

실제 착색된 치면세균막 면적과 전통적인 치면세균막 지수 비교

김지수^{1,2}, 양용훈¹, 전은주¹, 김진범^{1,2}, 정승화^{1,2}

¹부산대학교 치의학전문대학원 예방과사회치의학교실, ²부산대학교 치의학전문대학원 BK21플러스 사업단

Comparison of traditional dental plaque indices with real stained plaque area

Ji-Soo Kim^{1,2}, Yong-Hoon Yang¹, Eun-Joo Jun¹, Jin-Bom Kim^{1,2}, Seung-Hwa Jeong^{1,2}

¹Department of Preventive and Community Dentistry, ²BK21 PLUS Project, School of Dentistry, Pusan National University, Yangsan, Korea

Received: September 26, 2017

Revised: November 7, 2017

Accepted: December 10, 2017

Corresponding Author: Seung-Hwa

Jeong

Department of Preventive and Community

Dentistry, Pusan National University

School of Dentistry, 49 Busandaehak-ro,

Meulgeum-up, Yangsan 501612, Korea

Tel: +82-51-510-8220

Fax: +82-51-510-8221

E-mail: jsh0917@pusan.ac.kr

Objectives: The aim of this study was to compare Plaque Percent Index (PPI), calculated by Patient Hygiene Performance Index (PHPI), Rustogi's modification of the Navy Plaque Index (RMNPI), and the Quigley & Hein Plaque Index (QHPI), with visual assessment.

Methods: Ninety-six subjects, aged between 30-65 years, were examined; twenty subjects were included in the final analysis. The subjects' teeth were stained and photographed. Dental coloring and intraoral camera photography were performed by a single examiner. The oral images obtained were analyzed using Image J to measure the area of dental plaque. The values of PHPI, RMNPI, and QHPI were calculated twice. Statistical analyses were performed using descriptive statistics, chi-square test, and Pearson's correlation coefficient.

Results: The results of the correlation analyses of PPI with PHPI, QHPI, and RMNPI were as follows: for PHPI, the correlation coefficient (r)=0.584; for QHPI, r =0.689; and for RMNPI, r =0.729. Further, the kappa indices of PHPI, QHPI, and RMNPI were 0.810, 0.677, and 0.590 respectively.

Conclusions: Among RMNPI, QHPI, and PHPI dental plaque indices, RMNPI and QHPI showed a high degree of correlation with the actual stained dental plaque area; on the other hand, PHPI showed the highest kappa index.

Key Words: Dental plaque index, Intraoral camera, Plaque percent index

서 론

치면세균막(Dental plaque)이란 치면에 부착된 얇은 세균막으로 치아우식증, 치주질환과 같은 각종 구강 증상 및 질병들을 야기하는 1차적인 원인이다¹⁾. 구강 내에 존재하는 타액 1 ml에는 약 2억 개의 세균이 있으며, 치면세균막에는 이보다 약 1,000배 많은 세균이 존재한다고 알려져 있다²⁾. 치면세균막 형성 초기에 관여를 하는 세균들은 *Streptococcus mitis*, *Streptococcus sanguis*,

Actinomyces israelii 등이며, 초기 이후에는 *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia* 등과 같은 세균들이 집락을 이루게 된다³⁾. *Spirochetes*균은 치주낭 내에서 치면부착없이 치주조직을 침투하고 점막상피의 부착소실을 야기한다²⁾. 구강질환은 개인의 구강상태에 따라 다르게 발병되며, 세균의 양과는 비례하게 발생한다^{4,5)}.

구강 내에 존재하는 치면세균막을 육안으로 평가하기 위해 임상에서는 치면착색제(Disclosing agent)를 사용한다. 치면세균막

은 육안으로 관찰이 힘들기 때문에 착색제를 이용하여 치면을 착색하며, 염색된 치면세균막은 쉽게 관찰이 가능하다⁶⁾. 또한 침착되어 있는 부위와 치면세균막의 양을 빠르게 확인할 수 있다. 착색제의 주성분은 Erythrosin이며, 1963년 Arnim⁷⁾에 의해 개발되어 현재 가장 널리 사용되고 있는 착색제이다. Erythrosin에 fast green⁸⁾이나 brilliant blue⁹⁾를 함께 사용하는 2색 염색법(Two-tone dye systems)도 개발이 되었다. 치면착색검사를 통하여 환자의 구강 상태 및 칫솔질습관에 대한 정보를 얻을 수가 있으며, 환자는 치면세균막 관찰을 통해 구강위생관리에 대한 동기부여를 받을 수 있다.

