

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра медицинской физики

**Термографическое исследование взаимосвязи сосудистых реакций  
верхних и нижних конечностей при проведении манжеточной окклюзии**

**АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ**

Студентки 2 курса 205 группы  
направления 03.04.02 «Физика»,  
профиль подготовки «Медицинская физика»  
факультета нано- и биомедицинских технологий

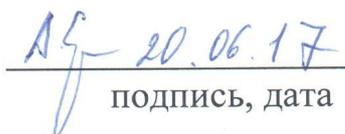
Загуменновой Арины Дмитриевны

Научный руководитель  
доцент, к. ф.-м. н.



20.06.17 А.А. Сагайдачный  
подпись, дата

Зав. кафедрой  
профессор, д. ф.-м. н.



20.06.17 А.В. Скрипаль  
подпись, дата

*Загуменнова* 20.06.17г.

**Введение.** Известно, что распределение температуры кожи отражает физиологические процессы, протекающие в человеческом организме. Этот факт дает инфракрасной термографии (ИКТ) большое преимущество перед многими другими медицинскими диагностическими методами и контрольно-измерительными приборами, так как ИКТ является очень чувствительным методом, способным обнаружить изменения в сердечно-сосудистой системе, и, следовательно, позволяет изучать различные органы, сосудистые и нервно-сосудистые реакций в организме человека. Основанием для успешного использования ИКТ в физиологии является тот факт, что во многих случаях температура поверхности является достоверным отображением перфузии крови, что, в свою очередь, представляет собой физиологические процессы, протекающие в организме [1, 2]. Современные ИК-камеры захватывают поверхностные тепловые карты объекта в реальном времени, делая их доступными для последующего анализа.

Применение инфракрасной термографии в сочетании с односторонним воздействием (в частности, окклюзионной пробой) на организм является новым мощным подходом к регистрации и пониманию разнообразия двусторонних вазомоторных реакции в организме человека. Важность метода на основе инфракрасной термографии в медицине несомненна, потому что реактивная гиперемия характеризует способность организма поддерживать периферическое кровообращение после резкого снижения перфузионного давления.

Различные вазомоторные реакции в организме человека способствуют разделению населения на восприимчивых и невосприимчивых к дистантному ишемическому прекондиционированию. Ишемическое прекондиционирование — это адаптивный феномен, возникающий после одного или нескольких коротких промежутков ишемии-реперфузии и заключающийся в повышении устойчивости миокарда к повреждающему действию длительного периода ишемии и реперфузии. Метод ишемического

прекондиционирования используется для лечения артериальной гипертензии и других хронических заболеваний, в том числе, заболевания периферических артерий, синдрома Рейно, ишемической болезни сердца (ИБС), болезни коронарной артерии, сахарного диабета, легочной гипертензии, и заболевания соединительной ткани.

Целью настоящей работы является исследование температурной реакции артерий (дистальные фаланги пальцев рук и большие пальцы ног) на одностороннюю окклюзионную пробу плечевой или бедренной артерий, а также разработка методики-предпосылки исследования и диагностики человека с помощью комбинации методов инфракрасной термографии и дистантного ишемического preconditionирования.

Установление реакции сосудов нижних и верхних конечностей на одностороннюю окклюзию ноги, а также на окклюзию руки дает предпосылки к применению разных видов окклюзии в методе ишемического preconditionирования, что имеет важное практическое значение для терапии ишемической болезни сердца.

Для достижения поставленной цели в рамках магистерской работы были поставлены следующие задачи:

- 1) термографическая запись окклюзионной пробы, проводимой на верхней или нижней конечности;
- 2) изучение особенностей пространственного и временного изменения температуры в области артерий;
- 3) сопоставление колебаний температуры в области конечностей, подвергнутых окклюзии, и свободных конечностей.

