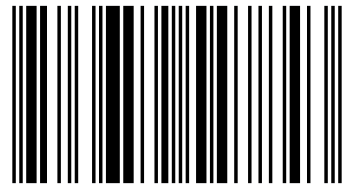


Обобщены и систематизированы исследования авторов, посвященные разработке и практическому использованию в стоматологической практике новых лазерных методов диагностики и терапии. Методы основаны на зондировании биотканей ротовой полости низко-интенсивным лазерным излучением и анализе динамических параметров лазерных био-спекл-полей, возникающих в рассеянном излучении. Кратко описаны сопряженные процессы переноса лазерного излучения и тепло-и массообмена как в мягких биотканях и органах человека *in vivo*, так и формирование и динамика лазерных био-спекл-полей при зондировании твердых биотканей ротовой полости. Анализируются новые экспериментальные методы диагностики микроциркуляции в мягких биотканях и напряженно-деформационного состояния зубочелюстной системы, ортопедических и ортодонтических конструкций. Приведены практические рекомендации по применению этих измерителей для ранней диагностики и терапии тканей периодонта и оптимизации ортопедических и ортодонтических конструкций. Рассчитана на медицинских работников, практикующих стоматологов, а также инженеров, научных работников, студентов и аспирантов, специализирующихся в области медицинской диагностики.



Сергей Рубникович

Сергей Рубникович, зав. кафедрой ортопедической стоматологии Белорусской медицинской академии последипломного образования (БелМАПО), доктор медицинских наук (2011), академик Международной академии стоматологов (ADI, 2011), зам. председателя Белорусского республиканского общественного объединения специалистов стоматологии.



978-3-659-54784-3

Сергей Рубникович
Юлия Денисова
Никита Фомин

Новые лазерные методы диагностики и терапии в стоматологии

 **LAMBERT**
Academic Publishing

**Сергей Рубникович
Юлия Денисова
Никита Фомин**

Новые лазерные методы диагностики и терапии в стоматологии

**Сергей Рубникович
Юлия Денисова
Никита Фомин**

**Новые лазерные методы
диагностики и терапии в
стоматологии**

LAP LAMBERT Academic Publishing

Impressum / Выходные данные

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу <http://dnb.d-nb.de>.

Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брендах и их можно использовать всем без ограничений.

Coverbild / Изображение на обложке предоставлено: www.ingimage.com

Verlag / Издатель:

LAP LAMBERT Academic Publishing

ist ein Imprint der / является торговой маркой

OmniScriptum GmbH & Co. KG

Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Deutschland / Германия

Email / электронная почта: info@lap-publishing.com

Herstellung: siehe letzte Seite /

Напечатано: см. последнюю страницу

ISBN: 978-3-659-54784-3

Copyright / АВТОРСКОЕ ПРАВО © 2014 OmniScriptum GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. / Все права защищены. Saarbrücken 2014

Оглавление

	Стр.
От авторов	11
Литература к Предисловию. Основные публикации авторов по теме монографии	18
Введение	26
Литература к Введению	34
Глава 1. Физико-математические модели микроциркуляции и распространения лазерного излучения в биотканях и органах человека	38
§1.1 Современные представления о роли микроциркуляции и патогенезе воспалительных болезней периодонта.	39
1.1.1 Механизмы заболевания периодонта	39
1.1.2 Микроциркуляция в биотканях и органах	41
§1.2 Морфология и физиологическая характеристика тканей периодонта	45
§1.3 Микроциркуляция в мягких биотканях человека	48
1.3.1 Кровоток в мягких биотканях	48
1.3.2 Особенности микроциркуляции в мягких биотканях	50
§1.4 Процессы конвективного массопереноса в биотканях.	52
1.4.1 Вязко-эластичные свойства крови	52
1.4.2 Состав крови	52
1.4.3 Особенности кровотока	54
§1.5 Процессы переноса тепла в биотканях	54
§1.6 Гидродинамика течений в биотканях	59
1.6.1 Реологические параметры крови	59
1.6.2 Уравнения Эйлера для идеальной жидкости	60
1.6.3 Ньютоновская модель вязкой жидкости	61
1.6.4 Вязкость неньютоновских жидкостей	61
1.6.5 Течения неньютоновских жидкостей и простейшие модели её движения	64
§1.7 Лазерное воздействие на биоткани	66
1.7.1 Введение в низкоинтенсивную лазерную терапию	66
1.7.2 Лазерное зондирование биотканей	67
§1.8 Особенности лазерного излучения	68
1.8.1 Генерация лазерного излучения	68

1.8.2	Волновая природа излучения	68
1.8.3	Направленность излучения	69
1.8.4	Монохроматичность и модовый состав	70
1.8.5	Когерентность	70
§1.9	Оптические характеристики биотканей	71
1.9.1	Процессы поглощения лазерного излучения	71
1.9.2	Процессы рассеяния в биотканях	74
§1.10	Перенос излучения в биотканях	75
1.10.1	Уравнение переноса	75
1.10.2	Модель переноса излучения А.П. Иванова	78
1.10.3	Светоокислородный эффект	78
1.10.4	Модель переноса излучения В.В. Тучина	80
1.10.5	Численное моделирование переноса излучения в биотканях	82
§1.11	Образование спекл-полей при рассеянии лазерного излучения	84
1.11.1	Формирование спекл-поля	84
1.11.2	Введение в динамику лазерных спекл-полей	85
1.11.3	Динамика лазерных биоспекл-полей в биотканях	90
Литература к главе 1		92
Глава 2. Диагностика микроциркуляции в биотканях ротовой полости <i>in vivo</i>		105
§2.1.	Физические основы функциональных методов исследования биотканей	105
§2.2.	Функциональные методы исследования и функциональная диагностика <i>in vivo</i> в стоматологии	107
2.2.1	Реографические исследования.	107
§2.3	Визуальные оптические методы исследований биотканей	110
2.3.1	Биомикроскопические исследования	110
2.3.2	Фотоплетизмография	117
§2.4	Тепловизионная техника	119
2.4.1	Связь ИК излучения с температурой нагретого тела	119
2.4.2	Основные соотношения теории ИК-излучения	121
2.4.3	Контактная ИК-термография	122

