

光学相干断层成像检出早期窝沟龋效能的体外评估

代晓华¹ 姚晖¹ 连小丽¹ 李燕妮¹ 王英瑛² 刘晓斌² 邢路²

1.天津市口腔医院中心实验室; 2.牙体牙髓病科, 天津 300041

[摘要] **目的** 比较光学相干断层成像技术(OCT)与临床探视诊对人牙窝沟早期釉质龋的检出效能。**方法** 获取77颗人离体恒磨牙殆面的97个可疑早期龋位点OCT二维图像,由3位临床医师双盲法分别通过OCT图像和探视诊方法对这些位点进行评分,以偏光显微镜获取的组织学图像为金标准,评估OCT、临床探视诊检出早期窝沟龋的敏感度(SE)、特异度(SP)、阳性预测值(PPV)、阴性预测值(NPV)及其与组织学评分结果的相关性;采用Kappa检验分析检测者间评分结果的一致性,采用非参数法Z检验比较受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)。**结果** 对于脱矿局限于釉质表层外1/2的窝沟早期龋,OCT检出率(14/25)明显优于探视诊(3/25)。OCT检出窝沟早期釉质龋的SE、SP、PPV、NPV(0.83、0.64、0.87、0.57)均高于探视诊(0.79、0.60、0.85、0.50)。OCT与探视诊检测窝沟早期龋的AUC(95%CI)分别为0.737(0.569~0.822)、0.696(0.614~0.859),二者间差异无统计学意义。OCT评分与组织学评分呈正相关($r=0.559, P<0.05$),检测者间检测结果的一致性为中等。**结论** OCT能够敏感、无创、有效地检出早期窝沟龋,具有辅助临床探视诊检出早期窝沟龋的应用潜能。

[关键词] 窝沟龋; 早期龋; 光学相干断层成像技术; 探视诊

[中图分类号] R 781.1 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2016.06.003

Ex vivo assessment of the potency of optical coherence tomography for the detection of early occlusal caries Dai Xiaohua¹, Yao Hui¹, Lian Xiaoli¹, Li Yanni¹, Wang Yingying², Liu Xiaobin², Xing Lu². (1. Experimental Research Center, Tianjin Stomatology Hospital, Tianjin 300041, China; 2. Dept. of Conservative Dentistry and Endodontics, Tianjin Stomatology Hospital, Tianjin 300041, China)

Supported by: The National Nature Science Foundation of China(30770597). Correspondence: Yao Hui, E-mail: yaoh2k@163.com.

[Abstract] **Objective** This study aimed to evaluate the potency of optical coherence tomography (OCT) to detect early occlusal caries compared with clinical visual examination. **Methods** Approximately 97 sites of occlusal fissures on 77 extracted accessional human teeth were scored by three examiners using conventional visual examination and OCT. Results of histological examination on these sites obtained by polarimicroscope served as a gold standard to analyze the sensitivity (SE), specificity (SP), positive predictive value (PPV), and negative predictive value (NPV). Results of the area under receiver operating characteristic (ROC) curve (AUC) by visual examination and OCT were also analyzed. The Spearman's rank correlation coefficient with histology and the inter-examiner reliability were compared. **Results** For sites of enamel demineralization limited to the outer 1/2 of the enamel layer, the detection rate of OCT (14/25) was obviously higher than that of the clinical and visual examination (3/25). SE, SP, PPV and NPV of OCT during diagnosis of the early occlusal caries (0.83, 0.64, 0.87 and 0.57) were higher than that of the visual examination (0.79, 0.60, 0.85 and 0.50). AUC (95%CI) of OCT and the visual examination were 0.737 (0.569-0.822) and 0.696 (0.614-0.859), respectively. No statistically significant difference was observed between the results. Results of OCT correlated well with histology ($r=0.559, P<0.05$). The inter-examiner reliability of OCT was medium. **Conclusion** OCT can accurately detect early occlusal lesions atraumatically with high sensitivity and effectiveness. OCT exhibits the potential of auxiliary clinical diagnosis enhancing detection rate and finally implementing early

diagnosis and early intervention of early occlusal lesions in clinical practice.

