야 한다. 특히 혀는 해부학적 구조가 복잡하여 불완전한 세정 시 특정 부위에 세균막이 잔류하기 쉬우므로 단순한 행위의 반복보다는 관리의 사각지대를 최소화하는 정밀한 세정 전략이 더 중요할 것으로 판단된다. 더불어 TCBS는 단순한 행위의 빈도보다는 실제 구강관리의 효과를 반영하는 객관적 지표로도 기능할 수 있다. 한편, 혀 관리 교육 이수 여부는 통계적으로 유의하지 않았으나(p=0.134), 고지수군에서 교육 미이수 비율이 70%로 가장 높게 나타나 혀 관리 교육의 부재가 설면세균막 축적과 관련될 가능성을 시사한다.

특히 본 연구에서 확인된 가장 중요한 결과는 TCBS 증가에 따른 공간적 비대칭성의 증가이다. TCBS가 증가할수록 좌우(LAI) 및 전후(APAI) 비대칭 지수가 단계적으로 증가하는 양상이 확인되었다. 이러한 비대칭성의 심화는 혀 표면의 위생 관리가 전반적으로 부족하기보다는 특정 부위에 선택적으로 축적되는 경향을 시사하며, 해부학적 구조에 따른 물리적 접근성의 차이, 구역반사로 인한 후방부 세정의 어려움, 사용 손잡이에 따른 세정 방향의 편중, 또는 개인별 세정 습관의 차이 등 복합적인 요인이 관여했을 가능성이 있다. 다만 본 연구에서는 이러한 요인들을 직접 측정하지 않았으므로, 이는 가설적 해석으로 제한되어야 한다. 이러한 공간적 불균형은 혀의 해부학적 구조와 물리적 접근성의 차이에서 기인할 수 있으며, 특히 혀의 후방부는 구역반사 등으로 인해 세정이 어려워 세균막이 정착 및 잔류하기 용이한 환경을 갖추고 있다(9, 16). 이러한 결과는 혀 표면의 위생상태를 평가할 때 단순한 양적 지표만으로는 충분하지 않으며, 공간적 분포의 균형까지 고려할 필요가 있음을 보여준다. 특히 비대칭성의 증가는 구강위생행위의 사각지대를 반영하는 지표로서 향후 구강위생 교육에서 시각적 피드백 도구로 활용될 가능성을 시사한다(18).

본 연구는 QLF 기술을 기반으로 설면세균막의 생체형광 분석을 통해 설면세균막의 양적 수준과 공간적 분포를 동시에 평가했다는 점에서 의의가 있다. 공간적 비대칭성의 증가는 개별적인 혀 세정 습관 외에도 저작근의 편중이나 수면 시 자세, 혹은 구호흡 패턴과 같은 기능적 요인이 설면세균막의 정체에 영향을 미쳤을 가능성이 있으므로, 향후 연구에서는 이러한 기능적 변수를 포함한 심층 분석이 필요할 것으로 보인다. 다만 본 연구는 몇 가지 제한점을 갖는다. 첫째, 상대적으로 적은 표본 수와 단면연구 설계의 특성상 변수 간 인과관계를 명확히 규명하기 어렵다. 둘째, 단일 대학의 치위생학과 재학생을 편의표본으로 모집하였으므로 선택편향의 가능성을 배제할 수 없으며, 연구 대상자 전원이 여성으로 구성되어 있어 결과를 일반 대학생 집단에 직접 적용하는 데에는 한계가 있다. 셋째, 구강건강행태는 자가보고식 설문으로 수집되어 회상편향의 가능성이 있다. 넷째, 군당 표본 수가 약 10명 수준으로 소규모여서 일부 통계검정에서 기대빈도 가정이 충족되지 않았으며, 이에 따른 검정력의 한계가 존재한다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 설면세균막의 침착상태를 정량화함으로써 구강건강행태와 생체형광 기반 바이오필름 특성 간의 관계를 확인하였으며, 특히 공간적 분포의 중요성을 제시하였다는 점에서 의의를 가진다. 향후 연구에서는 다양한 연령층을 포함한 대규모 연구와 함께 기능적 요인(저작, 호흡, 수면자세 등)을 포함한 다각적 분석이 필요할 것으로 판단된다.

5. 결론

설면세균막 생체형광 점수는 자가 구강관리행태보다는 정기적인 구강검진, 최근 스케일링 경험 및 설탕 섭취 빈도와 더 밀접한 관련성을 보였다. 또한 설면세균막 생체형광점수가 증가할수록 설면세균막의 공간적 비대칭성이 함께 증가하는 경향이 확인되었다. 이는 설면세균막의 위생 상태가 단순한 구강위생행위의 빈도보다는 실제 세정의 질과 식이 환경에 의해 더 큰 영향을 받으며, 동시에 공간적 분포의 불균형을 동반할 수 있음을 시사한다. 따라서 향후 설면세균막 관리 전략 수립 시 정기적인 전문가 관리와 식이 조절뿐 아니라, 세정의 균형과 사각지대를 고려한 교육 및 피드백이 함께 강조될 필요가 있다.

