

Başlangıç Düzeyindeki Okluzal Çürüklerin Teşhisinde Lazer Floresans ve Elektriksel Yöntemlerin Geçerliliği ve Tekrarlanabilirliğinin in-Vitro Olarak Karşılaştırılması

In-Vitro Comparison of The Validity and Repeatability of Laser Fluorescence and Electrical Methods in the Diagnosis of Initial Occlusal Caries

Serdar Akarsu^{*}, Sultan Aktuğ Karademir

Ordu Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ordu

ÖZET

Amaç: Okluzal çürüğün başlangıç düzeyindeyken teşhis edilmesi koruyucu tedaviler veya minimal invaziv yaklaşımlar ile tedavi edilebilmesini sağlar. Bu nedenle günümüzde geleneksel çürük teşhis yöntemlerine (görsel, dokunmasal ve radyografik) alternatif olarak lazer floresans ve elektriksel sistemlerin kullanıldığı yeni çürük teşhis yöntemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı; başlangıç düzeyindeki okluzal çürüklerin teşhisinde lazer floresans (DIAGNOdent Pen, KaVo, Almanya) ve elektriksel yöntemin (ECM IV Lode, Groningen, Hollanda) doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini in vitro olarak karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamız periodontal veya ortodontik nedenle çekilmiş makroskobik olarak bozulmamış 80 premolar diş üzerinde yapıldı. Dişlerin okluzal yüzeyleri florür içermeyen proflaksi patı ve döner fırça kullanarak temizlendi. Dişlerin okluzal yüzeylerinden fotoğraflar alınarak değerlendirilecek nokta belirlendi. 2 deneyimli dişhekimisi tarafından okluzal yüzeylerdeki belirlenen noktalar DIAGNOdent Pen ve ECM IV kullanılarak değerlendirildi. 1 hafta sonra aynı işlemler tekrarlandı. Bağımsız bir dişhekimisi ve histoloji uzmanı tarafından kesit alınmış dişler değerlendirildi. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde ağırlıklı kappa skorları hesaplandı.

Bulgular: Her iki teşhis yöntemi de histoloji ile iyi düzeyde uyuma sahip iken DIAGNOdent Pen'in gözlemci içi (1.Gözlemci κ :0,751; 2.Gözlemci κ :0,711) ve gözlemciler arası tekrarlanabilirliğinin (1.Gözlem κ :0,643; 2.Gözlem κ :0,619) ECM IV ün gözlemci içi (1.Gözlemci κ :0,635; 2. Gözlemci κ :0,681) ve gözlemciler arası tekrarlanabilirliğinden (1.Gözlem κ :0,632; 2.Gözlem κ :0,603) daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Sonuç: Lazer floresans ve elektriksel yöntemler okluzal çürük teşhisinde doğru ve tekrarlanabilir sonuçlar verebilmesi için klinikte ve epidemiyolojik çalışmalarda geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanılabilir.

Anahtar Sözcükler: okluzal çürük teşhisi, tekrarlanabilirlik, lazer floresans sistem

ABSTRACT

Objective: There is an increase in the rate of occlusal caries when the prevalence of tooth caries is decreasing in most European countries. Diagnosis of early occlusal caries lesions allows treatment with preventive treatments or minimally invasive approaches. For this reason, new caries diagnostic methods using laser fluorescence and electrical systems have been developed as an alternative to conventional caries diagnosis methods (visual, tactile and radiographic). The aim of this study was to compare the validity and reproducibility of the laser fluorescence system (DIAGNOdent Pen, KaVo, Germany) and the electrical system (ECM IV Lode, Groningen, The Netherlands) in the diagnosis of initial occlusal caries lesions.

Material and Method: Our study was performed on 80 premolar teeth that were macroscopically extracted due to periodontal or orthodontic reasons. Two dental practitioners evaluated the points on the occlusal surfaces using DIAGNOdent Pen and ECM IV. The same procedure was repeated after 1 week. The teeth were examined by an independent dentist and histology specialist. Weighted kappa values were calculated statistically.