*Актуальность* поставленных задач состоит в том, что ожидаемые результаты позволят изучить поведение температуры, а, следовательно, и кровотока, конечностей в ответ на окклюзионную нагрузку, установить новые закономерности феномена ишемического preconditionирования (ИП), а также разработать новую методику использования ишемического preconditionирования в медицинской практике.

*Новизна* магистерской работы заключалась в разработке методики исследования и диагностики человека при применении феномена дистантного ишемического прекондиционирования как метода лечения ишемической болезни сердца, болезни коронарной артерии и других заболеваний. Методика заключается в использовании инфракрасной термографии для исследования реакции сосудов всех конечностей испытуемого на окклюзионную пробу. Результаты исследования выступают в качестве проверки способности организма реагировать на метод ДИП.

Магистерская работа состоит из введения, 3 глав, заключения, списка использованных источников.

**Основное содержание магистерской работы.** Во введении приведена актуальность работы, новизна, цель и задачи. В первой главе рассматривается методика проведения окклюзионной пробы. Рассматривается анализ температурной реакции на окклюзионную пробу. Во второй главе рассмотрены особенности ишемического прекондиционирования. В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований и их обсуждение. В заключении показаны выводы магистерской работы.

В данной работе интересно влияние окклюзионной пробы и на верхние, и на нижние конечности, а также открытие новых закономерностей и методик исследования дистантного ишемического прекондиционирования.

Приведены результаты исследования температурной реакции области артерий (область ногтя большого пальца ноги) на окклюзию артерии ноги для оценки реакции сосудов, также приведены результаты исследования температурной реакции области артерий на окклюзионную пробу сначала ноги, затем руки.

Для реализации поставленных целей в качестве средства измерения использовался матричный тепловизор ThermaCam SC 3000 FlirSystems (Швеция) с температурной чувствительностью 0.02°C, позволяющий проводить бесконтактную, высокоточную съемку последовательности термограмм. В дополнение визуальной оценки термограмм, использование

современных методов компьютерной обработки цифровых тепловизионных данных позволяет проводить детальный количественный анализ динамических термограмм.

В исследовании принимало участие 8 испытуемых в возрасте от 20 до 30 лет без каких-либо отклонений в сердечно-сосудистой системе. Перед измерениями испытуемые не употребляли тонизирующих или алкогольных напитков. Испытуемые являлись не курящими.

Испытуемый находился в положении сидя на стуле, ноги стояли на полу, руки располагались на коленях. Инфракрасная камера располагалась примерно в 2 метрах от испытуемого, на высоте 1 метр от пола. На поясицу испытуемых была наложена грелка для поддержания постоянной температуры тела. На одну из ног в области голени была наложена манжета. Во второй серии экспериментов манжета также была надета на одну из рук в области предплечья.

Запись с тепловизионной камеры включала в себя 3 этапа. Первый этап, предокклюзионный период, длился 5 минут, испытуемый находился в состоянии покоя. Второй этап – проведение окклюзии в течение 2 минут. Происходило нагнетание (сравливание) воздуха в манжете до давления около 200 мм рт. ст. Третий этап – постокклюзионный период.

Установленная связь температурного отклика контралатеральной конечности на одностороннюю окклюзию может служить основой для применения ДИП на нижних конечностях.

В работе сравнивались колебания температуры нижних конечностей при проведении окклюзионной пробы, также строился график разницы температур двух ног для наглядной регистрации момента окклюзии и постокклюзионного периода.

Другой эксперимент заключался в исследовании реакции конечностей на окклюзию ноги, затем руки. Положение испытуемых было тем же. Запись с тепловизионной камеры включала в себя 5 этапов. Первый этап, предокклюзионный период, испытуемый находился в состоянии покоя.

Второй этап – проведение окклюзии на одной ноге в течение 2 минут. Происходило нагнетание (сравливание) воздуха в манжете до давления около 200 мм рт. ст. Третий этап – постокклюзионный период, спокойное состояние испытуемого. Четвертый этап – проведение окклюзионной пробы на руке в течение 2 минут. Пятый этап – постокклюзионный период.

