



УДК 616.31 - 07

Н. Базылев¹, О. Мелеева¹, С. Рубникович²

¹ Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси, Минск

² Белорусский государственный медицинский университет, Минск

ЛАЗЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ТВЁРДЫХ И МЯГКИХ БИОТКАНЕЙ В СТОМАТОЛОГИИ

Показано, что метод цифровой динамической спекл-фотографии является эффективным способом количественной и качественной диагностики в ортопедической стоматологии для оптимизации конструкций металлокерамических зубных протезов посредством оценки их напряженно-деформационного состояния. Определение напряженно-деформационного состояния металлокерамических зубных протезов на этапах их изготовления методом цифровой лазерной спекл-фотографии позволяет наиболее достоверно исследовать качество изготавливаемых конструкций, что снижает число осложнений и повышает эффективность лечения в ортопедической стоматологии.

СПЕКЛ-ФОТОГРАФИЯ, ЛАЗЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА, СТОМАТОЛОГИЯ

1. ВВЕДЕНИЕ. При ортопедическом лечении дефектов зубных рядов широко применяются металлокерамические зубные протезы, обладающие прочностью и высокой эстетичностью. Однако на месте соединения металлического каркаса зубного протеза и керамического покрытия могут возникнуть сильные напряжения, которые в стрессовых ситуациях приводят к образованию трещин, сколов и отколов в керамике. Это значительно снижает функциональные возможности лечебного аппарата и существенно отражается на его эксплуатационных клинических свойствах и характеристиках. Для выяснения причин поломок зубных протезов в процессе эксплуатации необходимо знать распределение деформаций и напряжений в них при приложении нагрузки. Одним из важных факторов, обеспечивающих хорошие результаты ортопедического лечения зубов, является функциональная оценка зубных протезов на этапах их изготовления. Несовершенство некоторых методов исследования в ортопедической стоматологии часто приводит к тому, что практический опыт, основанный на клинических наблюдениях и интуиции врача, нередко опережает получение объективных научных данных. Поиск и разработка современных методик диагностической оценки изготовления зубных протезов с учетом их напряженно-деформационного состояния в

настоящее время является насущной и актуальной задачей ортопедической стоматологии [1 – 3].

2. ЭКСПЕРИМЕНТ. Исследования напряженно-деформированных состояний в натурных моделях металлокерамических зубных протезов проводились с использованием экспериментального стенда для цифровой динамической спекл-фотографии (рис. 1) в лаборатории физико-химической гидродинамики Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова (ИТМО) НАН Беларуси. Объектом исследования служили мостовидные металлокерамические протезы переднего участка нижней и верхней челюсти. Протез устанавливали на гипсовую модель, а затем помещали на предметный столик экспериментальной установки. На этой установке была собрана оптическая схема для регистрации спекл-фотографий с протезом. Нагрузка прикладывалась по режущему краю искусственных зубов и варьировалась от 20 до 70 Н. Были исследованы 12 мостовидных протезов с разной толщиной металлического каркаса (от 0,3 до 0,6 мм) и разной толщиной керамической массы (от 0,8 до 1,2 мм). Использовался He-Ne лазер ЛГН-223 мощностью 7 мВт с длиной волны 0,63 мкм. Рассеянное моделью лазерное излучение формировало с помощью оптической системы спекл-изображение, которое затем регистрировалось с помощью высокоточной цифровой фотокамеры Nikon D70S (Япония).

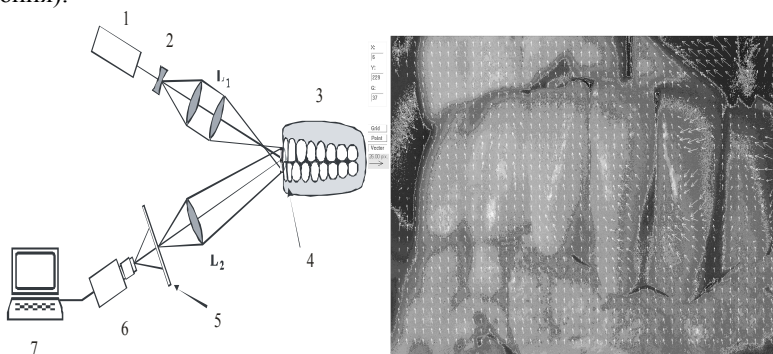


Рис. 1. Слева: блок-схема экспериментального стенда для исследования напряженно-деформационных состояний в зубных протезах. 1 – зондирующий лазер; 2 – коллиматор; 3 – исследуемый объект (протез); 4 – освещаемая зона; 5 – плоскость регистрации; 6 – цифровая камера; 7 – персональный компьютер; L_1 , L_2 – линзы. Справа – пример спекл-изображения твёрдых биотканей

При проведении тестовых экспериментов регистрировались два последовательных изображения: исходное и изображение модели, смещенное на некоторое заданное расстояние. Результаты экспериментов численно обра-

батывались с помощью программы, созданной в ИТМО НАН Беларуси. По расположению и величине векторов смещения, которые были рассчитаны, достоверно определяли истинное смещение модели в ходе экспериментов. Проведенные тестовые эксперименты позволили с высокой точностью восстановить величину и направление сдвига моделей зубных протезов.