2.4.4	Бесконтактное ИК-тепловидение	124
§ 2.5	Лазеры, используемых для зондирования биотканей	125
2.5.1	Твёрдотельные лазеры	125
1.5.2	Газовые лазеры	127
2.5.3	Жидкостные лазеры	128
2.5.4	Полупроводниковые лазеры	128
2.5.5	Мощность лазеров для анемометрии	129
2.5.6	Источники излучения с широким спектром для систем ОКТ	130
§2.6	Оптическая когерентная томография биотканей	131
§2.7	Пороговые режимы лазерного воздействия на биоткани	135
§2.8	Описание методов исследования кровотока с использованием эффекта Доплера	138
2.8.1	Теоретические основы	138
2.8.2	Методы измерения доплеровского сдвига	140
2.8.3	Основные оптические схемы ЛДА.	141
§2.9	Лазер-доплеровская флоуметрия биотканей	144
2.9.1	Развитие методов ЛДА для диагностики биотканей	144
2.9.2	Численное моделирование ЛДФ	144
2.9.3	Экспериментальные установки ЛДФ	146
§2.10	Ультразвуковая доплерография.	148
§2.11	Лазерные методы исследований кровотока <i>in vivo</i> в ротовой полости	148
Литература к главе 2		156
Глава 3. Формирование динамических био-спекл-полей, их регистрация и кросс-корреляционный анализ		173
§ 3.1	Формирование лазерных био-спекл-полей. Трансляция и кипение спеклов.	173
§ 3.2	Влияние процессов многократного рассеивания на формирование и динамику био-спекл-полей	177
3.2.1	Формирование двойного био-спекл-поля	177
3.2.2	Статистика двойных спекл-структур	170
3.2.3	Динамические двойные спекл-структуры. Безлинзовая геометрия	180

3.2.4	Изображение двойных динамических спекл-структур с помощью линзы	182
3.2.5	Многоскоростные приближения	186
§3.3	Открытие био-спекл-полей	186
§3.4	Основные приемы и алгоритмы обработки цифровых изображений био-спекл-полей	188
3.4.1	Формирование спекл-изображений с помощью визуализирующих частиц	188
3.4.2	Статистический анализ получаемых изображений	190
§3.5.	Основные экспериментальные приёмы цифровой регистрации спекл-изображений	203
3.5.1	Лазерная анемометрия течений	203
3.5.2	Краткая история использования спекл-полей для диагностики течений	204
3.5.3	Цифровая лазерная анемометрия (ЦЛА)	207
3.5.4	Формирование “лазерного ножа” (лазерной плоскости)	209
3.5.5	Особенности освещения в микро-ЦЛА	210
3.5.6	Цифровая регистрация изображений	212
§3.6	Метод LASCA проф. Дж.Д. Бриерса (Лазерный анализ контраста спеклов, ЛАКС)	215
§3.7	Методики измерения кровотока в работах японских научно-исследовательских групп	221
§3.8	Метод Лазерной Спекл-Флоуграфии	222
§3.9	Измерители кровотока по методике доктора Рута	224
§3.10	Измерения микроциркуляции по методикам группы профессора В.В. Тучина	226
§3.11	Системы цифровой регистрации био-спекл- полей в БеМАПО, БГМУ и ИТМО НАНБ	227
3.11.1	Экспериментальная установка для исследования процессов переноса в мягких биотканях	228
3.11.2	Исследование зависимости контраста спекл-поля от скорости с использованием вращающегося генератора спекл-полей	231
3.11.2	Экспериментальные исследования микроциркуля- ции крови в биотканях	232

3.11.3	Динамическая калибровка одноэкспозиционной схемы спекл-анемометрии микротечений	234
3.11.4	Програмное обеспечение для корреляционного анализа лазерных био-спекл-полей	238
Литература к главе 3		240
Глава 4. Диагностика и лечение микроциркуляторных на- рушений в ротовой полости пациентов с хроническим пе- риодонтом		248
§4.1	Заболевания периодонта и нарушения микроциркуляции в биотканях	248
§4.2	Панорамные нарушения микроциркуляции с использованием спекл-технологий	249
§4.3	Особенности микроциркуляции у пациентов с хроническими болезнями периодонта	250
§4.4	Апробация спекл-измерителей микроциркуляции пациентов с болезнями периодонта	254
§4.5.	Комплексное лечение хронических болезней периодонта и зубочелюстных аномалий с примен- ением новой лазерно-оптической диагностики	264
4.5.1	Результаты клинических исследований	266
4.5.2	Результаты применения ЛОДцсф у периодонтоло- гических пациентов	267
4.5.3	Сравнительная оценка результатов лечения перио- донтологических пациентов	267
4.5.4	Достоинства ЛОДцсф	271
Литература к главе 4		272
Глава 5. Диагностика и лечение болезней периодонта в соче- тании с зубочелюстными аномалиями и деформациями		277
§ 5.1	Методы определения напряжённо- деформационного состояния твёрдых тканей зубов и ортопедических конструкций	278
§ 5.2	Проведение экспериментальных исследований ме- тодом цифровой спекл-фотографии (ЦСФ) в систем “штифтовая конструкция – корень зуба” и их анализ	283
5.2.1	Цифровая лазерная динамическая спекл- фотография	283

