

Редакционный совет

Голенков В.А. *д-р техн. наук, проф., председатель*
Радченко С.Ю. *д-р техн. наук, проф., зам. председателя*
Борзенков М.И. *канд. техн. наук, доц.*
Астафичев П.А. *д-р юрид. наук, проф.*
Иванова Т.Н. *д-р техн. наук, проф.*
Киричек А.В. *д-р техн. наук, проф.*
Колчунов В.И. *д-р техн. наук, проф.*
Константинов И.С. *д-р техн. наук, проф.*
Новиков А.Н. *д-р техн. наук, проф.*
Попова Л.В. *д-р экон. наук, проф.*
Степанов Ю.С. *д-р техн. наук, проф.*

Редакколлегия

Главный редактор
Степанов Ю.С. *д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки Российской Федерации*

Заместители главного редактора

Гордон В.А. *д-р техн. наук, проф.*
Киричек А.В. *д-р техн. наук, проф.*
Подмастерьев К.В. *д-р техн. наук, проф.*

Члены редакколлегии

Бабичев А.П. *д-р техн. наук, проф.*
Вдовин С.И. *д-р техн. наук, проф.*
Дмитриев А.М. *д-р техн. наук, проф., член-кор. РАН*
Емельянов С.Г. *д-р техн. наук, проф.*
Зубарев Ю.М. *д-р техн. наук, проф.*
Зубчинов В.Г. *д-р физ.-мат. наук, проф.*
Иванов Б.Р. *д-р техн. наук, проф.*
Колесников К.С. *д-р техн. наук, проф., академик РАН*
Копылов Ю.Р. *д-р техн. наук, проф.*
Коридорф С.Ф. *д-р техн. наук, проф.*
Малинин В.Г. *д-р физ.-мат. наук, проф.*
Мулюкин О.П. *д-р техн. наук, проф.*
Осадчий В.Я. *д-р техн. наук, проф.*
Панин В.Е. *д-р техн. наук, проф., академик РАН*
Располов В.Я. *д-р техн. наук, проф.*
Смоленцев В.П. *д-р техн. наук, проф.*

Ответственный за выпуск
Григорьева О.Ю.

Адрес редакции
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
(4862) 41-98-48, 55-55-24, 41-98-03,
43-48-90
www.ostu.ru
E-mail: met_lit@ostu.ru

Зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций. Свидетельство: ПИ № ФС77-35719 от 24 марта 2009 года

Подписной индекс 29504 по объединенному каталогу «Пресса России»

© ОрелГТУ, 2010

Содержание

Кафедра «Приборостроение, метрология и сертификация» сорок пять лет на поприще подготовки научных и инженерных кадров..... 3

Испытания, контроль, диагностика и управление качеством

Коридорф С.Ф., Жернова Л.А. Исследование возможностей неинвазивных методов диагностики биотканн для контроля косметических процедур..... 7
Сычев С.Н., Помастерьев К.В., С.Г. Пузырев Экспериментальные исследования по определению адгезии компонентов моторных масел методом жидкостной хроматографии. Часть 2. Тестирование хроматографических колонок, заполненных опилками металлов..... 12
Шкатов П.Н. Вихревой контроль металла высоконагруженных элементов роторов паровых турбин ТЭС..... 15
Анодина-Андреевская Е.М., Марусина М.Я., Марусин М.П. Применение методов вейвлетного анализа сигналов в задачах технической диагностики 21
Мишин В.В., Селихов А.В., Майоров М.В., Катыхин А.А., Шапалов К.В., Некрасов В.И. Экспериментальное исследование электрического сопротивления (проводимости) подшипника качения как диагностического параметра..... 25
Пахлюкин Е.В., Кобзев И.О. Расчетно-экспериментальный метод оценки максимальной температуры в шарикоподшипнике. Часть 2. Применение диагностических параметров электрической группы..... 34
Бондарева Л.А., Войтевич В.Н. Измерение биопотенциала растений: современное состояние и перспективы исследований..... 41
Гуженкова Ю.Г., Туликкин Д.А. Контроль влияния трения скольжения на износ зубчатых передач..... 44

