

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Денисенко Георгия Михайловича
«Неинвазивное определение концентрации гемоглобина в крови методами оптической
спектроскопии и визуализации»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.21. Медицинская физика

Диссертационная работа Денисенко Г.М. посвящена разработке и экспериментальному обоснованию оптических методов неинвазивного определения концентрации общего гемоглобина в крови. В работе исследованы несколько взаимодополняющих подходов, основанных на цифровой визуализации в видимом диапазоне, спектроскопии диффузного отражения и ближней инфракрасной визуализации сосудистых структур.

Актуальность исследования определяется необходимостью создания доступных методов оценки концентрации гемоглобина, позволяющих уменьшить число инвазивных измерений и обеспечить возможность более частого мониторинга данного показателя. Решение этой задачи осложняется тем, что оптический сигнал биологической ткани определяется не только концентрацией гемоглобина, но и рассеянием света, содержанием других хромофоров, особенностями сосудистого русла и физиологическим состоянием исследуемой области.

Научная новизна работы заключается в разработке комплексного подхода, объединяющего экспериментальные исследования *in vivo*, методы статистической обработки данных и численное моделирование распространения света в биологических тканях методом Монте-Карло. Существенным достоинством работы является проведение количественного анализа факторов, определяющих погрешность неинвазивного определения гемоглобина, и оценка границ применимости предложенных методов.

К основным результатам диссертационной работы можно отнести следующие:

- разработан метод оценки концентрации общего гемоглобина по изображениям ногтевого ложа и прилегающей кожи. На основе колориметрических признаков построена регрессионная модель, позволяющая проводить неинвазивную оценку общего гемоглобина в контролируемых условиях регистрации;
- экспериментально исследовано влияние физиологических факторов на результаты оптического определения гемоглобина. Показано, что локальное охлаждение, механическая компрессия и венозная окклюзия приводят к систематическим изменениям прогнозируемого значения Hgb даже при неизменном системном уровне гемоглобина;
- предложена процедура персонализированной калибровки, позволяющая при повторных измерениях существенно уменьшить ошибку определения концентрации гемоглобина по сравнению с исходной популяционной моделью;
- разработан подход к выявлению пониженного уровня гемоглобина на основе спектроскопии диффузного отражения в области характерных полос поглощения гемоглобина. Показано, что объединение спектральных и колориметрических признаков позволяет повысить качество классификации до ROC-AUC около 0,86;

- с использованием моделирования методом Монте-Карло исследована возможность определения концентрации общего гемоглобина по картам интенсивности излучения, прошедшего через сосудистые структуры в ближнем инфракрасном диапазоне. Продемонстрировано существенное влияние геометрии сосудистого русла, в частности радиуса и глубины залегания сосуда, на регистрируемый оптический контраст и точность восстановления общего гемоглобина. Предложено использовать наряду с оптическим контрастом геометрические характеристики изображения сосудов, что повышает устойчивость модели.

Полученные результаты показывают, что автор не ограничивается построением эмпирических зависимостей между оптическими признаками и концентрацией гемоглобина, а рассматривает физические механизмы формирования регистрируемого сигнала и источники систематической погрешности. Такое сочетание экспериментальных данных, вычислительного моделирования и статистических методов является важным достоинством диссертационной работы.

Результаты исследования опубликованы в рецензируемых научных изданиях, апробированы на научных конференциях и защищены патентами Российской Федерации. Объем и качество выполненных исследований свидетельствуют о существенном личном вкладе автора в развитие методов неинвазивной оптической диагностики.

Автореферат в достаточной степени отражает содержание диссертационной работы, ее основные научные результаты и выводы.

Диссертационная работа Денисенко Георгия Михайловича «Неинвазивное определение концентрации гемоглобина в крови методами оптической спектроскопии и визуализации» является завершенной научно-квалификационной работой, соответствует специальности 1.3.21. Медицинская физика и требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.21. Медицинская физика.

Автор отзыва:

Дембицкий Артем Дмитриевич

кандидат химических наук, научный сотрудник Центра энергетических технологий

Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования

«Сколковский институт науки и технологий»

А.Д. Дембицкий

«31» августа 2026 г.

Контактные данные: