

**Диагностика микроциркуляции тканей периодонта лазерно-оптическим методом при ортодонтическом лечении пациентов с зубочелюстными аномалиями и деформациями**  
*Белорусский государственный медицинский университет*

Одной из наиболее распространенных форм патологии органов и тканей в стоматологии являются зубочелюстные аномалии и деформации. Наиболее часто врач-стоматолог сталкивается с аномалией положения отдельных зубов (39%). На втором месте по встречаемости — глубокий прикус (23%), затем дистальный (20%), мезиальный (13%) и открытый (5%) прикусы. Распространенность болезней периодонта также остается высокой. В Республике Беларусь болезни периодонта выявлены у 92,5 % взрослого населения (в возрасте 35-44 года) [2, 9]. Патология прикуса ведет к функциональной перегрузке или к гипофункции отдельных зубов и тканей периодонта. Для стоматолога важна как степень этих изменений, так и длительность их существования. Желание ускорить сроки передвижения зубов сопровождается использованием чрезмерных сил, что приводит к гибели пульпы, резорбции корней зубов и к необратимым осложнениям со стороны тканей периодонта. Для предотвращения осложнений необходимо контролировать процессы, происходящие в периодонте и пульпе зуба при ортодонтическом воздействии. Во время перемещения зубов в периодонте возникают зоны давления и зоны натяжения тканей. После активации ортодонтического аппарата в зоне давления сдавливаются не только кровеносные и лимфатические сосуды, но и периодонтальные волокна, клеточные элементы и нервные окончания. Вследствие изменения трофических процессов в течение суток в первую очередь разрушаются нервные окончания, поэтому в дальнейшем давление, оказываемое на зуб, не вызывает болезненных ощущений [1, 3, 9].

Основными методами исследования состояния гемодинамики сосудов тканей периодонта являются функциональные. Данная группа методов исследования микроциркуляторного русла приобретает все большее значение при обследовании и составлении плана комплексного лечения. Современным функциональным методом исследования является ультразвуковая доплерография, которая основана на регистрации сигнала, отраженного от движущегося объекта на величину, пропорциональную скорости движения отражателя, а также разработанный нами лазерно-оптический метод (ЛОМ) измерения интенсивности кровотока микроциркуляторного русла [4, 8].

Лазерно-оптический метод имеет ряд преимуществ, которые явились основной причиной выбора для нашего исследования:

1. Диагностика биотканей с высоким разрешением на глубину 1-2 мм позволяет не инвазивно, в реальном времени получать оптические изображения внутренней структуры поверхностного кровотока.
2. Ускоренная временная компьютерная обработка полученных качественных и количественных результатов исследования.

3. Отсутствует эффект сдавливания мягких тканей ротовой полости, так как исследование проводится бесконтактным способом путем лазерного зондирования.

4. Исследования проводят на достаточном участке мягких тканей ротовой полости (от 20 x 30мм и более), при этом оценку ведут одновременно по всему выбранному участку, что дает наиболее объективную оценку микроциркуляции.

5. Возможность проведения исследования во всех труднодоступных участках ротовой полости.

6. Не оказывает побочных реакций.

7. Диагностику возможно проводить при наличии металлических включений (ортопедических и ортодонтических конструкций) в ротовой полости.

Наряду с этим, результаты специальных исследований показали, что применение несъемной ортодонтической аппаратуры ведет к дискомфорту во рту, чувству боли, неприятным ощущениям, негативно влияет на ткани периодонта, а также на состояние организма в целом [6, 9]. Однако эти изменения остаются малоисследованными, в связи с этим, внедрение в ортодонтию современных несъемных ортодонтических аппаратов выявило необходимость изучения микроциркуляции тканей периодонта непосредственно после фиксации аппарата, а также на протяжении всего периода лечения.

Цель исследования

Целью нашего исследования явилось изучение изменений в тканях периодонта при ортодонтическом лечении с использованием лазерно-оптического метода.

