

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

Кафедра динамического моделирования  
и биомедицинской инженерии

**Температурная и гемодинамическая реакция на многократную окклюзию  
периферического кровотока**

**АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ**

студентки 2 курса 206 группы  
направления 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии»  
профиля подготовки «Аппаратные и программные средства биомедицины»  
факультета нано- и биомедицинских технологий

Лещенко Алены Владимировны

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

  
\_\_\_\_\_

А.А. Сагайдачный

подпись, дата

Зав. кафедрой  
доцент, д. ф.-м. н.

  
\_\_\_\_\_

Е.П. Селезнёв

подпись, дата

Саратов 2018 год

## Введение

Нарушение кровоснабжения конечностей зачастую является предвестником различных заболеваний, которые снижают уровень жизни, а также могут привести к смерти. Самым распространенным трендом заболеваний сердечно-сосудистой системы в последние годы остается ишемическая болезнь сердца. Продолжающийся рост уже высоких показателей неоспоримо диктует принятие незамедлительных мер для решения данной проблемы, в том числе проведение и создание новых эффективных многоцелевых стратегий профилактики и реабилитации больных с ишемической болезнью сердца.

В связи с этим, актуально проводить диагностику подобных заболеваний на ранних стадиях, когда изменения могут быть обратимы. Микроциркуляторное русло – это одна из частей сосудистой системы, в которой возможна ранняя диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Исследование особенностей ишемических поражений миокарда во время кардиохирургических операций привело к открытию феномена ишемического прекондиционирования. Суть данного феномена заключается в повышении устойчивости миокарда к длинным периодам ишемии, возникающей после нескольких коротких искусственно создаваемых периодов ишемии-реперфузии [1]. Окклюзионная проба является широко распространенным способом создания состояния ишемии.

В настоящее время одним из перспективных методов визуализации состояния микроциркуляционного русла является термография. Это современный способ является неинвазивным и позволяет не только оценивать состояние микроциркуляционного русла и, как следствие, повысить качество диагностики различных заболеваний, но и может помочь создать основу более

глубокого понимания причин возникающих расстройств микроциркуляции. Также с помощью данного метода можно осуществлять объективный контроль за проводимыми лечебными процедурами и индивидуальным подбором фармакологических средств.

### **Цели и задачи работы**

Целью данного исследования является определение температурного и сосудистого отклика при многократной окклюзии и оценка перспективы осуществления дистантного ишемического прекондиционирования.

Для достижения поставленной цели решались следующие *задачи*:

- 1) Описать модель однократного окклюзионного воздействия.
- 2) Провести записи термограмм и фотоплетизмограмм в области дистальных фаланг пальцев рук.
- 3) Определить время восстановления гемодинамики после окклюзионной пробы.
- 4) Рассмотреть реакцию свободной верхней конечности при окклюзии противоположной конечности.
- 5) Сравнить реакцию сосудистой системы при повторных окклюзиях.
- 6) Оценить перспективу осуществления дистантного ишемического прекондиционирования.

**Структура и объем работы** По своей структуре работа состоит из введения, 4 глав, выводов, заключения и списка используемых источников.

Работа изложена на 42 страницах машинописного текста, содержит 25 рисунков и список литературы из 20 наименований.

### **Краткое содержание работы**

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы и решаемых задач, формулируется цель исследования и определяется научная новизна.

*В первом разделе* представлен метод окклюзионной пробы, описывается диагностическое значение данного метода и методика проведения оккклюзионной пробы.

Окклюзионная проба – это неинвазивный функциональный тест, который широко используется в диагностических исследованиях. Суть данной пробы заключается в том, что при ее проведении перекрывается кровоснабжение артерии. В результате чего происходят различные изменения кровотока дистальнее места перекрытия. Данная проба позволяет оценить реакцию сосудистой системы на окклюзию.

Сдвиг фаз, который наблюдается при прохождении сигнала, связан с влиянием на клетки гладких мышц стенок сосудов оксида азота, способствующего снижению тонуса артерий, а также изменению формы пульсовой волны.

