레이저형광측정을 통한 Diagnodent의 우식진단에 관한 생체외 연구

김성형 · 이광희 · 김대업 · 박종석

원광대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

새로운 레이저형광측정기술을 사용한 Diagnodent의 우식진단능력을 탐침을 사용하는 시진법 및 일반적 방사선사진촬영법과 비교하여 평가하기 위하여, 건전하거나 열구우식이 있는 발거된 대구치와 소구치 103개를 대상으로 위의 세 가지 방법의 검사를 각각 시행하고 그 성적을 비교하였다. 시진 및 방사선검사 성적이 증가할수록 Diagnodent 성적도 함께 증가하는 분포를 나타내었다(P<0.01). 시진 성적과 Diagnodent 성적 간에는 피어슨 상관계수 0.676, 스피어만 순위상관계수 0.694의 상관성이 있었고, 방사선검사 성적과 Diagnodent 성적 간에는 각각 0.623, 0.658의 상관성이 있었다(P<0.01, 전체). Diagnodent 검사법은 민감도가 매우 높은 것으로 나타났으나, 가양성의 측정치가 많아 특이도가 낮게 나타났으며, 우식단계별 진단기준을 제시하기 위하여는 더 많은 연구가 필요하다고 평가되었다.

주요어 : 레이저 형광, 다이아그노덴트, 우식, 진단, 시진, 방사선사진

Ⅰ. 서 론

어린이와 청소년 시기는 일생 중에서 치아우식증의 감수성이 가장 높은 시기로서, 치아 맹출 후 수년간 법랑질 표면의 성숙이 진행되는 시기에 치아우식증에 이환될 위험이 매우 높으며, 특히 대구치의 교합면은 소와와 열구가 많고 많은 부구(accessory groove)가 발달해 있어서 우식발생에 취약한 구조를 하고 있다. 많은 우식이 열구 기저부에서 발생하여 인접 법랑질을 파괴하지 않고 곧바로 상아법랑경계에 도달하게 되며, 임상적으로는 건전해 보이지만 상아질 우식으로 진행되는데, 이러한 숨은 우식(hidden caries)[1]을 초기에 탐지하는 것은 열구전색이나 수복치료의 판단을 위해 필수적이다.

시진이나 방사선검사에 의해 발견되지 않는 초기 우식을 진단하기 위해 다양한 우식진단법들이 연구되어 왔다. 그 중에서 레이저형광측정법(Laser Fluorescence, LF)에 관한 연구는 최근에 시작되었다. Hafström-Björkman 등[2]은 쥐에서 형광을 이용한 초기우식 진단을 시도하였고 Hafström-Björkman 등[3]은 생체외에서 용해된 사람치아 법랑질의 형광을 측정하였다. Hafström-Björkman 등[4]은 초기우식병소의 정량적 레이저형광검사법(Quantitative Laser Fluorescence, QLF) 연구를 시행하였고, de Josselin de Jong 등[5]은 법랑질 표면의 형광강도 scan검사를, Longbottom과 Pitts[6]는 여과 형광의 내시경 관찰법을 각각 보고하였다.

de Josselin de Jong 등[7]과 de Josselin de Jong 등[8]은 레이저형광을 이용한 생체내 우식병소의 정량화 연구를 보고하였고, Al-Khateeb 등[9]은 레이저 대체광원을 갖춘 휴대용 형광측정장치를 고안하여 발표하였으며, ten Cate 등[10]은 휴대용 형광측정장비를 이용한 법랑질탈회의 정량측정을 시행하였다. Ando 등[11]은 레이저와 염료를 함께 사용하는 방법(Dye-Enhanced Laser Fluorescence, DELF)을 개발하였고, Ando 등[12]은 유치와 영구치에서 정량적 레이저형광법을 비교하였으며, Zandon 등[13]은 시진, 레이저형광, 염료증진레이저형광을 비교 연구하였다. Al-Khateeb 등[14]은 휴대용 형광측정장치와 레이저광 장치를 비교 연구하였고, Hall 등[15]은 레이저형광법에 이미지분석시스템을 연결하여 재광화를 탐지할 수 있다고 보고하였다. 국내에서 이 등[16]은 아르곤레이저 광감각법의 우식 조기탐지 효과에 관해, 이[17]는 레이저형광을 이용한 초기우식의 조기 탐지에 관해 각각 보고하였다.