치면에 침착되어 있는 치면세균막을 정량화하기 위해 다양한 종류의 치면세균막 지수들이 개발되었다. Patient Hygiene Performance Index (PHPI)는 상악 3개, 하악 3개 치아의 순,협면과 설면을 각각의 치면에 맞게 평가하는 지수로 치면을 치아장축 방향으로 근심부, 원심부, 중앙부로 나누고 중앙부위를 다시 교합면 방면으로 절단부, 중앙부, 치은부로 3등분하여 치면을 평가한다. 분할된 각각의 부위에 치면세균막이 존재할 시 1점을 부여하며, 없을 시 0점을 부여한다. 한 치아당 5점의 점수가 최대점이 되고, 각 치아에서 산출한 점수를 합산하여 검사한 치아의 수로 나누어 평균을 낸다¹⁰⁾. 또 다른 지수인 Rustogi's Modification modified Navy Plaque Index (RMNPI)는 치면의 중앙부위에서 치근단 쪽으로 6 등분을, 치관 쪽으로는 3등분을 하여 총 9등분을 하며, 분할된 치면에 치면세균막이 존재할 시 1점을 부여하며, 없을 시에는 0점을 부여한다¹¹⁾. 반면 Quigley & Hein Plaque Index (QHPI)는 치면세균막이 치은연을 시작점으로 하여 분포되어 있는 범위에 따라 점수를 부여하며, 세균막이 침착된 넓이에 따라 0점에서 최대 5점의 점수로 치면세균막의 양을 나타낸다¹²⁾. 비록 PHPI, RMNPI, QHPI는 많은 연구에서 타당성이 검증된 치면세균막 지수이지만, 치면세균막의 침착 양상은 치아의 형태와 맹출상태에 따라 다양한 형태로 나타나기 때문에 기존의 치면세균막 지수들이 세균막의 침착 양상을 완벽하게 반영하지 못하는 경우가 자주 발생한다. 또한 실제 치면

세균막의 양과 각 지수 간의 관련성을 증명한 연구는 많지가 않다.

치과의사에게 있어 구강 내 병소의 명확한 진단과 평가는 중요한 과제이기 때문에 보다 정확하게 평가하고 많은 양을 기록할 수 있는 장비와 방법들이 계속적으로 개발되어 왔다¹³⁾. 그 중 구강카메라(Intraoral Camera)는 육안으로는 관찰이 힘들고 접근성이 떨어지는 구치부 치아의 촬영이 가능할 뿐만 아니라, 사용이 편리하기 때문에 진료 및 연구에 있어 많은 도움이 되었다. 이러한 이유로 구강카메라는 급속한 기술발전을 이루었고, 널리 보급됨에 따라 고화질의 디지털 치아 사진을 채득할 수 있게 되었다. 이미지 분석 프로그램도 많은 발전을 하여 치아에 침착되어 있는 치면세균막의 양적 분석을 가능하게 하였다. 이렇게 환자에서 얻어진 디지털 사진은 치료의 전후 비교와 환자들의 구강관리교육에 활용이 되고 있다.

앞선 선행연구에서 Söder 등¹⁴⁾은 사진촬영으로 얻어진 이미지를 이용하여 치면세균막 분석을 시행하였고, Turesky modified Quigley & Hein Plaque Index와의 관련성을 평가하였다. 치면세균막이 침착된 부위는 Pixel 수를 정량화하여 이미지 분석을 시행하였고, 연구자는 이를 Plaque Percent Index라고 정의하였다. 그리고 Han 등¹⁵⁾은 Quantitative Light-induced Fluorescence-Digital (QLF-D)을 이용한 치면세균막 평가법을 소개하면서 사진촬영으로 얻어진 치아 이미지에 침착되어 있는 치면세균막의 면적을 Plaque Percent Index (PPI)로 명시하였다.