Для обработки полученных сигналов термограммы использовалась программа ThermaCAMResearcher. На термограмме в зоне расположения артерий выбирались овальные области, в них высчитывались средние значения температур. Затем строился график, соответствующий изменению амплитуды колебаний температуры во времени.

Разработка методики использования феномена дистантного ишемического preconditionирования началась с исследования реакции артерий всех конечностей на окклюзионную пробу одной из ног.

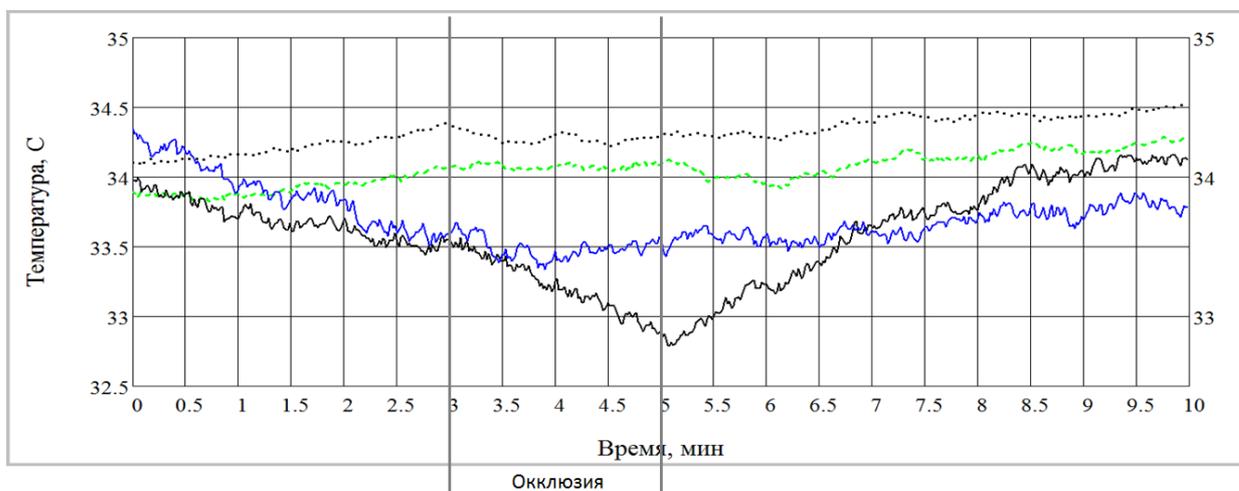
На рис. 1 представлен вид сигналов колебания температуры области артерий пальца ноги с окклюзией и ноги и рук без нее.

Проведем анализ графиков. По истечении 5 минут эксперимента наблюдается плавное уменьшение температуры как левой ноги (с окклюзией), так и правой. Это говорит о том, что существует симметричное изменение состояния конечностей, что дает возможность использования БИП на нижних конечностях в качестве тренировки миокарда.

Температура рук визуально не изменяется. Чтобы доказать наличие изменений, следует обратиться к графику производной средней температуры конечностей по времени на рис. 1б. График производной является моделью изменения скорости кровотока в сосудах. На рис. 1б после 3 минут спокойного состояния видно понижение кровотока в ноге, подверженной окклюзии, ниже ноля. Это говорит о временном прекращении поступления крови в сосуды. Также наблюдается отклик противоположной нижней конечности и нижних конечностей.

Реакция всех конечностей на окклюзию одной ноги говорит о том, что сердечно-сосудистая, гуморальная и нервная системы испытуемого исправно

участвуют в регуляции тонуса сосудов. Эта важная черта организма дает возможность создания методики формирования тренировки миокарда при многократных окклюзионных воздействиях.