Ferreira 등[18]은 염료증진레이저형광법(DELF)이 레이저형광법(LF)에 비해 열구의 탈회를 탐지하는 데 더 우수하였다고 보고하였고, Konig 등[19]은 krypton이온레이저를 사용한 연구에서 우식병소는 porphyrin에 의해 형광을 발하며 그 근원은

세균의 생합성이라고 하였다. Al-Khateeb 등[20]은 교정환자에서 백반병소의 레이저 형광을 종단적으로 정량 측정하였으며, Banerjee와 Boyde[21]는 우식상아질의 자가형광과 무기질 함량에 관하여 연구하였다. Lagerweij 등[22]은 형광측정법들의 타당도와 신뢰도를 생체외에서 비교하였고, Eggertsson 등[23]은 생체외에서 염료증진 레이저형광법(DELF)으로 초기 인접면 우식의 탐지에 관해 연구하였다.

대부분의 연구에서 사용된 레이저는 아르곤이온레이저로서, 초록색의 짧은 파장을 가지고 있어 치아에 잘 침투하고 형광을 여기(勵起)하는 데 적합하나, 부피가 크고 고가이며 또 카메라와 컴퓨터 프로그램을 사용한 영상분석이나 스펙트럼 분석이 필요하였기 때문에 실용성이 낮다는 단점이 있었다. 최근에 개발된 휴대용 우식진단장비인 Diagnodent(Kavo, 독일)는 적색 반도체 레이저 광원을 사용하고 형광의 영상분석이나 분광분석 대신에 형광의 총 강도를 측정하여 소리와 숫자로 표시하는 방법을 사용하여 레이저형광측정법을 실용화하였다. Diagnodent를 사용한 연구는 개발자측의 연구보고 외에는 아직 거의 보고되지 않았다[24-32].

이 연구의 목적은 새로운 레이저형광측정기술을 응용한 휴대용 우식진단기구인 Diagnodent의 우식진단능력을 탐침을 사용하는 시진법 및 일반적 방사선사진촬영법과 비교하여 평가하는 것이었다.

Ⅱ. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

발거된 사람 치아 중에서 육안적으로 건전하거나 열구 부위에 우식이 있는 대구치 62개와 소구치 41개를 선정하여 치근을 레진에 매몰하고 치면에 부착된 이물질을 제거한 다음 식염수에 담가 냉장 보관하였다.

2. 연구방법

1) Diagnodent를 사용한 레이저형광측정

Diagnodent의 레이저 핸드피스에 열구용 tip을 끼우고 제조회사에서 제공한 표준에 따라 calibration을 한 후, 치아가 약간 젖어 있는 상태에서 tip을 좌우로 흔들면서 교합면 열구를 따라 천천히 이동하며 측정하였다. 측정치는 0부터 99까지의 백분율 척도로 표시되었으며, 교합면 전체의 측정치 중 최고치를 해당 치아의 측정치로 기록하였다. 전체 치아를 다 측정한 후 다시 측정하는 방법으로 세 번 반복 측정하였으며, 세 측정치의 범위가 10을 초과하면 그 이하의 값을 구할 때까지 측정을 반복하였고, 세 측정치의 평균을 산출하였다.

2) 탐침을 사용한 시진

탐침을 사용하면서 교합면 열구를 시진하고 다음 기준에 따라 평가하였다.

0 = 건전치
1 = 착색만 있고 우식은 없다
2 = 초기 법랑질 우식
3 = 진행된 법랑질 우식, 초기 상아질 우식
4 = 진행된 상아질 우식

3) 방사선사진촬영검사

표준필름 위에 치아를 놓고 60kVp로 0.8초간 노출시켜 방사선사진을 촬영한 후, 판독기 위에서 확대경을 통해 관찰하면서 다음 기준에 따라 판독하였다.

0 = 건전치
1 = 법랑질 우식
2 = 상아질 우식
3 = 치수에 도달한 상아질 우식

Ⅲ. 연구성적

1. Diagnodent를 사용한 레이저형광측정성적의 분포 (Table 1)

성적의 범위는 최소치 5에서 최고치 99까지 분포하였고 최빈치는 99로서 38.8%이었으며 평균치와 표준편차는 63.7±32.7이었다.

