

УДК 612.135:535.371

Жарких Е.В.

Дремин В.В.

Потапова Е.В.

Маковик И.Н.

Жеребцов Е.А.

Алимичева Е.А.

Масалыгина Г.И.

Мурадян В.Ф.

Дунаев А.В.

UDC 612.135:535.371

Zharkikh E.V.

Dremin V.V.

Potapova E.V.

Makovik I.N.

Zherebtsov E.A.

Alimicheva E.A.

Masalygina G.I.

Muradyan V.F.

Dunaev A.V.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ  
ДЛЯ ОЦЕНКИ МИКРОСОСУДИСТЫХ И МЕТАБОЛИЧЕСКИХ  
НАРУШЕНИЙ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ**

**APPLICATION OF OPTICAL SPECTROSCOPY METHODS FOR  
ASSESSMENT OF MICROVASCULAR AND METABOLIC  
COMPLICATIONS IN DIABETES**

**Аннотация:** В работе рассмотрено применение нескольких оптических методов диагностики для оценки состояния микроциркуляторных и метаболических нарушений у пациентов с сахарным диабетом.

**Abstract:** In the paper the application of several optical diagnostic methods for evaluation of microcirculatory and metabolic disorders in patients with diabetes was investigated.

**Ключевые слова:** лазерная доплеровская флоуметрия, флуоресцентная спектроскопия, спектроскопия диффузного отражения, сахарный диабет, оптическая неинвазивная диагностика

**Keywords:** laser Doppler flowmetry, fluorescence spectroscopy, diffuse reflectance spectroscopy, diabetes mellitus, optical non-invasive diagnostics

Согласно Международной Диабетической Федерации проблема ранней диагностики сахарного диабета (СД) и его осложнений является одной из самых острых в современной системе здравоохранения. Среди самых важных факторов развития осложнения – сниженная перфузия тканей кровью, доставка и потребление кислорода. Кожа в связи с доступностью ее расположения легко поддается исследованию с использованием оптических неинвазивных методов, которые дают представление о физиологии и различных патологиях тканей. В этой работе предложено совместное применение методов лазерной

доплеровской флоуметрии (ЛДФ), флуоресцентной спектроскопии (ФС) и спектроскопии диффузного отражения (СДО). Целью данной работы явилось оценить возможности оптических неинвазивных методов диагностики для оценки микроциркуляторных нарушений и нарушений окислительного метаболизма у пациентов с СД.

Были проведены экспериментальные исследования, в которых приняли участие 76 пациентов с СД и 46 условно-здоровых добровольцев, составивших контрольную группу. Исследование включало 4 стадии: запись сигнала в базовых условиях в течение 4 минут, охлаждение места исследования до 25 °С в течение 4 минут, локальная тепловая проба с температурой 35 °С в течение 4 минут и локальная тепловая проба с температурой 42 °С в течение 10 минут. В течение каждой стадии пара спектров флуоресценции записывалась одновременно с регистрацией ЛДФ-граммы (длины волн возбуждения: 365 и 450 нм). Оптический зонд устанавливали на дорсальной поверхности стопы в точке, расположенной на плато между 1-й и 2-й плюсневыми костями. Экспериментальные исследования были проведены с использованием диагностического комплекса ЛАЗМА-СТ (ООО НПП «ЛАЗМА», Москва, Россия). Перед началом каждого исследования производилась регистрация спектров диффузного отражения в указанной точке с использованием малогабаритного спектрометра «FLAME» (Ocean Optics, США). Дополнительно для пациентов с видимыми трофическими нарушениями в виде трофических язв спектры отражения снимались непосредственно в области язвы и в 1 см от нее (в интактной области).

Результаты исследований выявили, что уровень перфузии у пациентов при нагреве до 35 и 42 градусов ( $I_{m3} = 6.74 \pm 2.70$  пф.ед.;  $I_{m4} = 11.89 \pm 3.71$  пф.ед.) значительно меньше по сравнению с контрольной группой ( $I_{m3} = 9.44 \pm 3.28$  пф.ед.;  $I_{m4} = 20.12 \pm 4.35$  пф.ед.), что может означать недостаточную регуляцию системы микроциркуляции крови механизмами, обеспечивающими вазодилатацию. Повышенные значения интенсивности флуоресценции у пациентов по сравнению с контрольной группой ( $3.1 \pm 0.9$  отн.ед. vs  $2.2 \pm 0.8$  отн.ед. и  $2.3 \pm 1.1$  отн.ед. vs  $1.2 \pm 0.4$  отн.ед. при возбуждении УФ и синим светом соответственно). Такое увеличение флуоресценции может быть следствием накопления конечных продуктов гликирования, которые инициируют экспрессию генов коллагена и других белков капиллярной мембраны и кожи. В ходе работы также обнаружено, что самое высокое кровенаполнение (по данным спектроскопии диффузного отражения) наблюдается у пациентов с трофическими нарушениями (66.9 отн.ед.). Индекс эритемы для пациентов без язв был выше, чем у добровольцев из контрольной группы (28.7 отн.ед. vs 13.3 отн.ед.), что может свидетельствовать о наличии нарушений периферического кровотока.

Предложенный подход показал высокую чувствительность в определении нарушений периферического кровотока и окислительного метаболизма. Примененные методы могут быть использованы как дополнительные неинвазивные диагностические методы в эндокринологических отделениях для долговременного мониторинга за состоянием пациента.