Материал и методы

Все обследуемые (62 пациента) в возрасте 35-44 лет были разделены на две группы. В первую группу вошли пациенты с интактным периодонтом без ортодонтического лечения (30 пациентов). Вторую группу составили пациенты с зубочелюстными аномалиями, которые находились на ортодонтическом лечении (32 пациента). Пациентам второй группы проводили ортодонтическое лечение с помощью лигатурных брекет-систем Roth.022I по общепринятой методике с посещениями каждые 4-6 недель.

При периодонтологическом осмотре оценивали состояние тканей периодонта, включая гигиенический индекс, степень и распространенность воспаления, глубину зубодесневых карманов, чувствительность периодонта, интенсивность и распространенность рецессии десны, микроциркуляцию, также другие потенциальные проблемы с помощью объективных методов исследования [2]. Исследование микроциркуляции тканей периодонта осуществляли с помощью реопериодонтографии (РПГ), индекса периферического кровообращения (ИПК) и разработанного нами лазерно-оптического метода. Сбор и анализ данных проводили до ортодонтического лечения, непосредственно после фиксации ортодонтического аппарата, через 1-14 дней, 1-26-9-12 месяцев, а также после снятия несъемной аппаратуры и через 6 месяцев после окончания активного периода [2, 7].

В процессе работы нами апробирована экспериментальная установка. В созданной установке в качестве источника излучения выбран малогабаритный полупроводниковый лазер, излучающий на длине волны 680 нм и согласованный

с волоконным полимерным световодом. В схеме была предусмотрена возможность перестройки мощности лазерного излучения в широких пределах, а также проведение прецизионной подстройки рабочей точки как оптической, так и электронной части схемы. Отраженный от объекта свет направлялся на два фотоприемника с входным пространственным фильтром, работающих в дифференциальном режиме с усилением. Полученное спекл-поле, регистрировалось ПЗС-камерой фирмы JAI Corp. (Japan). ПЗС-камера содержит 768x494 чувствительных ячеек, расположенных на матрице размером 6.45мм x 4.84мм. Время экспозиции при использовании данной ПЗС-камеры может варьироваться от 1/60 с до 10 мкс. Частота регистрации составляет 25 кадров в секунду. Сигнал с ПЗС-камеры поступает на АЦП и графическую карту ПЭВМ, имеющую собственную память размером 2 МБ.

Пациента усаживали в кресло, голову фиксировали на подголовнике. Доступ к ротовой полости был осуществлен с помощью стоматологического ретрактора. К исследуемому участку десны подводили фокус осветительной и приемной оптической систем так, чтобы не было контакта со слизистой, а расстояние между фокусом и десной составляло около 1 см. Ориентировали фокус осветительной и приемной оптической систем, чтобы на приемной системе получить максимально четкое изображение выбранного участка с последующей регистрацией динамики капиллярного кровотока путем фиксирования изображения. Фиксирование изображения проводили как на отдельных цифровых снимках, так и в записи на цифровых носителях на протяжении любого времени. После записи изображения переводили на ПЭВМ, в котором обрабатывалось по специальному программному обеспечению, с целью получения числовых характеристик гемодинамики. Монитор компьютера одновременно выполнял функции телемонитора для визуального наблюдения кровотока, а компьютер – функцию устройства накопления видеоданных с целью их последующего воспроизведения и хранения. Качественную и количественную оценку гемодинамики микрососудов осуществляли с помощью цифровой динамической спекл-фотографии (рис. 1, 3). В результате рассеяния когерентного излучения в диффузном объекте и 3-х мерной интерференции рассеянного излучения формируется спекл-поле, которое состояло из мельчайших гранул излучения, – спеклов, имеющих характерные размеры порядка 1-2 мкм. Аналогичные спекл-поля создаются также и при рассеянии лазерного излучения биотканями. Так видимый свет, проникая на глубину 1-2 мм, рассеивается на эритроцитах крови, протекающей в мельчайших капиллярах ткани. В результате процессов многократного рассеяния формируется динамическое био-спекл-поле, изменяющееся в пространстве и во времени в результате движения эритроцитов (рис. 2, 4).

