

Е.С. Воропай¹, Л.С. Ляшенко¹, М.П. Самцов², В.Р. Булатова³

¹Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

²НИИ ПФП им. А.Н. Севченко БГУ, Минск, Беларусь

³Белорусский государственный медицинский университет,
Минск, Беларусь

ДИАГНОСТИКА СКРЫТОГО КАРИЕСА МЕТОДОМ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ

Введение

Определенные трудности диагностики раннего скрытого кариеса возникают в зависимости от топографии развития деминерализации, например, в области прикорневой зоны зуба частично прикрытой мягкими тканями десны. Задача усложняется тем, что основные методы диагностики (например, визуальный осмотр) на данном этапе являются малоинформативными, как так патологический процесс начальной стадии кариозного заболевания не сопровождается

разрушением эмали и адекватно оценить клиническую ситуацию можно в комплексе с дополнительными методами диагностики.

Метод флуоресцентной диагностики выступает в качестве дополнительного метода к визуальному осмотру и основан на анализе различий в спектрах флуоресценции интактных и пораженных кариозным процессом твердых тканей зуба, а также в изменении интенсивности флуоресценции в зависимости от степени кариозной деминерализации при воздействии лазерным излучением.

В данной работе выполнено исследование спектрально-люминесцентных характеристик здоровых и патогенных тканей зубов с целью выбора оптимальных условий возбуждения и регистрации лазерно-возбуждаемой флуоресценции, чтобы по ее интенсивности определять границы локализации патологической области, как на открытой поверхности зубов, так и скрытого кариеса в пришеечной и прикорневой зонах под мягкими тканями десны.

Объекты и методика эксперимента

В качестве объектов исследований выступали удаленные по медицинским показаниям зубы, содержащие здоровую эмаль и видимые кариозные пятна от белого до более темного, коричневого цвета.

Измерения спектров флуоресценции твердых зубных тканей интактных и пораженных кариозным процессом различной степени тяжести *in vitro* и анализ их формы выполнялись на спектрометрическом комплексе (рисунок 1). Возбуждение спектров флуоресценции осуществлялось полупроводниковым лазером с длиной волны излучения 684 нм и мощностью на выходе 10 мВт. Подвод возбуждающего излучения к исследуемому объекту и регистрация флуоресценции осуществляется с помощью оптического волокна. Оптическая система состоит из излучателя-светоколлектора, малогабаритного полихроматора и блока фотоприемника. Излучатель-светоколлектор включает в себя систему сбора и подвода излучения на вход полихроматора. Проведение диагностики кариозных образований включало калибровку прибора на интактную зубную поверхность и непосредственное измерение спектров флуоресценции с исследуемых зубных поверхностей. Регистрацию излучаемой волны проводили через светофильтр с полосой пропускания волн 720-900 нм для уменьшения уровня рассеянного света. Далее осуществлялась компьютерная обработка полученного сигнала с помощью специальной программы, написанной в среде

программирования Delphi для работы под управлением MS Windows, которая посредством получаемых графиков интенсивности свечения позволяет определять относительный сигнал свечения.

2. Результаты и их обсуждение

Взаимодействие возбуждающего света с тканью определяется как длиной волны возбуждающего источника, так и оптическими свойствами ткани-мишени [2]. В работах [3, 4] показано, что ослабление интенсивности света прошедшего через образец эмали экспоненциально уменьшается (в диапазоне от видимой спектральной области до 1,6 мкм) с увеличением длины волны света (рисунок 2). Эмаль достаточно прозрачна в ближней ИК-области, на длинах волн, превышающих 1,6 мкм, поглощение эмали возрастает, т.к. начинает поглощать вода, содержащаяся в ней.



