

Исследование спектров комбинационного рассеяния кожи разных участков тела и разных фенотипов

Е.В. Сорокина
Самарский национальный
исследовательский университет им.
академика С.П. Королева
Самара, Россия
hellitio15@gmail.com

Ю.А. Христофорова
Самарский национальный
исследовательский университет им.
академика С.П. Королева
Самара, Россия
khristoforovajulia@gmail.com

И.А. Братченко
Самарский национальный
исследовательский университет им.
академика С.П. Королева
Самара, Россия
iabratchenko@gmail.com

Аннотация—Было проведено экспериментальное измерение спектров комбинационного рассеяния кожи людей с разных участков тела с разными фенотипами. Показано, что наблюдаются различия в спектральной интенсивности сигнала комбинационного рассеяния в зависимости от локализации и фенотипа кожи, что свидетельствует о вариабельности химического состава кожи.

Ключевые слова— спектроскопия комбинационного рассеяния, кожа человека, фенотип кожи.

1. ВВЕДЕНИЕ

Кожа является самым большим органом человека и составляет около 15% от общей массы тела. При этом химический состав кожи может варьироваться в нормальном состоянии в зависимости от типа, цвета и локализации. С другой стороны, изменение химического состава кожи может приводить к развитию заболеваний, в том числе развитию рака кожи в зависимости от разных факторов. Чтобы лучше понимать, какие изменения кожи связаны с различными заболеваниями, важно оценить изменчивость молекулярного состава кожи в нормальном состоянии.

Для неинвазивного анализа биологических тканей успешно применяется спектроскопия комбинационного рассеяния (КР) [1], поскольку этот метод чувствителен к структуре и конформациям биохимического строения. Метод спектроскопии КР, основанный на изменении длины волны зондирующего излучения после взаимодействия с молекулами исследуемого объекта, позволяет с высокой точностью определять наличие химических соединений и их изменение вследствие различных процессов в исследуемой среде. Применение спектроскопии КР для измерения состояния кожи представляет собой особый интерес из-за доступности и простоты экспериментальных измерений.

Цель данной работы – провести анализ спектров КР кожи и оценить вариабельность спектральных характеристик кожи разных локализаций и разных фенотипов в нормальном состоянии.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование кожи проводилось с использованием экспериментального оборудования, которое включает в себя термостабилизированный полупроводниковый

лазерный модуль LML-785.0RB-04 (центральная длина волны $785 \pm 0,1$ нм, 150 мВт), портативный спектрометр QE6500, включающий матричный ПЗС-детектор с термоэлектрическим охлаждением до -15°C , оптический пробник inPhotonics. Подробное описание установки представлено в работе. Для построения моделей с целью классификации различных типов патологий применялся статистический метод. Спектры кожи были зарегистрированы в течение 20 секунд с трехкратным накоплением. Добровольцами выступили 32 человека с разными фенотипами (10 человек с II фенотипом, 10 человек – III и 12 – IV фенотипом). Измерения проводились в условиях с минимальными источниками белого света, чтобы уменьшить количество шума в сигнале.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

Были измерены спектры КР кожи у каждого волонтера с 10 различных участков тела (щека, лоб, шея, мочка, ладонь, предплечье, внутренняя и внешняя сторона щиколотки, живот, спина). Спектры были предварительно обработаны с помощью сглаживающего фильтра Савицкого-Голея и нормировки на стандартное отклонение интенсивности по каждому спектру.

На рис. 1 представлены усредненные спектры комбинационного рассеяния кожи разных локализаций для разных фенотипов. Основные полосы в спектрах КР кожи всех локализаций наблюдаются на сдвигах частот с максимальными значениями при 1160 , 1335 , 1450 , 1660 см^{-1} . Они характерны для КР-активных веществ: 1160 см^{-1} (каротиноиды), 1335 см^{-1} (коллаген), 1450 см^{-1} и 1660 см^{-1} (соединения липидов). Различия интенсивностей КР полос для нормальной кожи свидетельствует о различных биохимических особенностях кожи на различных анатомических участках тела [2].

На рис. 2 наглядно приведено соотношение разброса значений. Если проводить расчет по нескольким локализациям, то получается большее значение разброса, чем при расчете в одной локализации. Самый меньший разброс спектральной интенсивности наблюдается для спектров ладони – 3%, самый большой для спектров шеи – 14%. Разброс средних значений по всему телу достигает 30%.