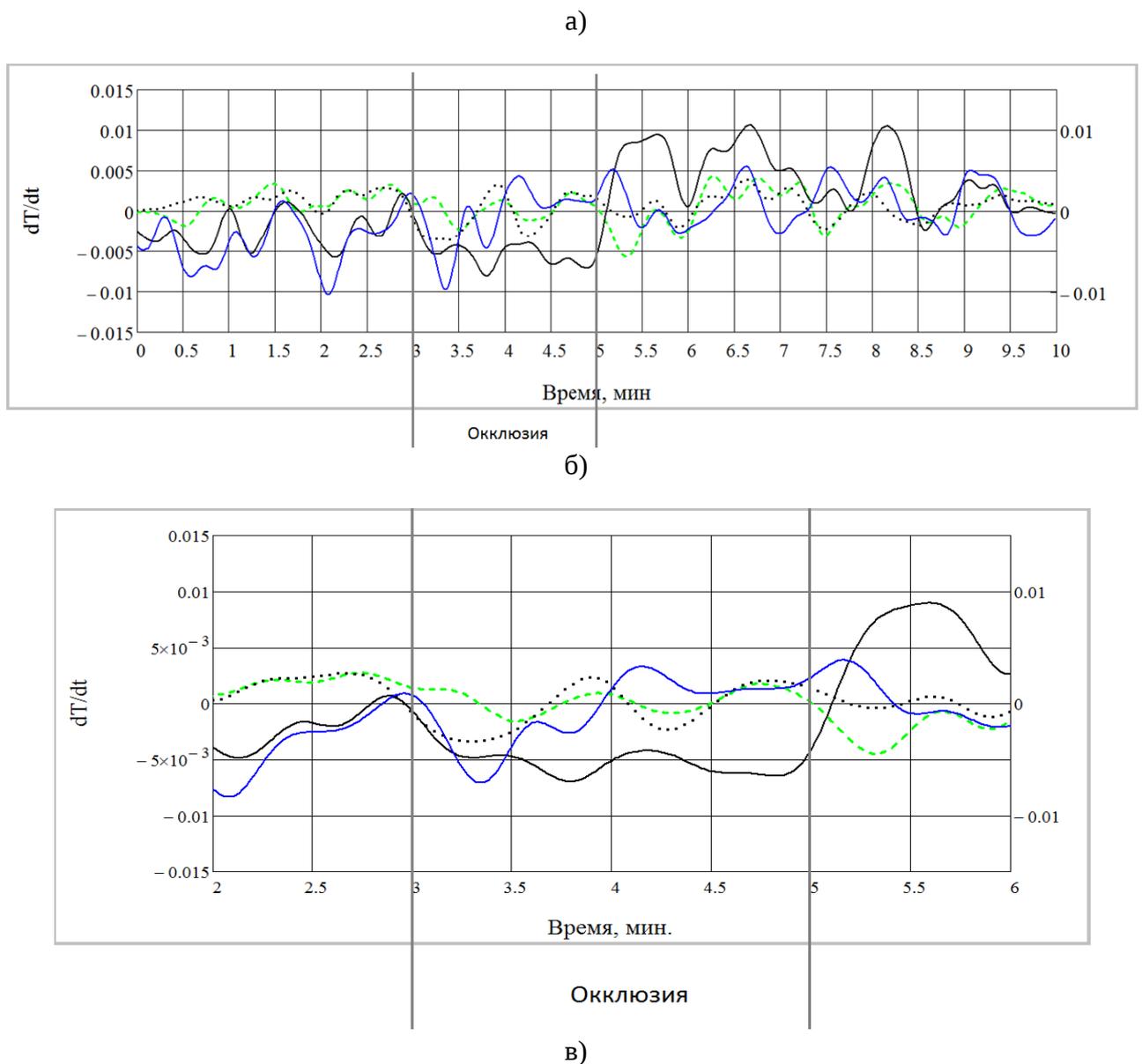


Рис. 1. а) Зависимость температур от времени ноги, подвергнутой окклюзионной пробе, и конечностей без нагрузки. Черные точки – левая рука, зеленый пунктир – правая рука, черная сплошная линия – нога с ОП, синяя линия – нога без нагрузки; б) График производной температур конечностей по времени; в) Фрагмент графика производной.

