

[DOI] 10.12016/j.issn.2096-1456.2020.11.012

· 综述 ·

## 龋病成像检测仪临床应用研究进展

王凯欣, 王晓春, 张璐

哈尔滨医科大学附属第四医院口腔科, 黑龙江 哈尔滨(150001)

**【摘要】** 龋齿检测仪是一种专门为牙科设计的诊断工具,主要用于检测并监测龋病早期发生、发展过程。因其具有检测快速、无痛、灵活易携、检测结果直观等优点,被广泛应用于临床。然而,由于仪器制造商生产出的仪器种类、原理不同,它们的临床应用范围、检测结果的敏感性、特异性也显示出明显差异。就目前的临床应用效果来看,DIAGNOdent 龋齿检测仪在临床使用范围广,但因其受色素、牙科材料等因素的影响,其检测结果的准确性有待提高;The Canary System 龋齿检测仪则有效规避了上述因素的干扰,但其对龋损程度的分级并不明确;DIAGNOcam 龋齿检测仪可以有效地检测出早期邻面龋,但殆面龋的检测结果可靠性低。由此看出,目前市面上现有的龋齿检测仪仅可作为一种临床辅助工具使用,其检测结果的准确性、检测范围的全面性仍需进一步提高。随着新型多光谱近红外扫描纤维内窥镜、高频超声成像在龋齿检测上的研究应用,可提高龋齿诊断的高效性与准确性。

**【关键词】** 龋病; 龋齿检测仪; 敏感性; 特异性; 准确性;  
多光谱近红外扫描纤维内窥镜; 高频超声成像

**【中图分类号】** R781.1 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2020)11-0744-05

开放科学(资源服务)标识码(OSID)



**【引用著录格式】** 王凯欣, 王晓春, 张璐. 龋病成像检测仪临床应用研究进展[J]. 口腔疾病防治, 2020, 28(11): 744-748.

**Advances in the clinical application of imaging detection for caries** WANG Kaixin, WANG Xiaochun, ZHANG Lu. Department of stomatology, The Fourth Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150001, China  
Corresponding author: WANG Xiaochun, Email: 348995972@qq.com, Tel: 86-451-82576515

**【Abstract】** Dental caries detector is a kind of diagnostic tool specifically designed for dental professionals to detect and monitor the early occurrence and development of dental caries. They are widely used in the clinic because of their advantages of rapid detection, flexible applications, ease of carrying, intuitive detection results and lack of pain for the patient. However, due to the different types and principles of the instruments produced by various instrument manufacturers, the clinical application range, sensitivity and specificity of test results also show significant differences. In terms of the current clinical application effects, although the DIAGNOdent caries detector has the widest range of clinical use, the accuracy of its detection results needs to be improved because it is affected by factors such as pigments and dental materials. The Canary System caries detector can effectively avoid the interference of the above factors, but its classification of the degree of caries is not clear. The DIAGNOcam caries detector can effectively detect early caries, but it has low reliability for occlusal caries detection. The existing dental caries detectors on the market can be used only as clinical auxiliary tools, and the accuracy of the detection results and comprehensiveness of the detection range need further improvement. With the application of the new multispectral near-infrared scanning fiber endoscope (NIR-SFE) and high-frequency ultrasound imaging (HFUS) in the detection of dental caries, a more efficient and accurate diagnosis of dental caries is possible in the future. To this end, we still need to continue exploring new technology to help clinicians complete the early diagnosis and treatment of dental caries to improve the quality of life of their patients.

**【收稿日期】** 2019-09-08; **【修回日期】** 2020-05-15

**【基金项目】** 黑龙江省自然科学基金项目(H201427);哈尔滨医科大学附属第四医院特别资助项目(HYDSYTB201921)

**【作者简介】** 王凯欣, 住院医师, 硕士, Email: 348995972@qq.com

**【通信作者】** 王晓春, 教授, 博士, Email: 348995972@qq.com, Tel: 86-451-82576515

**【Key words】** dental caries; caries detector; sensitivity; specificity; accuracy; multispectral near infrared scanning fiber endoscope; high frequency ultrasound imaging  
**J Prev Treat Stomatol Dis, 2020, 28(11): 744-748.**

龋病是一种由多因素诱发的疾病,病变范围主要累及牙釉质、牙本质、牙骨质;若不及时治疗,致病菌可进一步侵犯牙髓,引起牙髓炎或根尖周炎,严重者甚至会导致牙齿缺失。2017年9月19日国家卫生计生委发布的第四次全国口腔健康流行病学调查结果显示<sup>[1]</sup>:12岁儿童恒牙患龋率为34.5%,5岁儿童乳牙患龋率为70.9%,呈逐年上升趋势。国外调查研究发现龋病患病率为72.9%,且患病区域主要集中在磨牙区<sup>[2]</sup>。在调查的2~19岁人群中,1年内其原发龋病与未治疗龋病的患龋率分别为43.1%和13.0%<sup>[3]</sup>。由此可见,龋病的患病率无论是在国内还是国外仍然处于较高的水平。因此,找出能够早期检测龋病的方法并对龋病进行及时干预是科研人员迫切需要解决的问题。随着生物医学光学交叉学科的发展,利用光学原理的龋病检测技术逐渐被人们熟知,与之相关的体内体外研究也在不断探索。各大仪器制造商生产出了不同种类的小巧方便并适用于口腔的龋齿检测仪,这些检测仪的检测结果均以数值或图像的形式显示,通过操作者的直观讲解,增加了医生与患者间的沟通,减少医患纠纷,为患者提供积极治疗与预防龋齿的动力。由于具有无辐射、操作方便等优点,使应用人群更为广泛,尤其降低了儿童及孕妇人群口腔检查的难度,提高了口内龋齿检查的准确性,减少了漏诊、误诊的发生。因此,本文将从基本原理与临床应用的角度出发,对现有的龋齿检测仪器进行阐述。

### 1 VistaCam 龋齿检测仪

德国 Durr Dental 公司生产的 VistaCam 是一种能够有效监测龋病的口腔内荧光摄影机,现最新一代已更新至 VistaCam IX<sup>[4]</sup>。由于其不需要预先校准,只需保持牙面清洁,所以每一个临床医生均可以正确操作<sup>[5]</sup>。该仪器由一个口腔内照相机组成,采用两组能产生 405 nm 的紫外光发光二极管检测龋齿,通过摄像头捕获图像并由计算机处理图像,结果由数字和图像共同显示,健康的牙釉质呈现绿色,龋坏的部分呈现红色。以 0 到 3 的刻度量化龋病:1.0 表示牙釉质早期龋坏,1.5~2.0 表

示牙釉质深部龋坏,2.0~2.5 表示牙本质龋坏,2.5 及以上表示牙本质深部龋坏<sup>[6]</sup>。VistaCam 对殆面龋和邻面龋的敏感性相差较大,有研究显示,VistaCam 检测殆面龋时,敏感性为 0.89,而在检测邻面龋时仅为 0.63;对于两种类型龋病检测的特异性相差不多<sup>[7-8]</sup>。可能是由于临床上邻面龋病多发生在邻面接触点以下,而 VistaCam 选用的 405 nm 的紫外光可能很难透过表面看似完整的牙釉质达到龋损部位。此外,牙釉质裂纹的存在可能也会影响检测结果。这也说明,目前 VistaCam 对殆面龋的检测准确性高,而对邻面龋的检测则需改善其敏感性,提高准确度。

### 2 Soprolife Camera 龋齿检测仪

法国 La Ciotat, Acteon Imaging 公司生产的 Soprolife camera (SC) 是一种基于激光荧光原理的现代龋病检测方法,结合了口腔摄像机视觉检测和激光荧光装置的优点<sup>[9]</sup>。用 Soprolife camera 获得的图像可以在屏幕上观看,并使用一个特殊的软件程序(Sopro 成像软件模式)保存到计算机上。利用这种方法,可通过比较图像评估龋病随时间变化的情况<sup>[10]</sup>。该检测方法可在日光、诊断和治疗 3 种不同的模式下捕获信息。日光模式使用的是高倍率 LED 口内照相机,而诊断和治疗模式下则使用是 450 nm 的蓝色荧光。荧光照射时,会与白色 LED 光可以产生叠加效应,使得病变与健康的牙体组织呈现不同的颜色,绿色代表健康组织,红色代表龋坏组织。有文献报道,SC 检测殆面空洞型、非空洞型龋病时,敏感性分别为 0.98、0.85,结果呈现出一定差异,这可能是由于龋损形态不同造成的;特异性无差异,说明 SC 对于殆面龋的检测仍具有一定的可信度<sup>[10-11]</sup>。