Определение скорости распространения пульсовой волны в условиях управляемого окклюзионного воздействия на область плечевой артерии позволяет оценивать упруго-эластичные свойства стенки кровеносных сосудов мышечного типа в артериальном русле конечности на участке от локтевой ямки до пальца и является важным для диагностики состояния кровеносных сосудов конечности. Процедура исследований производится аналогично: создаются окклюзионные воздействия и регистрируется сосудистая реакция в верхней конечности.

*Во втором разделе* описан феномен ишемического прекондиционирования. Приведен анализ эффективности дистантного ишемического прекондиционирования. 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.

Важной характеристикой ишемического прекондиционирования является память. Сразу после воздействия прекондиционирующего стимула запускается так называемое «классическое» ишемическое прекондиционирование, которое длится от 1 до 3 часов, которое затем снижает свою активность. Новый подъем защитной активности возникает без новых стимулов через 12-24 часа и длится 3-4 дня, что называется «вторым окном прекондиционирования».

*В третьем разделе* описывается описан метод термографии. Приведено схематическое изображение тепловизора, который позволяет проводить высокочастотную, бесконтактную съемку последовательности термограмм и даны технические характеристики тепловизора. Так как изменения перфузии чаще всего вызваны изменениями температуры, то приводится взаимосвязь температуры кожи и перфузии. Также, приведены области применения метода термографии.

*В четвертом разделе* приведена экспериментальная часть исследования. Описывается ход проведения эксперимента, материалы и методы исследования. Далее рассказывается об обработке данных эксперимента. И приводятся временные зависимости колебаний температуры и кровотока в области дистальных фаланг пальцев обеих рук при проведении многократной окклюзионной пробы.

Для обработки полученных сигналов термограммы и фотоплетихмограммы использовались программы ThermaCAMResearcher, MathCad и TBFCConverter. На термограмме в зоне дистальных фаланг указательных или средних пальцев выбирались области, в них высчитывались средние значения температур, что представлено на рисунке 1.