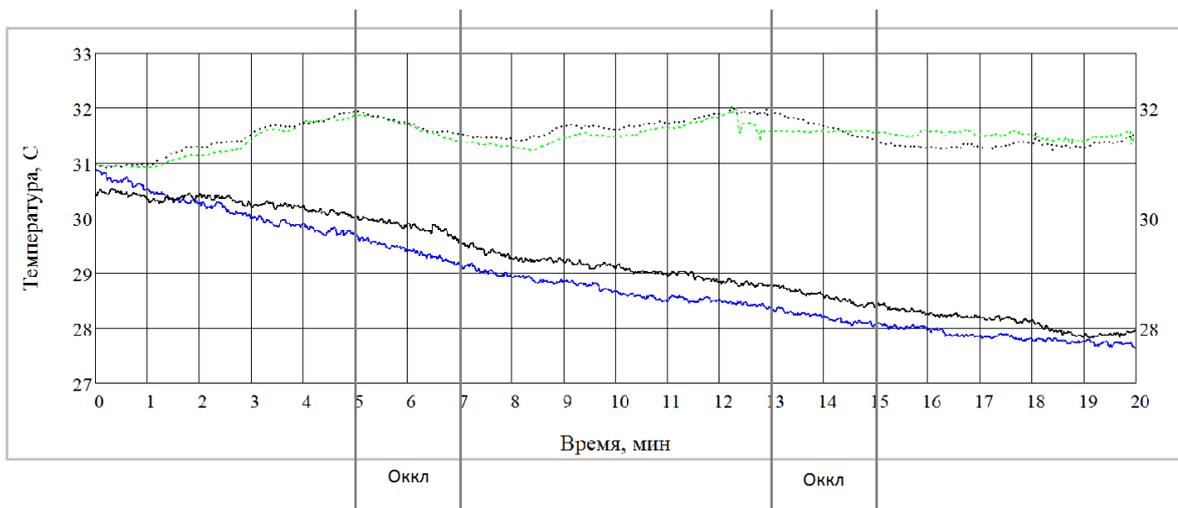
Кроме того, из графика производной изменения температур по времени можно получить информацию о разном поведении сосудов нижних и верхних конечностей. Анализируя пики движения кровотока, видим задержку протекания кровотока в нижних конечностях по сравнению с верхними. Ко всему прочему, время задержки во время и после окклюзии увеличивается: до окклюзии задержка составляет 6,6 секунды, после – 18 секунд.

Исследование изменения температуры конечностей термографическим методом более информативно по сравнению с ФПГ-методом тем, что в

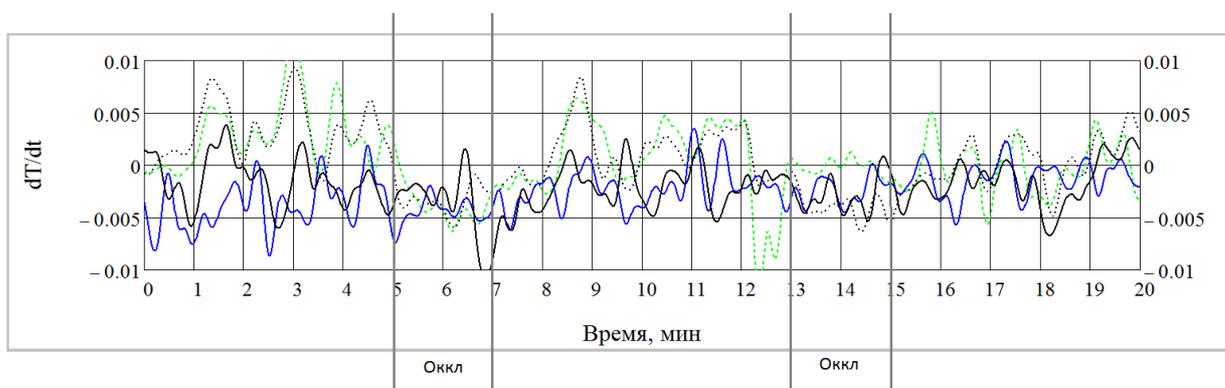
данном методе возможно наблюдение изменения температуры, изменение скорости кровотока и их анализ во времени.