Приборостроение и биотехнические системы

Располов В.Я. Состояние отечественной авиационной промышленности и авиационного приборостроения (обзор по материалам и экспонатам МАКС-2009)..... 48
Солдаткин В.М. Модели количественной оценки уровня опасности отказов интегрированного комплекса бортового оборудования..... 53
Есипов В.Н., Незнамов А.И., Рыбин А.А. Гидроакустические средства измерения негоризонтальности железнодорожного пути..... 60
Уткин Г.И., Чкан В.В., Марков В.В. Процесс электрической эрозии разъемных контактов..... 67
Лукин М.В., Ткачкова Ю.Р., Казаков В.Ю. Метод и средство измерения объемного расхода газа в процессах с малым газовыделением..... 72
Моисеев П.П. Устройство функционального контроля узла сканирования с датчиком углового положения на элементе холла..... 81
Давыдова Н.В. Анализ параметров емкостной измерительной ячейки, заполненной смазочным материалом..... 84
Милославин Н.Н. Принцип построения фазогенераторного датчика контроля высокоскоростных электропроводящих объектов..... 89
Дулаев А.В., Егорова А.И., Жеребцов Е.А., Макаров Д.С. Исследование возможностей тепловидения и методов неинвазивной медицинской спектрофотометрии в функциональной диагностике..... 95
Коржук Н.Л., Лисляк М.В., Поляков В.В. Биотехническая системы диагностики и лечения нарушений бинокулярных функций..... 101

Конструирование, расчеты, материалы

Шалюбаев Е.В. Модернизированные редукторы отечественного производства 105
Шишкарев М.П. Оптимизация эксплуатационных показателей адаптивной фрикционной муфты с бифункциональным управляющим устройством..... 112

Машиностроительные технологии и инструменты

Соловьев Д.Л., Киричек А.В., Силаштыев С.А., Васильев А.В. Поверхностное пластическое деформирование длинномерных отверстий 115
Исаев А.Н., Зелениной С.А., Федин Э.Н. Деформации и качество поверхности отверстий сварных труб, обработанных дорнованием..... 118

Моделирование технологических процессов

Серков Е.А., Васильев Е.Ю. Разработка приложения для расчета сил и моментов резания..... 122

Естественные науки

Гулиев С.М. Поперечный сдвиг кусочно-однородной упругой среды с трещинами..... 128
Бойров А.В. Взаимодействие спиновых полей материальных объектов – фактор, контролирующий возникновение многоклеточных живых организмов..... 133
Савин Л.А., Майорова С.В., Журавлев В.Н., Спручков А.А. Конечно-элементная реализация расчета напряженно-деформированного состояния многослойных конструкций..... 136

А.В. ДУНАЕВ, А.И. ЕГОРОВА, Е.А. ЖЕРЕБЦОВ, Д.С. МАКАРОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕПЛОВИДЕНИЯ И МЕТОДОВ НЕИНВАЗИВНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ В ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ

В работе исследованы возможности тепловидения и лазерной доплеровской флоуметрии при регистрации и анализе экспериментальных данных в процессе проведения окклюзионной пробы. На основании обработки полученных результатов сделаны выводы о перспективах их использования в диагностике при оценке функционального состояния кровеносных сосудов, а также в решении проблемы индивидуализации лечебных воздействий, в том числе физиотерапевтических.

Ключевые слова: термография, лазерная доплеровская флоуметрия, функциональная диагностика, окклюзионная проба

This paper is devoted to the research of the possibilities of thermal imaging and laser Doppler flowmetry jointly with the occlusion test. Based on the processing of the results conclusions are drawn about the prospects of their use in diagnosis when evaluating the functional state of the blood vessels, as well as in solving the problem of individualization of the therapeutic treatments, including physiotherapy.

Keywords: thermography, laser Doppler flowmetry, functional diagnostics, occlusion test

В настоящее время одними из наиболее актуальных проблем в медицине являются достоверная неинвазивная диагностика различных заболеваний на ранних стадиях развития и визуализация результатов лечения. Общеизвестные методы диагностики далеко не всегда обладают способностью единовременной комплексной оценки состояния организма пациентов, зачастую не в состоянии выявить заболевание на доклинической стадии, в большинстве случаев они не применяются многократно по причине инвазивности и высокой стоимости.