5.2.2	Исследования напряжённо-деформационного состояния в системе “ортодонтическая аппаратура – твёрдые ткани зубов”	285
§5.3	Функциональная оценка напряжённо-деформационного состояния зубных протезов и состояния твёрдых тканей зубов <i>in vivo</i>	293
§5.4	Определение и анализ прогностических признаков прогрессирования болезней периодонта в сочетании с зубочелюстными аномалиями и деформациями	298
Литература к главе 5		307
Глава 6. Современные проблемы лечения болезней периодонта и перспективы использования лазерно-оптических методов диагностики и терапии в комплексном лечении периодонта		312
§ 6.1	Особенности лечения болезней периодонта	312
§ 6.2	Лазеротерапия в стоматологии	315
§6.3	Результаты применения индивидуализованного лечебно-диагностического комплекса для коррекции микроциркуляторных расстройств десны у пациентов с болезнями периодонта	320
§6.4	Комплексное лечение болезней периодонта	328
§6.5	Результаты периодонтологического, ортодонтического и физиотерапевтического лечения пациентов с рецессией десны в сочетании с зубочелюстными аномалиям	336
Литература к главе 6		340
Заключение		346
Список основных обозначений		349
Список используемых сокращений		352

ОТ АВТОРОВ

Терапевтические эффекты световых источников естественного (Солнце, Луна) и искусственного происхождения известны ещё со времён Гиппократов. В начале прошлого века Нобелевской премией были отмечены работы датского врача Нильса Финзена, посвященные медицинским применениям красного света и ультрафиолета, в частности, для лечения оспы и волчанки.

Использование лазерных методов диагностики и лечения в биомедицине – научное направление, которое возникло практически сразу с открытием лазера в начале 60-х годов прошлого века. Исследования показали, что лазерное излучение обладает уникальными возможностями диагностики биотканей и благоприятным действием на живые организмы, включая организм человека: усиливается активность клеток и проницаемость их мембран, ускоряется обмен веществ, что оказывает стимулирующее воздействие на ткани и организм в целом. Было установлено, что в результате воздействия на пораженный участок ускоряется заживление ран и других повреждений, снимаются воспаления и отеки, уменьшаются болевые симптомы, улучшается кровообращение и начинается активная регенерация клеток. К концу прошлого века появились фундаментальные монографии, обобщающие первый опыт применения лазера в биомедицине и, в частности, исследований биотканей с помощью лазера, см. Введение к данной монографии. Именно эти работы и привлекли внимание авторов, которые к этому времени накопили опыт применения современных лазерных методов для диагностики технических течений [1, 2].

В самом конце прошлого века в Институте тепло – и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси в рамках важнейших Государственных комплексных программ научных исследований и ряда международных грантов под руководством д.ф.-м.н., профессора *Н.А. Фомина* начались систематические работы по переходу систем диагностики течений и обработки изображений с использованием цифровой техники высокого пространственного разрешения. В числе таких программ и проектов были «Наноструктурные материалы и технологии», «Тепловые процессы», Энергия-20 «Исследование механизма переноса энергии в поглощающих, излучающих и рассеивающих неоднородных средах», Диагностика-23 «Диагностика микроперемещений и деформации поверхности оптических и механиче-

ских изделий методами электронной спекл-фотографии», проекта INTAS-BELA 97-0083 «Спекл-фотография течений жидкостей и газов», проектов INTAS 00-0135 «Новые методы анемометрии в механике жидкостей», проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № Б04М-082 «Лазерный мониторинг процессов переноса в биотканях» и ряда др.» В этих *междисциплинарных* работах на стыке лазерной физики, медицины, оптики, теплофизики, цифровых измерительных технологий, вычислительной математики, математической физики и ряда других научных направлений принимали участие молодые учёные ИТМО НАН Беларуси (в настоящее время кандидаты физ.-мат. наук) *Елена Лавинская* и *Николай Базылев*, а также студенты БГМУ (в настоящее время доктора медицинских наук), авторы настоящей монографии *Юлия Денисова* и *Сергей Рубникович*.

Первые успешные эксперименты авторов по исследованию микроциркуляции крови в биотканях человека были проведены уже в 1998 г. во Франции, в лаборатории исследования тепловых процессов (LET) Высшей национальной Школы Франции по механике и аэродинамике (ENSMA), где на этот момент времени была лучше цифровая экспериментальная техника. В это время профессор *Н.А. Фомин* работал в этой лаборатории приглашённым профессором. В экспериментах принимал участие директор лаборатории, профессор *Жан-Бернар Солнье*, руководитель экспериментального отдела лаборатории *Жан-Луи Туо* и молодая учёная *Кэтрин Фуэте*. Метод диагностики микроциркуляции крови казался весьма эффективным, и первые результаты экспериментов были доложены на секциях по биотечениям ведущих международных конференций по оптическим методам диагностики в технике [3 – 7]. Первой в этом ряду оказался 57 семинар “Евротерм” теплопереносу в микросистемах, который проходил в лаборатории LET в этом же, 1998 г. [3]. В следующем году работа была доложена на V Международной научно-технической конференции “Оптические методы исследования потоков”, которая проходила в Москве [4], а в юбилейном, 2000-м году результаты исследований были доложены на крупнейших “технических” конференциях – 9-том Международном симпозиуме по визуализации течений, который проходил в Эдинбурге (Великобритания) [5], 3-ей Международной конференции по соплам и струям Московского авиационного института [6] и на Минском международном форуме по тепло – и массообмену