Далее был проведен эксперимент с окклюзией ноги, затем руки. Также получены графики изменения температуры всех конечностей во времени (рис. 2а) и графики производных температуры по времени (рис. 2б).

Спустя 5 минут состояния покоя была произведена окклюзия ноги в течение 2 минут. Момент окклюзии легче увидеть на графике производной температур конечностей по времени. Уровень кровотока во всех конечностях опустился ниже нуля. Это явление является доказательством наличия реакции сосудов всех конечностей на окклюзионную пробу. По прошествии 13 минут эксперимента проводилась окклюзия одной руки. График производной температур по времени также показывает наличие реакции во всех сосудах.



а)



б)

Рис. 2. а) Зависимость температур от времени ноги и руки, подвергнутых окклюзионной пробе, и ноги и руки без нагрузки. Черные точки – с ОП, зеленый пунктир – правая рука, черная сплошная линия – нога с ОП, синяя линия – нога без нагрузки; б) График производной температур конечностей по времени

Наличие реакции сосудов в эксперименте магистерской работы говорит о восприимчивости организма к методу ДИП. Отсутствие реакции свидетельствует о возможных нарушениях в сердечно-сосудистой системе, и пациенту следует обратиться к врачу.

## **Заключение**

1. Проведена запись термограммы верхних и нижних конечностей в процессе проведения окклюзионной пробы.

2. Проведено сопоставление колебаний температуры в области артерий пальцев ноги, подвергнутой окклюзионному тесту, и конечностей без него. Зафиксированы отличия гемодинамической реакции артерий на окклюзионное воздействие в области голени. Используемая технология визуализации позволяет выявить восприимчивость организма к ДИП.

3. Полученный результат синхронной реакции верхних и нижних конечностей на одностороннюю окклюзию дает предпосылки к созданию методики исследования и диагностики человека сочетанием методов инфракрасной термографии и дистантного ишемического прекондиционирования.

Настоящая магистерская работа делает шаг в изучении и использовании феномена ишемического прекондиционирования в медицинской практике. Разрабатывалась методика исследования и диагностики человека с помощью комбинации методов ДИП и инфракрасной термографии. Планируется проведение новых экспериментов по исследованию температур верхних и нижних конечностей, проявляющих чувствительность к окклюзии одной конечности. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что феномен дистантного ишемического прекондиционирования применим ко всем конечностям человека, что дает перспективу к более детальному изучению метода ДИП, возможности внедрения его в медицинскую практику. Неинвазивный способ регистрации восприимчивости/невосприимчивости организма человека на нагрузку с помощью метода инфракрасной термографии наиболее безопасен и предпочтителен в медицине. Важным направлением дальнейшего использования полученных результатов является возможность создания новой процедуры для подготовки человека к аортокоронарному шунтированию.

## **Список литературы**

1. Vainer B. G. "FPA-based infrared thermography as applied to the study of cutaneous perspiration, and stimulated vascular response in humans". *Phys. Med. Biol.*, vol. 50, pp. R63–R94, 2005.
2. Stoner H. B., Barker P., Riding G. S., Hazlehurst D. E., Taylor L., Marcuson R. W. "Relationships between skin temperature, and perfusion in the arm, and leg". *Clin. Physiol.*, vol. 11, pp. 27–40, 1991.