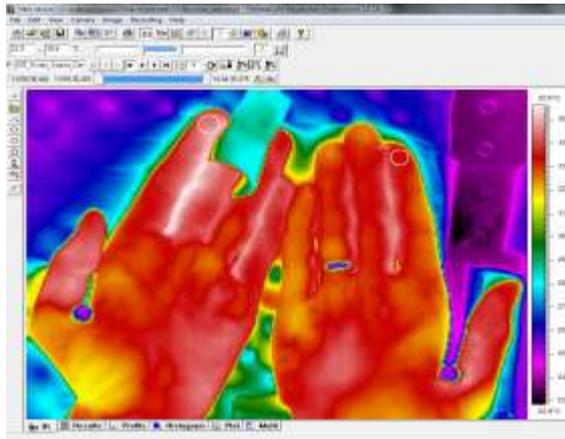
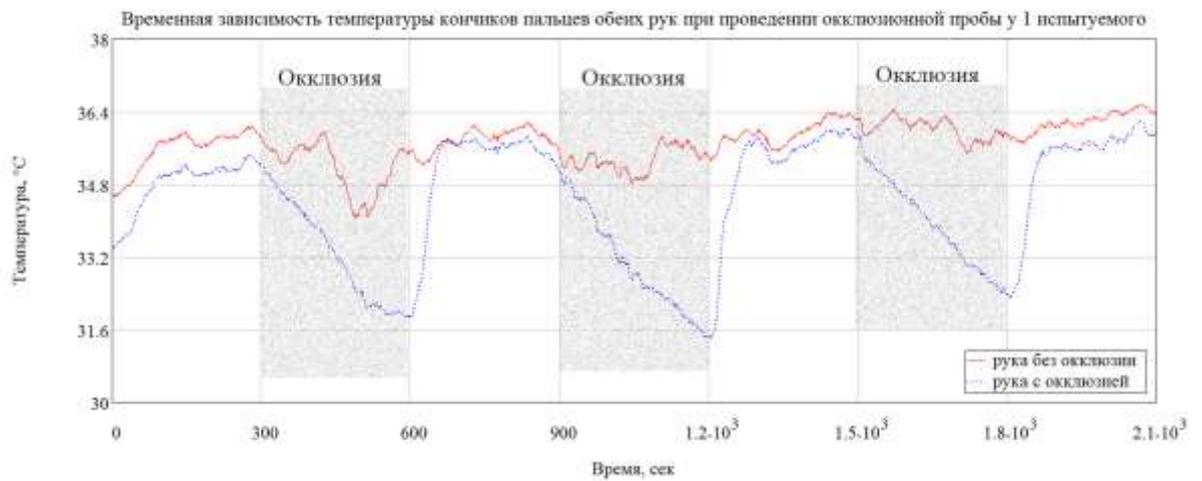
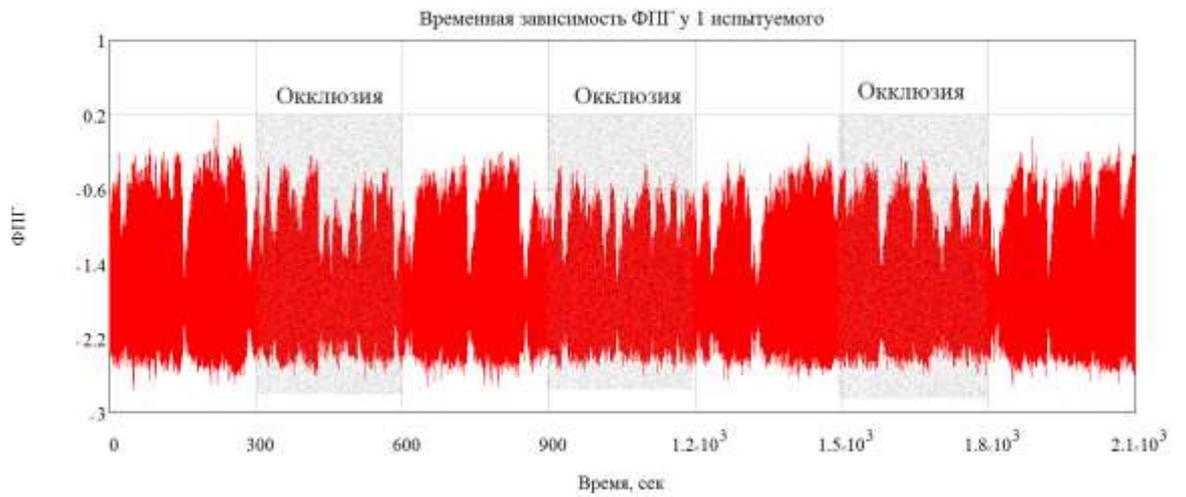