Results: Both diagnostic methods demonstrated good compatibility with histology, whereas DIAGNOdent Pen's intra-observer reproducibility (observer 1 κ : 0,751; observer 2 κ : 0,711) and inter-observer reproducibility (observation 1 κ : 0,643; observation 2 κ : 0,619) was found to be higher than ECM IV's intra-observers repeatability (Observer 1 κ : 0,635, observer 2 κ : 0,681) and inter-observer repeatability (Observation 1 κ : 0,632; Observation 2: κ : 0,603).

Conclusion: Laser fluorescence and electrical system can be used as an alternative to conventional methods in clinical and epidemiological studies to give valid and reproducibly results in the diagnosis of occlusal caries.

Key Words: Occlusal caries diagnosis, repeatability, Laser fluorescence system

*Sorumlu Yazar: Dr. Öğr. Üyesi Serdar Akarsu, Ordu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ordu
E-mail: serdarakarsu@odu.edu.tr, Tel: 0(532) 796 52 32

Geliş Tarihi: 19.06.2018, Kabul Tarihi: 04.12.2018

Giriş

20.yüzyılda diş çürüğü; demineralizasyon sonucu oluşan mikroporoziteden kavite oluşumuna kadar devam eden hastalık sürecini değerlendirmek yerine kavite varlığını tespit eden görsel ve dokunmasal kriterler kullanılarak teşhis edilirdi. Diş mine porözitesi koronal çürüğün ilk belirtisidir. Mine yüzeyi dikkatlice kurutulduktan sonra mine porözitesi görülebilir. Mine porözitesi; çürük oluşmadığı sürece geri döndürülebilinen yavaş bir demineralizasyon sürecinden oluşur (1). Okluzal çürük teşhisi ister çürük önleyici ajanların klinik çalışmaları isterse ulusal çürük prevalansı araştırmaları için kullanılmalı, bir epidemiyolojistin ayrılmaz bir parçasıdır. Görsel ve dokunmasal yöntemler diş çürüğü teşhisinde uzun zamandır kullanılmaktadır. Bununla beraber enfekte bölgeden başka bir bölgeye karyojenik flora geçişine izin vermesi ve demineralize fissür bölgelerinde geri göndürülemez travmatik mine defektleri meydana getirme riski nedeniyle sond kullanımı (2), hekimlerin görsel algısı ve ortamın aydınlık durumuna bağlı olarak teşhis sonucunun değişebildiği subjektif bir yöntem olması nedeniyle de görsel yöntemler (3) başlangıç düzeyindeki okluzal çürük teşhisinde yetersiz kalmaktadırlar. Bu nedenle günümüzde diş çürüğünü daha erken dönemde teşhis edebilen x ışını, görünür ışık, lazer ışını, elektrik akımı, ultrason, yüzey pürüzlülüğü gibi fiziksel sinyallerin ölçümüne dayanan yeni teşhis cihazları geliştirilmiştir.

Elektriksel çürük ölçüm monitörü (ECM IV) diş çürüğü teşhisi için üretilmiş cihazlardan bir tanesidir. Teoride demineralizasyon minde poroziteye sebep olur. Mine porözitesi elektriksel iletkenlik değişikliğine neden olan tükürükteki su ve iyonlarla dolar. ECM IV cihazı diş dokusunun elektriksel direncini ölçmeye çalışan tek bir sabit frekanslı alternatif akım kullanır (4). Elektriksel iletkenliğin derecesi porözite, temas alanı, dokunun kalınlığı, mine hidrasyonu, dental sıvıların iyon içeriğini içeren yapısal özelliklere göre değişir (5).

DIAGNOdent cihazı, bir uçtan yayılan ve diştten geri saçılmış floresansı algılayabilen 655 nm dalga boyunda tek renkli ışıktan oluşan lazer floresans sistemli bir cihazdır. Lazer diyet, dişe direkt yönlendirilen 655 nm dalga boyuna sahip bir ışık sağlar. Oluşan ışık, fiber optiklerle diş üzerine yansıtılır. Lazer ışık, dişin yapısındaki organik ve inorganik maddeler tarafından absorbe edilir. Bu ışığın bir kısmı dişin yapısında bir değişiklik ile karşılaştığı zaman farklı dalga boyuna sahip floresans ışığa dönüşür ve geri yansır. Dokulardan

yansıyan floresans ve saçılmış ışık bir araya toplanır ve filtreden geçer. Filtre, saçılmış ışığı ve kısa dalga boylu ışığı absorbe eder, uzun dalga boylu ışığı yansıtır. Yansıyan bu ışığın floresans değeri, elektronik sistem ile değerlendirilerek rakamsal olarak 0-99 arasında ifade edilir. Bu sayı lezyon davranışını izleme imkanı sunar (5).