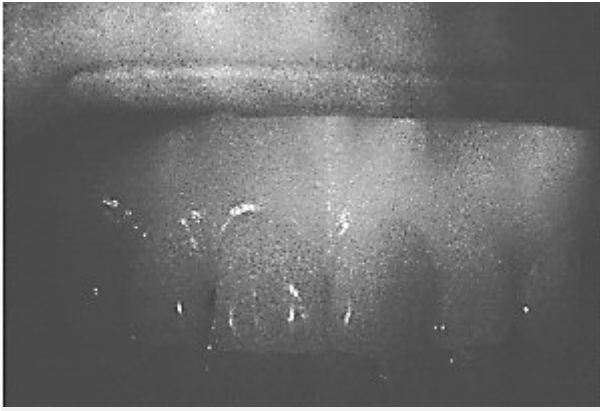


Рис. 1. Спекл-фотография исследуемого участка десны пациента первой группы.

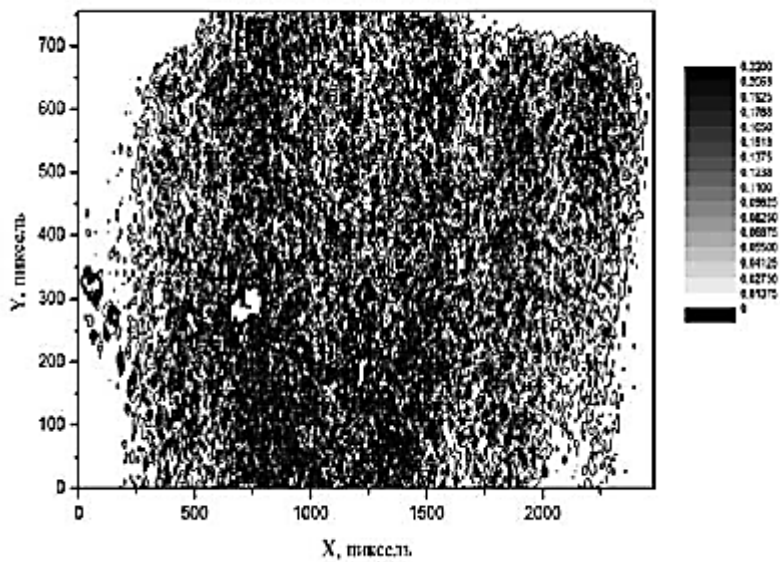


Рис. 2. Спеклограмма исследуемой десны пациента первой группы.

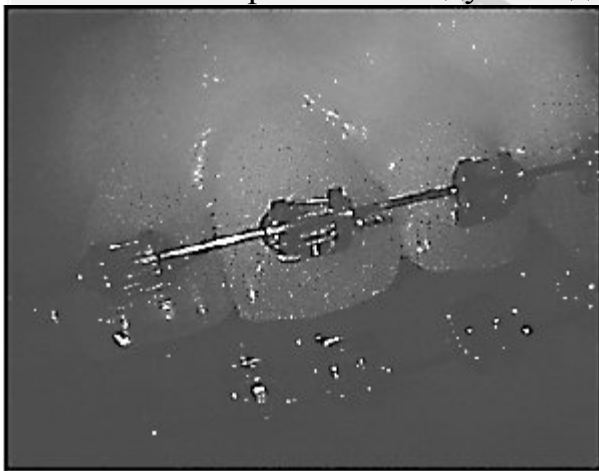


Рис. 3. Спекл-фотография исследуемого участка десны пациента второй группы в процессе ортодонтического лечения.