2. 시진 및 방사선검사 성적의 분포(Table 2)

시진 성적은 2점이 36.9%로서 가장 많았고 그 다음이 3점(20.4%), 0점(17.5%), 1점(16.5%), 4점(8.7%)의 순이었다. 방사선검사 성적은 0점이 44.7%로서 가장 많았고 그 다음이 1점(31.1%), 2점(20.4%), 3점(3.9%)의 순이었다.

3. 시진 및 방사선검사 성적에 따른 레이저형광측정검사성적의 분포(Table 3)

시진 및 방사선검사 성적이 높아질수록 레이저형광측정검사 성적도 높아지는 현상을 나타내었다(ANOVA, $P<0.01$). 시진 성적 0점(건전치)와 1점(착색)에 해당하는 Diagnodent성적은 32.2와 40.1이었고, 방사선검사 성적 0점(건전치)에 해당하는 Diagnodent성적은 40.3이었다. 시진 성적 4점(진행된 상아질 우식)과 방사선검사 성적 3점(치수에 도달한 상아질 우식)에 해당하는 Diagnodent성적은 모두 99이었다.

Table 1. Diagnodent scores

Score	N	%	Score	N	%
5	1	1.0	45	2	1.9
7	1	1.0	49	2	1.9
15	1	1.0	50	1	1.0
17	2	1.9	53	2	1.9
18	1	1.0	54	3	2.9
19	2	1.9	55	1	1.0
20	1	1.0	57	1	1.0
21	1	1.0	58	2	1.9
22	3	2.9	60	1	1.0
23	1	1.0	62	1	1.0
24	2	1.9	66	1	1.0
25	1	1.0	69	1	1.0
26	2	1.9	70	1	1.0
27	2	1.9	71	1	1.0
28	2	1.9	72	1	1.0
29	2	1.9	76	1	1.0
31	1	1.0	77	1	1.0
32	2	1.9	82	1	1.0
33	3	2.9	94	1	1.0
35	1	1.0	95	1	1.0
38	1	1.0	99	40	38.8
40	1	1.0	Total	103	100.0
41	1	1.0	Mean±SD = 63.7±32.7		

Table 2. Visual inspection and radiography scores

Score	Visual Inspection N	Visual Inspection %	Radiography N	Radiography %
0	18	17.5	46	44.7
1	17	16.5	32	31.1
2	38	36.9	21	20.4
3	21	20.4	4	3.9
4	9	8.7		
Totals	103	100.0	100	100.0
Mean±SD	1.9±1.2		0.8±0.9	

Visual inspection :

0 = no caries, 1 = discoloration, 2 = early enamel caries, 3 = advanced enamel caries or early dentin caries, 4 = advanced dentin caries

Radiography :

0 = no caries, 1 = enamel caries, 2 = dentin caries, 3 = dentin caries reached to pulp

Table 4. Correaltion

	Diagnodent Pearson	Diagnodent Spearman
Visual Inspection	0.676**	0.694**
Radiography	0.623**	0.658**

** Correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed).

Table 3. Distribution of Diagnodent scores by visual inspection and radiography scores

Inspection	Diagnodent		Radiography	Diagnodent	
0	32.2±26.8	#	0	40.3±25.8	
1	40.1±22.7		1	78.0±26.6	#
2	67.6±27.8	#	2	86.6±21.6	
3	87.9±20.9		3	99.0± 0.0	
4	99.0± 0.0				
Totals	63.7±32.7			63.7±32.7	

Mean±SD

#: Values within brackets are not significantly different(P>0.05) as determined by LSD test

4. 시진 및 방사선검사 성적과 레이저형광측정검사성적 간의 상관성(Table 4)

시진 성적과 Diagnodent성적 간에는 피어슨 상관계수 0.676, 스피어만 순위상관계수 0.694의 상관성이 있었고, 방사선검사 성적과 Diagnodent성적 간에는 각각 0.623, 0.658의 상관성이 있었다(P<0.01, 전체).

5. 시진 성적과 방사선검사 성적 간의 상관성(Table 5)

시진 성적이 높아질수록 방사선검사 성적도 높아지는 경향을 나타내었다(카이자승분석, P<0.01).