[7]. В этом же году результаты были доложены на специализированных конференциях по биотечениям и квантовой медицине в гг. Лион и Бордо (Франция) и Москва (Россия) [8 – 10]. Работа [11] стала первой журнальной публикацией этих результатов. В это время работы по диагностике биотканей с использованием цифровой лазерной техники уже успешно велись и в Минске [12 – 33]. Это были первые применения новой цифровой техники высокого разрешения для исследований как мягких, так и твёрдых биотканей в Беларуси. Эти работы продолжались в рамках совместных проектов с БГМУ [12 – 30], LET (Франция) [20], и с коллегами из университета штата Тохоку в Японии [21, 22]. Коллеги из Японии – профессор *К. Такаяма*, доктора наук *Т. Хирано*, *Т. Мицураки*, и *А. Такагава* обогатили процесс визуализации кровотока использованием цвета на картинах визуализации, ряд из которых были помещены на обложку японского журнала визуализации [21]. Итогом первого этапа (2000-2010гг.) совместных работ авторов монографии в этой области стала разработка и практическое использование оригинального лазерно-оптического метода (с условным названием ЛОМ) ранней диагностики и лечения болезней периодонта [31, 32]. Эти результаты были обобщены в монографии [33]. В процессе дальнейшего использования этого метода и его модификаций были разработаны новые приёмы и опыт работы с ЛОМ не только непосредственно для исследования аномалий процессов микроциркуляции в мягких биотканях ротовой полости, но и для комплексного анализа биомеханики и напряжений в твёрдых биотканях и элементах используемых для лечения ортопедических и ортодонтических конструкций. Эти материалы опубликованы в материалах международных конференций, оригинальных статьях, препринтах, в том числе в главе в монографии, вышедшей в 2013 году в издательстве Шпрингер [34 – 59]. Обобщению этих результатов и посвящена настоящая монография, в которой систематизированы исследования авторов по разработке и практическому использованию в стоматологической практике новых лазерных методов диагностики и терапии.

Значительная часть монографии посвящена описанию физических основ разрабатываемых методов, приведены необходимые математические соотношения. Кратко рассмотрены сопряжённые процессы переноса лазерного излучения и тепло-и массообмена в сложных реологических средах биотканей и органов человека *in vivo*. Особое внимание уделено обсуждению процессов микроциркуляции как в мягких, так и твёрдых биотка-

нях ротовой полости человека. Освещены современное состояние и перспективы использования новых лазерных измерителей микроциркуляции и напряжений как в мягких, так и в твёрдых биотканях и ортодонтических конструкциях в стоматологии. Приведены практические рекомендации по применению лазерных методов для ранней диагностики и нормализации патологий периодонта.

В силу междисциплинарного характера излагаемого материала, каждый из разделов монографии является сравнительно автономным и снабжён своим списком цитируемой литературы. Вместе с тем во всей монографии изложение материала ведётся с единых позиций, выдержан единый список обозначений и сокращений.

Во введении обсуждаются механизмы заболеваний периодонта, показана важность микроциркуляции в патогенезе таких заболеваний и дано общее описание целей и задач монографии.

Первая глава посвящена описанию процессов микроциркуляции в тканях человека, процессов тепло-и массообмена в сложных реологических средах биотканей и органов *in vivo*, а также анализируются сопряженные процессы распространения лазерного излучения в биотканях при их облучении или зондировании НЛИ. Описание этих взаимосвязанных процессов, кроме реальной 3-мерной геометрии биоканалов и существенной нестационарности течений в них, усложняется также отсутствием детальных физических параметров биотканей, которые зависят от многих факторов и должны определяться именно *in vivo* непосредственно в организме, так как они быстро деградируют при их исследованиях *in vitro* или при попытках определения характеристик отдельных компонентов биотканей в лабораторных условиях. Несмотря на сложность рассматриваемых процессов, их понимание необходимо для анализа терапевтического действия НЛИ и разработок новых методов диагностики напряжений и микроциркуляции в биотканях, основанных на их лазерном зондировании. Особое внимание в этом разделе монографии уделяется описанию биотканей ротовой полости и проблемам периодонта.

Вторая глава посвящена описанию оптических методов диагностики напряжений и микроциркуляции в биотканях. Здесь же даётся краткое введение в лазерные методы диагностики биотканей. Приведены характеристики ряда лазеров, используемых в биомедицине, дана классификация пороговых режимов воздействия лазеров на биоткани человека, описан метод

оптической когерентной томографии (ОКТ) биотканей, который может использоваться в сочетании с предлагаемыми авторами методиками, базирующимися на лазерных спекл-технологиях и цифровых методах регистрации изображений. В силу ограниченности объёма монографии, здесь опущено описание большой группы спектральных методов диагностики биотканей, описание “дорогих” новых методов диагностики, основанных, например, на ядерном магнитном (ЯМР) и электронном парамагнитном (ЭПР) резонансах а также разработки авторов по применению нанотехнологий для улучшения свойств стоматологических цементов. В заключение в данной главе дано краткое описание альтернативных лазерных методов диагностики биотканей, таких как широко распространённая лазер-доплеровская и ультразвуковая флоуметрия (ЛДФ, УФл). Приведено описание ряда лучших мировых установок ЛДФ, используемых в настоящее время в стоматологии. Принципы измерений ЛДФ имеют много общего с нашими измерителями, однако последние существенно выигрывают в стоимости и простоте при технической реализации. Так, измерители кровотока на основе спекл-технологий панорамно регистрируют сразу всё поле исследуемой биоткани простыми техническими средствами (доступные цифровые камеры), в отличие от ЛДФ, где первичная информация является “точечной”. При диагностике биотканей с использованием таких измерителей используются системы механического сканирования или применяются уникальные цифровые CMOS-камеры для панорамной регистрации доплеровского сдвига, которые, несмотря на их высокую стоимость, имеют значительно меньшее (на два порядка величины) пространственное и временное разрешение по сравнению со “стандартными цифровыми ПЗС, применяемыми авторами”.

