

Driving Advances in Dental Diagnostics

Mr Yihua Zhu



 Scientia

标题:推动牙科诊断的进步

在过去的20年里,牙科影像取得了长足的进步。加利福尼亚大学的Yihua Zhu先生及其同事研究了新的成像方法,并将其性能与存在已久的传统技术进行了比较。Zhu先生和其他研究人员在短波红外成像(SWIR) 的基础上发明了一种用于研究龋齿的双探头,最近还发明了一种新的SWIR 多光谱透射与反射成像方法。他们的研究提供了一个新颖、高敏度、有效的方法来观察龋齿及其发展,以及一种对牙科中其他常见问题进行评估的方式。

裂纹、龋齿与其他问题

龋齿,也称为蛀牙,是牙科中的常见问题。龋齿是由细菌引起的矿物质流失导致的结果,可见于牙齿的不同部位。龋齿的一个关键问题是诊断方法缺乏标准化。直到不久前,我们仍缺乏必要的工具来准确评估龋齿和其他常见的牙齿状况。对于可以在表面看到的龋齿,例如咬合龋(咬合面)和牙根龋,只需查看病变月份并触摸牙齿即可做出诊断。可惜,这种直接观察诊断的方式是高度主观并且缺乏精确性的。

X射线被应用于口腔内部诊断。它代表了牙科解剖学成像的传统方法但却在许多情况下受到限制。例如,无法利用咬合翼片成像(X 射线)来评估病变深度。在这种情况下,牙科专家别无选择,只能依赖视觉评估和经验来猜测龋齿的严重程度。而这可能会导致牙医在不必要地情况下使用钻头。

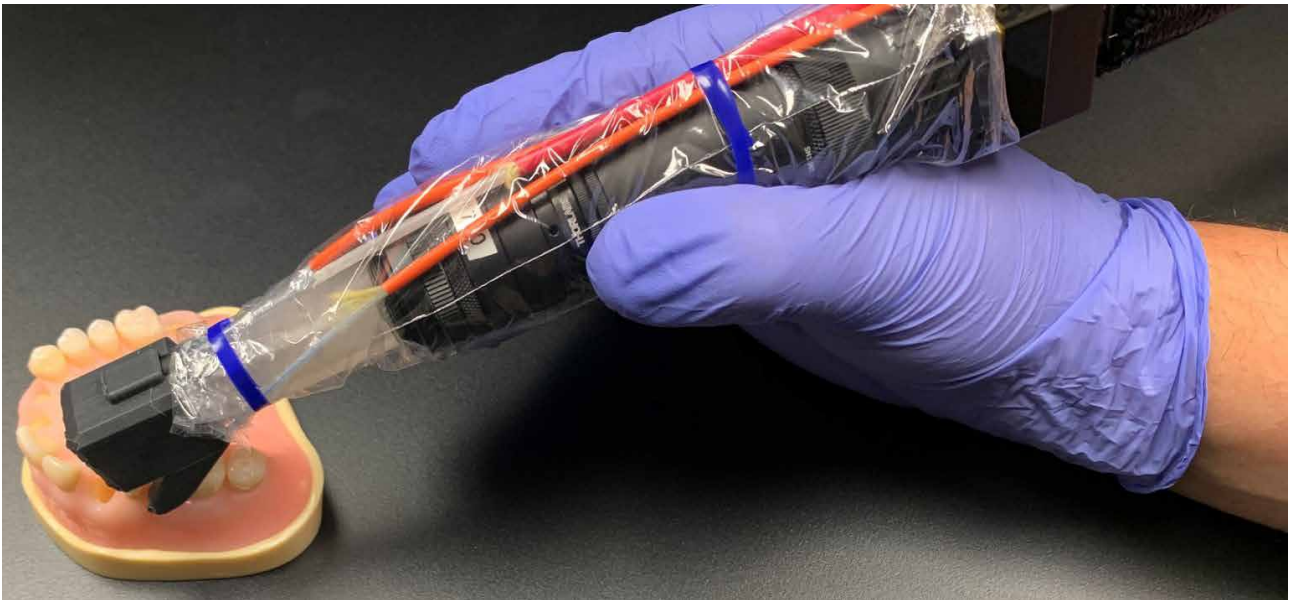
在过去的20年里,研究人员一直在开发可用于牙科的新工具。Yihua Zhu 先生和加利福尼亚大学预防与修复牙科科学系的一组研究人员致力于推进这一事业。Zhu先生通过引入重要的新方法,在牙科成像领域的现有研究的基础上进行拓展。具体为,该小组立足 于一种称为短波红外 (SWIR) 反射率的方法,通过使用新发明的探头增加透射成像来引入双重技术。

这两种方法通常是独立使用的,但Zhu先生和他的博士生导师Daniel Fried 教授发明了一种将两者相结合的方法。该小组最近使用不同波长的光对SWIR进行研究并将结果与牙科标准方法的结果进行比较,进一步完善了这一新工具。此外,Zhu先生和其他研究人员还研究了交叉偏振光学相干断层扫描方法(CP-OCT)在诊断龋齿方面的意义。



