

культивирования саморазвивающихся и функционирующих ЭК-сетей, сопряженных с организованными в пространстве *in vitro* микропотоками питательной среды.

Базовыми положениями исследования являются: проектирование, моделирование и сборка и испытание экспериментального образца многофункционального биологического реактора для воспроизведения в культуре ЭК *in vitro* феномена самопроизвольно развивающихся и функционирующих 3D ЭК-сетей и изучение влияния на их развитие гидродинамического фактора в виде организованных микропотоков питательной среды; разработка алгоритмов управления развитием капиллярных сетей *in vitro* путем управляемого введения в культуру факторов роста.

Промежуточными результатами при написании работы являются: подготовка аналитического обзора современного состояния проблемы инженерно-технического обеспечения биологических исследований по моделированию ангиогенеза на основе культуры ЭК *in vitro* и существующих устройств и технологий; разработка концепции микромашиной кибернетической платформы для культивирования саморазвивающихся функционирующих ЭК-сетей сопряженных с организованными микропотоками питательной среды.

В настоящее время разработаны имитационные математические модели и принципиальные электрические схемы отдельных модулей экспериментального реактора для культивирования ЭК с применением систем математического моделирования и инженерного проектирования; в соответствии с постоянно совершенствующимися техническими заданиями и техническими условиями, отработана оптимальная структура функциональных модулей реактора и систем управления; изготовлены модули, проведена сборка и испытания физической модели экспериментального реактора; проводятся биологические эксперименты по культивированию 3D ЭК-сетей.

Проект имеет научный задел, так как является научно-инженерным продолжением проектов РФФИ №94-04-13544 и №96-04-50991.

УДК 616.12.008.331-073.65.78

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТКАНЕВОГО ДЫХАНИЯ ПРИ ХОЛОДОВОЙ ПРЕССОРНОЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЕ**

**И.Н. Новикова**

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

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

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

Значимое место в медицинской практике занимают исследования микроциркуляторно-тканевых систем, их основных параметров, функций и процессов, протекающих в них. Тканевое дыхание является одной из важнейших их функций, включающих в себя газообмен кислорода с кровью и совокупность окислительно-восстановительных процессов с цитохромной системой митохондрий для образования АТФ. На основании принципа Фика определяются основные характеристики тканевого дыхания – экстракция и потребление кислорода тканью, которые не одинаковы в различных областях организма человека.

Для неинвазивной диагностики тканевого дыхания широкое применение получили такие оптические технологии, как лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ), оптическая тканевая оксиметрия (ОТО) и пульсоксиметрия. Важной особенностью ЛДФ является возможность получения *in vivo* всего спектра ритмических процессов в микрососудах от пульсовых ритмов до циркадных, которые играют большую роль в функционировании системы микроциркуляции крови. Преимущества метода ОТО заключается в возможности *in vivo* оценивать динамику транспорта и величину сатурации крови кислородом в

микрососудах. Метод пульсоксиметрии позволяет *in vivo* определить процентное содержание (сатурацию) оксигемоглобина в артериальной крови. Для оценки возможных реакций микроциркуляторно-тканевых систем на внешнее воздействие широкое применение получили различные функциональных пробы, среди которых особый интерес представляет холододовая прессорная проба (ХПП), осуществляемая в форме полного погружения кистей в емкость с холодной водой. ХПП создает условия для выявления особенностей микроциркуляции крови и ее нарушений уже на ранних этапах. **Целью работы** явилось исследовать динамику изменений тканевого дыхания до и после проведения холододовой прессорной физиологической пробы.

Экспериментальные исследования выполнялись с использованием лазерного анализатора микроциркуляции крови для врача общей практики «ЛАКК-ОП» (ООО НПП «ЛАЗМА», г. Москва). В один день проводился только один эксперимент с ХПП, который включал в себя регистрацию 6-ти базовых тестов (БТ) длительностью по 5 мин каждый: 2 БТ регистрировались до начала проведения ХПП, а 4 БТ – после ее окончания. Время экспозиции (охлаждения рук) составляло 5 мин. Для получения достоверной диагностической информации запись БТ выполнялась через каждые 5 мин. Температура воды при проведении ХПП составляла порядка  $14,8 \pm 0,2^\circ\text{C}$ . Проба считалась положительной при побелении фаланг кистей рук. Для контроля температуры воды и кожи волонтеров использовался бесконтактный электронный термометр «Sensitac NB401».

Выполнены серии тестовых экспериментов ( $n=18$ ), в которых приняли участие 3 условно здоровых добровольца женского пола (средний возраст –  $21,3 \pm 0,5$  года). Измерения проводились на коже с артерио-венозными анастомозами (АВА) в области мякиса среднего пальца правой руки в одно и то же время, чтобы исключить циркадные ритмы кровотока, в условиях физического и психического покоя через 2 часа после приема пищи с предварительной адаптацией испытуемых к температуре помещения  $20\text{--}23^\circ\text{C}$  в положении сидя, правое предплечье на столе на уровне сердца. Таким образом, всего было зарегистрировано 108 БТ по 5 мин каждый.