В третьей главе даётся введение в математическое описание формирования и динамической статистики био-спекл-полей при рассеянии лазерного излучения движущимися эритроцитами исследуемой биоткани и при рассеянии зондирующего лазерного излучения твёрдыми биотканями и элементами ортопедических и ортодонтических конструкций. Знание динамических свойств спекл-полей необходимо для корректной обработки спеклограмм и построения карт напряжений и микроциркуляции кровотока исследуемых биотканей. Здесь же описаны основные приёмы экспериментальных исследований и обработки данных методами цифровых лазерных спекл-технологий. Кратко проиллюстрирована история развития этих

методов как для технических, так и для биомедицинских применений. Описаны основные алгоритмы обработки спектрограмм, подробно проанализированы пространственное и временное разрешение предлагаемых методов диагностики.

Последние три главы монографии посвящены приложениям разработанных подходов и методов для диагностики и нормализации биотканей ротовой полости. Четвёртая глава описывает, в основном, применение лазерно-оптических методов для диагностики мягких биотканей с целью раннего определения патологий периодонта. В пятой главе описаны возможности диагностики напряжений в твёрдых биотканях. Эти работы позволили оптимизировать конструкции микропротезов и ортодонтических конструкций в стоматологии. В шестой главе даны практические рекомендации использования методов лазерной терапии для нормализации тканей периодонта.

В разработке методик, проведении, обработке и анализе результатов измерений непосредственно участвовали многие сотрудники БелМАПО, БГМУ и ИТМО НАН Беларуси. Особую благодарность авторы выражают соавторам публикаций по тематике монографии, французским исследователям *Жану-Бернару Солнье, Жану-Луи Туо, Сергею Мартемьянову и Кэтрин Фуете*, коллегам из Японии – *К. Такаяме, Т. Хирано, Т. Мицукаки, и А. Такагаве*, сотрудникам ИТМО НАН Беларуси, кандидатам физ.-мат. наук *Н.Б. Базылеву, Е.И. Лавинской*, магистру физ.-мат. наук *О.В. Мелеевой*, многим сотрудникам БГМУ и БелМАПО, которые внесли творческие вклады в создание экспериментальных стендов спекл-диагностики и лазерной терапии, разработку вычислительных программ обработки цифровых изображений, анализ результатов практического использования новых методик лечения патологий периодонта. В процессе перехода на цифровые системы регистрации и обработки данных в работе принимали участие кандидаты наук *Д.Э. Виткин, Г.Н. Блинков, Л.А. Дрозд, Е.Ф. Ноготов, С.А. Филатов, С.В. Власенко*, научные сотрудники, инженеры и техники, *Г. С. Кучинский, А.Н. Ознобишин, А.М. Братченя*. В работе принимали участие также сотрудники кафедры ортопедической стоматологии БелМАПО и 3-ей кафедры терапевтической стоматологии БГМУ. Всем им авторы выражают глубокую благодарность.

На протяжении многих лет авторы имели возможность обсуждать

полученные результаты на различных международных конференциях с ведущими мировыми учёными в этой области. Мы искренне признательны докторам медицинских наук, профессорам *Л.Н. Дедовой* (БГМУ, Минск), *Г.И. Клебанову* (РГМУ, г. Москва), *С.А. Наумовичу* (БГМУ, Минск), *В.Н. Захарову* (ИЛФ СО РАН, г. Новосибирск), профессорам-физикам и биофизикам *Б.С. Ринкевичюсу* (МЭИ, Москва), *Ю.Н. Дубнишеву* (ИТФ СОРАН, г. Новосибирск), *Б.М. Джагарову* и *А.П. Иванову* (ИФ НАН Беларуси, г. Минск), *А.В. Приезжеву* (МГУ, г. Москва), за плодотворные обсуждения, благожелательную критику, полезные советы и рекомендации. Выражаем признательность зам. председателя НАН Беларуси чл.-корр. НАН Беларуси *С.А. Чижику*, директору ИТМО НАН Беларуси, чл.-корр. НАН Беларуси *О.Г. Пенязькову*, директору Института физиологии Национальной академии наук Беларуси, доктору медицинских наук, профессору, доктору медицинских наук *В.С. Улащук*, профессору кафедры ортопедической стоматологии Белорусского государственного медицинского университета, доктору медицинских наук *И.И. Гунько*, академику Международной инженерной академии, председателю Совета директоров ЗАО "Голографическая индустрия" *Л.В. Танину* за поддержку работы, содействие выполнению исследований, научные консультации, ценные советы и рекомендации.

При подготовке рукописи большую помощь нам оказали ведущий редактор Инженерно-физического журнала *В.А. Фомина*, исправившая и отредактировавшая рисунки монографии и художник *Н.С. Конева*, подготовившая макет обложки монографии. Мы выражаем им искреннюю признательность за эту неоценимую помощь.

Авторы надеются, что монография будет полезной медицинским работникам, в первую очередь практикующим стоматологам, а также инженерам, научным работникам, студентам и аспирантам, специализирующимся в области медицинской диагностики, разработчикам новой лазерной диагностической техники. Мы будем признательны за критику и рекомендации читателей. Все замечания и предложения будут приняты с благодарностью и учтены при подготовке последующих публикаций.

