

УДК 615.47:612.135

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ПАРАМЕТРОВ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ И ОКИСЛИТЕЛЬНОГО МЕТАБОЛИЗМА БИОТКАНИ ПРИ ОККЛЮЗИОННОЙ ПРОБЕ

Янушин В. С., Локтионова Ю.И.

Научные руководители – к.т.н. Жарких Е.В., д.т.н. Дунаев А.В.
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»

Аннотация. В исследовании анализируется взаимосвязь параметров периферического кровотока и окислительного метаболизма биоткани при окклюзионной пробе при помощи портативных анализаторов лазерной доплеровской флоуметрии и флуоресцентной спектроскопии.

Введение. Уровень энергии в клетках играет решающую роль в поддержании их нормальной функции. Митохондрии, основные органеллы, отвечающие за производство энергии в клетках, выполняют важную роль в обеспечении клеточного метаболизма. Однако, в некоторых патологических состояниях функция митохондрий может быть нарушена, что ведет к снижению уровня энергии и дисфункции клеток. Одним из важных маркеров, используемых для оценки энергетического обмена, является содержание кофермента NADH [1]. Изменения в содержании NADH могут указывать на нарушения энергетического обмена и функций митохондрий в клетках. Микроциркуляторное звено обеспечивает поступление кислорода и питательных веществ к клеткам, что является важным фактором в поддержании нормальной клеточной функции. Изучение влияния изменений кровенаполнения биоткани на уровень NADH может помочь лучше понять связь между энергетическим обменом в клетках и состоянием микроциркуляторного русла. Одним из способов эффективной совместной оценки параметров микроциркуляции крови и энергетического обмена в клетках является окклюзионная проба. Во время данной пробы временно прекращается поступление кислорода и питательных веществ к клеткам, что приводит к изменениям окислительного метаболизма биотканей. Результаты исследования могут иметь важное значение для диагностики и изучения патологических состояний, связанных с нарушением энергетического обмена клеток. Также результаты могут способствовать разработке новых стратегий лечения, направленных на восстановление нормальной функции митохондрий и энергетического обмена в клетках. Целью данного исследования является оценка взаимосвязи параметров интенсивности автофлуоресценции кожи и характеристик микроциркуляторного кровотока с помощью мультимодальных носимых устройств при проведении окклюзионной пробы.

Основная часть. Для оценки взаимосвязи параметров периферического кровотока и окислительного метаболизма биотканей применялись два носимых мультимодальных анализатора «ЛАЗМА ПФ» (ООО НПП «ЛАЗМА»). Устройство включает в себя канал лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с длиной волны зондирующего излучения 850 нм, а также канал флуоресцентной спектроскопии (ФС) с длиной волны возбуждения флуоресценции 365 нм. При ЛДФ регистрируется лазерное излучение, рассеянное на движущихся эритроцитах, а результатом измерения является показатель микроциркуляции крови (ПМ), который косвенно зависит от количества эритроцитов в зондируемом объеме и их средней скорости. Метод ФС основан на возбуждении оптического излучения эндогенных флуорофоров с последующей регистрацией автофлуоресценции [2,3]. В качестве областей исследования выбраны дистальная поверхность среднего пальца и предплечье правой руки. В исследовании приняли участие 14 условно здоровых добровольцев в возрасте 18-27 лет. В соответствии с разработанным протоколом исследования регистрировался базовый кровоток в течение 7 мин, далее

проводилась окклюзия путем пережатия на 3 мин плечевой артерии правой руки манжетой тонометра таким образом, чтобы создать условия искусственной ишемии тканей, а после окончания окклюзии восстановление кровотока регистрировали в течении 8 мин. В процессе проведения исследований постоянно регистрировались и анализировались следующие параметры: ПМ, уровень интенсивности флуоресценции нормированного на обратно отраженное излучение кофермента NADH (A_{NADH}). Данное пилотное исследование показало 3 реакции интенсивности флуоресценции коэффициента NADH в ответ на окклюзионную пробу. У 11 добровольцев (79% испытуемых) наблюдался рост значения A_{NADH} во время проведения окклюзии и его падение при восстановлении нормального уровня кровотока, у 2 добровольцев (14% испытуемых) наблюдалась положительная зависимость между параметрами ЛДФ и ФС – снижение значения A_{NADH} при проведении окклюзии и повышение после снятия окклюзии, у 1 добровольца (7% испытуемых) показания A_{NADH} при осуществлении окклюзии не изменились. Кроме того, у 6 добровольцев рост значения A_{NADH} происходит с временной задержкой. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения дополнительных исследований для установления причины выявленных разнонаправленных изменений флуоресцентного сигнала при окклюзионной пробе.

Выводы. Таким образом, в настоящей работе с помощью неинвазивных методов ЛДФ и ФС показана взаимосвязь между параметрами периферического кровотока и интенсивности автофлуоресценции кожи при применении окклюзионной пробы. Результаты исследования показали разнонаправленные изменения интенсивности флуоресценции при уменьшении и увеличении тканевой перфузии с преимущественным увеличением интенсивности флуоресценции при проведении окклюзии, что может быть связано с накоплением кофермента NADH в условиях искусственной ишемии. Наличие у некоторых исследуемых уменьшения амплитуды интенсивности флуоресценции во время окклюзии требует проведения дополнительных исследований, в том числе с применением референсных методов, менее зависимых от изменения кровенаполнения биоткани (например, FLIM).

Список использованных источников:

1. Флуоресцентная диагностика митохондриальной функции в эпителиальных тканях *in vivo*: монография / Е.А. Жеребцов, В.В. Дрёмин, А.И. Жеребцова, Е.В. Потапова, А.В. Дунаев. – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2018. – 107 с
2. Дунаев, А.В. Мультимодальная оптическая диагностика микроциркуляторно-тканевых систем организма человека: монография / А. В. Дунаев. — Старый Оскол: ТНТ, 2022. — 440 с.: ил.
3. Крупаткин, А.И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: Колебания, информация, нелинейность. Руководство для врачей. Изд. 2-е. [Текст] / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 496 с