

# Флуоресцентная спектроскопия кожи человека: возможности и ограничения

А.В. Дунаев

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», Орёл, Россия

**Аннотация** — Описаны существующие возможности, ограничения и перспективы применения флуоресцентной спектроскопии кожи человека при решении различных диагностических задач практической медицины.

**Ключевые слова** — кожа человека; флуоресцентная спектроскопия; мультимодальная оптическая диагностика; портативные устройства

## I. ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия для диагностики метаболических процессов в биологических тканях все большую популярность приобретают методы флуоресцентной спектроскопии (ФС) и визуализации. В клинической практике для диагностики патологических изменений в биологических тканях методом ФС оценивают различия в параметрах интенсивности или спектрального состава сигнала флуоресценции от нормальных и патологических тканей. К числу веществ, обладающих выраженной автофлуоресценцией, в биологических тканях относят коферменты восстановленный никотинамидадениндинуклеотид (НАДН) и флавинадениндинуклеотид (ФАД), структурные белки коллаген и эластин, аминокислоты триптофан и тирозин, а также порфирины, липофусцин и меланин. Использование флуоресцентных методов позволяет обнаруживать биохимические изменения в тканях, связанные с патологическими метаболическими перестройками. Целью данной работы явилось продемонстрировать возможности и ограничения ФС кожи человека при решении различных диагностических задач практической медицины.

## II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На протяжении более 10 лет в НТЦ биомедицинской фотоники ОГУ имени И.С. Тургенева разрабатываются методы и устройства с применением ФС кожи человека для различных областей медицины – эндокринологии, дерматологии, онкологии, реабилитологии, сомнологии, космической медицины [1-4]. Накопленный клинический опыт (всего исследовано более 300 пациентов) показал, что диагностическая значимость ФС повышается при мультимодальном подходе, заключающемся в одновременной регистрации медико-биологических параметров с помощью других оптических методов (например, лазерной доплеровской флоуметрии, спектроскопии диффузного отражения, рамановской спектроскопии и др.) и дальнейшем совместном анализе полученных данных.

## III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведен анализ долговременной индивидуальной вариабельности эндогенной флуоресценции флуорофоров – НАДН и ФАД. Установлено, что одним из главных факторов, влияющих на разброс результатов измерений, является уровень кровенаполнения биоткани, который необходимо учитывать при интерпретации данных в диагностике [2]. В клинических условиях получены данные по различию накопления конечных продуктов гликирования в биоткани у пациентов с сахарным диабетом 2-ого типа по отношению к условно здоровым волонтерам [3]. Разработанный на основе мультимодального подхода метод, основанный на ФС и лазерной доплеровской флоуметрии, позволяет классифицировать состояние биотканей на классы отсутствия, наличия или более тяжелой формы микроциркуляторно-метаболических нарушений с вероятностью ложноотрицательного результата диагностики менее 0,2. Благодаря реализации канала ФС в портативном варианте впервые удалось зарегистрировать амплитуду интенсивности флуоресценции кофермента кожи НАДН (при возбуждении на длине волны 365 нм) в условиях невесомости, что позволяет оценивать изменения окислительного метаболизма биоткани.

## IV. ВЫВОДЫ

Одновременная регистрация спектров флуоресценции совместно с другими методами биофотоники на основе мультимодального подхода несет информацию о метаболических процессах и морфологической структуре тканей. Одним из перспективных направлений применения ФС в медицине является разработка портативных устройств для оценки окислительного метаболизма биотканей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] А.В. Дунаев, Мультимодальная оптическая диагностика микроциркуляторно-тканевых систем организма человека, ТНТ: Старый Оскол, 2022, 440 с.
- [2] Е.А. Жеребцов, В.В. Дрёмин, А.И. Жеребцова, Е.В. Потапова, А.В. Дунаев, Флуоресцентная диагностика митохондриальной функции в эпителиальных тканях *in vivo*, ОГУ имени И.С. Тургенева: Орёл, 2018, 107 с.
- [3] A.V. Dunaev, V.V. Tuchin (Eds.), Biomedical Photonics for Diabetes Research, Taylor & Francis Group LLC, CRC Press: Boca Raton, FL, 2022, 287 p.
- [4] V. Dremin, S. Sokolovski, E. Rafailov, E. Zharkikh, E. Potapova, A. Dunaev, E. Zherebtsov, In vivo fluorescence measurements of biological tissue viability, Advanced Photonics Methods for Biomedical Applications, Taylor & Francis Group LLC, CRC Press: Boca Raton, FL, 2023, pp. 1-37