Table 5. Crosstabulation of visual insection and radiography

		Radiography				Total
		0	1	2	3	
Visual	0	16	1	1		18
Inspection	1	15	2			17
	2	15	17	6		38
	3		12	8	1	21
	4			6	3	9
	Total	46	32	21	4	103

Chi-Square Tests, P<0.01

Ⅳ. 총괄 및 고찰

우식진단법으로서 레이저형광측정법에 대한 연구가 아르곤이온레이저에 의존해 온 이유는 아르곤이온레이저가 발생시키는 짧은 파장의 녹색 가시광선이 치아에 침투하여 형광을 여기시키는 데 적합하기 때문이다. 우식병소의 위치와 크기 및 탈회정도는 CCD 카메라와 컴퓨터 프로그램을 사용하여 영상분석을 하거나 스펙트럼 분석이 필요하였다. 따라서, 이 방법은 아르곤이온레이저가 부피가 크고 고가의 장비일 뿐 아니라 복잡한 분석장비가 필요하였기 때문에 실용성이 낮은 단점이 있었다.

최근에 개발된 Diagnodent는 적색 반도체 레이저 광원을 사용하고 형광강도를 측정하는 방법을 사용하여 장비를 단순화하였다. Diagnodent는 건전치질보다 우식병소에서 형광의 강도가 더 크다는 점에 근거하여 영상분석이나 스펙트럼 분석 대신에 총 형광강도를 측정하는 기술을 채택함으로써 아르곤이온레이저의 녹색 광선에 비해 훨씬 출력이 적은 적색 반도체 레이저 광선을 사용하는 것이 가능하게 되었다. 또한, 소리와 숫자로 측정결과를 나타내어 검사결과를 즉시 알 수 있게 하였다.

Hibst와 Gall[24]은 여기 파장의 범위를 초록색에서 적색으로 확대하여 치아의 형광을 측정하는 실험을 한 결과, 파장이 길어짐에 따라 형광이 감소하며 감소 현상은 우식치질에 비해 건전치질에서 더 뚜렷하다는 것을 관찰하였다. 638nm나 655nm로 여기하였을 때 우식치질의 전체(λ>680nm) 형광강도는 건전치질을 1등급 이상 초과하였다. 이것은 분광분석이 아닌 형광의 강도를 사용하여 우식을 진단하는 것이 가능함을 의미하였다. 이들은 이 결과에 근거하여 반도체 레이저를 광원으로 하고 long pass filter를 갖춘 감광성 반도체 소자를 탐지기로 하며 여기광이 지나는 한 개의 중심섬유와 탐지를 위한 8개의 주변섬유로 구성된 광섬유다발을 전달계로 하는 우식진단장비를 제조하였다. 일광이나 조명에 의한 간섭을 제거하기 위해 여기방사(excitation radiation)를 변조하였고, 발거된 사람 치아에 시험한 결과 정량적으로 재현성이 있는 측정치를 얻었고 약 1mm 깊이의 숨은 우식도 탐지할 수 있었다.

Lussi 등[25]은 Diagnodent와 전기전도도측정법(ECM, Sensor Technology, Netherlands)을 비교하였을 때 후자의 민감도가 더 높았고 특이도는 더 낮았으며, 건조된 치아와 비교하였을 때 젖은 치아에서 민감도가 더 높게 나타났다. 생체외에서 발거된 대구치를 11명의 치과의사가 2회씩 측정한 결과, 첫 번째와 두 번째 측정치간의 신뢰도(재현도, reproducibility)는 Kappa 값(우연 이상의 일치)이 0.88 내지 0.90이었고 Spearman 상관계수는 0.97이었다[26].

Reich 등[27]은 Diagnodent의 정확도(accuracy)를 평가하기 위해 24명의 환자를 대상으로 임상검사, 방사선검사, Diagnodent검사를 실시하였다. 법랑질 병소의 평균 측정치는 백분율 척도로 29이었고 최저치는 15, 최고치는 47이었다. 상아질 병소의 평균은 56이었고 20~99의 범위이었다. Longbottom 등[28]은 교정치료를 위해 발거하기로 예정된 치아의 교합면의 초기 법랑질 우식(D1) 및 상아질 우식(D3)의 존재를 시진, Diagnodent, 전기전도도측정으로 검사하였다. 전기전도도측정결과와 비교하였을 때 Diagnodent의 특이도는 0%(D1)과 27%(D3), 민감도는 100%(D1과 D3)이었다.