Огромными возможностями для достоверной одномоментной оценки функционального состояния всего организма, определения патологий отдельных органов и систем располагает тепловизионная диагностика. Тепловидение (термография) – метод регистрации инфракрасного излучения тела человека в целях диагностики различных заболеваний. В норме каждая область поверхности человеческого тела имеет характерную термографическую картину. Различные патологические состояния могут оказывать влияние как на распределение, так и на интенсивность теплового излучения, что может иметь известное диагностическое и прогностическое значение [1]. Накопленный к настоящему времени опыт применения тепловидения позволяет определить некоторые основные направления использования инфракрасной термографии, среди которых – изучение сосудистых заболеваний [2].

Другим методом, отвечающим жестким требованиям, которые предъявляются к информативности, неинвазивности и безвредности проведения исследований у человека, является лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) – метод неинвазивной медицинской спектрофотометрии (НМС). Согласно используемым физическим принципам диагностики методы неинвазивной прижизненной спектрофотометрии позволяют оценивать *in vivo* (*in situ*) биохимический состав мягких тканей человека и его динамику во времени, включая изучение кратковременных и ритмичных флуктуаций всех наблюдаемых параметров, возникающих вследствие ритмичной работы сердечно-сосудистой и нервно-рефлекторной систем.

В части регистрации параметров микрогемодинамики наиболее легко регистрируемыми методами неинвазивной биоспектрофотометрии являются: параметр перфузии тканей кровью, параметры частотных сосудистых ритмов, зависящих от нервно-рефлекторной и гуморальной регуляции периферического кровообращения. Наибольшей же информативностью обладают все эти методы при использовании различных функциональных нагрузочных тестов и проб на систему микроциркуляции крови [2, 3].

Так, для диагностики состояния сосудистого русла нередко применяют различные нагрузочные пробы (тесты), среди которых часто используется окклюзионная проба (ОП).

которая реализуется путем пережатия на 1-3 мин соответствующего участка конечности манжетой тонометра таким образом, чтобы вызвать остановку кровотока и соответственно ишемию [4]. Это приводит к понижению температуры кровоснабжаемой области и уменьшению показателя микроциркуляции [5]. После прекращения окклюзии кровотока восстанавливается, и развивается реактивная постокклюзионная гиперемия (избыточное заполнение расширенных артерий, артериол и капилляров нагретой артериальной кровью), которая проявляется в увеличении температуры и показателя микроциркуляции до величин, превышающих их исходные уровни [6, 7]. После достижения максимального уровня температуры не наблюдается резкого ее спада до исходного уровня в отличие от зависимостей показателя микроциркуляции [6].

Вышеописанные особенности изменения температуры биоткани и показателя микроциркуляции крови в процессе проведения окклюзионной пробы являются характерными для здоровых людей. Изменение параметров, описывающих полученные зависимости, может служить индикатором различных патологических состояний, связанных с сосудистыми нарушениями (например, вибрационной болезни).

Ранее особенности реакции на окклюзионную пробу изучались с использованием методов лазерной доплеровской флоуметрии и оксиметрии [6], тепловизионных исследований реакции конечностей на окклюзию с диагностической целью проводилось крайне мало. Поэтому актуальной задачей является исследование возможностей тепловидения при регистрации и анализе экспериментальных данных в процессе нагрузочных тестов вообще и окклюзионной пробы в частности.

Для исследования подобных зависимостей в рамках поставленной задачи в лаборатории медико-физических исследований Московского областного научно-исследовательского клинического института (МОНКИ) им. М.Ф. Владимирского была проведена серия тестовых экспериментов. Целью данных экспериментов явилось выявление изменения показателя микроциркуляции и одновременное исследование температурной реакции биоткани на окклюзию плечевой артерии у пациентов с вибрационной болезнью.

Для оценки состояния микроциркуляторного русла использовался многофункциональный лазерный диагностический комплекс «ЛАКК-М» (ООО НПП «ЛАЗМА», Россия). Бесконтактные наблюдения температурных изменений на поверхности кисти проводились с использованием медицинского термографа «ИРТИС-2000 МЕ» (ООО «ИРТИС», Россия).

Эксперименты проводились на 7-ми добровольцах. Совокупность экспериментов делилась на 3 группы. При этом в качестве исследуемых областей выбраны вентральная поверхность дистальных фаланг III и IV пальцев руки, вентральная поверхность ладони, а также передняя поверхность предплечья в области нижней трети (рисунок 1).