[Key words] occlusal caries; early caries; optical coherence tomography; visual examination

[收稿日期] 2016-02-22; **[修回日期]** 2016-09-15

[基金项目] 国家自然科学基金(30770597)

[作者简介] 代晓华, 副研究员, 硕士, E-mail: jstonehome@163.com

[通信作者] 姚晖, 主任医师, 学士, E-mail: yaoh2k@163.com

早期釉质龋的检出,尤其是发生在窝沟点隙处的早期釉质脱矿的及时发现仍是临床齿科面临的一大难题。临床迫切需要一种高效、无创、便捷的早期釉质龋诊断方法,以期实现窝沟表层下脱矿的早期发现和定期监测^[1]。光学相干断层成像技术(optical coherence tomography, OCT)是一种基于低相干光干涉技术产生的具有高分辨率(10~20 μm)、非侵入性、无辐射的光学诊断技术^[2],可对组织微观结构进行快速实时光学成像,目前已被广泛用于医学和生物学领域。OCT可通过检测釉质对光反射和背向散射的差异,判断釉质脱矿的程度和范围。目前,已有多项研究^[3-5]致力于使用OCT进行平滑面釉质早期脱矿及再矿化的定性及定量检测,并取得了较为乐观的结果。然而对于OCT检测自然窝沟釉质早期脱矿的研究开展相对较少。本研究通过对77颗人离体恒磨牙上的97个殆面窝沟点隙可疑早期龋位点进行模拟临床探视诊和OCT扫描,以偏光显微镜获得的组织学改变为金标准,评估OCT检出窝沟早期釉质龋的效能,探讨未来OCT临床诊断窝沟早期釉质龋的应用价值。

1 材料和方法

1.1 研究对象

选取2011年6月—8月于天津市口腔医院口腔颌面外科门诊新鲜拔除的恒磨牙77颗,样本收集均获

得患者知情同意。纳入标准:牙齿咬合面完整,窝沟釉质健康或仅有轻度白垩色变,沟裂处可有少量色素沉着但不可探进。排除标准:牙齿有明显龋坏,进行过充填修复治疗,牙齿肉眼观有裂痕,有可探进的沟裂,氟斑牙等不在选用的样本之列。另外,排除实验评分过程中3位医师诊断均不一致的位点。使用刮牙器去除样本牙上残存组织及牙结石,并进行彻底清洗。选取可疑早期龋位点97个,进行标记,将牙齿样本存于4℃去离子水中。

1.2 主要仪器设备

高速OCT信号采集系统(天津大学与天津市口腔医院合作研发,性能参数:中心波长1 310 nm,带宽50 nm,相干长度15 μm,牙样本内分辨率为10 μm,牙齿成像深度2.2 mm);偏振光显微镜(尼康公司,日本)及其成像系统;体视显微镜(Global有限公司,美国)。

1.3 检测及诊断评分

由经验丰富的3位口腔临床医师对可疑龋位点进行探视诊评分。由实验人员获取OCT图像及偏光显微镜图像,再由前述3位口腔临床医师分别对偏光图像和OCT图像进行独立、盲法诊断评分。同一位点,3位医师诊断不完全一致时,以其中2位的一致诊断为准;3位医师诊断均不一致的位点则进行排除。探视诊、OCT及组织学评分标准见表1,其中组织学及探视诊评分标准参照Ekstrand等^[6]提出的相应评分标准。

表 1 组织学、探视诊及OCT检测评分标准

Tab 1 Scoring criteria used for histological examination, visual inspection and OCT