На рис. 2 представлены цифровые спекл-фотографии двух различных конструкций металлокерамического протеза после статистической обработки, в результате которой по расположению и величине векторов смещения определяли напряженно-деформационное состояние, возникающее в анализируемых образцах под нагрузкой.

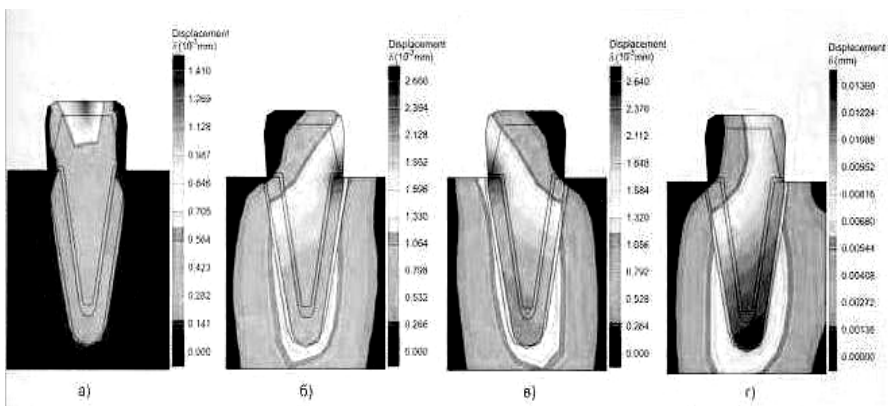


Рис. 2. Напряжения в биотканях, восстановленные по спекл-фотографиям

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Метод цифровой динамической спекл-фотографии является эффективным способом количественной и качественной диагностики микроциркуляторного состояния мягких тканей ротовой полости [1 – 3]. В результате обработки сигнала по спектральному распределению низкочастотных вариаций спекл-структуры в рассеянном от биоткани лазерном излучении можно получить информацию о показателях микроциркуляции крови в подкожном слое, см. рисунок. Описанный метод цифровой динамической спекл-фотографии возможно использовать для выявления особенностей гемодинамики в тканях ротовой полости уже на ранних этапах заболевания, а также на этапах обследования и лечения. Иллюстрируются новые возможности цифровых лазерных спекл-технологий для томографических исследований приповерхностного кровотока на различных глубинах при использовании многолинзовых оптических конфигураций и зондирования биотканей на разных длинах волн лазерного излучения.

При диагностике твёрдых биотканей метод цифровой динамической спекл-фотографии является эффективным способом количественной и качественной диагностики в ортопедической стоматологии для оптимизации конструкций металлокерамических зубных протезов по мониторингу их напряженно-деформационного состояния. Определение напряженно-деформационного состояния металлокерамических зубных протезов на этапах их изготовления и монтажа методом цифровой лазерной спекл-фотографии позволяет следить за качеством изготавливаемых конструкций и их установки в реальном времени *in vivo*.

4. БЛАГОДАРНОСТИ. Авторы выражают признательность профессорам С.А. Наумовичу и Н.А. Фомину за поддержку работы и полезные обсуждения.

5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bazulev N.B., Fomin N.A., Lavinskaya E.I. and Rubnikovich S.P. Real-time blood micro-circulation analysis in living tissues by dynamic speckle technique // Proc. of 13th Conference of European Society of Biomechanics. Wroclaw. Poland. In Acta of Bioengineering and Biomechanics. V. 4. S. 1. 2002. P. 510 – 511.

2. Quasi-real time bio -tissue monitoring by Dynamic Laser Speckle Photography / N.B. Bazylev et al. // Journal of Flow Visualization. Vol. 6. № 4. 2003. P. 371 – 380.

3. Базылев Н.Б., Рубникович С.П., Фомин Н.А. Новые возможности исследования кровотока мягких тканей ротовой полости // Инженерно-физический журнал. Т. 81. №3. 2008. С. 508 – 517.

Nicolai Bazulev¹, Olga Meleeva¹, Sergei Rubnikovich²,

¹Heat and Mass Transfer Institute of National Academy of Science, Minsk, Belarus

²Belarus State Medical University, Minsk

LASER DIAGNOSTICS OF SOFT AND HARD BIOTISSUES IN DENTISTRY

An advanced optical technique based on digital version of micro-PIV and speckle technologies has been applied for bio-tissues monitoring in vivo. In soft bio-tissues, like human skin, blood microcirculation in the smallest capillaries are examined by cross-correlation analysis of a sequence of speckle pattern images, generated in scattered light under illumination of the skin by probe laser radiation. In hard tissues, like denture, comprehensive stress monitoring is performed under the denture loading. It is shown that proposed digital laser speckle technologies are effective tools for bio-tissues monitoring in dentistry, providing 2D maps of sub-skin blood microcirculation in soft tissues and comprehensive stress distribution in hard tissues under loading in real-time operation mode in vivo.

SPECKLE PHOTOGRAPHY, LASER DIAGNOSTICS, DENTISTRY