다른 선행연구에서 Verran 등¹⁶⁾은 컴퓨터이미지분석으로 평가한 치면세균막의 양과 미생물균수(Microbiological counts), 플라그 건조중량(Plaque dry weight), PHPI와의 상관관계를 평가하였다. 그 결과 컴퓨터 이미지 분석과 PHPI는 0.737, 미생물균수와는 0.867, 플라그 건조중량과는 0.854라는 높은 관련성을 보고하였다. 하지만 선행연구에서 사용한 이미지는 구강카메라로 촬영한 이미지가 아니었으며, 치면세균막 지수는 PHPI만을 활용하였다. 또한, 착색을 통하여 분석한 치아는 상, 하악 전치부였으며, 치면

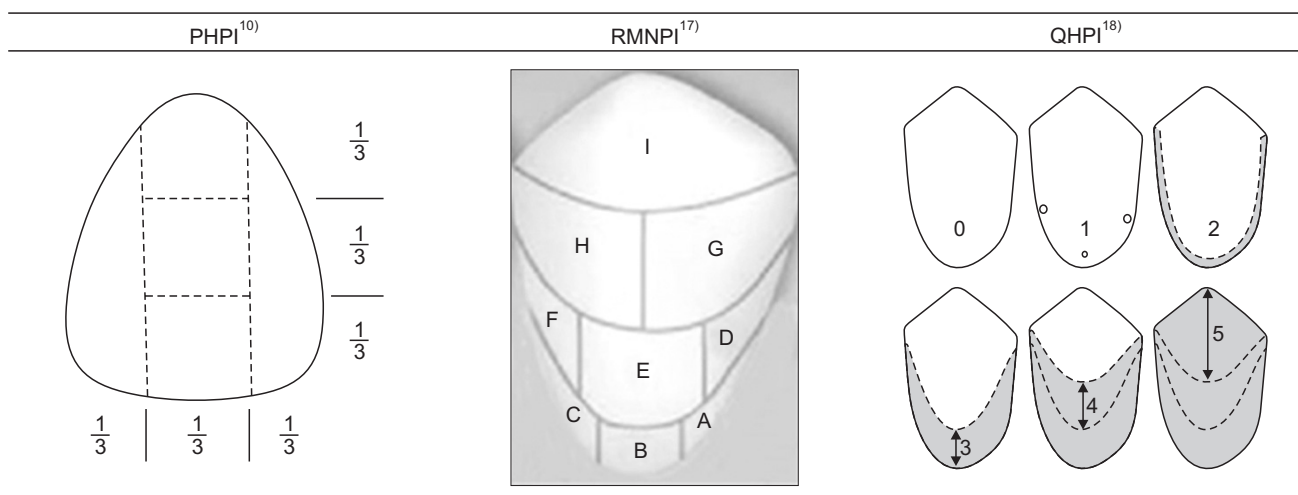


Fig. 1. Example of scoring by various indices. PHPI: Patient Hygiene Performance Index, RMNPI: Rustogi's Modification modified Navy Plaque Index, QHPI: Quigley & Hein Plaque Index.



Fig. 2. Examples of difference between PPI and various indices.

세균막 침착이 용이한 구치부는 평가하지 않았다.

이에 본 연구의 목적은 제 1대구치에 다양한 형태로 착색된 치면세균막에 대해 구강카메라를 이용한 객관적인 PPI와 시각적 판단에 의한 주관적인 PHPI, RMNPI, QHPI를 비교하고, 구강카메라 촬영을 통한 치면세균막 분석의 타당성을 평가하는 것이다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

부산대학교 치과병원 임상시험심사위원회의 승인(IRB No. PNUDH-2016-004)을 받아 본 연구를 진행하였다. 30세 이상 65세 미만의 대상자를 모집하였으며, 대상자 모집을 위해 게시문을 이용하였다. 그 결과 총 96명의 연구대상자가 모집되었으며, 검사 전 연구의 목적과 방법에 대해 설명을 하고 참여 동의서를 받았다. 96명의 연구대상자 중 특이한 형태로 치면세균막이 침착된 제 1대구치 협면의 구강카메라 사진 20장(남자 4명, 여자 15명, 평균나이 37.5세)을 선별하여 본 연구에 활용하였다.

2. 연구방법

2.1 대상치아의 착색과 카메라 촬영

본교에 내원한 연구대상자의 구강상태를 평가하기 위해 착색제(GARNET Disclosing; Dharma Research, Inc, USA)를 이용하여 치면을 착색하였고, 치면세균막 분석을 위해 구강카메라(Whicam story3 [wired type]; GoodDrs, Incheon, Korea)를 활용하여 착색된 치면을 촬영하였다. 치면착색과 구강카메라 촬영은 1인의 검사자가 수행하였다.