评分	组织学	探视诊	OCT
0	釉质表面完整,无明显釉质脱矿	在空气中充分干燥后无或仅有轻微的釉质透明度改变	表面光反射下或为均匀衰减的光信号,或没有光信号的延续
1	釉质表面完整,脱矿限于釉质表层外1/2	湿润状态下几乎看不到白垩斑或着色,吹干后可见	表面下光背向散射带增强,其下方有不规则光散射信号
2	釉质表面完整,脱矿限于釉质表层内1/2与牙本质层外1/3之间	湿润情况下即可见到白垩斑或着色	表面下光背向散射强烈,光信号强度与表面光反射信号强度基本相同或略低,背向散射区域下方光信号迅速衰减

1.3.1 OCT扫描 将待测牙齿样本固定于样本槽中,保持咬合面水平,使OCT探测光束垂直于咬合面,沿标记路径进行扫描,获取二维图像与数据。OCT扫描过程中,咬合面与探头间距离为3~4 mm,电压维持于1.0 V,步进电机前进300~500步。

1.3.2 探视诊 由上述3位临床医师模拟临床探视诊,使用光学放大镜及吹干器等对离体恒磨牙样本咬合面上每一检测位点进行探视诊检测。

1.3.3 偏光显微镜检测 检测后的牙样本,沿OCT扫

描路径制成厚度为150~200 μm的牙磨片,置于偏光显微镜下观察并拍摄组织学图像。

1.4 统计学分析

以偏光显微镜测得的组织学结果为金标准,采用SPSS 22.0统计软件按临床试验诊断方法,分析比较探视诊、OCT检测窝沟早期釉质龋的敏感度(sensitivity, SE)、特异度(specificity, SP)、阳性预测值(positive predictive value, PPV)及阴性预测值(negative predictive value, NPV);受试者工作