Рисунок 1. Термограмма с выделенными областями

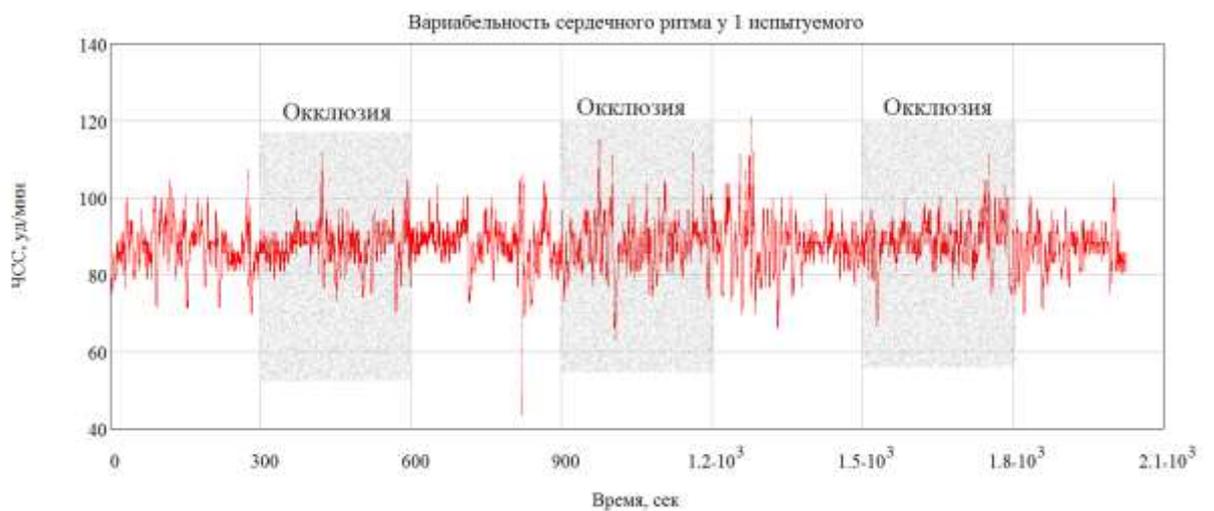
Ниже приведены графики: временной зависимости температуры кончиков пальцев обеих рук при проведении окклюзионной пробы, временной зависимости ФПГ и variability сердечного ритма для 1 испытуемого.



а)



б)



в)

Рисунок 2: *а* – график временной зависимости температуры кончиков пальцев обеих рук при проведении многократной окклюзии у 1 испытуемого; *б* – график временной зависимости ФПГ у 1 испытуемого; *в* – график вариабельности сердечного ритма у 1 испытуемого.

Огибающая кривая сигнала фотоплетизмограммы является объемным кровотоком. Преобразование фотоплетизмограммы производилось с помощью программы «ТВFConverter». Ниже приведены графики зависимостей сигналов кровотока от времени для 8 испытуемых.

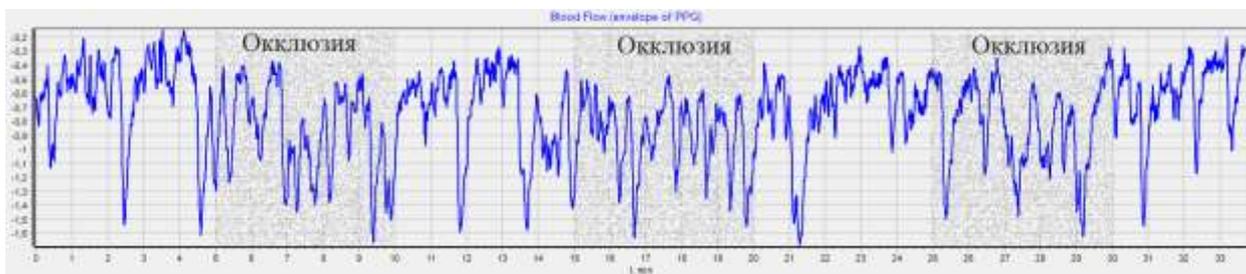


Рис.3. График сигнала кровотока при многократной окклюзии для 1 испытуемого.

Анализируя полученные данные, можно сказать следующее:

- В период первой окклюзии у 7 исследуемых наблюдалось уменьшение температуры обеих рук;
- В период первой реперфузии: у 4 исследуемых наблюдалось увеличение температуры обеих рук, у 2 исследуемых – уменьшение температуры только неокклюзированной руки, а на окклюзированной – увеличивалась или оставалась на том же уровне. Соответственно, у 2 исследуемых наблюдалось уменьшение температуры обеих рук;
- В период второй окклюзии у 5 исследуемых наблюдалось уменьшение температуры обеих рук. У 3 – уменьшение температуры только на окклюзированной руке. На неокклюзированной руке в 2 случаях температура увеличивалась, а в 1 – оставалась на прежнем уровне;
- В период второй реперфузии у 3 исследуемых температура обеих рук увеличилась, у 2 – уменьшилась, у 3 исследуемых – температура на неокклюзированной руке – уменьшилась, а на окклюзированной – увеличилась.