2.2 이미지분석 및 치면세균막 지수 산출

촬영을 통하여 얻어진 사진들은 치면에 침착되어 있는 치면세균막의 양을 측정하기 위해 Image J (National Institutes of Health, USA)를 사용하여 분석하였다(Fig. 2). 앞선 선행연구에서 언급하였듯이 치면에 침착되어 있는 치면세균막의 양은 PPI라 정의하였다. 또한 촬영된 사진을 관찰하여, 기존의 치면세균막 지수인 PHPI,

Table 1. Mean and standard deviation of PPI, PHPI, QHPI and RMNPI

	N	Min	Max	Mean±SD
PPI	20	7.53	75.74	33.99±20.44
PHPI	20	2	5	4.45±0.89
QHPI	20	1	5	4.05±1.19
RMNPI	20	4	9	7.40±1.85

RMNPI, QHPI 값을 산출하였다. 모든 평가과정은 1인의 평가자가 시행하였으며, 검사의 일치도를 확인하기 위해 반복평가를 실시하였다. 검사는 총 2회 실시하였으며, 1차검사에 의해 지수의 값이 영향을 받지 않도록 일정 시간간격을 두고 검사를 수행하였다.

3. 통계분석

Image J로 얻어진 PPI와 치면세균막 지수들로 산출한 값들은 SPSS 23.0 (SPSS INC, Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석을 실시하였다. 측정된 치면세균막 지수와 이미지 분석 값의 일반적 특성은 기술통계를 이용하였으며, PPI와 치면세균막 지수들 간의 상관성 확인은 Pearson's correlation coefficient를 이용하였다. 또한 반복되는 검사의 일치도를 평가하기 위해 카파치(Cohen's Kappa Index)를 산출하였다. 통계적 판단을 위한 유의수준(α)은 0.05로 설정하였다.

연구 성적

1. 치면세균막 지수와 PPI 점수의 분포

디지털 사진 분석을 통하여 얻어진 PPI와 치면세균막 지수들에 대한 평균과 표준편차, 최소값 및 최대값은 Table 1과 같다. 디지털 사진에서 얻어진 PPI의 평균값과 표준편차는 33.99 ± 20.44 로 나타났으며, 최대값은 75.74였다. PHPI의 평균과 표준편차는 4.45 ± 0.89 였으며 최소값은 2, 최대값은 5였다. QHPI와 RMNPI 평균과 표준편차는 각각 4.05 ± 1.19 , 7.40 ± 1.85 , 최대값은 각 지수의 최대점수인 5점과 9점이었다.

Table 2. Correlation of PPI, PHPI, QHPI and RMNPI

	PPI	PHPI	QHPI	RMNPI
PPI	1			
PHPI	0.584**	1		
QHPI	0.689**	0.625**	1	
RMNPI	0.729**	0.848**	0.684**	1

Pearson's correlation coefficient ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$.

2. PPI와 치면세균막 지수들 간의 상관분석 결과

디지털 사진 분석으로 얻어진 PPI와 치면세균막 지수들간의 상관관계수는 PHPI $r=0.584^{**}$, QHPI $r=0.689^{**}$, RMNPI $r=0.729^{**}$ 로 나타나, RMNPI가 치면세균막의 양과 높은 관련성을 나타낸 반면, 2차결과에서는 PHPI $r=0.561^{*}$, QHPI $r=0.719^{**}$, RMNPI $r=0.704^{**}$ 로 QHPI가 높은 관련성을 나타내었다. 치아를 분할하는 지수인 RMNPI는 1, 2차 검사결과 0.848**와 0.827**로 QHPI보다 PHPI와 더 큰 상관성을 나타내었다.

3. 검사자 재평가 교차분석 결과

검사자 재평가 일치도인 카파치를 확인하기 위해 1차와 2차 검사 간 교차분석을 실시하였다. Cohen이 제안한 Kappa 지수에 따라 결과값을 도출하였다¹⁹⁾.

교차분석 결과 PHPI의 카파치는 .810으로 강한(Strong) 일치도를 보여주었다. QHPI는 .677로 보통(Moderate) 수준의 일치도를 보여주었으며, RMNPI는 .590으로 다소 약한(Weak) 일치도를 보여주었다.

