

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ РАДИОФИЗИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра квантовой радиофизики и оптоэлектроники

Аннотация к дипломной работе

МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ СПЕКТРОВ ДИФФУЗНОГО РАССЕЯНИЯ
БИОТКАНЕЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИХ ОСНОВНЫХ
ХРОМОФОРОВ

Новак Елизавета Игоревна

Научный руководитель – доцент Фираго В.А.

Минск, 2022

РЕФЕРАТ

Дипломная работа: 62 страницы, 34 рисунка, 36 источников.

Ключевые слова: СПЕКТР, ДИФФУЗНОЕ РАССЕЯНИЕ, ДИФфуЗИОННОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ ТКАНЬ, ОСНОВНЫЕ ХРОМОФОРЫ, МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ САТУРАЦИИ ГЕМОГЛОБИНА КРОВИ.

Объект исследования – микроциркуляторное русло подкожных тканей человеческого организма и сатурация гемоглобина крови кислородом, усредненная по артериальным и венозным сосудам ткани.

Цель дипломной работы – анализ возможностей спектроскопии диффузного рассеяния с пространственным разрешением при создании неинвазивных методов определения концентрации основных хромофоров подкожных тканей человека.

В работе приведен анализ литературных данных о методах определения сатурации гемоглобина крови человека на основе существующих методов диффузионного приближения. Показано, что наименее затратным оказалось применение спектроскопии диффузного отражения с пространственным разрешением. Численный анализ существующих моделей диффузионного приближения показал, что модель приближения Piao в отличие от модели Farrell формирует при используемой нами нормировке недопустимый локальный минимум при значениях приведенного показателя рассеяния $\mu_s' \approx 0.25 \text{ см}^{-1}$. Предложено решение, позволяющее исключить формирование локального минимума, что позволило использовать эти приближения при решении обратной задачи по определению спектральных показателей приведенного рассеяния $\mu_s'(\lambda)$ и поглощения $\mu_a(\lambda)$.

В результате было выявлено, что применяемый метод определения $\mu_s'(\lambda)$ и $\mu_a(\lambda)$, основанный на использовании нормированного спектрально-пространственного профиля, занижает значения получаемого спектрального показателя поглощения $\mu_a(\lambda)$ и завышает значения приведенного показателя рассеяния $\mu_s'(\lambda)$. Показано, что при ограничении верхней границы диапазона варьирования значениями показателя рассеяния до $\mu_s' \approx 7\text{--}10 \text{ см}^{-1}$, получаемые зависимости показателя поглощения примерно соответствуют значениям, которые определяются физиологическими нормами. Для устранения недостатка предложено использование нормировки регистрируемых спектров на спектр референсного отражателя WS-2.

Полученные результаты могут быть использованы при оптимизации методики определения объемной концентрации основных хромофоров тканей человека на основе диффузионного приближения.

РЭФЕРАТ

Дыпломная праца: 62 старонкі, 34 малюнка, 36 крыніц.

Ключавыя словы: СПЕКТР, ДЫФУЗНАЕ РАССЕЙВАННЕ, ДЫФУЗІЙНАЕ ПРЫБЛІЖЭННЕ, БІЯЛАГІЧНАЯ ТКАНКА, АСНОЎНЫЯ ХРАМАФОРЫ, МЕТАДЫ ВЫЗНАЧЭННЯ САТУРАЦЫІ ГЕМАГЛАБІНА КРЫВІ.

Аб'ект даследавання – мікрацыркулятарнае русла падскурных тканак чалавечага арганізма і сатурцыя гемаглабіну крыві кіслародам, асераднёная па артэрыяльных і венозных сасудах тканкі.

Мэта дыпломнай працы – аналіз магчымасцяў спектраскапіі дыфузнага рассеявання з прасторавым дазволам пры стварэнні неінвазіўных метадаў вызначэння канцэнтрацыі асноўных храмафораў падскурных тканін чалавека.

