**Неинвазивное измерение толщины подкожного жирового слоя с помощью спектроскопии диффузного отражения: изучение эффектов физиологических изменений кожи и построение предиктивной модели.**

**Филиппов И.Д.1, Давыдов Д.A2,3**

1Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,физический факультет, Москва, Россия

2Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Россия

3Медицинский научно-образовательный центр МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, РоссияE–mail: filippov.id21*@physics.msu.ru*

Толщина подкожного жирового слоя имеет большое значение для диагностики и лечения различных заболеваний, таких как ожирение и саркопения[1]. Для оценки его толщины уже существуют различные методы основанные на УЗИ[2-5], МРТ[6-9]. Их основными недостатками является высокая стоимость и большие размеры оборудования, также необходим навык работы с этим оборудованием. В данной работе была исследована возможность определения толщины подкожного жира с помощью спектроскопии диффузного отражения с пространственным разрешением.

Метод спектроскопии диффузного отражения с пространственным разрешением заключается в измерении отраженного спектра от биотканей на разных расстояниях между источником и детектором. В литературе [10-13] была продемонстрирована возможность определения толщины гиподермы с помощью данного метода, используя локальный максимум поглощения около 930 нм. Однако ограничением этих исследований является малый размер выборки добровольцев, что снижает возможность выявления корреляций между оптическим откликом и физиологическими характеристиками, включая возраст и пол добровольца. Это подчеркивает необходимость дальнейших исследований с более крупными и разнообразными группами добровольцев для лучшего понимания последствий оптических измерений в контексте различных физиологических характеристик человека.

В рамках данной работы было продемонстрировано применение спектроскопии диффузного отражения с пространственным разрешением в качестве неинвазивного метода измерения толщины подкожного жирового слоя на группе из 247 добровольцев. Исследование взаимосвязи между амплитудой поглощения липидов и толщиной подкожного жирового слоя показало высокую корреляцию в диапазоне толщин от 1 до 4 мм. Также было изучено влияние различных расстояний между источником и детектором на данную зависимость. Кроме того, методами машинного обучения было выявлено, что пол и возраст являются важными физиологическими факторами, влияющими на оптический отклик. Была разработана прогностическая модель на основе данных спектроскопии диффузного отражения, которая позволяет оценить толщину гиподермы со средней квадратичной ошибкой равной 1,56 мм.

*Работа выполнена при поддержке Междисциплинарной образовательной школы Московского университета «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина».*

**Литература**

1. Trayhurn, P., & Beattie, J. H. (2001). Physiological role of adipose tissue: white adipose tissue as an endocrine and secretory organ. Proceedings of the Nutrition Society, 60(3), 329-339.
2. Alexander, H., & Miller, A. D. (1979). Determining skin thickness with pulsed ultra sound. Journal of Investigative Dermatology, 72(1), 17-19.
3. Olsen, L. O., Takiwaki, H., & Serup, J. (1995). High‐frequency ultrasound characterization of normal skin. Skin thickness and echographic density of 22 anatomical sites. Skin Research and Technology, 1(2), 74-80.
4. Eisenbeiss, C., Welzel, J., Eichler, W., & Klotz, K. (2001). Influence of body water distribution on skin thickness: measurements using high‐frequency ultrasound. British Journal of Dermatology, 144(5), 947-951.
5. Hoffmann, K., Stuücker, M., Dirschka, et. al. (1994). Twenty MHz B‐scan sonography for visualization and skin thickness measurement of human skin. Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology, 3(3), 302-313.
6. Stefanowska, J., Zakowiecki, D., & Cal, K. (2010). Magnetic resonance imaging of the skin. Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology, 24(8), 875-880.
7. Aubry, S., Casile, C., Humbert, P., Jehl, J., Vidal, C., & Kastler, B. (2009). Feasibility study of 3-T MR imaging of the skin. European radiology, 19, 1595-1603.
8. Bittoun, J., Saint-Jalmes, H., Querleux, et. al. (1990). In vivo high-resolution MR imaging of the skin in a whole-body system at 1.5 T. *Radiology*, *176*(2), 457-460.
9. Idy-Peretti, I., Bittoun, J., Alliot, F. A., Cluzan, R. V., Richard, S. B., & Querleux, B. G. (1998). Lymphedematous skin and subcutis: in vivo high resolution magnetic resonance imaging evaluation. *Journal of investigative dermatology*, *110*(5), 782-787.
10. Choi, Y. S., Hong, H. K., Kim, B. J., Kim, M. N., & Park, H. D. (2008). Development of a non‐invasive measurement system to the thickness of the subcutaneous adipose tissue layer. *Experimental dermatology*, *17*(6), 537-541.
11. Geraskin, D., Boeth, H., & Kohl-Bareis, M. (2009). Optical measurement of adipose tissue thickness and comparison with ultrasound, magnetic resonance imging, and callipers. Journal of Biomedical Optics, 14(4), 044017-044017.
12. Warren, R. V., Bar-Yoseph, R., Hill, B., Reilly, D et. al. (2022). Diffuse optical spectroscopic method for tissue and body composition assessment. *Journal of Biomedical Optics*, *27*(6), 065002-065002.
13. Inga, S., Aleksejs, Z., Ilona, Z., Janis, K., & Janis, S. (2017). Comparison of a near-infrared reflectance spectroscopy system and skin conductance measurements for in vivo estimation of skin hydration: a clinical study. *Journal of Biomedical Photonics & Engineering*, 3(1), 10310.