В базовой группе (2 условно здоровых добровольца) термо- и ЛДФ-граммы записывались непрерывно без проведения каких-либо функциональных проб в течение 16 мин. В контрольной группе (2 условно здоровых добровольца) и группе пациентов с вибрационной болезнью (3 человека) проводилась окклюзионная проба. Перед ее проведением испытуемый адаптировался к комнатным условиям в течение 15-20 мин. Измерялось артериальное давление с целью определить значение давления манжеты, необходимое для создания окклюзии конечностей. При исследовании испытуемый находился в положении сидя (предплечье – на уровне сердца) при этом его рука фиксировалась на поверхности с малой теплоемкостью (специальная подушка), в области плеча располагалась окклюзионная манжета (рисунок 2).

На вентральную поверхность дистальной фаланги III пальца руки нормально поверхности кожи, без надавливания, устанавливался оптоволоконный зонд аппарата «ЛАКК-М». Камера термографа «ИРТИС-2000 МЕ» устанавливалась так, чтобы имелась возможность измерять температуру в области исследования. Окклюзия осуществлялась созданием и поддержанием давления в манжете выше систолического на 30 мм. рт. ст. Общая длительность записи составляла 6 мин. При обработке данных для двух последних групп экспериментов все регистрируемые сигналы были разделены на 3 фрагмента: предокклюзионный, окклюзионный и постокклюзионный.

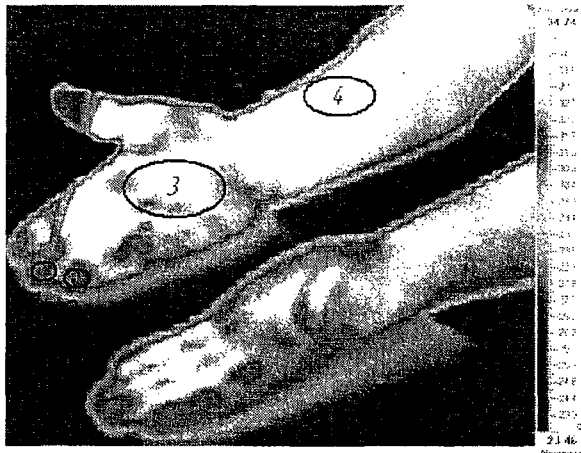


Рисунок 1 – Термоизонное изображение кистей рук
 1 – вентральная поверхность дистальной фаланги III пальца; 2 – вентральная поверхность дистальной фаланги IV пальца; 3 – вентральная поверхность ладони; 4 – передняя поверхность предплечья в области нижней трети

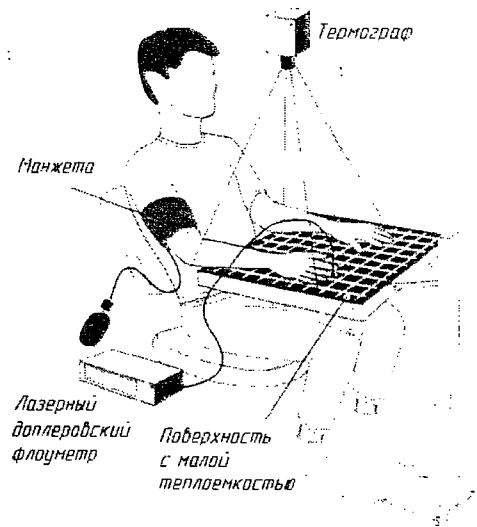
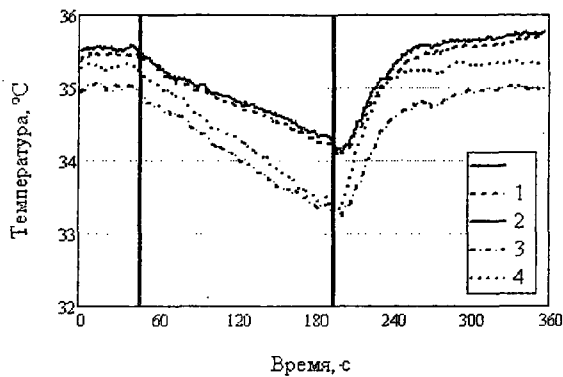


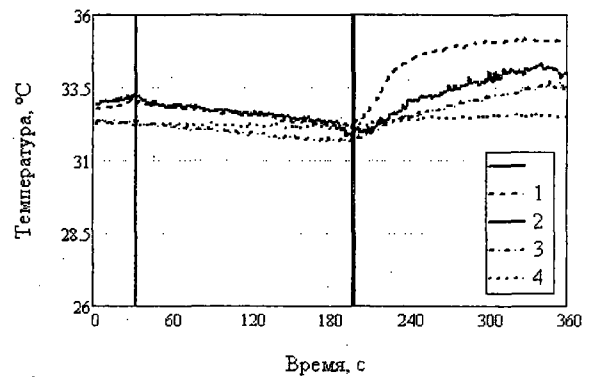
Рисунок 2 – Методика проведения измерений

Пример типичных термограмм в контрольной группе и группе пациентов с вибрационной болезнью приведен на рисунке 3.