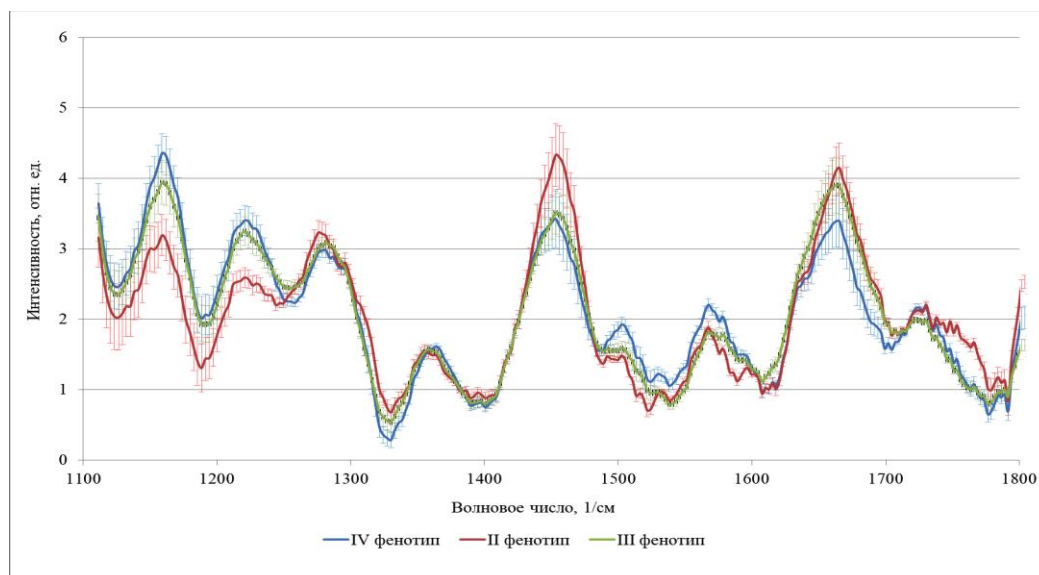


Рис. 1. Средние спектры КР кожи волонтеров с разным фенотипом кожи

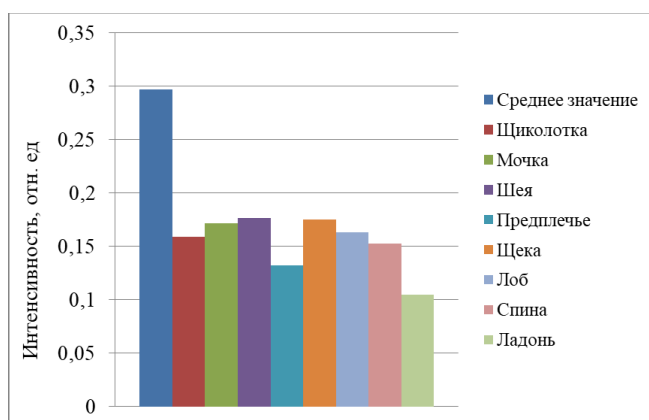


Рис. 2. Среднее значение разброса КР интенсивности при расчете по телу и по локализациям

Были построены и проанализированы графики для каждой локализации по всем трем фенотипам. Сравнение графиков позволило заметить, что для разных фенотипов в каждой локализации наблюдаются примерно одинаковые значения разброса спектральной КР интенсивности.

Сравнение спектральных значений внутренней и внешней поверхности щиколотки показало, что они незначительно отличаются в пределах любого фенотипа. Различия интенсивностей КР полос в зависимости от фенотипа и локализации лежит в пределах 10 -15%

4. ВЫВОДЫ

Спектральные особенности КР кожи разных локализаций одного человека могут различаться на 10% из-за различного строения кожи. Спектральные

особенности КР кожи для одинаковых локализаций в рамках одного фенотипа кожи различаются на 12%, что свидетельствует о примерно схожем биохимическом составе и строении кожи. Спектральные особенности КР кожи одинаковых локализаций для людей с разным фенотипом кожи достигают различий 15% из-за различий компонентного состава.

Различия интенсивностей КР полос для нормальной кожи свидетельствует о различных биохимических особенностях кожи на различных анатомических участках тела и влиянии особенностей фенотипов, таких как толщина кожных покровов, количество коллагена, меланина, каротина и прочих.

Полученные результаты могут использоваться для анализа КР спектральных особенностей кожи человека с нарушенным метаболизмом в следствие различных заболеваний. Данные вычисления могут помочь в дальнейшем определении границ нормы спектральных значений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 21-75-10097.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Cordero, E. In-vivo Raman spectroscopy: from basics to applications / E. Cordero, I. Latka, C. Matthäus // Journal of Biomedical Optics. – 2018. – Vol. 23(7). – P. 071210.
- [2] Zhao, J. Quantitative analysis of skin chemicals using rapid near-infrared Raman spectroscopy / J. Zhao // Photonic Therapeutics and Diagnostics IV. – 2008. – Vol. 6842. – P. 62-68.