- В период третьей окклюзии у 5 исследуемых температура обеих рук уменьшилась, а у 3 – на неокклюзированной руке увеличилась, а на окклюзированной уменьшилась.
- В период третьей реперфузии у 2 исследуемых температура обеих рук увеличилась, а у 2 – уменьшилась, у 4 исследуемых наблюдалось уменьшение температуры на неокклюзированной руке, а на окклюзированной – увеличение.

В качестве критерия для анализа гемодинамической реакции на многократную окклюзию использовались восстановленные по сигналу ФПГ данные о частоте сердечных сокращений (ЧСС) – Таблица 1.

Таблица 1. Показатели ЧСС при проведении многократной окклюзионной пробы у 8 исследуемых (восстановлены по сигналу ФПГ).

№ испытуемого	ЧСС до окклюзии, уд/мин	ЧСС при 1 окклюзии, уд/мин	ЧСС после 1 окклюзии, уд/мин	ЧСС при 2 окклюзии, уд/мин	ЧСС после 2 окклюзии, уд/мин	ЧСС при 3 окклюзии, уд/мин	ЧСС после 3 окклюзии, уд/мин
1	87,9	87,3	88,1	87,4	88,3	87,9	87,6
2	68,7	69,5	70,2	70,1	71,1	70,4	72,6
3	74,1	74,7	72,5	71,9	71,4	75,6	83,7
4	65,3	67,1	61,4	62,6	64,8	66,1	64,4
5	80,3	79,9	80,6	79,7	75,8	78,8	79,8
6	79,6	80,6	77,7	77,4	80,7	81,4	79,1
7	79,2	74,3	75,2	74,6	77,1	72,7	69,8
8	81,6	82,5	84,7	85,0	79,7	85,3	77,6

Используя данные из таблицы 1, можно сделать выводы о нижеследующем:

- В период первой окклюзии у 5 исследуемых наблюдалось повышение ЧСС (у 3 исследуемых - уменьшение);
- В период первой реперфузии у 5 исследуемых наблюдалось увеличение ЧСС (у 3 исследуемых - уменьшение);
- В период второй окклюзии у 6 исследуемых наблюдалось уменьшение ЧСС (у 2 исследуемых - увеличение);
- В период второй реперфузии у 4 исследуемых наблюдалось увеличение ЧСС, а 4 исследуемых – уменьшение ЧСС;
- В период третьей окклюзии у 5 исследуемых наблюдалось увеличение ЧСС, а у 3 исследуемых – уменьшение ЧСС;
- В период третьей реперфузии у 5 исследуемых наблюдалось уменьшение ЧСС, а у 3 исследуемых – увеличение.

Как видно из приведенных выше данных, наблюдаются синхронные изменения температуры на руке с окклюзией и на неокклюзированной руке, а также уменьшение ЧСС у большинства исследуемых (у 6 исследуемых из 8) после третьей окклюзии по сравнению с начальной ЧСС. Это свидетельствует о наличии взаимосвязанной сосудистой реакции свободной конечности на ишемию - реперфузию.

### **Заключение**

Результаты исследования выступают в качестве проверки способности организма реагировать на метод ДИП. Существует доказанный факт, что на окклюзию одной конечности реагируют все конечности. Следовательно, 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.

Это экспериментальное исследование свидетельствует о том, что множественные окклюзионные эффекты в плечевой области имеют системный характер. Местный сосудистый отклик в конечности с манжетой сопровождается сосудистой реакцией контралатеральной конечности. Таким образом, это можно предположить, что реактивная гиперемия может провоцировать сосудистые реакции в других отдаленных частях от ишемического участка сосудистой системы, например, в коронарных сосудах. При множественных повторениях периодов ишемии-реперфузии в сосудистой области верхних конечностей, достигается «тренировочный эффект» и развитие резистентности к ишемии не только периферических, но и коронарных сосудов.