

## РАЗРАБОТКА ФАНТОМА ГОЛОВЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ДИАГНОСТИКИ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВЫХ ТРАВМ ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Тимченко К.А., Аристов А.А., Мусоров И.С.

Научный руководитель: А.А.Аристов, к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: [tina\\_tim7@mail.ru](mailto:tina_tim7@mail.ru)

При травматических повреждениях мозга крайне важно оперативно выявить наличие внутричерепных гематом. До сих пор основным методом выявления таких повреждений является томография, однако возможность проведения томографического обследования пациента сразу после травмы практически отсутствует. В связи с этим, задача создания прибора оперативно выявляющего наличие внутричерепных повреждений является актуальной. Решением данной проблемы может быть использование такого метода диагностики как ближняя инфракрасная спектроскопия, который мы попытались технически реализовать. После разработки варианта конструкции прибора, способного решать данную задачу, мы столкнулись с проблемой его экспериментальной апробации, которая направлена на определение алгоритма обработки сигналов с датчиков с целью получения информации об исследуемых гематомах. При исследовании важно получить информацию не только о наличии или отсутствии гематомы, но и определить ее параметры: локализацию, размеры, глубину залегания. Для проведения подобных исследований необходимо иметь соответствующие объекты – в идеале пациентов, имеющих повреждения с известными (по данным ЯМР томографии) характеристиками гематом. Однако проведение испытаний непосредственно на человеке не могут быть разрешены комитетом этики, без предварительных опытов на животных или моделях физически близких к реальным объектам, на которые направлено исследование. Решить эту проблему представляется возможным с использованием искусственных образцов биотканей (фантомов) с близкими к реальным объектам свойствами.

Биоткань – это оптически неоднородная среда. При прохождении через неё излучения нужно учитывать множество оптических факторов. Наиболее значимыми для процессов моделирования являются коэффициенты поглощения и рассеяния, используемых в моделях материалов, соответствующие реальным характеристикам биологических тканей.

Показатели поглощенного, рассеянного и прошедшего излучения несут информацию о формирующем образец биоткани факторах, особенностях ее анатомического и морфологического строения. Для того чтобы иметь возможность извлечь эту информацию, и интерпретировать результаты экспериментов по

рассеянию, поглощению и прохождению излучения через биоткань, необходимо построить адекватную оптическую модель соответствующей ткани с известными характеристиками, и на ее основе решить задачу распространения излучения в данной среде.

При конструировании фантомов важно чтобы оптические параметры материалов и компонентов, входящих в состав системы, формирующей фантом, были предсказуемыми. Физические параметры компонентов и материалов должны быть устойчивы во времени. Это касается не только оптических параметров, но механической стабильности (испарения растворителей, старения полимеров, деградации компонентов бактериями).

Когда задача заключается в моделировании ткани со сложной архитектурой или целого органа в изготавливаемом фантоме должна быть воспроизведена геометрия природного объекта. Также должны быть учтены показатели преломления слоев, так как несоответствия на границах могут влиять на распространение света в тканях. Значения показателей преломления между тканями также играет важную роль.

Для моделирования оптических свойств ткани, как уже говорилось ранее, необходимо учитывать коэффициенты рассеяния и поглощения. Их воспроизведение достигается путем смешивания, в соответствующих пропорциях, рассеивающих и поглощающих компонентов. Для моделирования коэффициента поглощения используют красители.

К материалу, составляющему основу фантома, предъявляются следующие требования: он должен быть нерассеивающим и непоглощающим, и его показатель преломления должен быть максимально близким к значению показателя преломления реальной ткани.

При принятии решения о составе определенного фантома, вопрос о компонентной совместимости должен быть принят во внимание. Это важно, поскольку некоторые обычно используемые рассеиватели, например, полистирольные микросферы, могут растворяться в органических растворителях.