### 3 DIAGNOdent、DIAGNOdent pen 龋齿检测仪

德国 Kavo 公司生产的 DIAGNOdent 是第一台广泛应用于临床实践的牙科椅旁激光荧光设备,该仪器采用了 655 nm 的近红外光。由于龋坏部位的牙齿组织存在脱矿及细菌代谢产物,所以,近红外光照射时得到的荧光强度不同。不同的荧光强

度由计算机特定的软件转化为相应的数值,数值大小反应了不同龋坏程度;5~10表示牙釉质龋,10~20表示早期牙本质龋,大于20表示牙本质进展龋。该设备最初只设计了锥形和圆形探头,仅适用于检测颊面龋和光滑面龋病。随后Kavo公司生产了新版本DIAGNOdent pen,其精致小巧的笔式探头更有利于邻面龋及沉积牙石的检测<sup>[12]</sup>。DIAGNOdent检测浅表颊面龋时,敏感性、特异性表现较高,分别为0.92、0.94;而检测隐匿性颊面龋时敏感性、特异性均降低,分别为0.85、0.77<sup>[10-11]</sup>。随着龋病的不断进展,病变达到牙本质时,DIAGNOdent的敏感性表现更低,仅为0.44<sup>[13]</sup>。可能是随着龋病进展,矿化与再矿化的交替进行,阻碍了DIAGNOdent荧光进入龋坏部位,造成假阴性的结果;其次,实验选取的仪器参考截断值不同也会导致实验结果的差异。

#### 4 CarieScan PRO 龋齿检测仪

苏格兰DUNDEE公司生产的CarieScan PRO是一种基于交流阻抗谱原理的新型龋齿检测仪器,该设备主要依靠于健康组织和龋组织之间的电传导差异进行检测,健康的牙釉质表现出高电阻,而脱矿区的电阻则较低。当牙齿存在龋病时,牙釉质表现出多孔性,唾液渗入空隙,空隙中的二烯物质使导电率增加,此时阻抗降低。当病变侵犯牙本质时,由于牙本质小管内液体的存在使得牙本质的导电率较牙釉质高,此时阻抗进一步降低。该设备可发送多个频率交流电并由此创建阻抗点的频谱,根据频谱分析龋齿的存在和严重程度。检测牙齿时,为保持有可循环的电流通过,首先需要将牙齿冲洗5 s,然后用无水无油空气吹干3 s后,将CarieScan PRO配套检测探头以轻微的力压入牙齿裂缝中,以确保在测量的过程中尖端不会移动,当显示的数值保持不变时,记录下数值,随即检测完成<sup>[14]</sup>。数值大小代表龋病病变程度:1~20表示完好的牙釉质,21~90表示牙釉质龋坏,91~99表示早期牙本质龋坏,100分则被认为是确定的牙本质龋坏。有研究显示,与DIAGNOdent、SC检测结果相比,CarieScan PRO检测颊面龋时的敏感性、特异性较低<sup>[10-11]</sup>。与Mortensen等<sup>[15]</sup>也研究了该仪器检测颊面龋的准确性,其结果显示更低,敏感性仅为0.3。敏感性低,说明该设备检测早期龋病的能力较差,医生在使用过程中需要对其检测结果仔细判读。

#### 5 Caries ID 龋齿检测仪

Caries ID是由登士柏公司生产的一种基于发光二极管的手持龋病检测设备。该设备使用635~880 nm波长的二极管,当牙齿矿物质密度发生变化时,其对光的反射能力下降,随即通过光纤捕获反射光,将其转化为电信号进行分析,用以评估牙齿矿物质密度的变化。健康的牙釉质呈绿色光,牙齿龋坏部位则呈红色光,另外在检测过程中同时伴随着频率变化时产生的信号声。检测结果评判标准:0是无龋(绿灯,无哔哔声);1是牙釉质龋(红灯,慢哔哔声);2是浅表牙本质龋(红灯,中哔哔声);3是深牙本质龋(红灯,快哔哔声)<sup>[16]</sup>。Caries ID检测颊面龋时,其敏感性、特异性均表现较低,分别为0.71、0.30<sup>[17]</sup>,这可能是由于在检测过程中检测人员读取信号声的主观性造成的。较低的特异性会导致龋病的过度诊断。因此,Caries ID不能准确评估牙齿矿物质密度的变化。由于其临床研究较少,因此在临床中不推荐使用该设备检测龋病及其他牙齿病变(修复体周围龋病、牙结石等)。

#### 6 DIAGNOcam/CariVu 龋齿检测仪

DIAGNOcam是德国Kavo公司生产的一种基于数字光纤透照技术的便携式龋齿检测仪。DIAGNOcam采用了780 nm的近红外光来检测颊面及邻面龋损的早期形态。由于使用了波长较长的近红外光,穿透牙齿的深度更深,在780 nm波长范围内,釉质呈半透明,龋损呈较深的颜色。DIAGNOcam设备配置两个大小不同的工作头,便于分别对成人和儿童进行检测。CariVu是由Kavo旗下子公司DEXIS生产的一种更小巧的检测仪,原理与DIAGNOcam相同,但CariVuCam图像可呈现更高清的4D效果,在成像软件中加入DEXvoice语音识别功能,实现检测仪器的自动化。由于两种设备均不需要清洁牙面及校准且安全、方便、无辐射,尤其适于孕妇人群的使用<sup>[18-19]</sup>。目前,临床上检测邻面龋多使用咬合翼片、数字化X线,然而研究显示,在检测非空洞型邻面龋时两者敏感性均较低,仅为0.45、0.55<sup>[20]</sup>。而DIAGNOcam在检测邻面龋时表现出较高的敏感性、特异性,尤其是其特异性高达0.96<sup>[21-22]</sup>。此外,有文献指出,DIAGNOcam还可检测邻面修复体周围的龋病,其特异性高达0.95,DIAGNOcam有望成为一种邻面龋的有效检测工具<sup>[23]</sup>。但对于颊面龋,DIAGNOcam的特异性

显示为0.61<sup>[24]</sup>。所以,在临床应用中,其仅可作为一种殆面龋的辅助检测工具。

### 7 金丝雀系统(Canary System,CS)龋齿检测仪

CS是由加拿大量子牙科科技公司生产的一种基于光热辐射测量技术与调制发光(photothermal radiometry and luminescence, PTR-LUM)原理的龋齿检测仪器,具有检测精密、功率较低等优点,能够快速探测到裂缝和龋病。该设备带有一个集成的口腔内照相机,并且选用了660 nm、2 Hz频率的脉冲激光,低频率的脉冲激光可探测到牙齿表面下50 μm~5 mm深的龋病。CS用时3 s即可完成牙齿扫描,扫描过程中牙齿会发出相应的光并带有能量的转换,医生可根据PTR-LUM幅值相位值的变化评估牙齿晶体结构的状态。The Canary System将测量结果通过特定的算法,转化为相应的数值(0~100),较低的数字(小于20)表明牙釉质健康,较高的数字表明存在裂缝或龋病<sup>[25]</sup>。目前该产品仅在加拿大和美国出售。CS在检测殆面龋时,其敏感性、特异性较低,分别为0.75、0.64;检测邻面龋时,特异性为0.82<sup>[26-27]</sup>。这可能是由于目前对于CS的临床研究较少,其选取的参考诊断数值不同导致实验结果准确性较低;当数字大于20时,即表示龋坏,并没有确定的数值划分龋病病变等级;其次,牙齿邻面之间的牙结石、烟渍不容易去除,也会影响实验的结果。由于PTR信号反映的是牙齿表面以下的信息,因此,并不会受到牙齿封闭剂、牙面白斑的影响而出现假阳性结果。同时也有文献指出,CS对于检测牙齿封闭剂下的龋病特异性高达0.94,而DIAGNOdent特异性则为0<sup>[28]</sup>。

近年来,一种采用1 310 nm、1 460 nm近红外光的多光谱近红外扫描纤维内窥镜(near-infrared scanning fibre endoscope, NIR-SFE)技术应用于早期龋病检测,波长越长,牙釉质越透明,健康釉质与龋坏组织对比度越大。在干燥的条件下,NIR-SFE可以通过区别脱矿的严重程度检测出浅表的龋病,此外还可以完成邻面龋和4 mm以下殆面龋的检测<sup>[29-30]</sup>。而高频超声成像是一种采用40 MHz频率的成像技术,因其成像对比度清晰、分辨率高,在显示人体内部结构方面具有显著优势。有研究将高频超声成像用来检测龋病病变深度及病变形状,结果与micro-CT有很好的 consistency。高频超声成像可能会提供关于龋病病变深度和形状的信息<sup>[31]</sup>,具有潜在的临床应用价值,但还需要进一步