Bu çalışmanın amacı; başlangıç düzeyindeki okluzal çürüklerin teşhisinde lazer floresans sistem ve elektriksel sistemin doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini in vitro olarak karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem

Çalışmamız ordu üniversitesi etik kurulu tarafından değerlendirildi ve kabul edildi (2018-201). Bu çalışma periodontal veya ortodontik nedenle çekilmiş makroskobik olarak bozulmamış 80 premolar diş üzerinde yapıldı. Dişler çekildikten sonra çalışmanın yapılacağı zamana kadar formalin solüsyonunda bekletildi. Dişlerin okluzal yüzeyleri florür içermeyen profeksi patı ve döner fırça kullanılarak temizlendi. Dişlerin okluzal yüzeylerinden fotoğraflar alınarak değerlendirilecek noktalar belirlendi (Resim 1). İki deneyimli dişhekimisi tarafından okluzal yüzeylerdeki belirlenen noktalar DIAGNOdent Pen (KaVo, Germany) ve ECM IV (Lode, Netherlands) kullanılarak değerlendirildi.

Lazer Floresans Sistemi ile Değerlendirme: Bu cihaz üretici firmanın direktifleri doğrultusunda okluzal yüzeyler için uygun silindirik tip ile birlikte kullanıldı. Cihazın kalibrasyonu her diş için ayrı ayrı yapıldı. DIAGNOdent Pen ucu okluzal yüzeyde belirlenen noktaya dik olarak yerleştirildi. En yüksek değeri kaydetmek için uzun aksı etrafında döndürüldü. Üç ardışık kayıt alındı ve ortalama değer bu bölge için son değer olarak kaydedildi. DIAGNOdent Pen eşik değerleri (Tablo 1) olarak Lussi ve Hellwingin 2006 yılında yaptığı çalışma referans alındı (6). 1 hafta sonra aynı işlemler tekrarlandı

Elektriksel Yöntem ile Değerlendirme: Dişlerin değerlendirilmesi sırasında aletin standart ölçüm prosedürü seçildi. Standart başlangıç koşullarını sağlamak için diş yüzeyi tükürük ile nemlendirildi. Ölçüm yapan elektronik uç, diş üzerinde değerlendirilecek noktaya yerleştirilerek ölçüm işlemine başlandı. Üreticinin tavsiyeleri doğrultusunda her diştten 3 adet ölçüm yapıldı, elde edilen değerlerin ortalaması ölçüm değeri olarak kaydedildi. Cihazdan elde edilen veriler üreticinin belirttiği eşik değerleri (Tablo 2) esas

Tablo 1. Okluzal çürük teşhisinde DIAGNOdent Pen için kullanılan eşik değerler

Sağlam	0-6
Mine çürüğü	7-17
Dentin çürüğü	18-99

Tablo 2. Okluzal çürük teşhisinde ECM IV için kullanılan eşik değerler

Sağlam	>10.00 MΩ
Mine çürüğü	10.00MΩ-2.50 MΩ
Dentin çürüğü	≤2.50 MΩ

Tablo 3. DIAGNOdent Pen ve ECM IV sonuçlarının histoloji sonuçlarıyla uyumunu gösteren ağırlıklı kapa değerleri

	Gözlemci 1	Gözlemci 2
DIAGNOdent Pen/Histoloji	0,798	0,783
ECM IV/Histoloji	0,625	0,684

alınarak yorumlandı. 1 hafta sonra aynı işlemler tekrarlandı

Histolojik değerlendirme: Dişler ECM IV ve DIAGNOdent Pen ile değerlendirilen bölgelerin merkezinden geçecek şekilde bukkolingual yönde düşük hızlı kesim makinesiyle (Isomet, Buehler, Lake Bluff, USA) akar su altında kesildi. Çürük lezyonunun en derin bölgesinin açığa çıkarılması sağlandı (Resim 2). Alınan kesitler stereomikroskop büyütmelerine yakın, bilgisayar destekli, yüksek çözünürlüğü ve büyütmesi olan bir tarayıcı yardımıyla 600-1200 dpi çözünürlük, 600 büyütmeli tarama ve x15, x30 arasında büyütme ile deneyimli bir dişhekimini ve histoloji uzmanı tarafından değerlendirildi.