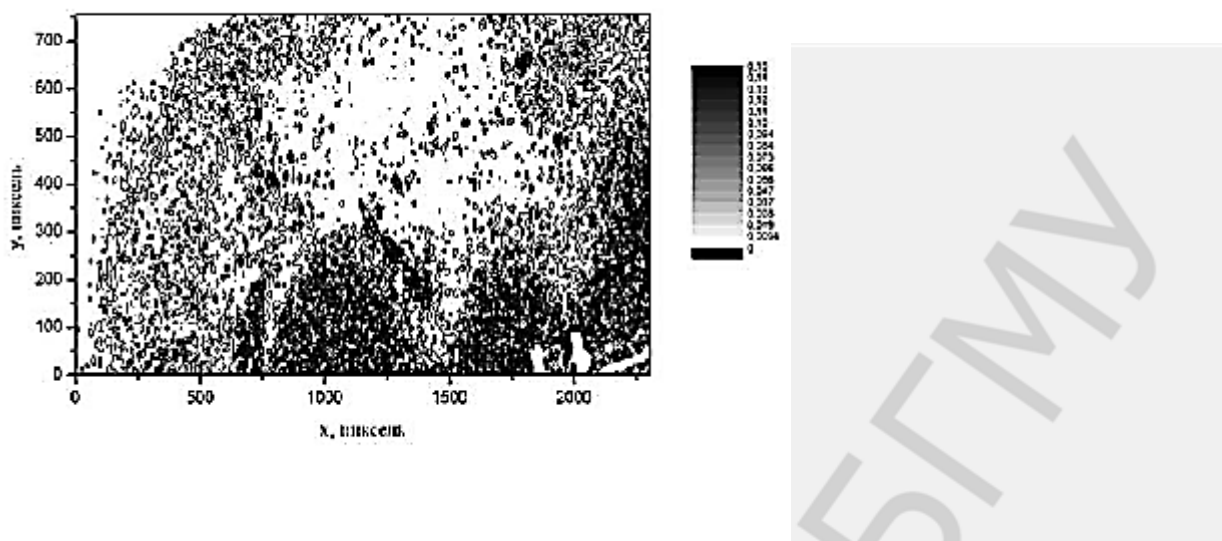


Рис. 4. Спеклограмма исследуемой десны пациента второй группы в процессе ортодонтического лечения.

#### Результаты исследования

Так, у пациентов второй группы до фиксации ортодонтической техники наблюдали хорошее состояние мягких тканей периодонта: ОНІ-S был равен  $0,56 \pm 0,08$ ; GI –  $0,4 \pm 0,01$ ; РМА –  $6,1 \pm 0,47\%$ ; ИПК –  $80,67 \pm 2,79\%$ ; ГЗДБ –  $0,66 \pm 0,05$ ; ИЧП –  $0,83 \pm 0,02$ ; PI –  $0,07 \pm 0,01$ ; IR –  $0,05 \pm 0,01\%$ , что в основном соответствует показателям первой группы (ОНІ-S –  $0,2 \pm 0,03$ ; GI –  $0,3 \pm 0,17$ ; РМА –  $5,0 \pm 0,4\%$ ; ИПК –  $79,33 \pm 2,95\%$ ; ГЗДБ –  $0,67 \pm 0,05$ ; ИЧП –  $0,81 \pm 0,02$ ; PI –  $0,06 \pm 0,01$ ; IR –  $0,05 \pm 0,01\%$ ). Однако на 14-й день после фиксации ортодонтического аппарата гигиенический индекс составил  $2,0 \pm 0,1$ , что свидетельствует о достоверном ухудшении гигиенического состояния рта ( $p < 0,001$ ). Параметры объективных тестов, характеризующие воспаление в тканях периодонта, у пациентов первой группы составляли GI –  $1,42 \pm 0,12$ ,  $p < 0,001$ ; РМА –  $27,62 \pm 2,99\%$ ,  $p < 0,001$ ; ИПК –  $30,03 \pm 4,46\%$ ,  $p < 0,05$ ; ГЗДБ –  $2,16 \pm 0,09$ ,  $p < 0,001$ ; ИЧП –  $3,16 \pm 0,18$ ,  $p < 0,05$ . Такие изменения показателей свидетельствуют о резком ухудшении состоянии тканей периодонта (таб. 1). Через 1 месяц после фиксации ортодонтической техники отмечено улучшение показателя гигиенического индекса –  $0,6 \pm 0,08$ ,  $p > 0,05$ . Значения же других индексов практически остались на прежних цифрах (GI –  $1,43 \pm 0,14$ ,  $p < 0,001$ ; РМА –  $29,12 \pm 3,01\%$ ,  $p < 0,001$ ; ИПК –  $32,04 \pm 4,44\%$ ,  $p < 0,05$ ; ГЗДБ –  $1,91 \pm 0,1$ ,  $p < 0,01$ ; ИЧП –  $2,54 \pm 0,23$ ,  $p < 0,05$ ) и свидетельствовали о наличии воспаления в десне. При обследовании через 2 месяца анализ объективных данных свидетельствовал о значительном ухудшении состояния тканей периодонта (GI –  $1,56 \pm 0,13$ ,  $p < 0,001$ ; РМА –  $28,39 \pm 2,65\%$ ,  $p < 0,001$ ; ИПК –  $27,19 \pm 4,32\%$ ,  $p < 0,05$ ; ГЗДБ –  $1,73 \pm 0,09$ ,  $p < 0,01$ ; ИЧП –  $2,1 \pm 0,21$ ,  $p < 0,05$ ) при хорошей гигиене рта (ОНІ-S –  $0,6 \pm 0,08$ ). В срок 6 – 9 – 12 месяцев ортодонтического лечения значения индексов гигиены и воспаления в среднем соответствовали показателям при обследовании через 2 месяца и свидетельствовали о наличии воспаления и нарушении микроциркуляции в тканях периодонта. Сразу после снятия ортодонтического аппарата параметры объективных тестов остались