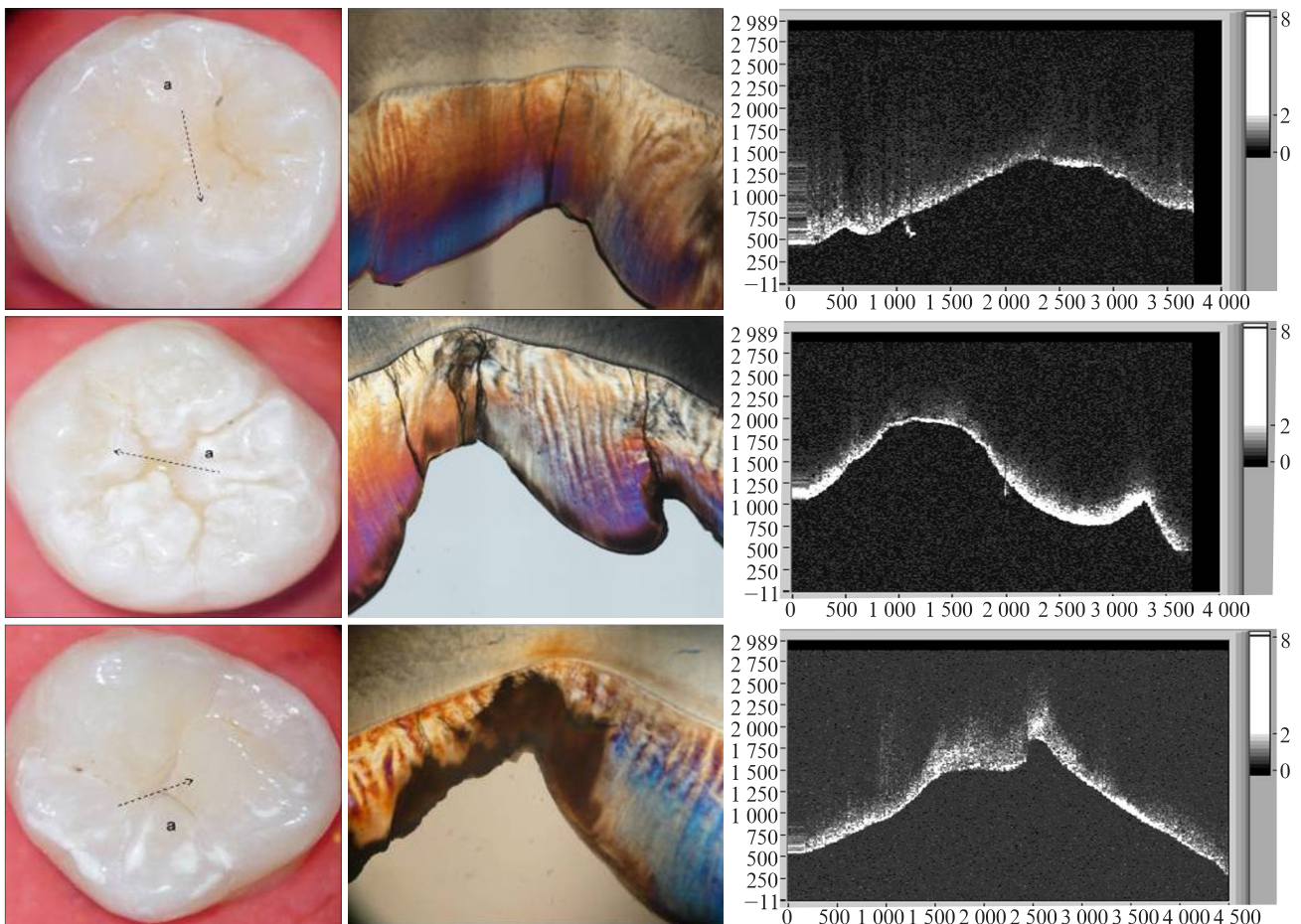
特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线分析采用非参数法, 利用Z检验配对比较ROC曲线下面积 (area under ROC curve, AUC); 通过Spearman检验分析探视诊与OCT检测结果与组织学评分的相关性 (检验水准为双侧 $\alpha=0.05$)。分别比较3位临床医师使用探视诊及OCT方法检测结果的一致性, 即Kappa分析。Kappa值 ≤ 0.40 时, 认为可靠度不合格; $0.40 < \text{Kappa值} \leq 0.6$ 时, 认为可靠度中度; $0.60 < \text{Kappa值} \leq 0.8$ 时, 可靠度优; Kappa值 > 0.8 时, 认为完全可靠。

2 结果

2.1 不同组织学评分窝沟点隙OCT图像

不同程度早期窝沟龋及其相应的组织学和OCT

图像见图1。组织学评分为0的牙齿样本, 偏光显微镜下可见检测部位窝沟釉质较为健康, 无明显脱矿, 窝沟底可见釉板结构, 窝沟侧壁可见施格雷线。OCT图像为典型的健康牙齿图像。组织学评分为1的牙齿样本, 偏光显微镜图像可见左右两个窝沟处均有脱矿, 脱矿深度小于釉质厚度1/2, 左侧窝沟脱矿程度较右侧窝沟轻。OCT图像中亦可见左侧窝沟表面下光背向散射带强度及厚度低于右侧窝沟。组织学评分为2的牙齿样本, 偏光显微镜下可见釉质表面的再矿化带和表层下明显的病损体部, 龋损贯穿窝沟釉质层, 深达釉牙本质界, 牙本质有所累及。因龋损釉质质地疏松, 在制备牙磨片过程中, 窝沟左侧壁有损耗, 釉质表面的再矿化带脱落。相应的OCT图像可见表面下背向散射明显增强。



从上至下依次为组织学评分为0、1、2的样本; 从左至右依次为咬合面图像 (箭头a示检测路径)、检测路径对应的偏光显微镜图像、检测路径对应的OCT图像。

图 1 不同程度早期窝沟龋及其相应的组织学和OCT图像

Fig 1 Different progressive stages of occlusal caries and its corresponding histological and OCT images