İstatistiksel Değerlendirme: Bu çalışmada istatistiksel analizler NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007 Statistical Software (Utah, USA) paket programı ile yapıldı. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde ağırlıklı kapa skorları hesaplandı. Kapa skorlarının yorumu Landis ve Koch (1977)'un kriterleri esas alınarak yapıldı (7).

Kapa skoru

≤0.20' ise "Zayıf Uyum",

0.21-0.40 aralığında ise "Ortanın Altında Uyum",

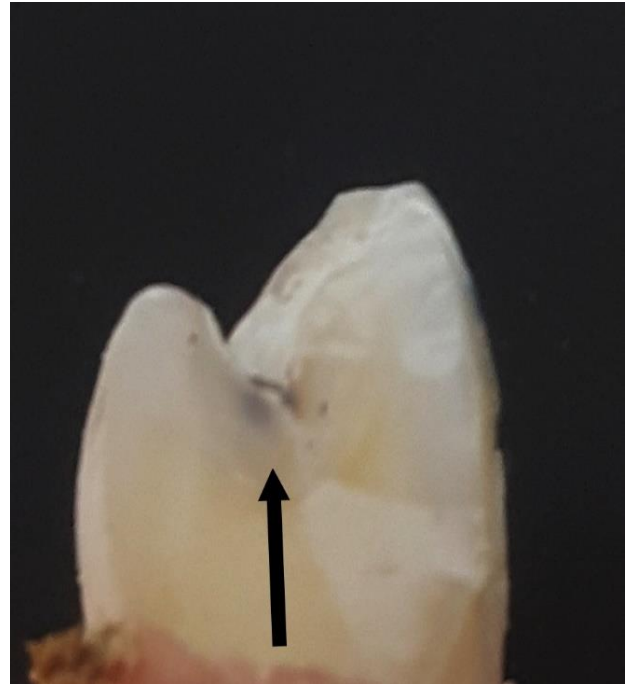
0.41-0.60 aralığında ise "Orta Düzeyde Uyum",

0.61-0.80 aralığında ise "İyi Düzeyde Uyum" ve

0.81-1.00 aralığında ise "Çok İyi Düzeyde Uyum" olarak tanımlanmıştır.



Resim 1. ECM IV ve DIAGNOdent PEN kullanılarak değerlendirilecek okluzal bölge



Resim 2. ECM IV ve DIAGNOdent PEN kullanılarak değerlendirilen okluzal bölgenin merkezinden geçecek şekilde alınan histolojik kesit

Bulgular

Histolojik değerlendirme sonucunda 80 premolar dişin 27 sinin sağlam, 49'unun mine çürüğü, 4 adetinin ise dentin çürüğüne sahip olduğu bulunmuştur. Her iki teşhis yöntemi de histoloji ile iyi düzeyde uyuma sahip iken (Tablo3)

Tablo 4. Gözlemci içi ve gözlemciler arası uyumu gösteren ağırlıklı kappa değerleri

	Gözlemci içi Tekrarlanabilirlik		Gözlemcilerarası Tekrarlanabilirlik	
	1.Gözlemci	2.Gözlemci	Gözlem 1	Gözlem 2
DIAGNOdent Pen	0,751	0,711	0,643	0,619
ECM IV	0,635	0,681	0,632	0,603

DIAGNOdent Pen'in gözlemci içi (1.Gözlemci κ_w :0,751; 2.Gözlemci κ_w :0,711) ve gözlemciler arası tekrarlanabilirliğinin (1.Gözlem κ_w :0,643; 2.Gözlem κ_w :0,619) ECM IV ün gözlemci içi (1.Gözlemci κ_w :0,635; 2. Gözlemci κ_w :0,681) ve gözlemciler arası tekrarlanabilirliğinden (1.Gözlem κ_w :0,632; 2.Gözlem κ_w :0,603) daha yüksek olduğu bulunmuştur (Tablo 4).