研究。

### 8 小 结

龋齿检测仪因其客观且非侵入性等优点,一经研发便快速进入市场。但随着临床应用的增多,其检测结果的准确性也备受争议。VistaCam可在唾液、血液存在的情况下检测龋病和牙石<sup>[32]</sup>,但其结果是否完全不受影响有待进一步研究;牙齿色素沉着、牙科封闭剂的使用则可能会影响DIAGNOdent的检测结果。本文通过对多种龋齿检测仪进行对比分析,做出以下总结:①龋齿检测仪只能作为一种检测龋病的辅助诊断工具,并不能作为金标准使用;②条件允许的情况下,选用两种或两种以上的仪器,以提高检测结果的可靠性;③不同龋病类型可优先选择相应准确性更高的检测仪。例如,殆面龋时优先选择VistaCam、DIAGNOdent;邻面龋时优先使用DIAGNOcam/CariVu、CS。另外,医生需不断丰富自己的临床经验,主观与客观结合,做出准确判断。

### 参考文献

- [1] 王兴.第四次全国口腔健康流行病学调查报告[M].北京:人民卫生出版社,2018:13-18.  
Wang X. The fourth national oral health epidemiological survey report[M]. Beijing: people's medical publishing house, 2018: 13-18.
- [2] Alshahrani I, Tikare S, Meer Z, et al. Prevalence of dental caries among male students aged 15-17 years in southern Asir, Saudi Arabia[J]. Saudi Dent J, 2018, 30(3): 214-218.
- [3] Fleming E, Afful J. Prevalence of total and untreated dental caries among youth: United States, 2015-2016[J]. NCHS Data Brief, 2018 (37): 1-8.
- [4] Shakibaie F, Walsh LJ. Fluorescence imaging of dental restorations using the VistaCam intra-oral camera[J]. Aust J Forensic Sci, 2017, 51(1): 1-9.
- [5] Guerra F, Mazur M, Corridore D, et al. Effect of biofilm removal from the occlusal Toot surfaces on fluorescence measurements. a clinical study[J]. Senses Sci, 2018, 5(1): 481-486.
- [6] Jablonski-Momeni A, Heinzl-Gutenbrunner M, Klein SM. *In vivo* performance of the VistaProof fluorescence-based camera for detection of occlusal lesions[J]. Clin Oral Investig, 2014, 18(7): 1757-1762.
- [7] Presoto CD, Trevisan TC, Andrade MCD, et al. Clinical effectiveness of fluorescence, digital images and ICDAS for detecting occlusal caries[J]. Rev Odontol UNESP, 2017, 46(2): 109-115.
- [8] Tonkaboni A, Saffarpour A, Aghapourzangeneh F, et al. Comparison of diagnostic effects of infrared imaging and bitewing radiography in proximal caries of permanent teeth[J]. Lasers Med Sci, 2019, 34(5): 873-879.