2.2 检出窝沟早期釉质龋结果分析

OCT与探视诊检测结果见表2。由表2可见, 在组织学评分为1的位点, 即脱矿局限于釉质表层外1/2的位点, 评分与组织学评分结果一致者: 探视诊

3例, OCT14例。选择评分1为截断点, 即视组织学评分为0的样本为健康样本, 评分为1和2的样本均为早期龋样本, 探视诊与OCT检测窝沟早期釉质龋的SE、SP、PPV、NPV及AUC见表3。OCT检测早

期龋样本的SE、SP、PPV、NPV及AUC均优于探视诊。Z检验结果显示，AUC间差异无统计学意义。Spearman相关性分析表明，OCT和探视诊检测结果均与组织学结果成正相关，两种检测方法的Kappa值均在0.4~0.6之间，即OCT和探视诊的检测者间一致性均为中度（表4）。

表 2 探视诊与OCT诊断窝沟釉质早期龋结果

Tab 2 The results of visual inspection and OCT for the detection of occlusal caries lesions

组织学评分	探视诊			OCT			合计
	0	1	2	0	1	2	
0	15	4	6	16	8	1	25
1	10	3	12	7	14	4	25
2	5	3	39	5	17	25	47
合计	30	10	57	28	39	30	97

表 3 探视诊与OCT检出窝沟早期釉质龋效能（截断点为1）

Tab 3 The efficiency of visual inspection and OCT for the detection of occlusal caries lesions (1 cut-off point)

检测方法	SE	SP	PPV	NPV	AUC (95%CI)
探视诊	0.79	0.60	0.85	0.50	0.696(0.614~0.859)
OCT	0.83	0.64	0.87	0.57	0.737(0.569~0.822)

表 4 探视诊与OCT的相关性和重复性分析

Tab 4 Spearman's correlation coefficients and inter-examiner reliability of visual inspection and OCT

检测方法	与组织学相关性		检测者间一致性	
	Spearman系数	P值	Kappa值	标准差
探视诊	0.540	0.000	0.575 0	0.013
OCT	0.559	0.000	0.401 7	0.111

3 讨论

恒磨牙窝沟点隙往往釉质菲薄，且常伴发育不良，易于食物滞留及菌斑附着，不利于彻底清洁，是临床最常见的患龋部位。初起时窝沟釉质脱矿常沿釉柱呈倒三角形扩展，临床探视诊不易发现。一旦突破釉牙本质界，由于牙本质富于小管，矿化程度较低，病损进展将更加迅速，对牙体造成较大的破坏。窝沟釉质早期脱矿可通过改善口腔环境、改变饮食结构及局部应用再矿化药物等干预手段进行保守性治疗，最大限度地保存牙齿和减少患者接受侵入性治疗的恐惧和痛苦。临床一般常用的X线牙片，对邻面龋损检查效果比较好，但是用以检查咬

