

ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНО-ТКАНЕВЫХ СИСТЕМ БИОТКАНИ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКИХ НЕИНВАЗИВНЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ

К.Ю. Кандурова, Е.С. Серёгина, А.И. Жеребцова

(ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Орёл)

Научные руководители – В.В. Дрёмин, к.т.н., доцент А.В. Дунаев

(ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Орёл)

Одной из функций микроциркуляторно-тканевых систем (МТС) человека является кислородное снабжение тканей. При участии доставляемого к клеткам кислорода в их митохондриях происходят процессы тканевого дыхания, обеспечивающие организм энергией. Важным параметром биологических тканей является метаболическая активность. По ее значению можно судить о жизнеспособности клеток и тканей, выявлять различные заболевания, например, злокачественные образования, предсказывать гибель клеток. При этом основным оцениваемым параметром является соотношение коферментов дыхательной цепи NADH (восстановленная форма) и FAD (окисленная форма).

Помимо внутренних факторов, на уровень митохондриальной активности способны оказывать воздействие внешние факторы, такие как температура или давление. В результате реакции на них организм отвечает изменением интенсивности протекающих в тканях процессов, то есть адаптируется к новым условиям внешней среды.

В настоящее время одним из перспективных и активно развивающихся направлений в функциональной диагностике тканей является применение оптических неинвазивных методов исследования. Они позволяют регистрировать и оценивать параметры МТС и митохондриальной активности *in vivo*. В частности, в данном исследовании использовались методы лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) и флуоресцентной спектроскопии (ФС) в сочетании с проведением функциональных проб, направленных на выявление адаптационных резервов МТС.

Таким образом, целью данной работы является экспериментальное изучение адаптационных возможностей биологической ткани путем исследования зависимости показателей метаболической активности в них от влияния внешних факторов среды.

Экспериментальные измерения были проведены путем совместного использования методов ЛДФ и ФС при помощи многофункционального лазерного неинвазивного диагностического комплекса «ЛАЗМА-МЦ» (ООО НПП, «ЛАЗМА», г. Москва). Эксперименты проводились на предплечьях и стопах и предусматривали использование тепловой и окклюзионной функциональных проб. Для более подробного изучения адаптации МТС порядок проведения финальных этапов измерений варьировался.

В первом исследовании световодный зонд устанавливали на срединной линии дорсальной поверхности нижней трети правого предплечья. 4 мин проводился базовый тест (БТ), затем 6 минут – локальная тепловая проба при 42°C, через 30 с после окончания нагрева – проведение окклюзии с давлением в манжете 220 мм. рт. ст. в течение 3 мин, следующие 3 мин – постокклюзионная гиперемия. Финальный этап предусматривал либо запись показаний в процессе возвращения температуры в точке измерения к первоначальному значению БТ, либо принудительное охлаждение до 25°C.

Второе исследование проводилось на тыльной поверхности стоп. Оптический зонд устанавливался на точку, расположенную на плато между 1-ым и 2-ым пальцем левой ноги. Сначала проводился БТ в течение 4 мин. Следующие 6 мин – локальная тепловая проба с нагревом до 42°C, затем 4 мин – принудительное охлаждение до 25-29°C. Финальный этап, так же, как и на предплечьях, предполагал либо запись при возвращении

температуры к исходному значению, либо принудительное охлаждение в течение 4 мин до исходной температуры или до 25°C.

Всего было проведено 13 экспериментов на 7 условно здоровых добровольцах в возрасте $22,2 \pm 7,3$ лет.

При исследованиях осуществлялась постоянная регистрация показателя микроциркуляции (I_m) и амплитуд интенсивности флуоресценции коферментов NADH и FAD (I_{NADH} и I_{FAD}), при БТ и локальной тепловой пробе – в конце данных этапов, в последующих этапах – каждые 30 с. На основе зарегистрированных данных были рассчитаны редокс-соотношение RR и показатель метаболизма тканей (ПМТ).

Предварительные данные показали, что у разных добровольцев адаптация происходит с различной скоростью, что зависит от индивидуальных особенностей организма, но можно выявить некоторые общие закономерности. В целом, нагрев до 42 °C и окклюзия вызывали уменьшение значения RR с его дальнейшим возвращением к первоначальному. Например, у одного из добровольцев при проведении тепловой пробы с принудительным охлаждением до первоначальной температуры значение RR начинает постепенно восстанавливаться через 30 с после начала охлаждения, через 2-2,5 мин превышая первоначальное значение ($RR=2,344$), зарегистрированное при БТ ($RR=2,304$). У другого добровольца снижение продолжалось в течение 1 мин после начала охлаждения, а восстановление произошло через 3 мин.

Что касается показателя микроциркуляции, то нагрев до 42 °C вызывал повышение I_m в 4-8 раз, но принудительное охлаждение не привело к такому же ожидаемому снижению показателя микроциркуляции. Окклюзия вызывала практически полное снижение перфузии в тканях в исследуемой точке, но после окончания окклюзионной пробы показатель I_m возвращался на уровень до окклюзии, в дальнейшем повторялась та же ситуация, что и в экспериментах на стопах.

Таким образом, проведённые исследования показали различный уровень чувствительности параметров жизнедеятельности тканей к воздействиям факторов внешней среды. Полученные результаты предполагают дополнительные исследования для более подробного изучения поведения перфузии биологических тканей в изменяющихся внешних условиях и объяснения наблюдаемых явлений.

Исследование выполнено при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук № МК-7168.2016.8.