고 안

본 연구는 치면 착색 이후 디지털 분석으로 얻어진 치면세균막의 양과 기존 치면세균막 지수들의 상관성 평가를 실시하였다. 또한 검사자 재평가 일치도를 확인하기 위해 검사와 검사 간 교차분석을 실시하였다. 연구대상자는 20명이었으며, 남성이 4명, 여성이 16명이었고, 대상자들의 평균연령은 37.5세였다. 기존 선행연구에서는 대상자의 전치부만을 평가한 반면 본 연구에서는 구치부를 평가하였으며, 환자들의 착색된 치면을 촬영하기 위해 구강카메라를 사용하였다.

현재 임상에서는 환자들의 구강관찰, 치료 전, 후 비교 및 교육을 목적으로 Digital Single Lens Reflex (DSLR) 카메라 혹은 구강카메라를 활용하고 있다. DSLR 카메라가 화질 면에서는 더 뛰어나겠지만, 부분 치아를 촬영하거나 구강 내 접근하기 힘든 구치부 구조물 및 연조직을 디지털화면으로 관찰하기 위해서는 구강카메라가 더 용이할 것이다.

치아우식증과 치주질환은 치아 및 치경부에 부착된 오래된 치면세균막에 의해 발생이 된다²⁰⁾. 치면에 부착된 치면세균막을 평가하기 위해 다양한 평가방법들이 개발되었어 왔으며, QHPI는 전체 치면에 존재하는 치면세균막의 범위에 따라 점수를 산정하는 방식이며, PHPI와 RMNPI는 분할된 치면에 치면세균막이 존재할 시

Table 3. Results of kappa index and percent agreement

	Kappa index	Percent agreement
PHPI	.810	90%
QHPI	.677	80%
RMNPI	.590	70%

점수를 산정하는 방식이다.

상관분석 결과 RMNPI는 치면에 존재하는 PPI와 높은 관련성을 보여주었으며, 각 지수들과의 관계에서는 QHPI보다는 PHPI와 더 높은 관련성이 있는 것으로 나타났다(Table 2). 이러한 이유로는 RMNPI의 치면분할이 다른 치면세균막 지수들보다 더 세분화되어 있기 때문이라고 사료된다. 특히 치간부와 치은연부위를 명확하게 분류함으로써 치면에 침착되어 있는 치면세균막의 양을 잘 표현했을 것이라고 사료된다. 또한 치아를 분할하는 시스템인 PHPI와는 점수 산정방식이 동일하기 때문에 QHPI보다 더 높은 관련성을 나타낸 것으로 생각된다(Table 2). 하지만 카파치에서는 약한 수준의 일치도를 보여주었다(Table 3). RMNPI는 치면이 9면으로 분류되어 있기 때문에 정확한 일치 정도를 보여주어야 하는 카파치에서는 낮은 수준의 결과가 나타난 것으로 생각된다. 뿐만 아니라 치면세균막 유무를 판정하는데 있어 너무 오랜 시간이 걸린다는 단점을 가지고 있었다. 다른 치면세균막 지수들은 한 눈에 치면을 관찰하여 점수를 산출할 수 있었지만, RMNPI는 다수의 면으로 분할되어 있기 때문에 재차 관찰이 필요하였다²¹⁾. 이러한 단점에도 불구하고 다른 치면세균막 지수들보다 치면세균막의 양을 잘 반영하는 지수라고 생각한다.

현재 우리나라에서 공중구강보건사업의 일환으로 전개되고 있는 치과주치의사업에서는 대상아동의 구강위생상태를 객관적으로 평가하기 위해 PHPI를 활용하고 있다. 이 검사방법은 오랜 기간동안 사용되어왔고, 타당성 또한 검증된 치면세균막 산출방법이다²²⁾. 하지만 본 연구의 결과 PHPI는 다른 치면세균막 지수들과 비교하였을 때 PPI와 높은 관련성을 보여주지 못하였다(Table 2). 또한 치과주치의사업 검진 시, PHPI만으로 치면세균막의 침착양상을 제대로 반영하기에는 한계가 있었다. 그 이유는 5면으로 분할된 각 치면에 소량의 치면세균막이 존재할 경우에도 점수로 산정해야 한다는 점이 문제점으로 지적되었다. 이러한 단점에도 불구하고 반복검사 결과에서는 높은 카파치를 보여주었다(Table 3).