Tartışma

Okluzal yüzeyler dişlerin diğer yüzeylerine göre çürüğe daha yatkındır. Uzun yıllardır kullanılmakta olan görsel ve radyografik muayenenin ayrı ayrı ve birlikte kullanımı çürük teşhisinde subjektif sonuçlar ortaya koymaktadır (8). Bu nedenle çürük teşhisinde daha objektif yöntemlerin kullanılması gerekmektedir.

Çürük teşhis yöntemlerinin performansı iki önemli parametre göz önüne alınarak değerlendirilmelidir (Tekrarlanabilirlik ve Doğruluk). Tekrarlanabilir bir yöntem, benzer sonuçlar sunan ve farklı zamanlarda aynı örneği kullanan farklı gözlemciler tarafından gerçekleştirilen iki gözlem arasında bir uyum gösteren yöntemdir. Kötü tekrarlanabilirliğe sahip olan bir teşhis yönteminin iyi bir teşhis performansı göstermesi beklenmez. Okluzal çürük teşhisinde teşhis yöntemlerinin tekrarlanabilirliğini değerlendiren çalışmaların bazılarında spearman corelasyon katsayısı kullanılmakla beraber (9, 10), yayınlanmış çalışmaların çoğu DIAGNOdent ölçümlerinin tekrarlanabilirliğini değerlendirmek için kappa skorlarını kullanmışlardır (11-13). Bu nedenle çalışmamızda teşhis yöntemlerinin gözlemci içi, gözlemciler arası tekrarlanabilirliğini ve histoloji sonuçlarıyla uyumunu değerlendirmek için kappa skorları kullanılmıştır.

Ekstrand ve ark. mine çürüklerinin teşhisinde görsel ve radyografik muayenenin yetersiz kalması nedeniyle okluzal çürük teşhisinde kabul edilebilir derecede doğruluk ve tekrarlanabilirliğe sahip ECM cihazının kullanılmasını tavsiye etmişlerdir (14).

Huysmans ve ark. okluzal çürük teşhisinde elektriksel yöntemlerin görsel ve radyografik yöntemlere karşı teşhis performansını kıyasladıkları in vitro çalışmalarında iki elektriksel

yöntemin geleneksel yöntemlerden daha üstün teşhis performansına sahip olduklarını belirtmişlerdir (15).

Diş çürüğünün erken dönemde teşhis edilebilmesi için demineralizasyon – remineralizasyon sürecinin iyi değerlendirilebilmesi gerekir. DIAGNOdent ile mineral kaybı arasında kötü bir ilişki varken (16) ECM demineralizasyon - remineralizasyon sürecini takip etmek için değerli bir yöntemdir (17). Buna karşın DIAGNOdent ve ECM'nin okluzal çürük teşhisindeki performansının karşılaştırıldığı birçok çalışmada DIAGNOdent'in ECM ye göre daha iyi teşhis performansına sahip olduğu belirtilmiştir (18-20).

Bizim çalışmamızda da benzer bir sonuç vardır. DIAGNOdent Pen'in (1. Gözlemci κ_w :0,798 2. Gözlemci κ_w :0,783) histoloji sonuçlarıyla uyumunu gösteren Kappa skorunun ECM IV'den (1. Gözlemci κ_w :0,625 2. Gözlemci κ_w : 0,684) daha yüksek olduğu, her iki teşhis yönteminin de histoloji sonuçlarıyla uyumunun iyi düzeyde olduğu bulunmuştur.