Рисунок 1 – Спектрометрический комплекс, разработанный в НИИ ПФП им. Севченко [1]

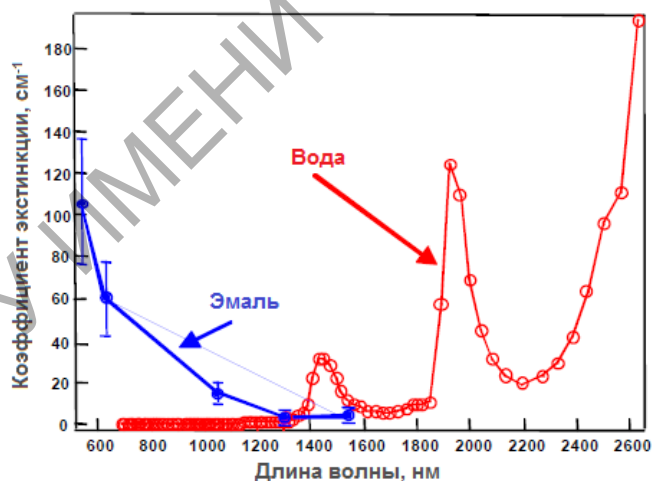


Рисунок 2 – Спектры поглощения эмали зуба человека [3] и воды [5]

Инфракрасное излучение меньше поглощается и рассеивается эмалью, что способствует увеличению глубины обнаружения кариозных разрушений. Для обнаружения скрытого кариозного поражения важно, чтобы излучение глубже проникало в твердые ткани зуба.

При проведении облучения поверхности зуба, не всегда удается избежать облучения придесневой области из-за особенностей строения челюсти и геометрических параметров оптического световода. Поэтому, на регистрируемый сигнал флуоресценции может оказывать влияние собственная флуоресценции биологических тканей, обуслов-

ленная наличием в них эндогенных биомолекул с достаточно интенсивным свечением. Известно, что в спектральном диапазоне 650-1000 нм поглощение света компонентами биологических тканей (гемоглобин, меланин, вода) минимально [6], следовательно, при увеличении длины волны возбуждающего излучения ожидаемо будет происходить понижение уровня их свечения. Таким образом, при диагностике кариеса наиболее подходящим излучением для лазерного возбуждения флуоресценции кариозного образования может быть излучение в области большей прозрачности биоткани, менее эффективно возбуждающее флуоресценцию интактной биоткани.

Согласно изложенным выше рассуждениям для исследования спектрально-люминесцентных свойств твердых тканей зуба в спектрометрическом комплексе, в качестве источника излучения выбран полупроводниковый лазер с длиной волны 684 нм. На рисунке 3 представлены спектры флуоресценции *in vitro* различных областей зуба при возбуждении светом данного источника. Полученные спектры флуоресценции представляют собой широкую полосу с четко выраженным пиком вблизи 755 нм. Понятно, что при таком возбуждении и использовании отрезающего фильтра описанного спектрометра, регистрируются лишь длинноволновые участки спектров флуоресценции исследуемых тканей. Вследствие этого, регистрируемые спектры флуоресценции здоровых и пораженных кариозным процессом твердых тканей зуба являются близкими по форме и имеют одинаковое положение максимума, но существенно различаются по величине регистрируемого сигнала флуоресценции. Наименьшей интенсивностью флуоресценции обладает интактная поверхность зубов. Интенсивность флуоресценции увеличивается с увеличением степени кариозной деминерализации. Анализ изменения интенсивности флуоресценции позволяет определить границы локализации патологической области. Кроме того, при регистрации спектров отложений зубного камня также фиксировался резкий рост интенсивности флуоресценции по сравнению с интактной областью (рисунок 4).

Зубной камень, заселенный множеством микроорганизмов, представляет особую проблему в стоматологии, так как провоцирует воспалительный процесс в прилегающих участках десны. Следовательно, увеличение интенсивности в спектре флуоресценции твердой ткани зуба по сравнению с интактной поверхностью свидетельствует о наличии проблемы: или кариес или зубной камень. Для определения природы регистрируемого свечения проводилась очистка поверхно-

сти зубов. Сохранение относительной интенсивности в спектре флуоресценции после очистки поверхности от отложений зубного камня свидетельствовало о проявлении кариозного участка.