Acknowledgement

이 논문은 2026년도 백석대학교 대학연구비 지원을 받아 수행된 연구임.

Author contributions

Conceptualization: HJ Kim, JH Kim. Data curation: HJ Kim, JH Kim. Formal analysis: HJ Kim. Funding acquisition: ES Lee. Investigation: HJ Kim, ES Lee. Methodology: JH Kim, HJ Kim. Supervision: JH Kim, ES Lee. Validation: HJ Kim, ES Lee. Writing—original draft: HJ Kim, JH Kim. Writing—review & editing: ES Lee, JH Kim.

References

1. Marsh PD. Dental plaque as a biofilm and a microbial community – implications for health and disease. BMC Oral Health 2006;6:1-7. 10.1186/1472-6831-6-S1-S14.
2. AlBeshri S. Perspectives on tongue coating: etiology, clinical management, and associated diseases — a narrative review. Saudi Dent J 2025;37:1-8. 10.1007/s44445-025-00048-5.
3. Oho T, Yoshida Y, Shimazaki Y, Yamashita Y, Koga T. Characteristics of patients complaining of halitosis and the usefulness of gas chromatography for diagnosing halitosis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2001;91(5):531–534. 10.1067/moe.2001.112543.
4. Bosy A, Kulkarni GV, Rosenberg M, McCulloch CA. Relationship of oral malodor to periodontitis: evidence of independence in discrete subpopulations. J Periodontol 1994;65(1):37–46. 10.1902/jop.1994.65.1.37.
5. Shimizu T, Ueda T, Sakurai K. New method for evaluation of tongue-coating status. J Oral Rehabil 2007;34(6):442–447. 10.1111/j.1365-2842.2007.01733.x.
6. Hitz Lindenmüller I, Weiss P, Volken M, Filippi A. Diagnostics of tongue coating using autofluorescence. Swiss DentJ. 2015;125(10):1074-1079. 10.61872/sdj-2015-10-01.
7. Park S, Lee ES, Kim A, Kim HJ, Lee JY, Kim SK, et al. Development of a novel tongue biofilm index using bacterial biofluorescence. Sci Rep 2024;14:(1):1-8. 10.1038/s41598-024-80696-5.
8. Lee ES, Yim HK, Lee HS, Choi JH, Lee JH, Kim BI. Clinical assessment of oral malodor using autofluorescence of tongue coating. Photodiagnosis Photodyn Ther 2016;13:323–329. 10.1016/j.pdpdt.2015.09.001.
9. Kim YR, Kang HK. Analysis of quantitative light-induced fluorescence images for the assessment of bacterial activity and distribution of tongue coating. Healthcare 2023;11(2):1-10. 10.3390/healthcare11020217.
10. Kim YS, Jun MK. Assessment of oral health status in intensive care unit patients using quantitative light-induced fluorescence: a multicenter cross-sectional study. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg 2024;50(6):333-342. 10.5125/jkaoms.2024.50.6.333.
11. Lee SB, Yoon JW, Seong MG, Lee MK, Kim YH, Lee JH. Effect of oral health-related factors on oral health knowledge, attitude, and practice of college students. J Korean Acad Oral Health 2018;42(4):124-129. 10.11149/jkaoh.2018.42.4.124.
12. Jo BD. The change of plaque control ability by regular professional oral health care program [Unpublished doctoral dissertation]. Gwangju:Chosun University College of Dentistry;2014.
13. Angarita-Díaz MDP, Fong C, Bedoya-Correa CM, Cabrera-Arango CL. Does high sugar intake really alter the oral microbiota?: a systematic review. Clin Exp Dent Res 2022;8(6):1376-1390. 10.1002/cre2.640.

14. Fan X, Monson KR, Peters BA, Whittington JM, Um CY, Oberstein PE, et al. Altered salivary microbiota associated with high-sugar beverage consumption. Sci Rep 2024;14(1):13386. 10.1038/s41598-024-64324-w.
15. Kim YS, Lee ES, Kwon HK, Kim BI. Monitoring the maturation process of a dental microcosm biofilm using the quantitative light-induced Fluorescence-Digital (QLF-D). J Dent 2014;42(6):691–696. 10.1016/j.jdent.2014.03.006.
16. Choi HN, Cho YS, Koo JW. The effect of mechanical tongue cleaning on oral malodor and tongue coating. Int J Environ Res Public Health 2021;19(1):108. 10.3390/ijerph19010108.
17. Van Gils LM, Slot DE, Van der Sluijs E, Hennequin-Hoenderdos NL, Van der Weijden FG. Tongue coating in relationship to gender, plaque, gingivitis and tongue cleaning behaviour in systemically healthy young adults. Int J Dent Hyg 2020;18(1):62–72. 10.1111/idh.12416.
18. Khudanov B, Jung HI, Kahharova D, Lee JW, Hamidov I, Lee ES, et al. Effect of an oral health education program based on the use of quantitative light-induced fluorescence technology in Uzbekistan adolescents. Photodiagnosis Photodyn Ther 2018;21:379-384. 10.1016/j.pdpdt.2018.01.012.