Literatürde DIAGNOdent ve ECM IV' ün gözlemci içi ve gözlemciler arası tekrarlanabilirliğinin karşılaştırıldığı çalışmalarda farklı sonuçlar olduğu görülmektedir. Çalışmamızda DIAGNOdent Pen'in gözlemci içi (1.Gözlemci κ_w :0,751; 2.Gözlemci κ_w :0,711) ve gözlemciler arası tekrarlanabilirliğinin (1.Gözlem κ_w :0,643; 2.Gözlem κ_w :0,619) ECM IV'ün gözlemci içi (1.Gözlemci κ_w :0,635; 2. Gözlemci κ_w :0,681) ve gözlemciler arası tekrarlanabilirliğinden (1.Gözlem κ_w :0,632; 2.Gözlem κ_w :0,603) daha yüksek olduğu bulunmuştur. Çalışmamızdaki DIAGNOdent Pen'in tekrarlanabilirliğini gösteren kappa skorları Başeren ve Gökalp'in DIAGNOdent'in tekrarlanabilirliğini araştırdığı çalışma sonuçlarıyla benzer olmasına (12) karşın Koçkanat ve Ünal'ın çalışmasındaki DIAGNOdent kappa skorlarından düşük (11), Reis ve ark.'larının bulduğu sonuçlardan yüksektir (13).

DIAGNOdent'in tekrarlanabilirliğinin değerlendirildiği bu çalışmalardaki farklılıklar dişin süt daimi diş oluşu, çalışmanın in vivo- in vitro oluşu, çekim sonrası geçen süre, dişlerin saklama koşulları, diş üzerindeki renklenmeler ve eklentiler

(21), yüksek floresans özelliği olan proflaksi patının kullanılıp kullanılmaması, mine kalınlığı, mine hidrasyonu (22), dentin kanallarının seyri ve yapısı (23), farklı eşik değerlerin kullanılmasına bağlı olabilir. Ayrıca ECM'nin teşhis performansı porozite, doku kalınlığı, mine hidrasyonu, yüzey alanı, dişin sıcaklığı, dental doku sıvılarının iyon konsantrasyonuna bağlı olarak da değişiklik gösterebilir (4).

Diş çürüğü teşhis yöntemlerinin karşılaştırıldığı bu çalışmalarda başka bir problem bir çürük teşhisinin doğru olup olmadığına karar vermenin kolay ya da objektif bir yolu olmamasıdır. Karbid frezler kullanılarak pit ve fissür girişlerinin açılması birçok in vivo okluzal çürük teşhisi çalışmasında altın standart olarak kabul edilmiş iken (24) etik nedenlerden dolayı sağlıklı dişin değerlendirilmesinde rutin olarak kullanılamaz. Çünkü remineralize olabilecek başlangıç düzeyindeki mine çürüğü gereksiz yere kaldırılmış olur (25). Bu in vitro çalışmada ise altın standart olarak histolojik kesitler kullanılmıştır.

Hem histoloji ile hem de gözlemci içi, gözlemciler arası uyumunun iyi düzeyde olması nedeniyle elektriksel ve lazer floresans yöntemler klinikte başlangıç düzeyindeki okluzal çürük teşhisinde ve epidemiyolojik çalışmalarda kullanılabilir. Ancak daha fazla klinik çalışmaya ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