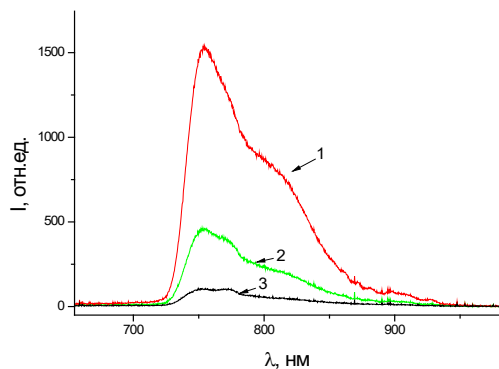


Рисунок 3 – Спектры флуоресценции пораженной поверхности (1), на границе пораженной области (2) и от интактной поверхности (3)

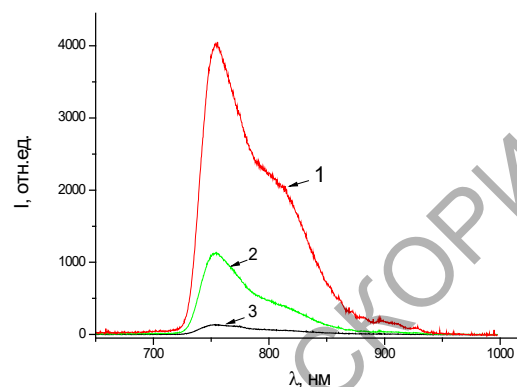


Рисунок 4 – Спектры флуоресценции зубного камня (1), на границе с зубным камнем (2) и от интактной поверхности (3)

Таким образом, представленные данные свидетельствуют об эффективности использования для диагностики ранних кариозных изменений метода лазерно-индуцированной флуоресценции, который позволяет диагностировать локализацию скрытого кариеса, а также дифференцировать степень кариозного процесса под тканями десны. Использование спектрометрического комплекса с полупроводниковым лазером на возбуждении позволяет определять наличие поражений по изменению интенсивности свечения интактных и кариозных областей открытой поверхности зубов, так и скрытого кариеса в пришеечной и прикорневой зонах под мягкими тканями десны.

Заключение

Показано, что использование для возбуждения флуоресценции зубной поверхности излучение инфракрасного полупроводникового источника с длиной волны 684 нм способствует увеличению глубины обнаружения кариозных разрушений и позволяет диагностировать скрытый кариес в пришеечной и прикорневых зонах под мягкими тканями десны. Критерием определения наличия кариозного процесса является регистрация увеличения интенсивности сигнала флуоресценции от исследуемого участка по сравнению со здоровой тканью.

Литература

1. Лазерный спектрометрический комплекс для флуоресцентной диагностики области локализации опухолей / Самцов М.П., Радько А.Е., Каплевский К.Н., Шевченко К.А. // Квантовая электроника: материалы V Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 22-25 ноября, 2004 г. – Мн.: БГУ, 2004. – 179 с.

2. The optical diagnostics of parameters of biological tissues of human intact skin in near-infrared range / Petruk V., Kvaternyuk S., Bolyuh B. [et al.] // Proc. SPIE, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments. – 2016. – Vol. 100313. – P. 100313C-1–100313C-7.

3. Nature of light scattering in dental enamel and dentin at visible and near-infrared wavelengths / Fried D., Glena R.E., Featherstone J.D., Seka W. // Appl. Opt. – 1995. – Vol. 34, № 7. – P. 1278–1285.

4. Near-infrared transillumination at 1310-nm for the imaging of early dental decay / Jones R.S., Huynh G.D., Jones G.C. [et al.] // Opt. Express. – 2003. – Vol. 11, № 18. – P. 2259–2265.

5. Hale, G.M. Optical constants of water in the 200-nm to 200- μm wavelength region / G.M. Hale, M.R. Querry // Appl. Optics. – 1973. – Vol. 12. – P. 555–563.

6. Review of short-wave infrared spectroscopy and imaging methods for biological tissue characterization / R.H. Wilson [et al.] // Journal of Biomedical Optics. – March, - 2015. – Vol. 20, №3. – P. 1–11.