На основании полученных данных определены основные параметры микроциркуляторно-тканевых систем: индекс микроциркуляции крови ( $I_m$ , пф. ед), тканевая сатурация ( $S_tO_2$ , %), уровень объемного кровенаполнения ткани ( $V_b$ , %), индекс относительной перфузионной сатурации кислорода в микрокровотоке ( $S_m$ , отн. ед.), индексы удельного потребления кислорода ( $U_1$ ,  $U_2$ , отн. ед.), сатурация венозной крови ( $S_vO_2$ , %), показатель шунтирования ( $BI$ , отн. ед.), величина нутритивного кровотока ( $I_{nutr}$ , пф. ед.), индекс удельного потребления кислорода в ткани с учетом нутритивного кровотока ( $I$ , отн. ед.), показатели экстракции кислорода ( $OE$ , отн. ед.) и потребления кислорода ( $OC$ , отн. ед.).

При помощи критерия Манна-Уитни оценено различие значений анализируемых параметров до и сразу после проведения ХПП. С доверительной вероятностью  $p < 0,05$  выявлено статистически значимое увеличение показателя шунтирования ( $2,7 \pm 0,5$  отн. ед. и  $5,12 \pm 1,7$  отн. ед.), что объясняется повышением амплитуды нейрогенных и эндотелиальных ритмов и статистически значимым уменьшением показателя микроциркуляции ( $21,7 \pm 2,6$  пф. ед. и  $15,4 \pm 3,0$  пф. ед.). Увеличение амплитуды нейрогенных и эндотелиальных ритмов в ходе холододовой вазодилатации вызвано выделением эндотелием вследствие кратковременной ишемии, вазодилатирующих гуморальных факторов (оксида азота).

Обнаружено статистически значимое уменьшение величины нутритивного кровотока ( $8,5 \pm 2,2$  пф. ед. и  $3,4 \pm 1,2$  пф. ед.), индекса удельного потребления кислорода в ткани с учетом нутритивного кровотока ( $10,7 \pm 3,0$  пф. ед. и  $4,6 \pm 1,8$  пф. ед.) и показателя потребления кислорода ( $605,1 \pm 161,8$  отн. ед. и  $220,2 \pm 90,2$  отн. ед.), что объясняется увеличением шунтирующего кровотока через АВА и уменьшением нутритивного кровотока в результате повышения амплитуд колебаний кровотока в симпатическом диапазоне и повышенным миогенным тонусом прекапилляров (уменьшением вазомоций). Через 20–30 мин после

проведения ХПП (БТ №5) колебания кровотока нормализуются, миогенный тонус прекапилляров уменьшается, амплитуды колебаний кровотока симпатического диапазона понижаются, происходит активация капиллярной перфузии ( $18,2 \pm 2,7$  пф. ед.), в результате происходит уменьшение показателя шунтирования ( $3,6 \pm 1,7$  отн. ед.), увеличение величины нутритивного кровотока ( $5,8 \pm 2,3$  пф. ед.) и как следствие – возрастание потребления кислорода кровью ( $407,1 \pm 176,0$  отн. ед.). Статистически значимое различие других определяемых параметров, например показателя экстракции кислорода ( $0,7 \pm 0,1$  отн. ед. и  $0,6 \pm 0,1$  отн. ед.) до и после ХПП по критерию Манна-Уитни не выявлено.

Таким образом, охлаждение рук и массивное раздражение терморцепторов при выполнении ХПП вызывают мощную симпатическую активацию, что приводит к констрикции (сужению) мышечно-содержащих сосудов, к которым относятся артерии, артериолы АВА. После 5 мин проведения ХПП происходит увеличение локальной температуры кожи и дилатация (расширение) сосудов, так называемая реакция холодовой вазодилатации, в результате которой происходит потеря способности сокращаться, сосуды расширяются и превращаются в пассивное сосудистое ложе. Кровь начинает поступать в большом объеме, это приводит к тому, что стенки сосудов нагреваются и их способность к сокращению восстанавливается (реакция вазоконстрикции). Таким образом, циклическое возрастание кровотока сменяется последующим снижением, а затем вновь происходит повышение кровотока и т.д., продолжительность полного цикла колебаний кровотока обычно составляет 15–30 мин.

Анализ полученных данных показал, что при выполнении холодовой прессорной пробы происходит изменение основных показателей микроциркуляторно-тканевых систем, влияющих на тканевое дыхание. Этот факт позволяет сделать вывод о возможности и целесообразности дальнейшей апробации данной методики с целью ее применения в клинической практике при исследовании микроциркуляторно-тканевых систем и оценки патогенеза сахарного диабета, атеросклероза, вибрационной болезни, синдрома Рейно, склеродермии и других заболеваний, связанных с развитием трофических нарушений.

УДК 615.477.2.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ**

**К.А. Нуждин**

**Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов**

**Введение.** Развитие медицинской науки немыслимо без разработки и внедрения новых материалов и изделий на их основе. Материаловедение является базисной дисциплиной в протезостроении при создании имплантатов тех или иных анатомических образований. На сегодняшний день широкое распространение в области протезирования получило эндопротезирование суставов. В работе рассматривается проблема выбора материалов, применяемых при разработке эндопротезов.

**Цель работы.** Обзор основных эксплуатационных и функциональных характеристик материалов, используемых в эндопротезировании, а так же их сравнительный анализ.

**Базовые положения исследования.** Большое влияние на реактивность и реактогенность материала протеза оказывает микрорельеф его поверхности, причем качество подготовки поверхности должно определяться теми тканями, с которыми будет контактировать протез. Для изделий, контактирующих с мягкими тканями, требуется минимизировать их химическое воздействие на организм, и поэтому необходима поверхность с предельно низкой шероховатостью для уменьшения поверхности контакта с тканями.