Литература к предисловию. Основные публикации авторов по теме монографии.

1. Фомин Н.А. Спекл-интерферометрия газовых потоков. Минск: Наука и техника, 1989. 208 с., илл.
2. Fomin N. Speckle Photography for Fluid Mechanics Measurements. Berlin: Springer Verlag. 1998. 248 p.
3. Fomin N.A., Fuentes C., Saulnier J.-B, Tuhault J.-L. In vivo diagnostics of blood microcirculation by speckle patterns cross correlation analysis. In Book Microscale Heat Transfer Eds. J-B.Saulnier, D.Lemonier, and J.-P. Bardon. Proc. of the Eurotherm'57 Seminar, pp. 233-240, LET-ENSMA, France, Poitiers, 1998.
4. Fomin N.A., Fuentes C., Saulnier J.-B, Tuhault J.-L. Blood microcirculation diagnostics by speckle patterns cross correlation analysis. Тезисы докладов V Международной научно-технической конференции Оптические методы исследования потоков, Москва, из-во МЭИ, 1999, С. 170
5. Fomin N.A., Fuentes C., Saulnier J.-B, Tuhault J.-L. Microscale blood flux visualisation (in vivo) by cross-correlation speckle photography. In CD-ROM Proceedings of 9th International Symposium on Flow Visualization, Edinburgh, August of 2000, paper N.89, 2000.
6. Fomin N.A., Fuentes C., Saulnier J.-B, Tuhault J.-L. Tissue blood flux monitoring by digital cross correlation speckle photography. Abstracts of 3rd International Conference on Non-Equilibrium Processes in Nozzles and Jets devoted to 70th Anniversary of Moscow Aviation Institute, (Istra, Moscow region, 3-7 July of 2000), pages 321-323, Moscow Aviation Institute, 2000.
7. Fomin N.A., Fuentes C., Saulnier J.-B, Tuhault J.-L. Microscale blood flux visualisation (in vivo) by cross-correlation speckle photography. Proc. of Minsk Intern. Forum on Heat & Mass Transfer MIF2000. Minsk, HMTI-Press, vol. 7, pp. 139-145. The MIF Proceedings www-site:
http://www.itmo.by/jepther/MIF4/volume7/an_sec7.html 2000.
8. Fomin N.A., Fuentes C., Saulnier J.-B, Tuhault J.-L. Détection de mouvements aux micro-échelles dans la matière vivant par la technique de Speckle dynamique. Journée SFT « Microconvection et

- systèmes miniaturisés », Lion, 12 janvier 2000, France, 2000.
9. Fomin N.A., Fuentes C., Saulnier J.-B, Tuhault J.-L. Tissue blood flux monitoring by laser speckle photography. Book of Abstracts of 9th International Laser Physics Workshop (LPHYS'2000), Oral papers – section Laser Methods in Medicine and Biology, Bordeaux, France, July 17-21 of 2000, Univ. of Bordeaux, Talence, 2000.
 10. Fomin N.A., Bazylev N., Fuentes C., Lavinskaja E., Vlasenko S., Saulnier J.-B, Tuhault J.-L. Novel Diagnostics system for sub-skin blood flux monitoring based on speckle effect. Book of Abstracts of 7th International Conference on Quantum Medicine, p. 3, Moscow, 4-8 Dec. of 2000.
 11. Fomin N.A., Fuentes C., Saulnier J.-B, Tuhault J.-L. Tissue blood flux monitoring by laser speckle photography. Journal of Laser Physics, V.11, N.3; pp. 525-529, 2001.
 12. Рубникович С. П. Рентгенологическая диагностика дефектов зубов // Современные стоматологические технологии: Материалы 4-й науч.- практ. конф. стоматологов. – Барнаул, 2000. – С. 304 – 306.
 13. Рубникович С. П. Способ лечения полных дефектов коронок зубов // Достижения медицинской науки Беларуси. – Минск, 2000. – Вып. 5. – С. 144. – (БелЦНМИ).
 14. Базылев Н.Б., Фомин Н.А., Рубникович С.П. Теоретическое исследование биомеханического поведения математической модели в системе "штифтовая конструкция – корень зуба" Современная стоматология. № 2, 2001, с. 44-46.
 15. Базылев Н.Б., Фомин Н.А., Рубникович С.П. Анализ напряженно-деформационного состояния корня зуба, восстановленного литой культевой штифтовой вкладкой методом цифровой спекл-фотографии. Современная стоматология. № 3, 2001, с. 50-52.
 16. Рубникович С. П. Протезирование зубов со сниженной высотой коронковой части // Соврем. стоматология. – 2002. – №1. – С. 37 – 39.
 17. Рубникович С. П., Наумович С. А. Обоснование выбора штифтовой конструкции с учетом толщины стенок корня зуба // Стома-тол. журн. – 2002. – №1. – С. 22 – 27.