°C/с.



a



б

Рисунок 3 – Типичный вид зависимостей температуры от времени с начала проведения окклюзионной пробы
 а – для контрольной группы; б – для пациентов с вибрационной болезнью; температурные кривые: 1 – для III пальца; 2 – для IV пальца; 3 – для ладони; 4 – для предплечья (вертикальными линиями показаны моменты начала и окончания окклюзии)

Записи термо- и ЛДФ-грамм в базовой группе свидетельствуют о том, что результаты, полученные при проведении окклюзионной пробы, носят неслучайный характер, т.е. температурные осцилляции и колебания перфузии непосредственно связаны с моментами начала и окончания окклюзии.

Для описания полученных зависимостей использовались следующие параметры [6]:

$$\Delta T_{1,2} = T_1 - T_2 \quad \Delta T_{1,3} = T_3 - T_1 \quad \Delta T_{2,3} = T_3 - T_2 \quad V_{2,3} = \Delta T_{2,3} / t_{2,3}$$

где T_1 – исходный уровень температуры, °C;

T_2 – минимальная температура, достигаемая в окклюзионный период, °C;

T_3 – максимальный уровень температуры в постокклюзионный период, °C;

$t_{2,3}$ – время изменения температуры от T_2 до T_3 , °C;

$\Delta T_{1,2}, \Delta T_{1,3}, \Delta T_{2,3}$, °C – разности соответствующих температур;

$V_{2,3}$ – средняя скорость возрастания температуры в постокклюзионный период. Значения данных параметров для результатов измерения температуры исследуемых областей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры температуры биоткани, характеризующие ОП

Группы испытуемых	Номер испытуемого в группе	Области измерения температуры	Параметры						
			$T_1, ^\circ\text{C}$	$T_2, ^\circ\text{C}$	$T_3, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_{1,2}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_{1,3}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_{2,3}, ^\circ\text{C}$	$V_{2,3}, ^\circ\text{C}/\text{c}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контрольная	1	III палец	35,53	34,19	35,77	1,34	0,24	1,58	0,010
		IV палец	35,00	33,22	35,05	1,78	0,05	1,83	0,013
		ладонь	34,11	33,80	34,55	0,31	0,44	0,75	0,004
		предплечье	33,17	33,10	33,59	0,07	0,42	0,49	0,003
	2	III палец	32,05	29,51	33,36	2,54	1,31	3,85	0,034
		IV палец	32,35	30,16	33,51	2,19	1,16	3,35	0,027
		ладонь	33,15	32,90	33,65	0,25	0,50	0,75	0,003
		предплечье	33,71	33,33	33,64	0,38	-0,07	0,31	0,003
	Среднее значение	III палец	33,79	31,85	34,57	1,94	0,77	2,72	0,022
		IV палец	33,68	31,69	34,28	1,99	0,60	2,59	0,020
		ладонь	33,63	33,35	34,10	0,28	0,47	0,75	0,004
		предплечье	33,44	33,22	33,62	0,23	0,17	0,40	0,003
Пациенты с вибрационной болезнью	1	III палец	27,67	27,09	30,27	0,58	2,60	3,18	0,028
		IV палец	27,18	26,76	30,30	0,42	3,12	3,54	0,035
		ладонь	30,71	30,26	31,59	0,45	0,88	1,33	0,012
		предплечье	29,38	29,09	29,42	0,29	0,04	0,33	0,003
	2	III палец	32,83	33,05	34,61	-0,22	1,78	1,56	0,007
		IV палец	32,88	33,00	35,03	-0,12	2,15	2,03	0,009
		ладонь	32,85	32,65	34,27	0,20	1,42	1,62	0,006
		предплечье	33,08	31,89	33,21	0,19	0,13	0,32	0,001
	3	III палец	32,03	28,29	32,62	3,74	0,59	4,33	0,034
		IV палец	32,35	29,81	33,50	2,54	1,15	3,69	0,029
		ладонь	32,22	30,66	32,66	1,56	0,44	2,00	0,016
		предплечье	33,49	33,05	33,24	0,44	-0,25	0,19	0,006
	Среднее значение	III палец	30,84	29,48	32,50	1,37	1,66	3,02	0,023
		IV палец	30,80	29,86	32,94	0,95	2,14	3,09	0,024
		ладонь	31,93	31,19	32,84	0,74	0,91	1,65	0,011
		предплечье	31,98	31,34	31,96	0,30	-0,02	0,28	0,003