Reich 등[29]은 복합레진, compomer, 글래스 아이오노머 시멘트, 아말감, 열구전색재 등을 발거된 치아에 충전하고 Diagnodent로 측정한 결과, 재료에 따라 3~40%까지 측정치에 차이가 있었고, 같은 색조내에서 재료에 따라 두 배까지의 차이를 나타내었으며, 젖은 상태에서 더 높은 수치를 보였고, 일부 치과재료는 우식상아질(25~30% 이상)과 비슷한 형광값을 나타내었기 때문에, Diagnodent에 의한 2차 우식의 탐지는 의문스럽다고 보고하였다.

Longbottom 등[30]은 발거된 8개 치아의 각각 다른 10개 부위를 치아 절단 전과 후에 각각 측정하였을 때 두 측정치는 완전히 일치하였으며(Kappa=1) 10개 가양성치(假陽性値) 중의 8개는 착색된 부위이었기 때문에 측정 전에 착색을 제거하는 것이 특이도 값을 개선할 수 있을 것이라고 보고하였다.

Reich 등[31]은 Diagnodent는 탐침으로 발견하지 못한 감추어진 우식을 탐지할 수 있었고, 두 방법의 성적간에 유의한 상관성은 없었으며, 가양성결과의 일부는 치석 때문일 수 있다고 하였다. Lussi 등[32]은 생체외 실험에서 Diagnodent의 진단 타당도(diagnostic validity)가 전기저항측정법보다 더 높으며 높은 신뢰도를 가지고 있다고 하였다.

이러한 연구보고들은 대부분 Diagnodent의 개발에 참여한 연구자들의 보고이기 때문에 객관적인 검증이 필요하다고 생각되었다. 저자는 우선 Diagnodent의 우식진단능력 곧 타당도(validity)에 대한 기초 연구로서, 일반적 우식진단방법인 탐침을 사용하는 시진법과 치과방사선사진촬영법을 Diagnodent와 비교하였다. 연구성적을 보면, 시진 및 방사선검사 성적과 Diagnodent 검사성적은 우식의 진행단계에 따라 모두 증가하였고(Table 3) 상관계수 0.6 이상의 유의한 상관성을 나타내었다(Table 4). 따라서, Diagnodent가 진행정도에 따라 우식을 정량적으로 진단하는 능력이 있다는 것이 확인되었다.

그러나, 임상에서 우식의 진행단계를 진단하려면 우식단계별 Diagnodent 측정치의 기준이 있어야 한다. 저자의 연구에서 측정대상 치아들은 육안적으로 볼 때 건전하거나 열구부위에 우식이 있는 치아들이었다. Diagnodent 측정치는 최고치 99가 38.8%로서 가장 많았고 평균치가 63.7로서 전반적으로 높은

수치를 나타내었다(Table 1). 탐침을 사용한 시진에서 건전치로 진단된 치아들의 평균 Diagnodent 측정치는 32.2이었고, 착색만 있고 우식이 없는 것으로 진단된 경우는 40.1로서 둘의 합은 전체 치아의 34.0%에 해당하였다. 방사선검사에서 건전치로 진단된 치아들의 평균 Diagnodent 측정치는 40.3으로서 전체 치아의 44.7%이었다(Table 2, 3).

시진에서 초기 법랑질 우식으로 진단된 치아들의 평균 Diagnodent 값은 67.6이었고 진행된 법랑질 우식 또는 초기 상아질 우식(상아법랑경계부위의 우식)의 경우는 87.9이었으며 진행된 상아질 우식의 경우는 모두 최고치 99.0이었다. 방사선검사에서 법랑질 우식은 78.0, 상아질 우식은 86.6, 치수에 도달한 상아질 우식은 모두 최고치 99.0이었다. 시진에서 초기 법랑질 우식이 있다고 진단된 38개의 치아 중에서 15개는 방사선사진 상에서 우식이 없는 것으로 나타난 것을 볼 때 초기 법랑질 우식의 진단에서 시진이 방사선검사보다 더 민감하다고 할 수 있으나, 시진의 진단보다 더 진행된 우식을 방사선검사에서 찾아낸 경우도 일부 있었다(Table 5).