18. Рубникович С. П., Наумович С. А. Ортопедическое лечение с применением штифтовых конструкций у больных с полным отсутствием коронки зуба. // *Стоматол. журн.* – 2002. – №2. – С. 23 – 24.
19. Bazylev N., Fomin N.A., Lavinskaja E., Rubnikovich S.P. Real-time blood micro-circulation analysis in living tissues by dynamic speckle technique. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, Vol. 4, Supplement 1, 2002, pp.510-511. Proc. of 13th Conference of European Society of Biomechanics, Wroclaw, 1-4 Sept, Poland, 2002)
20. Bazylev N., Fomin N.A., Fuentes C., Hirano T., Rubnikovich S., Lavinskaja E., Mizukaki T., Nakagawa A., Martemianov S., Saulnier J.-B, Takayama K., Tuhault J.-L. Laser Monitor for Soft and Hard Bio-Tissue Analysis using Dynamic Speckle Photography. *Journal of Laser Physics*, Vol. 13, No.5, 2003, pp. 1-10. Selected papers, - Proc. of the 11th International Laser Physics Workshop, Bratislava, July 1-5, Slovak Republic, 2002.
21. Bazylev N., Fomin N.A., Hirano T., Rubnikovich S., Lavinskaja E., Mizukaki T., Nakagawa A., Takayama K. Bio -Tissue Structure Monitoring under Shock Wave Treatment. *Journal of Flow Visualization*, 2003, Vol. 6, N 2, p. 92 (Color frontpiece).
22. Bazylev N., Fomin N.A., Hirano T., Rubnikovich S., Lavinskaja E., Mizukaki T., Nakagawa A., Takayama K. Quasi-real time bio -tissue monitoring by Dynamic Laser Speckle Photography. *Journal of Flow Visualization*, 2003, Vol. 6, N. 4, pp. 371-380.
23. Базылев Н.Б., Лавинская Е.И., Наумович С.А., Рубникович С.П., Фомин Н.А. Лазерное зондирование био-тканей методами динамической спекл-фотография в квази-реальном времени. Доклады НАН Беларуси, 2003, т. 47, № 4, сс. 46-50.
24. Денисова Ю.Л. Применение нового поколения самолигирующих брекетов в ортодонтической практике. *Стоматологический журнал*. 2005. № 1. С. 1-4.
25. Базылев Н.Б., Лавинская Е.И., Рубникович С.П., Фомин Н.А. Цифровая лазерная спекл-интерферометрия в микроканалах. Препринт ИТМО № 8, 2006. 66с., илл.

26. Bazylev N., Fomin N.A., Rubnikovich S., Lavinskaja E. Dynamic laser speckle tomography for bio-medical application. CD Technical Digest of International Conference on Lasers, applications, and Technologies ICONO/LAT-2007, May 28-June 1, 2007, Minsk, Belarus, paper L07-1-4.
27. Базылев Н.Б., Рубникович С.П., Фомин Н.А. Новые возможности исследования кровотока мягких тканей ротовой полости. Инженерно-физический журнал. 2008. Т. 81, № 3, С. 508 - 517.
28. Базылев Н.Б., Рубникович С.П. Спекл-фотография в стоматологии. Инженерно-физический журнал. 2009. Т. 82, № 4. С. 789 – 793.
29. Рубникович С.П., Фомин Н.А. Процессы тепло-и массопереноса в биотканях при воздействии на них лазерного излучения. Препринт ИТМО № 1, 2009. 31с., илл.
30. Рубникович С.П., Фомин Н.А. Процессы переноса лазерного излучения в биотканях. Препринт ИТМО № 4, 2009. 47с., илл.
31. Рубникович С.П., Фомин Н.А. Лазерно-оптические методы диагностики и терапии в стоматологии. Минск: НАН Беларуси. 2010.-361с., илл.
32. Рубникович С.П., Фомин Н.А. Лазерная диагностика состояния твёрдых и мягких биотканей в стоматологии. Весці Нацыянальнай Акадэміі навук Беларусі. Серыя Медыцынскіх навук. № 2, 2011, С. 57-63.
33. Базылев Н.Б., Мелеева О.В., Фомин Н.А. Динамика лазерных биоспекл-полей при зондировании трёхмерных нестационарных рассеивающих сред. Препринт ИТМО НАН Беларуси № 3, 2011-31 стр., илл.
34. Денисова Ю.Л., Рубникович С.П. Лазерно-оптический метод диагностики состояния микроциркуляции тканей периодонта на этапах ортодонтического лечения. БГМУ: 90 лет в авангарде медицинской науки и практики: сб. науч. тр./ Белорус. гос. мед. ун-т; редкол.: А.В. Сикорский [и др.].- Минск: ГУ РНМБ, 2011. – Т.2. – С. 96.

35. Chizhik S., Drozd L., Fomin N. Digital optical and scanning probe microscopy for biocells inspection and manipulation. CD Proc. of the 3rd Micro and Nano Flows Conference (Thessaloniki, Greece 22-24 August 2011). ISBN 978-1-902316-98-7
36. Рубникович, С.П. Диагностика и лечение нарушения микроциркуляции тканей периодонта при полных дефектах твердых тканей зубов. Медицинский журнал. 2011. №1. – С.93-97.
37. Рубникович, С.П. Лазерно-оптический метод диагностики на основе спекл-фотографического анализа у пациентов с хроническим периодонтитом. Воен. медицина. – 2011. – №1. – С.112-115.
38. Рубникович, С.П. Сравнительная характеристика функциональных методов исследования микроциркуляции тканей периодонта. Медицинский журнал. 2011. - №1. – С.147-151.
39. Рубникович, С. П. Лазерно-оптический метод в диагностике и коррекции микроциркуляции в тканях периодонта у пациентов с металокерамическими протезами // Медицинский журнал. 2011. N 2 . С. 80-84.
40. Рубникович, С. П. Лазерно-оптический метод в ранней диагностике микроциркуляторных нарушений в тканях периодонта // Медицинский журнал. 2011. N 2 . С. 85-88.
41. Рубникович, С. П. Применение лазерно-оптического метода выявления и коррекции нарушений микроциркуляции у пациентов с хроническим гингивитом // Медицинский журнал. 2011. N 2 . С. 88-92.
42. Рубникович, С.П. Лазерно-оптический метод исследования у пациентов с рецессией десны и периодонтальной атрофией. Стоматол. журн. – 2011. - №1. – С.62-65.
43. Рубникович С.П., Дедова Л.Н. Применение лазерно-оптического метода выявления и коррекции нарушений микроциркуляции на основе спекл-фотографического анализа при лечении пациентов с хроническим периодонтитом (пародонтитом). Пародонтология (Россия). – 2011. - №3. – С.12-16.