По механическим свойствам фантомы можно разделить на два класса, жидкие и твердые. В жидких фантомах рассеиватели и поглотители смешаны в определенных пропорциях в разбавителе. Такой фантом довольно легко приготовить, однако он не позволяет сделать образец реального строения биоткани [3].

В твердых фантомах основной материал служит механической основой. Типичные материалы-основы: полимеры и водные гели. Способность этих материалов, держать нужную форму дает возможность изготовления геометрически сложных неоднородных фантомов. Что позволяет имитировать целые органы. Для этого используются плиты, выполненные из материалов близких по оптическим свойствам к реальным тканям. Плиты определенным образом режутся и укладываются для воссоздания необходимого нам органа, также могут использоваться определенные типы литых последних. Одним из преимуществ твердых сред является почти идеальное соответствие показателя преломления на границах. Кроме того, агрегация и осаждение рассеивающих частиц в твердом фантоме отсутствует, что является большим плюсом в сравнении с жидким, где эта проблема достаточно актуальна [3].

В зарубежной литературе был найден ряд вариантов изготовления фантомов головы человека для проведения экспериментальных исследований по восстановлению изображения ее структуры на основе оптической томографии.

Отделом медицинской физики и биоинженерии Лондонского университета была разработана следующая схема моделирования фантома. Голова выполнялась из белого термопластика или вулканизированного латекса с приданием ей эталонной формы. Форма заполнялась рассеивающей жидкостью (10% Intralipid TM, водорастворимый NIR краситель и дистиллированная вода) с общими оптическими свойствами коэффициент рассеяния порядка  $1 \text{ mm}^{-1}$  и коэффициент поглощения порядка  $0.01 \text{ mm}^{-1}$ . Эти значения выбирались в диапазоне свойств серого и белого веществ мозговой ткани [2,4].

Группой ученых, в числе которых были Adam P. Gibson, Jeremy C. Hebden, Jason Riley разработан альтернативный метод создания фантома головы относительно рассмотренного выше. Тканеэквивалентный оптический фантом цилиндрической формы диаметра 70 мм и высоты 140 мм строится из эпоксидной смолы с полым центром 60 мм в диаметре. Оптические свойства

смолы корректируются добавлением диоксида титана, который обеспечивает рассеивание эквивалентное рассеянию биотканей и поглощающим красителем NIR для ближней инфракрасной области излучения. Полый центр фантома наполняется жидкой эпоксидной смолой (т.е. без отвердителя) с идентичными оптическим свойствам, что и у твердой оболочки фантома [1].

Таким образом опираясь на общий теоритический материал и технологию изготовления фантомов, взятую из зарубежных источников, планируется воссоздать подобный фантом, который будет использоваться для проведения опытов по изучению прохождения излучения красной и инфракрасной длин волн через голову человека. Однако, выше описанные методики эмитируют только мягкие ткани, нам же, помимо этого, необходимо смоделировать костную ткань и, собственно, саму гематому. В связи с этим перед нами встает задача найти материалы, которые смогли бы удовлетворить оптическим характеристикам последних. Её решение планируется проводить опытным методом, путем просвечивания возможных образцов-фантомов собранным нами прибором, и сравнения полученных показателей с показателями реальных объектов.

#### Список литературы:

1. Adam P. Gibson, Jeremy C. Hebden, Jason Riley, Nicholas Everdell. Linear and nonlinear reconstruction for optical tomography of phantoms with nonscattering regions. //Applied optics – 2005. - Vol. 44. – P. 3-9.
2. Andersen P.H., Bjerring P. Spectral reflectance of human skin in vivo //Photodermatol. Photoimmunol. Photomed. - 1990. - Vol. 7. - P. 5-12.
3. Anderson R.R., Parrish J.A. Optical properties of human skin // The SciencePhotomedicine / Eds. J.D. Rogan, J.A. Parrish. - 1982. - P. 147-194.
4. Gilberto Branco. Thesis submitted for the degree of doctor of philosophy (PH.D.) at the university of London// The development and evaluation of head probes for optical imaging of the infant head. – 2007. – P. 83-87.