- [9] Ari T, Ari N. The performance of ICDAS-II using low-powered magnification with light-emitting diode headlight and alternating current impedance spectroscopy device for detection of occlusal caries on primary molars[J]. ISRN Dent, 2013: 276070.
- [10] 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[J]. Eur J Paediatr Dent, 2017, 18(2): 99-104.
- [11] Ünal M, Koçkanat A, Güler S, et al. Diagnostic performance of different methods in detecting incipient non-cavitated occlusal caries lesions in permanent teeth[J]. J Clin Pediatr Dent, 2019, 43(3): 173-179.
- [12] Shakibaie F, Walsh LJ. Performance differences in the detection of subgingival calculus by laser fluorescence devices[J]. Lasers Med Sci, 2015, 30(9): 2281-2286.
- [13] Luczaj-Cepowicz E, Marczuk-Kolada G, Obidzinska M, et al. Diagnostic validity of the use of ICDAS II and DIAGNOdent pen verified by micro-computed tomography for the detection of occlusal caries lesions-an *in vitro* evaluation[J]. Lasers Med Sci, 2019, 34(8): 1655-1663.
- [14] Mortensen D, Ekstrand KR, Twetman S. Detection of occlusal caries with impedance spectroscopy and laser fluorescence before and after placement of fissure sealants: an *in vitro* study[J]. Am J Dent, 2016, 29(4): 229-233.
- [15] Mortensen D, Hessing-Olsen I, Ekstrand KR, et al. In-vivo performance of impedance spectroscopy, laser fluorescence, and bite-wing radiographs for occlusal caries detection[J]. Quintessence Int, 2018, 49(4): 293-299.
- [16] Neuhaus KW, Ciucchi P, Rodrigues JA, et al. Diagnostic performance of a new red light LED device for approximal caries detection[J]. Lasers Med Sci, 2015, 30(5): 1443-1447.
- [17] Diniz MB, Campos PH, Wilde S, et al. Performance of light-emitting diode device in detecting occlusal caries in the primary molars [J]. Lasers Med Sci, 2019, 34(6): 1235-1241.
- [18] Zhou Q, Peng CF, Qin M. Near infrared light transillumination for detection of incipient proximal caries in primary molars[J]. Beijing Da Xue Xue Bao, 2019, 51(1): 59-64.
- [19] Berg SC, Stahl JM, Lien W, et al. A clinical study comparing digital radiography and near-infrared transillumination in caries detection[J]. J Esthet Restor Dent, 2018, 30(1): 39-44.
- [20] Abesi F, Mirshekar A, Moudi E, et al. Diagnostic accuracy of digital and conventional radiography in the detection of non-cavitated approximal dental caries[J]. Iran J Radiol, 2012, 9(1): 17-21.
- [21] Abogazalah N, Gj E, Ando M. *In vitro* performance of near infrared light transillumination at 780-nm and digital radiography for detection of non-cavitated approximal caries[J]. J Dent, 2017, 63(63): 44-50.
- [22] Lederer A, Kunzelmann KH, Heck K, et al. *In vitro* validation of near-infrared transillumination at 780 nm for the detection of caries on proximal surfaces[J]. Clin Oral Investig, 2019, 23(11): 3933-3940.
- [23] Elhennawy K, Askar H, Jost-Brinkmann PG, et al. *In vitro* performance of the DIAGNOcam for detecting proximal carious lesions adjacent to composite restorations[J]. J Dent, 2018, 72: 39-43.
- [24] Tassoker M, Ozcan S, Karabekiroglu S. Occlusal caries detection and diagnosis using visual ICDAS criteria, laser fluorescence measurements, and near - infrared light transillumination images[J]. Med Princ Pract, 2020, 29(1): 25-31.
- [25] Silvertown JD, Abrams SH, Sivagurunathan KS, et al. Multi-Centre clinical evaluation of photothermal radiometry and luminescence correlated with international benchmarks for caries detection [J]. Open Dent J, 2017, 11: 636-647.
- [26] Jallad M, Zero D, Eckert G, et al. *In vitro* detection of occlusal caries on permanent teeth by a visual, light-induced fluorescence and photothermal radiometry and modulated luminescence methods[J]. Caries Res, 2015, 49(5): 523-530.
- [27] Jan J, Wan BW, Mathews SM, et al. Proximal caries lesion detection using the Canary Caries Detection System: an *in vitro* study [J]. J Investig Clin Dent, 2016, 7(4): 383-390.
- [28] Silvertown JD, Wong BP, Abrams SH, et al. Comparison of the canary system and DIAGNOdent for the *in vitro* detection of caries under opaque dental sealants[J]. J Investig Clin Dent, 2017, 8(4): 12239.
- [29] Lee RC, Zhou Y, Finkleman S, et al. Near-Infrared imaging of artificial enamel caries lesions with a scanning fiber endoscope[J]. Sensors (Basel), 2019, 19(6): 1419.
- [30] Zhou Y, Lee RC, Finkleman S, et al. Near-infrared multispectral endoscopic imaging of deep artificial interproximal lesions in extracted teeth[J]. Lasers Surg Med, 2019, 51(5): 459-465.
- [31] Kim J, Shin TJ, Kong HJ, et al. High-frequency ultrasound imaging for examination of early dental caries[J]. J Dent Res, 2019, 98(3): 363-367.
- [32] Shakibaie F, Walsh LJ. Dental calculus detection using the VistaCam[J]. Clin Exp Dent Res, 2016, 2(3): 226-229.

(编辑 罗燕鸿,曾雄群)



官网



公众号