Данные таблицы 1 показывают, что в группе пациентов с вибрационной болезнью снижены уровни исходной, минимальной и максимальной температур по сравнению с контролем. В ряде случаев наблюдалось уменьшение динамики в окклюзионный и постокклюзионный периоды. Однако по результатам проведенных исследований нельзя однозначно сказать, что средняя скорость возрастания температуры после снятия окклюзии имеет тенденцию к снижению у больных вибрационной болезнью.

Кроме температурных изменений регистрировались также изменения показателя микроциркуляции (рисунок 4).

При интерпретации результатов лазерной доплеровской флоуметрии оцениваются следующие параметры [4]:

$M_{исх}$ – среднее значение показателя микроциркуляции до окклюзии, пф. ед.;

$M_{окл}$ – показатель микроциркуляции в процессе окклюзии, пф. ед.;

$ПМ_{макс}$ – максимальное значение ПМ в процессе развития реактивной постокклюзионной гиперемии, пф. ед.;

РК – резерв кровотока, рассчитываемый по формуле:

$$РК = \frac{ПМ_{макс}}{M_{исх}} \cdot 100\%;$$

$t_{макс}$ – интервал времени от снятия окклюзии до достижения $ПМ_{макс}$, с;

$t_{1/2}$ – время полувосстановления (интервал времени от момента достижения максимума $ПМ_{макс}$ до момента полувосстановления, определяемого как время достижения половины величины разности $ПМ_{макс} - M_{исх}$), с.

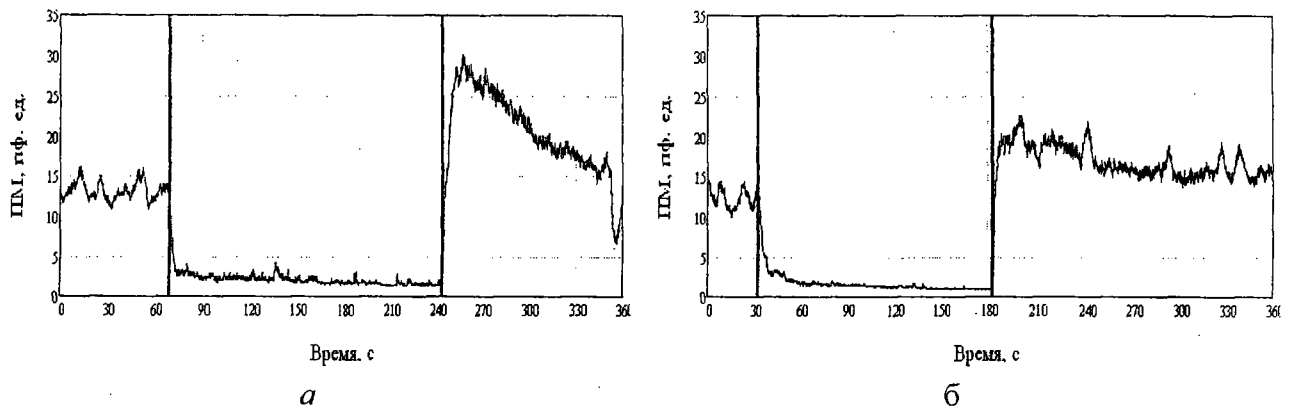


Рисунок 4 – Типичный вид зависимости показателя микроциркуляции от времени с момента начала проведения окклюзионной пробы
а – для контрольной группы; б – для пациентов с вибрационной болезнью (вертикальными линиями показаны моменты начала и окончания окклюзии)

Значения параметров для проведенных экспериментальных исследований представлены в таблице 2.