牙科诊断中的新工具和新技术

在牙科诊断中,X 射线和视觉评估相结合一直是传统的诊断方法。它提供了许多有价值的信息,并且在今天的实践中经常使用。即便如此,X 光片对于某些情况(例如牙根龋和咬合龋)的临床评估价值有限。此外,射线成像只能检测出矿物质损失在30-60% 之间的龋齿,因此无法检测出早期龋齿。面对染色等常见牙齿问题,视觉评估也很有限。通过视觉评估几乎不可能区分非龋齿染色和龋齿病变,因此过度治疗也是一个问题。



Credit: Yihua Zhu – 西南红外探测器概念图。资料来源: Yihua Zhu

数据显示,在任何时候定期去看牙医的患者中,约有三分之一在靠近口腔后部的牙齿上会有可疑的病变(可能是裂纹或龋齿)。牙医迫切需要新的方法来测量龋齿的深度,并检查龋齿是否已经深入到牙本质。牙本质或牙质构成了牙齿的大部分,是位于牙釉质下方的保护神经的物质。它通常呈淡黄色,比牙釉质软(但比骨头硬)。准确评估是否病变已到达牙齿这一部分的状况至关重要,因为此区域的病变可能会导致手术。

二十年前,新型成像方法 SWIR 和近红外(NIR) 成像问世。当使用较长波长的光(短波红外线)时,牙齿的表层(也称为牙釉质)是高度透明的。当 SWIR 光照射在牙龈线处或牙龈线下方时,可以从牙齿表面(或咬合面)对牙齿进行成像。这种方法被称为咬合透照法。

研究人员很快发现,这种光学成像技术为龋齿的早期诊断和测量龋齿的病变程度提供了新的可能性。单波长SWIR 成像是一种高效的非侵入性技术,且不使用电离辐射。SWIR 光可用于检测牙齿上的早期脱矿区域(已被牙菌斑磨损的牙釉质区域),因此它可以在由于病变过于严重而无法进行保守治疗(例如涂氟化物保护剂)之前,检测到龋齿并促进其再矿化。

不同的方法各有利弊,因此,将不同方法相结合是研究议程中一个明显而重要的趋势。由于SWIR 成像的高灵敏性,随着单波长SWIR 成像的灵敏度增加会产生误报问题,例如眩光和矿化不足可能被误认为是龋齿。

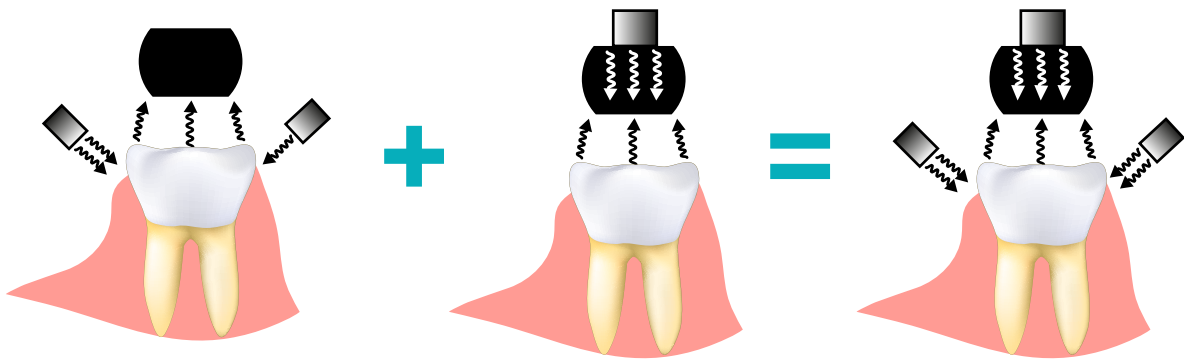
双重方法

Zhu先生和他的同事们在2021 年开始研究SWIR 透射与反射成像的联合应用。透射使用可让牙釉质透明显示的透射光波长。在反射成像中,选择具有高吸水率的波长会产生最高的脱矿对比度,将光线对准牙齿,然后用相机来收集反射光线。加利福尼亚小组开发了一种新的探针,可以使这两种方法几乎同时使用。该小组已经通过拔牙测试了探针的效果,他们目前正在对活体人体进行探针测试。

双重方法的使用为该小组提供了区分浅腔和深腔或病变的前景。当Zhu先生和Fried 教授将SWIR 光对准牙冠(牙龈和骨头突出的部分)下方拍摄咬合面时,他们能够生成比传统的X 光片对比度更高的图像,以此来检测牙齿之间的早期龋齿。

这项早期研究证明了在单个设备(或探头)中结合使用反射和透射方法的可行性。这意味着从业者将不再需要在设备之间切换,从而节省时间并提高效率。

最近,Zhu先生和团队研究了双成像探头的更多可能性。改变波长对于解决牙齿染色等问题很重要,污渍不会吸收较长波长的光。因此,SWIR 技术可以很好的避免染色的干扰。这使得牙科医生能够区分牙齿染色和脱矿物质问题。