제조회사에서 작성한 Diagnodent의 사용지침에 보면 초기 법랑질 우식은 5~10, 진행된 상아질 우식은 25 또는 30 이상이고, 그 사이가 초기 상아질 우식이라고 했는데 이것은 저자의 연구성적에 비해 매우 낮은 것이다. Reich 등[27]의 보고에 따르면 법랑질 우식이 평균 29, 상아질 우식이 56으로서, 제조회사의 지침보다는 높으나 저자의 연구성적보다는 낮다. Reich 등은 저자의 방법과 비슷하게 임상적 검사 및 방사선검사의 성적을 Diagnodent 검사성적과 비교하는 연구방법을 사용하였다.

치아를 절단하여 조직학적으로 검사하는 방법을 사용하면 우식단계별 Diagnodent 측정치가 더 낮게 나올 것이라고 예상된다. 실제로 치과의사가 환자를 치료할 때 조직학적인 기준으로 우식을 진단하지 않고 탐침을 사용한 시진과 같은 임상적 검사와 방사선검사에 의존하여 우식을 진단하므로, 현재의 우식진단기준에 맞추려면 우식단계별 Diagnodent 측정치가 상향 조정되어야 할 것이라고 생각된다. 한편, 저자의 연구는 발거된 치아를 대상으로 한 것이므로, 발거 후의 환경변화에 따라 측정치가 더 높게 나왔을 가능성을 고려할 수 있다.

초기 법랑질 우식의 Diagnodent 측정치가 지나치게 높게 나온 것은 착색, 열구내의 치태나 치석 등의 영향이 있었기 때문이라고 해석된다. Longbottom 등[30]은 10개 가양성치 중 8개는 착색된 부위이었기 때문에 측정 전에 착색을 제거하는 것이 필요하다고 하였고, Reich 등[31]은 가양성 결과의 일부는 치석 때문일 수 있다고 하였다. 우식검사를 위해 열구부위의 착색, 열구 기저부의 치태나 치석을 제거하는 것은 실제로 어렵다. 최근에 개발된 air abrasion 장비를 사용하여 열구를 확대하면서 내면을 가볍게 삭제한다면 더 정확한 검사가 가능할 것이다.

바람직한 진단법은 민감도(sensivity)와 특이도(specificity)가 모두 높아야 한다는 것이 잘 알려져 있는 사실이다[33]. 민감도가 높다는 것은 검사성적에서 가음성(假陰性, false negative)이 적은 것을, 특이도가 높다는 것은 가양성(假陽性, false positive)이 적은 것을 의미한다. 이러한 관점에서 저자의 연구성적을 보면 Diagnodent는 민감도는 매우 높고 특이도는 매우 낮은 방법이라고 할 수 있다. 시진에서 진행된 상아질 우식으로 진단된 9개 치아와 방사선검사에서 치수에 도달한 상아질 우식으로 진단된 4개 치아는 모두 최고치 99로 측정되었다(Table 2, 3). 그러나, 최고치 99가 측정된 치아는 모두 40개로서 나머지 27개는 그보다 낮은 우식단계에서 측정되었다(Table 1). Longbottom 등[28]이 Diagnodent의 민감도는 100%, 특이도는 0~27%라고 보고한 것은 저자의 연구성적에 나타난 경향과 일치한다.

요약하면, Diagnodent를 사용한 레이저형광측정법은 탐침을 사용하는 시진 및 방사선사진촬영법과 마찬가지로 우식의 진행단계에 따라 정량적으로 우식을 진단하는 능력이 있는 것으로 확인되었고 민감도가 매우 높은 것으로 나타났으나, 가양성의 측정치가 많아 특이도가 매우 낮게 나타났으며, 우식단계별 진단기준을 제시하기 위하여는 더 많은 생체외 및 생체내 연구가 필요하다고 평가되었다.

Ⅴ. 결 론

새로운 레이저형광측정기술을 사용한 Diagnodent의 우식진단능력을 탐침을 사용하는 시진법 및 일반적 방사선사진촬영법과 비교하여 평가하기 위하여, 건전하거나 열구우식이 있는 발거된 대구치와 소구치 103개를 대상으로 위의 세 가지 방법의 검사를 각각 시행하고 그 성적을 비교하였다.