Известно, что у здоровых лиц величина РК составляет 200-300%, $t_{макс}$ – 10-20 с, $t_{1/2}$ – 25-40 с [7]. Данные таблицы свидетельствуют о том, что у пациентов с вибрационной болезнью хотя бы один из данных параметров выходит за пределы диапазона, в то время как в контрольной группе значение остается в норме.

Таблица 2 – Параметры показателя микроциркуляции, характеризующие ОП

Группы испытуемых	Номер испытуемого в группе	Параметры					
		$M_{исх}$, пф. ед.	$M_{окл}$, пф. ед.	$ПМ_{макс}$, пф. ед.	РК, %	$t_{макс}$, с	$t_{1/2}$, с
Контрольная	1	2,30	1,20	10,40	442,90	11,70	14,40
	2	13,11	2,15	30,20	230,42	13,05	32,85
	Среднее значение	7,70	1,68	20,30	336,66	12,38	23,63
Пациенты с вибрационной болезнью	1	12,42	1,72	22,60	181,96	16,80	4,95
	2	14,47	1,87	31,30	216,29	14,10	7,60
	3	17,10	1,75	26,10	152,60	16,15	38,15
	Среднее значение	14,67	1,78	26,67	183,61	15,68	16,90

Таким образом, проведение окклюзионной пробы стандартными способами доплеровской флоуметрии с одновременным измерением температуры биоткани даст дополнительную информацию об эффективности кровоснабжения и объемного кровенаполнения сосудов [6]. Выявленные особенности температурной реакции и реакции микроциркуляторного русла на окклюзионную пробу могут служить дополнительным диагностическим критерием для оценки функционального состояния кровеносных сосудов и помочь в решении проблемы индивидуализации лечебных воздействий, в том числе физиотерапевтических.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тепловидение и его применение в медицине [Текст] / М.М. Мирошников [и др.]. – М: Медицина, 1981. – 184 с.
2. Результаты термографии тканей голени у больных варикозной болезнью в зависимости от температуры окружающей среды [Электронный ресурс] / Т. В. Замечник [и др.] // Флебология. – 2008. – №1. – Режим доступа: <http://www.mediasphera.ru/journals/flebo/detail/427/6382/>.
3. Дунаев, А.В. К вопросу о возможности использования методов неинвазивной спектродетекции для контроля эффективности низкоинтенсивной лазерной терапии [Текст] / А.В. Дунаев, Д.А. Рогаткин // Известия ОрелГТУ, серия «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии». – №3, 275(561). – 2009. – С.110-115.
4. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови [Текст]: Руководство для врачей. / Под. ред. А.И. Крупаткина, В.В. Сидорова – М.: Медицина, 2005. – 256 с.: ил.
5. Система кровообращения и артериальная гипертензия: биофизические и генетико-физиологические механизмы, математическое и компьютерное моделирование [Текст] / С.Н. Багаев, Б.Г. Вайнер, М.С. Тарков и др.; отв. ред. Л.Н. Иванова, А.М. Блохин, А.Л. Маркель; Рос. акад. Наук, Сиб. отд-ние, Ин-т физики полупроводников им. А.В. Ржанова [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 252 с.: ил. – (Интеграционные проекты СО РАН; вып. 17).
6. Оценка функционального состояния кровеносных сосудов по анализу температурной реакции на окклюзионную пробу [Текст] / Д.А. Усанов [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2009. – Т.5, № 4. – С. 554-558.
7. Применение лазерной доплеровской флоуметрии у больных кардиологического профиля [Текст] / А.А. Федорович [и др.] // Материалы IV Всероссийского симпозиума «Применение лазерной доплеровской флоуметрии в медицинской практике». – 2007. – С. 159-169.

Дунаев Андрей Валерьевич

Орловский государственный технический университет,
г. Орел
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация»
Тел. +79192619906
E-mail: dunaev@ostu.ru

Егорова Ангелина Ивановна

Орловский государственный технический университет,
г. Орел
Студент кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация»
Тел. +79155091484
E-mail: angelok1100@rambler.ru

Жеребцов Евгений Андреевич

Орловский государственный технический университет,
г. Орел
Аспирант кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация»
Тел. +79536151192
E-mail: zherebzow@gmail.com

Макаров Денис Сергеевич

ГУ МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, г. Москва
М.н.с. лаборатории медико-физических исследований
Тел. +7 (495) 6818984
E-mail: makarov@medphyslab.com