практически на прежних показателях (GI –  $1,61 \pm 0,12$ ; РМА –  $31,24 \pm 2,08\%$ ; ИПК –  $22,86 \pm 3,23\%$ ; ГЗДБ –  $2,08 \pm 0,09$ ; ИЧП –  $1,23 \pm 0,21$ ; PI –  $0,07 \pm 0,01$ ; IR –  $0,08 \pm 0,01\%$ ) и существенно отличались от показателей до фиксации аппарата (GI –  $0,4 \pm 0,01$ ; РМА –  $6,1 \pm 0,47\%$ ; ИПК –  $80,67 \pm 2,79\%$ ; ГЗДБ –  $0,66 \pm 0,05$ ; ИЧП –  $0,83 \pm 0,02$ ; PI –  $2,17 \pm 0,21$ ; IR –  $0,05 \pm 0,01\%$ ). Так, гингивальный индекс (GI) ухудшился в 4 раза ( $p < 0,001$ ), РМА - в 5,12 раза ( $p < 0,001$ ), индекс периферического кровообращения – в 3,5 раза ( $p < 0,01$ ), а глубина зондирования зубодесневой борозды – в 3,15 раза ( $p < 0,001$ ).

Нарушения микроциркуляции в тканях периодонта после фиксации ортодонтического аппарата подтвердили при изучении данных реопериодонтографии (РПГ) и лазерно-оптического метода. Конфигурация РПГ у 30 человек первой группы была аналогична конфигурации РПГ, описанной другими авторами [6]. Восходящая часть ее крутая, вершина острая, нисходящая часть пологая, с четко выраженной инцизурой и дикротической волной в ее середине. Функциональная проба с нитроглицерином вызывала увеличение амплитуды РПГ через 2 – 5с, которая через 5 мин приобретала фоновую конфигурацию. Для лиц первой группы количественная оценка 6 формальных признаков выглядела следующим образом: реографический индекс (РИ) равен в среднем  $0,06 \pm 0,002$  Ом; время подъема восходящей части РПГ (а) -  $0,12 \pm 0,007$ с; показатель тонуса сосудов (ПТС) -  $14,7 \pm 0,26\%$ ; индекс периферического сопротивления (ИПС) -  $72,6 \pm 0,65\%$ ; амплитуда быстрого наполнения (f) -  $0,07 \pm 0,002$ с; индекс эластичности (ИЭ) -  $84,8 \pm 0,49\%$ .