치면세균막이 침착된 범위에 따라 점수를 산정하는 지수인 QHPI도 PPI와 높은 관련성을 보여주었다(Table 2). 또한 카파치도 .677이라는 보통 수준의 결과값을 보여주었다(Table 3). 하지만 QHPI는 앞선 치면세균막 지수들과는 다르게 치면을 분할하지 않기 때문에 점수를 산정하기에 모호한 케이스가 많았으며, 연속되는 치면세균막과 연속되지 않고 분리되어 있는 치면세균막에 대한 정확한 판단기준이 필요할 것으로 사료되었다. QHPI를 이용한 치면세균막 평가 시 검사자는 정확한 평가기준을 인지하고 상당량의 연습이 필요할 것으로 생각된다.

치면에 침착되어 있는 치면세균막의 양이 많을수록 각 지수들

의 값이 높아진다는 사실은 앞선 연구의 결과로 알 수가 있었다. 하지만 구강카메라로 얻어진 디지털 이미지를 치면 면적 대비 치면세균막의 양으로 관찰하였을 때, 각각의 지수들로 산출한 값과는 차이가 있었다. 치면세균막의 양이 치면 면적에 34.32%였음에도 불구하고 PHPI, QHPI, RMNPI는 5, 5, 8점을 각각 기록하였다(Fig. 2). 또 다른 이미지에서도 확인할 수 있듯이 치면세균막의 양은 치면 면적에 35.90%였지만 각 치면세균막 지수들은 최고점을 기록하였다(Fig. 2). 이러한 결과는 침착되어 있는 치면세균막의 양과는 관계없이 각 지수의 평가기준에 맞는 위치에 치면세균막이 침착되어 있었기 때문이었다.

치면세균막 검사를 할 때에는 PPI와 높은 관련성을 가지고 있는 치면세균막 평가법을 활용해야 할 것이며, 기존의 평가방법과 비교하여 치면세균막의 침착양상을 잘 반영하는 새로운 지수도 개발되어야 할 것이다. 구강카메라와 이미지 분석 프로그램도 계속적인 발전이 이루어져야 할 것으로 생각한다.

연구에서는 20명의 연구대상자 상악 좌측 제1대구치 협면의 디지털 사진을 활용하여 연구를 수행하였다. 계속되는 연구에서는 구치부 협면 뿐만 아니라 전치부위도 포함하여 치면세균막 지수를 비교해야 할 것으로 생각되며, 총 연구대상자의 수도 확대해야 할 것이다. 또한 치면에 부착되어 있는 치면세균막이 일정하게 침착되는 것이 아니기에 연속적으로 침착 되어 있지 않은 치면세균막에 대한 정확한 점수 평가 기준이 필요할 것으로 생각된다. 이러한 여러 개선점에도 불구하고 본 연구는 구강 내에 존재하는 치면세균막과 기존의 치면세균막 지수들을 비교 실시한 연구였다는데 큰 의미를 부여하겠다. 본 연구를 시작으로 구강카메라와 이미지 분석 프로그램에 대한 지속적인 연구와 치면세균막을 좀 더 효율적으로 정량화 할 수 있는 새로운 치면세균막 지수의 개발이 이루어지길 기대한다.

결론

본 연구는 제 1대구치 협면에 다양한 형태로 침착 되어있는 치면세균막을 구강카메라를 이용하여 촬영하였으며, 플라크 퍼센트 지수(PPI)와 시각적 판단에 의해 얻어진 Patient Hygiene Performance Index (PHPI), Rustogi's modified of the Navy Plaque Index (RMNPI), Quigley & Hein Plaque Index (QHPI)를 비교, 분석하였다. 분석결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 각 치면세균막 지수와 PPI와의 관련성은 1차 검사에서 RMNPI ($r=0.729^{**}$) > QHPI ($r=0.689^{**}$) > PHPI ($r=0.584^{**}$) 순으로 나타났으며, 2차 검사에서는 QHPI ($r=0.719^{**}$) > RMNPI ($r=0.704^{**}$) > PHPI ($r=0.561^{*}$) 순으로 나타났다.

2. 각 치면세균막 지수의 반복 측정 결과 각 지수의 일치율(카파치)은 PHPI (0.810) > QHPI (0.677) > RMNPI (0.590) 순으로 나타났다.

