

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОЖНОГО ПИГМЕНТА МЕЛАНИНА  
НА РЕГИСТРИРУЕМЫЕ СИГНАЛЫ В ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ  
ФЛОУМЕТРИИ**

**Л.В. Долгушина**

(Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, Орел)

**Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Дунаев**

(НОЦ «Биомедицинская инженерия», Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, Орел)

Тематика оценки состояния микроциркуляции крови (МЦК) в настоящее время актуальна при диагностике самых различных заболеваний. Особенно это важно при заболеваниях сердечно-сосудистой системы, в кардиологии, в диабетологии, при онкологических заболеваниях, а также при нарушениях микроциркуляции в дерматологии, стоматологии, хирургии и реаниматологии. В клинической практике одним из методов оценки состояния кровотока является метод лазерной доплеровской флюметрии (ЛДФ).

Метод ЛДФ основывается на зондировании тканей лазерным излучением и анализе рассеянного и отраженного от движущихся в тканях эритроцитов излучения и определении показателя микроциркуляции (перфузии) крови ( $I_m$ , пф.ед.). Отраженное лазерное излучение от неподвижных компонентов не меняет своей частоты, а от движущихся частиц, лазерное излучение имеет доплеровский сдвиг частоты относительно зондирующего излучения. Глубина оптического зондирования зависит от длины волны и типа ткани. Как известно, кожа человека является неоднородной поглощающей средой. Поглощение лазерного излучения является одной из характеристик взаимодействия света и кожи и оно обусловлено тем, что в ткани содержится много различных хромофоров, например, такие как гемоглобин, тирозин, меланин, вода. Очевидно, что необходимо оценивать влияние различных биологических компонентов на результат измерений в ЛДФ.

Меланин является одним из сильно поглощающих пигментов кожи. Клетки меланоциты, находящиеся в базальном слое кожи, вырабатывают кожный пигмент меланин. От количества выработанного меланина зависит цвет кожи и ее чувствительность к воздействию света. У людей с различным этническим типом кожи концентрация меланина варьируется примерно в диапазоне 1,3–43%. У слабопигментированных меланин составляет 1,3–1,6%, у среднепигментированных – 11–16%, у темнокожих – 18–43%. Таким образом, в методе ЛДФ существует проблема оценки состояния микрогемодинамики из-за различий оптических параметров светлокожих и темнокожих людей. Целью работы явилось оценить влияние меланина на регистрируемые сигналы в ЛДФ у людей с различным уровнем меланина в коже.

При экспериментальных исследованиях использовался многофункциональный лазерный неинвазивный диагностический комплекс «ЛАКК-М» (ООО НПП «ЛАЗМА», г. Москва) с каналом ЛДФ (длина волны зондирующего излучения лазера 1064 нм), работающим по разностной схеме детектирования доплеровского сдвига частот (два приемных канала). На 9 условно здоровых добровольцах, отличающихся этническим типом кожи (европейцы – 4 человека, арабы – 1 человек, индузы – 1 человек, африканцы – 3 человека), были проведены серии тестовых экспериментов. Измерения проводились в двух точках – на коже с артерио-венозными анастомозами (АВА) в области мыши среднего пальца правой руки, а также в области предплечья (область кожи без АВА). После проведения измерений на коже в точке с АВА были получены и статистически обработаны регистрируемые сигналы напряжений на фотодиодах и конечный медико-биологический параметр – показатель микроциркуляции (ПМ). Так, в группе европейцев ( $n=92$ ) ПМ составил  $20,4 \pm 4,3$  пф.ед. при зарегистрированных напряжениях  $U_1 = 1,1 \pm 0,2$  В и

$U2=1,3\pm0,2$  В. Для группы индусов ( $n=30$ ) уровень ПМ составил  $21,1\pm5,1$  пф.ед. при напряжениях  $0,9\pm0,2$  В,  $1,2\pm0,3$  В. В группе арабов ( $n=16$ ) показатель микроциркуляции составил  $11,9\pm8,5$  пф.ед. при регистрируемых напряжениях  $0,9\pm0,2$  В,  $1,2\pm0,2$  В, а в группе африканцев ( $n=4$ ) –  $20,2\pm3,0$  пф.ед,  $1,5\pm0,4$  В,  $1,2\pm0,2$  В соответственно. Следует отметить, что заниженные показания ПМ при измерениях на единственном добровольце в группе с арабским типом кожи в большей степени связаны с пониженной температурой (в среднем около  $28\text{--}29^{\circ}\text{C}$ ) пальцев у данного волонтера, вероятно имеющим «синдром холодных рук». Оценивая полученные значения регистрируемых сигналов можно отметить их примерную однородность рассеяния, что вероятно связано с более менее одинаковым уровнем концентрации пигмента меланина в коже на мякише пальцев у всех исследуемых представителей различных этнических групп.

При проведении измерений в области предплечья в группе европейцев ( $n=75$ ) были получены следующие значения перфузии  $2,3\pm0,7$  пф.ед. при зарегистрированных на фотодиодах напряжениях  $U1=1,3\pm0,2$  В и  $U2=1,4\pm0,3$  В. В группе индусов ( $n=27$ ) ПМ составил  $3,2\pm1,1$  пф.ед. при напряжениях  $1,3\pm0,1$  В и  $1,3\pm0,2$  В. Соответственно, в группе арабов ( $n=13$ ) –  $3,6\pm1,3$  пф.ед.,  $1,2\pm0,2$  В и  $1,3\pm0,2$  В, а также у африканцев ( $n=4$ ) –  $2,5\pm0,3$  пф.ед. при  $1,6\pm0,2$  В и  $1,7\pm0,4$  В.

Анализируя предварительно полученные результаты можно сделать вывод, что в области предплечья, где уровень кожного меланина существенно увеличен по отношению к области мякиша пальца (особенно для темнокожих представителей), регистрируемые сигналы ЛДФ также в большинстве случаев не имеют статистически значимых различий. Вероятно это может быть связано с тем, что данная оптическая диагностическая технология работает в большей степени на эффекте рассеяния оптического излучения в биоткани, а не поглощения, как, например, в случае оптической тканевой оксиметрии. Хотелось бы подчеркнуть, что стоит обратить внимание на некоторое увеличение регистрируемых напряжений в группе темнокожих добровольцев, однако, небольшая на данный момент выборка не позволяет сделать однозначный вывод о существенном влиянии кожного меланина у данных волонтеров на результат ЛДФ, что может явиться предметом для дальнейших исследований.

УДК 535.566.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВЕТОВОГО ПОЛЯ РАССЕЯННОГО ГЛЮКОЗОСОДЕРЖАЩИМИ БИОТКАНЯМИ И ИХ ФАНТОМАМИ

К.Г. Домнин

(Санкт-Петербургский государственный политехнический университет)

Научный руководитель – аспирант, ассистент Г.А. Череватенко

(Санкт-Петербургский государственный политехнический университет)

В настоящее время разработка методов и средств неинвазивного и непрерывного (или многократного) мониторинга концентрации глюкозы в крови человека является одной из первостепенных задач современной биомедицинской диагностики.

В последнее время наметился прогресс в нескольких основных областях оптического контроля концентрации глюкозы в биотканях: спектроскопия инфракрасного и ближнего инфракрасного спектральных диапазонах; Рамановская спектроскопия, поляриметрия и флуоресцентная спектроскопия. Кроме того предварительные положительные результаты получены методами оптоакустики и оптической когерентной томографии [1].

Одной из наиболее перспективных методик является поляриметрия обратно рассеянного света. Поляриметрия давно и успешно используется для исследования