До фиксации ортодонтического аппарата показатели реопериодонтографии (РПГ) у пациентов второй группы сходны с показателями первой группы. Однако через 2 дня после фиксации ортодонтического аппарата и его активации у пациентов зарегистрированы сдвиги показателей РПГ, выразившиеся в увеличении реографического индекса ( $0,09 \pm 0,004$  Ом,  $p < 0,001$ ), показателей а ( $0,14 \pm 0,004$ с,  $p < 0,05$ ), ПТС ( $25,83 \pm 0,65\%$ ,  $p < 0,05$ ), ИПС ( $109,3 \pm 3,2\%$ ,  $p < 0,05$ ) и уменьшении показателей f ( $0,05 \pm 0,002$ с,  $p < 0,05$ ), ИЭ ( $66,5 \pm 0,47\%$ ,  $p < 0,05$ ).

Установленные изменения свидетельствовали о повышении тонуса регионарных сосудов периодонта, увеличении периферического напряжения вследствие сдавления костной ткани, нарушения микроциркуляции и развития застойных явлений в тканях периодонта. При этом нами выявлены такие характерные изменения РПГ: удлиненная анакротическая фаза, вершина реограмм закруглена, пологая нисходящая часть, дикротическая волна сглажена и расположена в основном в верхней трети кривой. Через 14 дней после фиксации ортодонтического аппарата выявлена тенденция к незначительному улучшению РПГ, однако количественные и качественные показатели ее оставались хуже этих же показателей до фиксации аппарата.

При изучении интенсивности микроциркуляции крови лазерно-оптическим методом в папиллярной, маргинальной и альвеолярной десне у лиц с интактным периодонтом составила соответственно -  $0,1925 \pm 0,004$  УЕ;  $0,17880,005$  УЕ;  $0,1767 \pm 0,007$  УЕ, в среднем -  $0,1824 \pm 0,005$  УЕ.

В процессе исследований до ортодонтического лечения интенсивность крови в десне у пациентов второй группы составляла -  $0,184 \pm 0,005$  УЕ и не была

достоверно различна с данными первой группы. Однако на 14 день резко снизилась в 2,7 раза и составила -  $0,068 \pm 0,01$  УЕ ( $p < 0,001$  по сравнению с первой группой). Далее наблюдали постепенное увеличение показателей интенсивности крови в десне до окончания ортодонтического лечения, однако все показатели достоверно отличались от первоначального состояния ( $p < 0,05$ ) (табл. 1).

Таблица 1. Изменение периодонтологических показателей у пациентов в процессе ортодонтического лечения