合面点隙龋则效果较差，特别是早期龋损^[7]。X线片显示出的龋病多已累及釉牙本质界和牙本质，形成组织缺损，只能采用外科手段进行治疗。

近年来涌现出了多项用于窝沟龋齿早期检测的新技术，如光纤透照技术、电阻抗技术和定量光导荧光技术等，但因口腔环境因素复杂，使这些技术的敏感性和特异性均受到一定的影响^[8-10]。OCT技术集激光光学技术、超灵敏探测技术、精密自动控制和计算机图像处理等技术于一体，分辨率高、扫描速度快且无辐射，利于无创性获取表层组织结构的形态学信息^[11]。Mansour等^[12]对DIAGNOdent和OCT诊断冠龋的性能进行了临床比较研究，发现两者对原发性龋损诊断的敏感性/特异性分别为73.7%/94.1%、74.1%/95.7%；对于进行了修复治疗或窝沟封闭的冠龋诊断的敏感性/特异性分别为19.2%/95.8%、74.1%/95.7%。因此认为OCT既适于龋齿的早期检测，又可监测修复体和封闭剂下的继发龋。OCT的检测原理及操作与超声成像技术相似，需要使用入射波和测定反射与背向散射信号^[13]。但OCT入射波为光波而非声波，其图像解析程度远远超过超声图像^[14]。釉质龋发生过程中，釉质矿质含量损失，晶体有序排列破坏，孔隙度增加，对光反射及背向散射均发生改变，OCT可依此检测釉质龋的范围^[15-17]。研究^[18]显示，牙齿釉质钙化不全及着色等因素基本不影响OCT对牙齿白垩色变的检测。在近红外区域，尤其波长接近1 310 nm处时，釉质透明度最高，衰减系数比可见光区低20~30倍，龋损成像对比度较高^[19]。本实验中使用的OCT系统亦采用1 310 nm波长入射光源，以期获得最佳的轴向成像深度。

已有多项研究^[20-23]先后将OCT应用于齿科平滑面早期龋、根龋及继发龋检测的研究中，而用于窝沟早期釉质龋检测的研究开展较少。本课题组先前探讨了OCT检测离体前磨牙窝沟釉质早期人工龋深度的准确性，结果显示OCT可对窝沟釉质早期人工龋清晰成像，可行早期龋病变程度的量化分析^[24]。本研究采用偏光显微镜获得的组织学图像为金标准，探讨OCT作为体外窝沟早期釉质龋检出方法的效能。为保证组织学图像与OCT扫描路径尽可能重合，在OCT扫描时使用了红光定位。本研究发现对于脱矿局限于釉质表层外1/2的窝沟早期龋位点，OCT检出率（14/25）较高，恰好可弥补临床探视诊此方面的不足，对于实现窝沟临床早期龋的诊断具有积极意义。本实验数据分析显示，以1分为截断点，OCT对窝沟早期釉质龋检测的SE、SP、PPV、NPV及AUC均略优于探视诊，说明OCT检出早期窝沟龋的效能

与准确性较好。OCT增加了完整釉质表层下早期窝沟龋检出的准确性, 利于在龋病初起阶段采取预防干预措施, 更有效地控制龋病的进一步发展。

本研究中, OCT与组织学评分的Spearman相关系数为0.559, 呈正相关, 相关度较好。在进行OCT及探视诊不同检测者间一致性分析时, 为避免检测中存在研究者主观倾向性的干扰, 采取了实验检测者与诊断评分者分开、盲法诊断等措施, 进行了不同评分窝沟早期龋的OCT图像与偏光图像特点的培训后, 再由各临床医师独立对每一检测位点进行组织学、探视诊及OCT评分。结果显示, OCT的检测者间的一致性为中等, Kappa值较探视诊低。究其原因可能为探视诊是临床常用的窝沟龋检测方法, 各临床齿科医师运用熟练, 对诊断标准十分熟悉。而对于OCT这一新型检测方法, 临床医师则较为陌生, 虽经过短暂培训, 但掌握程度与探视诊尚无法比拟。相信随着临床实践增多和OCT早期龋齿诊断标准的日臻完善, OCT的检测者间检测结果一致性应可进一步提高。

与平滑面相比, 窝沟固有的形貌特征复杂性, 窝沟底的开放程度各异, 与OCT入射光束往往非正交投照, 使入射光相对损耗, 表层下透射深度降低。当龋损加重, 表面下釉质内孔隙度增加, 釉质内光漫散射增强, 入射光迅速衰减, 深层釉质返回OCT探测器的背向散射光信号减少, 导致扫描深度进一步减低。正是由于上述原因, 造成OCT检测脱矿在釉质表层内1/2至牙本质外1/3的窝沟龋受限。OCT检测釉面龋损时, 利用高折光率液体作为检测介质可显著提高光反射信号^[25]。在后续在体窝沟早期釉质龋诊断的实验中, 可考虑使用安全无毒折光率较高的液体作为介质, 并适当参照窝沟侧壁的探视诊及其OCT图像比较进行, 尤其是针对窝沟底不能充分开放的牙齿, 以利于增加龋损OCT图像对比度和成像深度, 提高OCT诊断的准确性。