1. 시진 및 방사선검사 성적이 증가할수록 Diagnodent 성적도 함께 증가하는 분포를 나타내었다($P<0.01$).
2. 시진 성적과 Diagnodent 성적 간에는 피어슨 상관계수 0.676, 스피어만 순위상관계수 0.694의 상관성이 있었고, 방사선검사 성적과 Diagnodent 성적 간에는 각각 0.623, 0.658의 상관성이 있었다($P<0.01$, 전체).
3. Diagnodent 검사법은 민감도가 매우 높은 것으로 나타났으나, 가양성의 측정치가 많아 특이도가 낮게 나타났으며, 우식단계별 진단기준을 제시하기 위하여는 더 많은 연구가 필요하다고 평가되었다.

참고문헌

1. Ricketts D, Kidd Edwina, Weerheijm K, de Soet H : Hidden caries: What is it? Does it exit? Does it mater? International Dent J 47:259-265, 1997.
2. Hafström-Björkman U, Sundström F, Angmar- Månsson B : Initial caries diagnosis in rat molars using fluorescence. Acta Odontol Scand 49:27-33, 1991.
3. Hafström-Björkman U, Sundström F, ten Bosch JJ : Fluorescence in dissolved fractions of human enamel. Acta Odontol Scand 49:133-138, 1991.

4. Hafström-Björkman U, Sundström F, de Josselin de Jong E, et al. : Comparison of laser fluorescence and longitudinal microradiography for quantitative assessment of in vivo enamel caries. Caries Res 26:241-247, 1992.
5. de Josselin de Jong E, Sundstrom F, Emami Z, Angmar-M nsson B : Quantification of mineral loss in initial caries lesions on natural enamel surfaces with laser fluorescence (abstract). Caries Res 26:216, 1992.
6. Longbottom C, Pitts NB. A comparison of five caries diagnostic methods employing an in vitro simulation and histological validation (abstract). Caries Res 26:216, 1992.
7. de Josselin de Jong E, Sundstrom F, Westerling H, et al. : In vivo quantification of changes in initial caries with laser fluorescence (abstract). J Dent Res 72(Sp Iss):344, 1993.
8. de Josselin de Jong E, Sundstr m F, Westerling H, et al. : A new method for in vivo quantification of changes in initial enamel caries with laser fluorescence. Caries Res 29:2-7, 1995.
9. Al-Khateeb S, de Josselin de Jong E, et al. : Quantification of formation and remineralisation of artificial enamel lesions with a new portable fluorescence device. Caries Res 30:299(abstract 98), 1996.
10. ten Cate JM, de Josselin de Jong E, Exterkate RAM, et al. : Quantification of enamel demineralization with a new portable fluorescence device, validated by microradiography. Caries Res 30:299(abstract #97), 1996.
11. Ando M, Hall AF, Eckert GJ, et al. : Relative ability of laser fluorescence techniques to quantitate early mineral loss in vitro. Caries Res 31:125-131, 1997.
12. Ando M, van der Veen MH, Schemehorn BR, Stookey GK : A comparison of quantitative light-induced fluorescence (QLF) on white-spots in permanent and decidous enamel. Caries Res 31:324(abstract 130), 1997.
13. Zandon AGF, Analoui M, Beiswagner BB, et al.: Laser fluorescence detection of early lesions in occlusal pits and fissures. Caries Res 31:324 (abstract 131), 1997.
14. Al-Khateeb S, ten Cate JM, Angmar-Mansson B, et al. : Quantification of formation and reminerlaization of artificial enamel lesions with a new portable fluorescence device. Adv Den Res 11:502-506, 1997.
15. Hall AF, DeSchepper E, Ando M, Stookey GK : In vitro studies of laser fluorescence for detection and quantification of mineral loss from dental caries. Adv Den Res 11:507-514, 1997.
16. 이난영, 이창섭, 이상호 : 아르곤 레이저 광감각법의 법랑질우식증 조기탐지 효과에 관한 연구. 대한소아치과학회지 24(1):313-324, 1997.
17. 이상호 : 레이저 fluorescence를 이용한 초기 치아우식증의 조기 탐지. 대한치과의사협회지 35(2):90-92, 1997.
18. Ferreira Zandona AG, Analoui M, Beiswanger BB, et al. : An in vitro comparison between laser fluorescence and visual examination for detection of demineralization in occlusal pits and fissures. Caries Res 32:210-218, 1998.
19. Konig K, Flemming G, Hibst R : Laser-induced autofluorescence spectroscopy of dental caries. Cell Mol Biol 44:1293-1300, 1998.
20. Al-Khateeb S, Forsberg CM, de Josselin de Jong E, Angmar-Mansson B : A longitudinal laser fluorescence study of white spot lesions in orthodontic patients. Am J Orthod Dentofacial Orthop 113:595-602, 1998.
21. Banerjee A, Boyde A:Autofluorescence and mineral content of carious dentine : scanning optical and backscattered electron microscopic studies. Caries Res 32:219-226, 1998.
22. Lagerweij M, van der Veen M, Ando M, et al.: The validity and repeatability of three light-induced fluorescence systems: an in vitro study. Caries Res 33:220-226, 1999.
23. Eggertsson H, Analoui M, van der Veen M, et al. : Detection of early interproximal caries in vitro using laser fluorescence, dye-enhanced laser fluorescence and direct visual examination. Caries Res 33:227-233, 1999.
24. Hibst R, Gall R : Development of a diode laser based fluorescence caries detector. *In* KaVo:KaVo Diagnodent, The Scientific Background, p2, 1998.
25. Lussi A, Pitts N, Hotz P, Reich E : Performance of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries. *In* KaVo : KaVo Diagnodent, The Scientific Background, p3, 1998.
26. Lussi A, Pitts N, Hotz P, Reich E:Reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries. *In* KaVo : KaVo Diagnodent, The Scientific Background, p3, 1998.
27. Reich E, Al Marrawi F, Pitts N, Lussi A : Clinical