Credit: Yihua Zhu - 3-D 打印的 SWIR 探针。资料来源: Yihua Zhu

Zhu先生和他的同事们发现，利用短波红外成像技术可以正确测量相邻牙齿之间的龋洞深度，从而准确评估病变的严重程度。研究人员再次使用拔出的牙齿进行研究。这些样本收集于旧金山湾（探测器最初发明的地方）和瑞士日内瓦。共有36颗牙齿，进一步检查后发现总共有67个龋洞。

研究人员发现，他们使用多光谱成像的新SWIR技术也十分适合检测咬合面和邻间（相邻牙齿之间）表面的龋齿。在这方面，它比传统方法要好用得多。检测结果不是用牙釉质的厚度来显示的，而是通过探针的位置。当探头直接放置在牙齿咬合面上方时，该方法还可以提高测量相邻牙齿之间牙腔的准确度。与此同时，当探头直接面向脸颊或舌侧放置时，双探查法的反射率分量对于观测牙齿表面相邻牙齿之间的龋齿没有用处。在总共67个龋洞中，只有7个是可见的——这对Zhu先生和团队来说是一个令人惊讶的结果。

除了提高诊断前景外，新工具的另一个优势是它不需要使用电离辐射。除此直接优势外，这还有利于研究人员研究龋齿随着时间的变化情况（这是使用X辐射时无法做到的）。

交叉偏振光学相干断层扫描

Zhu先生和团队最近还研究了另一种被称为CP-OCT的方法，这是一种使用偏振光拍摄牙齿3D图像的非侵入性方法。该方法增强了对比度并能够对牙齿的横截面解剖结构进行成像。CP-OCT已被证明可用于检测牙根和

冠状（到达牙本质内四分之一的裂纹）龋齿、牙骨质（覆盖牙根的钙化层）损失和牙根表面严重脱矿的情况，以及其他在通常情况下不易发现的问题。

重要的是，CP-OCT带来的高分辨率可以检测龋齿顶部表面再矿化的透明表面区域。龋齿的再矿化表示着牙齿自然愈合过程的开始（很像皮肤伤口顶部的结痂）。检测到再矿化表面说明病变已经开始这个过程并且不再需要治疗。然而，再矿化的表面区域在可见光下是透明的，而且由于太薄而无法通过射线照片检测到。识别其存在的唯一方法是查看拔出的牙齿并检查其组织学。

但在CP-OCT的帮助下，Zhu先生和团队能够识别活体人体中再矿化表面区域的存在，并追踪其随时间的增长变化。通过检测“被捕”的龋齿并克服机械干预的需要，进一步拓展了牙科保守治疗的可能性。正如我们所见，Zhu先生和他的研究小组所取得的进展，对推进现代牙科，特别是牙科诊断学做出了重大的贡献。



认识研究人员

Yihua Zhu先生
加利福尼亚大学
旧金山, 加利福尼亚州
美国

Yihua Zhu 先生目前正在加利福尼亚大学攻读口腔与颅面科学博士学位,他是该校 Daniel Fried 教授的研究小组成员。Zhu先生于2016 年在南加州大学获得物理学本科学位,随后于2018 年在宾夕法尼亚大学获得医学物理学硕士学位,并参与多个研究小组,从中积累了宝贵的研究经验。他是美国医学物理协会和国际光电工程学会的成员。Zhu先生在多份国际专业期刊上发表过文章,并在大型牙科发展会议上进行了成果展示。

联系方式

E: Yihua.Zhu@ucsf.edu

W: <https://dentistry.ucsf.edu/about/students/yihua-zhu>

T: @YihuaZ_

主要合作者

Daniel Fried教授(博士生导师, 博士论文导师)

Cynthia Darling教授(博士论文导师)

Donald Curtis 教授(临床合作者)

研究资金

National Institute of Dental and Craniofacial Research/National Institutes of Health

研究资金

国家牙科和颅面研究所/国家卫生院

更多

Y Zhu, M Kim, D Curtis, et al., [Active Surveillance of Root Caries in Vivo with CP-OCT](https://doi.org/10.3390/diagnostics13030465), Diagnostics, 2023, 13(3), 465. DOI: <https://doi.org/10.3390/diagnostics13030465>

Y Zhu, D Fried, Measurement of the Depth of Lesions on Proximal Surfaces with SWIR Multispectral Transillumination and Reflectance Imaging, Diagnostics, 2022, 12(3), 597. DOI: <https://doi.org/10.3390/diagnostics12030597>

Y Zhu, M Abdelaziz, J Simon, et al., [Dual short wavelength infrared transillumination/reflectance mode imaging for caries detection](https://doi.org/10.1117/1.JBO.26.4.043004), Journal of Biomedical Optics, 2021, 26(4), 043004. DOI: <https://doi.org/10.1117/1.JBO.26.4.043004>



University of California
San Francisco