У працы прыведзены аналіз літаратурных дадзеных аб метадах вызначэння сатурацыі гемаглабіну крыві чалавека на аснове існуючых метадаў дыфузійнага прыбліжэнне. Паказана, што найменш затратным аказалася прымяненне спектраскапіі дыфузнага адлюстравання з прасторавым распазнаваннем. Колькасны аналіз існуючых мадэляў дыфузійнага набліжэння паказаў, што мадэль прыбліжэння Ріао ў адрозненне ад мадэлі Farrell фарміруе пры нарміроўцы недапушчальны лакальны мінімум пры значэннях прыведзенага паказчыка рассеяння $\mu_s' \approx 0.25 \text{ см}^{-1}$. Прапанавана рашэнне, якое дазваляе выключыць фарміраванне лакальнага мінімуму, што дазволіла выкарыстаць гэтыя прыбліжэнні пры рашэнні адваротнай задачы па вызначэнні спектральных паказчыкаў прыведзенага рассеяння $\mu_s'(\lambda)$ і паглынання $\mu_a(\lambda)$.

Было выяўлена, што метады вызначэння $\mu_s'(\lambda)$ і $\mu_a(\lambda)$, заснаваны на выкарыстанні нарміраванага спектарльна-прасторавага профілю, зніжае значэння атрымліванага спектральнага паказчыка паглынання $\mu_a(\lambda)$ і завышае значэнні прыведзенага паказчыка рассеяння $\mu_s'(\lambda)$. Паказана, што пры абмежаванні верхняй мяжы дыяпазону вар'іравання значэннямі паказчыка рассеяння да $\mu_s' \approx 7\text{--}10 \text{ см}^{-1}$, атрымліваюцца залежнасці паказчыка паглынання, якія прыкладна адпавядаюць фізіялагічнымі нормамаі. Для ўстранення загана прапанавана выкарыстанне нармоўкі спектраў на спектр рэферэнснага адбівальніка WS-2.

Атрыманыя вынікі могуць быць выкарыстаны пры аптымізацыі метадыкі вызначэння аб'ёмнай канцэнтрацыі асноўных храмафораў тканін чалавека на аснове дыфузійнага набліжэння.

ABSTRACT

Diploma Thesis: 62 pages, 34 figures, 36 sources.

Keywords: SPECTRUM, DIFFUSIVE SCATTERING, DIFFUSION APPROXIMATION, BIOLOGICAL TISSUE, BASIC CHROMOPHORES, METHODS FOR DETERMINING BLOOD HEMOGLOBIN SATURATION.

The object of the study is the microvasculature of the subcutaneous tissues of the human body and oxygen saturation of blood hemoglobin, averaged over the arterial and venous vessels of the tissue.

The purpose of the thesis is to analyze the possibilities of diffuse scattering spectroscopy with spatial resolution in the development of non-invasive methods for determining the concentration of the main chromophores in human subcutaneous tissues.

The paper presents an analysis of literature data on methods for determining the saturation of human blood hemoglobin based on existing methods of diffusion approximation. It is shown that the use of diffuse reflection spectroscopy with spatial resolution turned out to be the least expensive. Numerical analysis of the existing diffusion approximation models showed that the Piao approximation model, in contrast to the Farrell model, forms an unacceptable local minimum with the normalization used by us at the values of the reduced scattering index $\mu_s' \approx 0.25 \text{ cm}^{-1}$. A solution is proposed that makes it possible to exclude the formation of a local minimum, which made it possible to use these approximations in solving the inverse problem of determining the spectral indices of reduced scattering $\mu_s'(\lambda)$ and absorption $\mu_a(\lambda)$.

It was found that the applied method for determining $\mu_s'(\lambda)$ and $\mu_a(\lambda)$, based on the use of a normalized spectral-spatial profile, underestimates the values of the obtained spectral absorption index $\mu_a(\lambda)$ and overestimates the values of the reduced scattering index $\mu_s'(\lambda)$. It is shown that when the upper limit of the range of variation is limited by the values of the scattering index up to $\mu_s' \approx 7\text{--}10 \text{ cm}^{-1}$, the obtained dependences of the absorption index approximately correspond to the values determined by physiological norms. To eliminate the disadvantage, it is proposed to use the normalization of the recorded spectra to the spectrum of the reference reflector WS-2.

The results obtained can be used to optimize the method for determining the volume concentration of the main chromophores in human tissues based on the diffusion approximation.