validation of a laser caries diagnosis system. *In* KaVo : KaVo Diagnodent, The Scientific Background, p4, 1998.
28. Longbottom C, Pitts N, Reich E, Lussi A : Comparison of visual and electrical methods with a new device for occlusal caries detection. *In* KaVo : KaVo Diagnodent, The Scientific Background, p4, 1998.
29. Reich E, Al Marrawi F, Longbottom C, Lussi A: Fluorescence of different dental materials in a laser diagnostic system. *In* KaVo : KaVo Diagnodent, The Scientific Background, p4, 1998.
30. Longbottom C, Pitts N, Lussi A, Reich E : In vitro study of a new laser-based caries detection device. *In* KaVo:KaVo Diagnodent, The Scientific Background, p5, 1998.
31. Reich E, Al Marrawi F, Lussi A : Clinical evaluation of a laser diagnostic system for caries. *In* KaVo : KaVo Diagnodent, The Scientific Background, p5, 1998.
32. Lussi A, Imwinkerlried S, Pitts N, et al. : Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries in vitro. Caries Res 33:261-266, 1999.
33. 김주영, 윤병준 : 보건통계학, 고문사, 285, 1996.

Abstract

CARIES DIAGNOSIS BY DIAGNODENT' S LASER FLUORESCENCE DETECTION IN VITRO

Seong-Hyeong Kim, D.D.S., Kwang-Hee Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Dae-Eop Kim, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Jong-Seok Park, D.D.S., M.S.D.

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Wonkwang University

The purpose of study was to compare the laser fluorescence detection by Diagnodent(KaVo, Germany), visual inspection using dental explorers, and conventional dental radiography as diagnostic tests for dental caries. One hundred and three human premolars and molars which had no caries or fissure caries were tested by the three methods. Diagnodent scores increased as the scores of the other two tests increased($P<0.01$). There were significant relationships between visual inspection scores and Diagnodent scores(Pearson 0.676, Spearman 0.694) and between radiography scores and Diagnodent scores(Pearson 0.623, Spearman 0.658)($P<0.01$, all). Diagnodent test proved to have high sensitivity and low specificity and more studies are necessary to present the diagnostic criteria for progressive caries stages.

Key words : Laser fluorescence, Diagnodent, Caries, Diagnosis, Visual inspection, Radiography