本研究结果表明, OCT能够在窝沟龋初期阶段灵敏、准确、无创、有效地发现窝沟早期釉质脱矿, 尤其是OCT能够检出探视诊等临床常用方法难以发现的窝沟早期脱矿, 有望发展成为一种新型的窝沟早期龋诊断方法, 用于辅助临床齿科医生早期、快速、安全、准确地诊断窝沟釉质龋, 从而有效实现窝沟龋的早期干预和早期控制, 最大限度地保护牙齿组织, 提高人体健康水平。

[参考文献]

- [1] Liu X, Jones RS. Evaluating a novel fissure caries model using swept source optical coherence tomography[J]. Dent Mater J, 2013, 32(6):906-912.
- [2] Otis LL, Colston BW Jr, Everett MJ, et al. Dental optical coherence tomography: a comparison of two *in vitro* systems[J]. Dentomaxillofac Radiol, 2000, 29(2):85-89.
- [3] Le MH, Darling CL, Fried D. Automated analysis of lesion depth and integrated reflectivity in PS-OCT scans of tooth demineralization[J]. Lasers Surg Med, 2010, 42(1):62-68.
- [4] 李燕妮, 姚晖, 连小丽, 等. 釉质早期龋的光学相干断层成像与定量研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2015, 33(2):121-124.
- Li YN, Yao H, Lian XL, et al. Imaging and quantitative of early caries using optical coherence tomography[J]. West Chin J Stomatol, 2015, 33(2):121-124.
- [5] Lee RC, Kang H, Darling CL, et al. Automated assessment of the remineralization of artificial enamel lesions with polarization-sensitive optical coherence tomography[J]. Biomed Opt Express, 2014, 5(9):2950-2962.
- [6] Ekstrand KR, Ricketts DN, Kidd EA. Reproducibility and accuracy of three methods for assessment of demineralization depth of the occlusal surface: an *in vitro* examination [J]. Caries Res, 1997, 31(3):224-231.
- [7] Barbería E, Maroto M, Arenas M, et al. A clinical study of caries diagnosis with a laser fluorescence system[J]. J Am Dent Assoc, 2008, 139(5):572-579.
- [8] Schneiderman A, Elbaum M, Shultz T, et al. Assessment of dental caries with Digital Imaging Fiber-Optic Transillumination (DIFOTI): *in vitro* study[J]. Caries Res, 1997, 31(2): 103-110.
- [9] Murdoch-Kinch CA. Oral medicine: advances in diagnostic procedures[J]. J Calif Dent Assoc, 1999, 27(10):773-780, 782-784.
- [10] 冯岩, 尹伟, 胡德渝, 等. 定量光导荧光技术评价含氟牙膏抑制早期龋损效果的临床研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2008, 26(6):607-610.
- Feng Y, Yin W, Hu DY, et al. Detection and prevention of early caries after fluoride dentifrice application using quantitative light-induced fluorescence *in vivo*[J]. West Chin J Stomatol, 2008, 26(6):607-610.
- [11] Staninec M, Douglas SM, Darling CL, et al. Non-destructive clinical assessment of occlusal caries lesions using near-IR imaging methods[J]. Lasers Surg Med, 2011, 43(10):951-959.
- [12] Mansour S, Ajdaharian J, Nabelsi T. Comparison of caries diagnostic modalities: a clinical study in 40 subjects[J]. Lasers Surg Med, 2016, doi:10.1002/ism.22460.