연구결과 RMNPI, QHPI, PHPI 중 실제 착색된 치면세균막의 면적과 관련성이 높은 치면세균막 지수는 RMNPI와 QHPI로 나타났으나, 반복 측정 시 일치도는 떨어졌다. 반면, PHPI는 치면세균막 면적과 관련성은 적었지만, 반복 측정 일치도는 가장 높게 나타

났다. 따라서 치면세균막 평가 시 결과의 정확도가 요구되는 임상 연구에서는 RMNPI 또는 QHPI가 적합할 것이며, 다수의 조사자가 참여하여 집단을 조사하는 역학조사 연구에서는 PHPI가 유용할 것으로 사료된다.

References

1. Fejerskov O, Nyvad B, Kidd EAM. Dental caries: what is it. In: Fejerskov O, Nyvad B, Kidd EAM. Dental caries. 3th ed. West sussex: John Wiley & Sons, Ltd; 2015:8-10.
2. Axelsson P. Etiology of periodontal diseases. In: Axelsson P. Diagnosis and risk prediction of periodontal diseases. 3th ed. Karlstad: Quintessence Publishing Co, Inc; 2002:1-91.
3. Marsh PD, Martin MV, Lewis MAO, Williams DW. Dental plaque. In: Marsh PD, Martin MV, Lewis MAO, Williams DW. Oral microbiology. 5th ed. Edinburgh: Churchill livingstone ELSEVIER; 2009:74-102.
4. Listgarten MA. The structure of dental plaque. Periodontol 2000 1994;5:52-65.
5. Kim EJ. Study on the reduction effects on oral microorganisms through the different methods of controlling dental plaque [master's thesis]. Seoul: Dankook University; 2003. [Korean].
6. Tan AES, Wade B. The role of visual feedback by a disclosing agent in plaque control. J Clin Periodontol 1980;7:140-148.
7. Arnim SS. The use of disclosing agents for measuring tooth cleanliness. J Periodontol 1963;34:227-245.
8. Block PL, Lobene RR, Derdivanis JP. A two-tone dye test for dental plaque. J Periodontol 1972;43:423-426.
9. Block PL, Derdivanis JP. Dental Plaque Disclosing Agent. US Patent 3-723-613, US Patent Office, 1973.
10. Arlon GP, John VH. A method for evaluating oral hygiene performance. Public health reports 1968;83:259-265.
11. Rustogi KN, Curtis JP, Volpe AR, Kemp JH, McCool JJ, Korn LR. Refinement of the modified navy plaque index to increase plaque scoring efficiency in gumline and interproximal tooth areas. J Clin Dent 1992;3:9-12.
12. Quigley GA, Hein JW. Comparative cleansing efficiency of manual and power brushing. J Am Dent Assoc 1962;65:26-29.
13. Ismail AI. Clinical diagnosis of precavitated carious lesions. Community Dent Oral Epidemiol 1997;24:13-23.
14. Söder PÖ, Jin LJ, Söder B. Computerized planimetric method for clinical plaque measurement. Eur J Oral Sci 1993;101:21-25.
15. Han SY, Kim BR, Ko HY, Kwon HK, Kim BI. Assessing the use of quantitative light-induced fluorescence-digital as a clinical plaque assessment. Photodiagnosis Photodyn Ther 2016;13:34-39.
16. Verran J, Roccliffe MD. Feasibility of using automatic image analysis for measuring dental plaque in situ. J Dent 1986;14:11-13.
17. Cugini M, Thompson M, Warrens PR. Correlations between two plaque indices in assessment of toothbrush effectiveness. J Contemp Dent Pract 2006;7:2-11.
18. Bay I, Kardel KM, Skougard MR. Quantitative evaluation of the plaque-removing ability of different types of toothbrushes. J Periodontol 1967;38:82-89.
19. McHugh, ML. Interrater reliability: the kappa statistic. Biochem Med 2012;22:276-282.
20. Axelsson P. Professional mechanical toothcleaning. In: Axelsson P. Preventive materials, methods, and programs. 4th ed. Karlstad: Quintessence Publishing Co, Inc; 2004:103-140.
21. Claydon N, Addy M. The use of planimetry to record and score the modified navy index and other area-based plaque indices. A comparative toothbrush study. J Clin Periodontol 1995;22:670-673.
22. Mander CI, Mainwaring PJ. Assessment of the validity of two plaque indices. Community Dent Oral Epidemiol 1980;8:139-141.