Сроки наблюдения	Показатели					
	GI, баллы	PMA, %	ГЗДБ, баллы	ИПК, %	ЛОМ, УЕ	
Первая группа	$0,3 \pm 0,17$	$5,0 \pm 0,4$	$0,67 \pm 0,05$	$79,33 \pm 2,95$	$0,1808 \pm 0,005$	
Вторая группа до фиксации аппаратуры	$0,4 \pm 0,01$	$6,1 \pm 0,47$	$0,66 \pm 0,05$	$80,67 \pm 2,79$	$0,184 \pm 0,005$	
После фиксации аппаратуры	14 дней	$1,42 \pm 0,12^*$	$27,62 \pm 2,99^*$	$2,16 \pm 0,09^*$	$30,03 \pm 4,46^*$	$0,0605 \pm 0,009^*$
	1 месяц	$1,43 \pm 0,14^*$	$29,12 \pm 3,01^*$	$1,91 \pm 0,1^*$	$32,04 \pm 4,44^*$	$0,735 \pm 0,009^*$
	2 месяца	$1,56 \pm 0,13^*$	$28,39 \pm 2,65^*$	$1,73 \pm 0,09^*$	$27,19 \pm 4,32^*$	$0,0806 \pm 0,009^*$
	6 месяцев	$1,66 \pm 0,12^*$	$28 \pm 2,06^*$	$1,66 \pm 0,1^*$	$21,66 \pm 3,86^*$	$0,0879 \pm 0,007^*$
	9 месяцев	$1,45 \pm 0,11^*$	$28,46 \pm 2,34^*$	$1,8 \pm 0,09^*$	$24,39 \pm 3,85^*$	$0,087 \pm 0,007^*$
	12 месяцев	$1,56 \pm 0,11^*$	$29,68 \pm 2,37^*$	$2,01 \pm 0,1^*$	$27,11 \pm 3,5^*$	$0,0914 \pm 0,007^*$
Непосредственно после снятия аппаратуры	$1,61 \pm 0,12^*$	$31,24 \pm 0,47^*$	$2,08 \pm 0,09^*$	$22,86 \pm 3,23^*$	$0,091 \pm 0,007^*$	
Через 6 месяцев после снятия аппаратуры	$0,92 \pm 0,1^*$	$17,82 \pm 2,77^*$	$1,4 \pm 0,13^*$	$52,33 \pm 2,24^*$	$0,123 \pm 0,007$	

\* $P < 0,05$  ? показатель достоверности по сравнению с первоначальным состоянием  
В результате выполненных исследований, включающих исследование микроциркуляции тканей периодонта при ортодонтическом лечении пациентов с зубочелюстными аномалиями, получены данные, которые позволяют сделать следующие выводы:

1. Впервые исследовали микроциркуляцию тканей периодонта при ортодонтическом лечении лазеро-оптическим методом. Результаты, полученных исследований показали целесообразность использования этого метода диагностики в ортодонтии.
2. Данные лазеро-оптического метода, индекса периферического кровообращения и реопериодонтографии свидетельствовали о нарушении микроциркуляции в тканях периодонта после фиксации ортодонтического аппарата.
3. Определена корреляция показателей лазеро-оптического метода, реопериодонтографии и индекса периферического кровообращения.
4. Метод лазеро-оптического исследования микроциркуляции тканей периодонта является приоритетным по сравнению с используемыми методами диагностики.

#### Литература

1. Быков, В. Л. Гистология и эмбриология органов полости рта человека. СПб: Специальная литература, 1998. 248 с.
2. Дедова, Л. Н. Диспансеризация больных пародонтозом с применением вакуумной диагностики и лечения: автореф. дис.... канд. мед. наук: 14.00.21 / Львовск. гос. мед. ин-т. Львов, 1982. 21с.
3. Калвелис, Д. А. Ортодонтия. Зубочелюстные аномалии в клинике и эксперименте. М: Медицина, 1964. 286 с.

4. Орехова, Л. Ю., Кучумова, Е. Д., Прохорова, О. В., Ткаченко, Т. Б. Оценка микроциркуляции пародонта методом ультразвуковой доплерографии // Пародонтология №3 (21), 2001. С. 21 – 24.
5. Орехова, Л. Ю., Прохорова, О. В., Кудрявцева, Т. В. Методы исследований микроциркуляции пародонта и пульпы зуба // Методы исследования микроциркуляции в клинике. Материалы научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 2-3 февраля 2001 г.). СПб, 2001. С. 38 – 41.
6. Персин, Л. С. Ортодонтия. Лечение зубочелюстных аномалий. М: Ортодент-Инфо, 1999. 298 с.
7. Прохончуков, А. А., Логинова, Н. К., Жижина, Н. А. Функциональная диагностика в стоматологической практике. М.: Медицина, 1980. 272 с.
8. Рубникович, С. П. Применение цифровой динамической спекл-анемометрии в диагностики поверхностного кровотока тканей ротовой полости // Стоматологический журнал. 2007. № 3. С.26 – 28.
9. Хорошилкина, Ф. Я. Руководство по ортодонтии. М: Медицина, 1999. 798 с.