44. Рубникович С.П., Наумович С.А. Методы определения напряженно-деформационного состояния твердых тканей зубов и ортопедических конструкций. Медицинский журнал БГМУ. 2012.
45. Денисова Ю.Л., Базылев Н.Б., Рубникович С.П., Фомин Н.А.. Диагностика напряжений и деформаций твёрдых биотканей с помощью спекл-технологий. Препринт ИТМО НАН Беларуси, № 5, 2013. 37 стр., илл.
46. Денисова Ю.Л., Базылев Н.Б., Рубникович С.П., Фомин Н.А. Лазерные спекл-технологии в стоматологии. Диагностика напряжений и деформаций твёрдых биотканей, ортодонтических и ортопедических конструкций. Инженерно-физический журнал. 2013. Т. 86. № 4. С. 882-893.
47. Денисова Ю.Л., Базылев Н.Б., Рубникович С.П., Фомин Н.А. Панорамная диагностика напряжений и деформаций твёрдых биотканей и ортопедических конструкций с использованием лазерной спекл-диагностики. Доклады НАН Беларуси, том 57, № 5, с. 92-96.
48. Денисова Ю.Л., Базылев Н.Б., Рубникович С.П., Фомин Н.А. Лазерная диагностика мягких и твёрдых биотканей в стоматологии. IV Конгресс физиков Беларуси (24-26 апреля 2013 г.). Сборник научных трудов (ISBN 976-985-7055-57-9). Минск. ООО "Ковчег". 2013. С. 371, 372.
49. Денисова Ю.Л., Базылев Н.Б., Рубникович С.П., Фомин Н.А. Применение лазерно-оптического метода для задач ортопедической стоматологии. Квантовая электроника. Минск. Издательский центр БГУ. 2013. С. 244-245. Материалы IX Международной научно-технической конференции (Минск, 18-21 ноября 2013 г.)
50. Денисова Ю.Л., Владимирская Т. Э. Экспериментальное обоснование применения вакуум-лазеротерапии в комплексном лечении пациентов с болезнями периодонта в сочетании с зубочелюстными деформациями. Медицинский журнал. 2013. No1. С. 70-74.
51. Chizhik Sergei, Drozd Lizaveta, and Fomin Nikita. Digital Optical and Scanning Probe Microscopy for Inspection and Manipulation of Biocells. Chapter 7 in book: Micro and Nano Flow Systems for Bio-

- analysis. Edited by Michael W. Collins and Carola S. König. In series Bioanalysis: Advanced Materials, Methods and Devices. Series Editor: Prof. Tuan Vo-Dinh, Duke Univ., US. Vol. 2. ISBN 978-1-4614-4376-6. Springer. Berlin. 2013. Pp. 87-105.
52. G. Lombardo, Л.Н. Дедова, А. Fiorino, G. Corrocher, A. Pardo «Подготовительное лечение хронического периодонтита с полным ультразвуковым удалением зубных отложений в сочетании с Hybun X. Стоматолог, 2013, № 1 (8), С.19-24.
53. Денисова, Ю.Л. Экспериментальное обоснование применения вакуум-лазеротерапии в комплексном лечении пациентов с болезнями периодонта в сочетании с зубочелюстными деформациями / Ю.Л. Денисова, Т.Э. Владимирская // Медицинский журнал. 2013. № 1. – С. 70-74.
54. Денисова, Ю.Л. Экспериментальное обоснование применения вакуум-лазеротерапии в комплексном лечении пациентов с болезнями периодонта в сочетании с зубочелюстными деформациями / Ю.Л. Денисова, Т.Э. Владимирская // Воен.медицина. – 2013. - № 1. – С. 103-107.
55. Рубникович, С.П., Лагойский, А.В. Комплексная оценка состояния микроциркуляции тканей периодонта в области витальных зубов, ограничивающих дефект зубного ряда // Медицинский журнал. – 2013. - № 1. – С. 108-110.
56. Денисова, Ю.Л. Прогноз развития болезней периодонта у пациентов с зубочелюстными деформациями. Стоматолог, 2013, № 2 (9), С. 74-76.
57. Денисова, Ю.Л., Рубникович, С.П. Комплексное лечение пациентов с болезнями периодонта в сочетании с зубочелюстными аномалиями и деформациями. Стоматолог, 2013, № 4 (11).
58. Рубникович С.П., Фомин Н.А., Денисова Ю.Л., Базылев Н.Б. Способ диагностики и нормализации нарушения микроциркуляции в тканях периодонта: Патент РБ. 13188, по заявке а20081241 от 10.01.2008; опубл. 30.04.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 2, С. 58, 59.
59. Рубникович С.П. Лазерно-оптическая установка для диагностики и лечения болезней периодонта: Патент РБ 7400 по заявке

а20101076 от 29.12.2010; опубл. 01.04.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 3. – С.171.

60. Денисова Ю.Л., Рубникович С.П. Система для лечения периодонтологических пациентов с зубочелюстными деформациями: Патент РБ 9104 по заявке а20120716 от 25.07.2012; опубл. 30.04.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 2. – С.161.

61. Денисова Ю.Л., Рубникович С.П., Долгов В.И., Дегтярев И.В. Устройство для определения капиллярного давления в тканях периодонта при понижении давления: Патент РБ. 9351 по заявке а20120863 от 03.10.2012; опубл. 31.08.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 4.