- [13] Van Hilsen Z, Jones RS. Comparing potential early caries assessment methods for teledentistry[J]. BMC Oral Health, 2013, 13:16.
- [14] Ko AC, Choo-Smith LP, Hewko M, et al. *Ex vivo* detection and characterization of early dental caries by optical coherence tomography and Raman spectroscopy[J]. J Biomed Opt, 2005, 10(3):031118.
- [15] Nakajima Y, Shimada Y, Sadr A, et al. Detection of occlusal caries in primary teeth using swept source optical coherence tomography[J]. J Biomed Opt, 2014, 19(1):16020.
- [16] Simon JC, Chan KH, Darling CL, et al. Multispectral near-IR reflectance imaging of simulated early occlusal lesions: variation of lesion contrast with lesion depth and severity [J]. Lasers Surg Med, 2014, 46(3):203-215.
- [17] Azevedo CS, Trung LC, Simionato MR, et al. Evaluation of caries-affected dentin with optical coherence tomography [J]. Braz Oral Res, 2011, 25(5):407-413.
- [18] Huminicki A, Dong C, Cleghorn B, et al. Determining the effect of calculus, hypocalcification, and stain on using optical coherence tomography and polarized Raman spectroscopy for detecting white spot lesions[J]. Int J Dent, 2010, 2010:879252.
- [19] Wu J, Fried D. High contrast near-infrared polarized reflectance images of demineralization on tooth buccal and occlusal surfaces at $\lambda=1310\text{-nm}$ [J]. Lasers Surg Med, 2009, 41(3):208-213.
- [20] Sowa MG, Popescu DP, Werner J, et al. Precision of Raman depolarization and optical attenuation measurements of sound tooth enamel[J]. Anal Bioanal Chem, 2007, 387(5):1613-1619.
- [21] Lee C, Darling CL, Fried D. Polarization-sensitive optical coherence tomographic imaging of artificial demineralization on exposed surfaces of tooth roots[J]. Dent Mater, 2009, 25(6):721-728.
- [22] Lenton P, Rudney J, Chen R, et al. Imaging *in vivo* secondary caries and *ex vivo* dental biofilms using cross-polarization optical coherence tomography[J]. Dent Mater, 2012, 28(7):792-800.
- [23] Tom H, Simon JC, Chan KH, et al. Near-infrared imaging of demineralization under sealants[J]. J Biomed Opt, 2014, 19(7):77003.
- [24] 靳淑凤, 代晓华, 姚晖, 等. 光学相干断层成像术对牙窝沟釉质早期龋变深度的测量[J]. 国际口腔医学杂志, 2010, 37(6):637-640.
- Jin SF, Dai XH, Yao H, et al. Measurement of the depth of initial caries on the occlusal surface by optical coherence tomography[J]. Int J Stomatol, 2010, 37(6):637-640.
- [25] Kang H, Darling CL, Fried D. Enhancing the detection of hidden occlusal caries lesions with OCT using high index liquids[J]. Proc SPIE Int Soc Opt Eng, 2014, 8929:892900.

(本文编辑 杜冰)

***International Journal of Oral Science*入选2016“中国最美期刊”**

由教育部主管,四川大学华西口腔医学院主办的口腔医学英文期刊*International Journal of Oral Science* 经过网络投票和专家遴选,荣获2016“中国最美期刊”殊荣。本次评选活动由中国(武汉)期刊交易博览会组委会主办,秉承活动“公平、公开、公正”的遴选原则,最终确定100种期刊获奖。*International Journal of Oral Science*因为内容严谨、品位高尚、格调高雅,兼具科学性和艺术性,顺利入选百种“中国最美期刊”。2016年9月24日的武汉期刊博览会“遴选结果发布会暨中国期刊视觉艺术论坛”上发布了遴选结果。*International Journal of Oral Science*为第二次获此殊荣,这也是对*International Journal of Oral Science*期刊成绩的进一步肯定和赞扬。

*International Journal of Oral Science*编辑部