1. Ismail AI. Clinical diagnosis of precavitated carious lesions. *Community dentistry and oral epidemiology* 1997; 25(1): 13-23.
2. Ekstrand K, Qvist V, Thylstrup A. Light microscope study of the effect of probing in occlusal surfaces. *Caries research* 1987; 21(4): 368-374.
3. Ari T, Kofman SH, Ari N. In vitro evaluation of magnification and LED illumination for detection of occlusal caries in primary and permanent molars using ICDAS Criteria. *Dentistry Journal* 2013; 1(3): 19-30.
4. Longbottom C, Huysmans M-C. Electrical measurements for use in caries clinical trials. *Journal of Dental Research* 2004; 83(1): 76-79.
5. Neuhaus K, Longbottom C, Ellwood R, Lussi A. Novel lesion detection aids. *Detection, Assessment, Diagnosis and Monitoring of Caries*. 21: Karger Publishers 2009; 52-62.
6. Lussi A, Hellwig E. Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in vitro. *Journal of dentistry*. 2006; 34(7): 467-471.
7. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *biometrics* 1977: 159-174.
8. de Paula AB, Campos JÁDB, Diniz MB, Hebling J, Rodrigues JA. In situ and in vitro comparison of laser fluorescence with visual inspection in detecting occlusal caries lesions. *Lasers in medical science* 2011; 26(1): 1-5.
9. Alwas-Danowska HM, Plasschaert AJ, Suliborski S, Verdonschot EH. Reliability and validity issues of laser fluorescence measurements in occlusal caries diagnosis. *Journal of Dentistry* 2002; 30(4): 129-34.
10. Kühnisch J, Ziehe A, Brandstädt A, Heinrich-Weltzien R. An in vitro study of the reliability of DIAGNOdent® measurements. *Journal of oral rehabilitation* 2004; 31(9): 895-899.
11. Kockanat A, Unal M. In vivo and in vitro comparison of ICDAS II, DIAGNOdent pen, CarieScan PRO and SoproLife camera for occlusal caries detection in primary molar teeth. *European journal of paediatric dentistry: official journal of European Academy of Paediatric Dentistry* 2017; 18(2): 99-104.
12. Başeren N, Gokalp S. Validity of a laser fluorescence system (DIAGNOdent) for detection of occlusal caries in third molars: an in vitro study. *Journal of oral rehabilitation* 2003; 30(12): 1190-1194.
13. Reis A, Mendes FM, Angnes V, Angnes G, Grande RHM, Loguercio AD. Performance of methods of occlusal caries detection in permanent teeth under clinical and laboratory conditions. *Journal of dentistry* 2006; 34(2): 89-96.
14. Ekstrand K, Ricketts D, Kidd E. Reproducibility and accuracy of three methods for assessment of demineralization depth on the occlusal surface: an in vitro examination. *Caries research* 1997; 31(3): 224-231.
15. Huysmans M-CD, Longbottom C, Pitts N. Electrical methods in occlusal caries diagnosis: An in vitro comparison with visual inspection and bite-wing radiography. *Caries Research* 1998; 32(5): 324-329.
16. Shi X-Q, Tranæus S, Angmar-Månsson B. Validation of DIAGNOdent for quantification of smooth-surface caries: an in vitro study. *Acta Odontologica Scandinavica* 2001; 59(2): 74-78.
17. Wang J, Someya Y, Inaba D, Longbottom C, Miyazaki H. Relationship between electrical resistance measurements and microradiographic variables during remineralization of softened enamel lesions. *Caries research* 2005; 39(1): 60-64.

18. Bamzahim M, Shi X-Q, Angmar-Månsson B. Occlusal caries detection and quantification by DIAGNOdent and Electronic Caries Monitor: in vitro comparison. *Acta Odontologica Scandinavica* 2002; 60(6): 360-364.
19. Lussi A, Imwinkelried S, Pitts N, Longbottom C, Reich E. Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries in vitro. *Caries research* 1999; 33(4): 261-266.
20. Kordic A, Lussi A, Luder H-U. Performance of visual inspection, electrical conductance and laser fluorescence in detecting occlusal caries in vitro. *Schweizer Monatsschrift Fur Zahnmedizin* 2003; 113(8): 852-859.
21. Cortes D, Ellwood R, Ekstrand K. An in vitro comparison of a combined FOTI/visual examination of occlusal caries with other caries diagnostic methods and the effect of stain on their diagnostic performance. *Caries research* 2003; 37(1): 8-16.
22. Al-Khateeb S, Exterkate R, De Jong EDJ, Angmar-Månsson B, Ten Cate J. Light-induced fluorescence studies on dehydration of incipient enamel lesions. *Caries research*. 2002; 36(1): 25-30.
23. Iwami Y, Shimizu A, Yamamoto H, Hayashi M, Takeshige F, Ebisu S. In vitro study of caries detection through sound dentin using a laser fluorescence device, DIAGNOdent. *European journal of oral sciences* 2003; 111(1): 7-11.
24. Kavvadia K, Lagouvardos P. Clinical performance of a diode laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in primary teeth. *International journal of paediatric dentistry* 2008; 18(3): 197-204.
25. Chu C, Lo E, You D. Clinical diagnosis of fissure caries with conventional and laser-induced fluorescence techniques. *Lasers in medical science* 2010; 25(3): 355-362.