

IN VIVO ДИАГНОСТИКА ЛИМФЕДЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ *

✉ Д. С. Амирханов¹, И. А. Тримасов¹, В. В. Николаев¹,
О. С. Курочкина², Н. А. Кривова¹, А. В. Талецкий³, Ю. В. Кистенев¹

¹ *Томский государственный университет, Томск, Россия*

² *НИИ микрохирургии, Томск, Россия*

³ *Томский областной онкологический диспансер, Томск, Россия*

✉ denis.amirhanov@yandex.ru

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), лимфедемой страдают 300 млн человек, при этом 96 % составляют люди трудоспособного возраста [1]. Лимфедема является прогрессирующим заболеванием и при отсутствии своевременного лечения способна привести к полной инвалидности. Это заболевание возникает в результате плохого лимфотока, переходит в хроническую форму и приводит к изменениям кожи и подкожно-жировой клетчатки [2].

В данной работе рассмотрен метод оптической когерентной томографии (ОКТ) для исследования поверхностных слоев кожи с целью оценки состояния ткани в результате формирования устойчивой лимфедемы. Цель исследования — оценка применимости метода ОКТ и подходов машинного обучения для диагностики лимфедемы. При использовании машинного обучения совместно с ОКТ возможно получить быстрый и эффективный метод диагностики лимфедемы.

Исследование проводилось на самцах крыс линии *Wistar* в возрасте 8–10 недель (масса 200–250 г), 15 голов. Эксперименты выполнялись на установке GANYMEDE-II. Данная система оборудована лазером с рабочей длиной волны 930 ± 50 нм, позволяет получать 2D- и 3D-данные интенсивности в зависимости от глубины и демонстрирует информацию о морфологии и эластических свойствах биологических тканей.

В эксперименте участвовали крысы с лимфедемой двух типов: после одного и двух облучений [1]. Во время первого этапа было получено 4500 2D-изображений, после второго — 25 200. Анализ полученных изображений проводился при помощи языка Python 3.6 и следующих библиотек: Numpy, Scipy, Matplotlib.

Таблица 1

**Средняя толщина эпидермиса, среднее расстояние до дермы,
а также дермальные коэффициенты ослабления и поглощения ткани**

Облучение/Метрика	Средняя толщина эпидермиса, мкм	Коэффициент близости кривой	Коэффициент поглощения, см ⁻¹
Здоровая ткань	19,43 [15,31; 23,69]	–	1,48 [1,27; 1,61]
Лимфедематозная ткань после первого облучения	22,12 [16,12; 25,34]	0,048 [0,02; 0,143]	1,43 [1,27; 1,54]
Лимфедематозная ткань после второго облучения	26,33* [21,31; 28,33]	0,280* [0,112; 0,312]	1,15* [1,01; 1,33]

* $p < 0,05$ критерий Пирсона

© Д. С. Амирханов, И. А. Тримасов, В. В. Николаев, О. С. Курочкина, Н. А. Кривова, А. В. Талецкий, Ю. В. Кистенев, 2022

* Исследования выполнены при поддержке гранта по Постановлению Правительства Российской Федерации № 220 от 9 апреля 2010 г. (Соглашение № 075-15-2021-615 от 04.06.2021 г.).

Показатель преломления

Облучения/Метрика	Здоровая ткань	Лимфедематозная ткань после первого облучения	Лимфедематозная ткань после второго облучения
Показатель преломления	1,43 [1,31; 1,54]	1,39 [1,29; 1,55]	1,35 [1,20; 1,51]

Из приведенных данных можно сделать вывод, что у лимфедематозной ткани изменяются оптические свойства, а именно увеличивается показатель преломления эпидермиса, что, вероятно, вызвано его утолщением. Ввиду того что сигнал ОКТ не позволяет оценить толщину дермы, анализ кривой затухания сигнала продемонстрировал снижение показателя поглощения дермы, что косвенно свидетельствует об изменении структуры дермы, т. е. о дезорганизации коллагеновых волокон, а также о разрушении эластина.

Список литературы

1. Юдин В. А., Савкин И. Д. Лечение лимфедемы конечностей (обзор литературы) // РМБВ им. И. П. Павлов. 2015. Т. 23. С. 145.
2. Уоррен А. Г., Брорсон Х., Боруд Л. Дж., Славин С. А. Лимфедема: всесторонний обзор // APS. 2007. Т. 59. С. 464–472.
3. Байтингер В. Ф., Суходло И. В., Курочкина О. С. и др. Морфологические изменения в коже и подкожной клетчатке при создании экспериментальной модели лимфедемы на задней конечности белой крысы // ВРиПХ. 2022. Т. 25 (1). С. 40–52.