

BEHAVIOURAL INDICES IN THE ASSESSMENT OF PAIN IN NEWBORN INFANTS DURING EARLY NEONATAL PERIOD

A.S. Vanyarkina, I. E. Golub, E.S. Philippov, O.A. Serebrennikova, L. V. Sorokina
(Irkutsk State Medical University)

In prospective controlled trial the behavioral indices of pain were observed in 45 term newborn infants. Three items: facial expressions, limb movements, and vocal expression were evaluated by the DAN scale. Scores range from 0 (no pain) to 10 (maximum pain). Our investigations showed: some natal damages which revealed at the first hours after birth may provoke pain development in the early neonatal period, that requires the adequate management of pain.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журкова Ю.В., Степаненко С.М., Манерова А.Ф., Зильберт Е.В. Поведенческие реакции на острую боль у новорожденных детей с хирургическими заболеваниями. // Анестезиология и реаниматология. — 2003. — №1. — С. 17-20
2. Журкова Ю.В. Послеоперационное обезбоживание опиоидными анальгетиками у новорожденных детей: Автореф. дис. ...канд. мед. наук. — М., 2002. — 23 с.
3. Batton D.G., Barrington K.J., Wallman C Prevention and management of pain in the neonate: an update. American Academy of Pediatrics Committee on Fetus and Newborn; American Academy of Pediatrics Section on Surgery; Canadian Paediatric Society Fetus and Newborn Committee//Pediatrics. — 2006. — Vol. 118, № 5. — P. 2231-41.
4. Brahnam S., Chuang C.F., Shih F.Y., Slack M.R. Machine recognition and representation of neonatal facial displays of acute pain.// Artif. Intell. Med. — 2006. — Vol. 36, № 3. — P. 211-22.
5. Carbajal R., Paupe A., Hoenn E, et al. Douleur Aigul Nouveau-né: une échelle comportementale d'évaluation de la douleur aigul du nouveau-né. [APH: evaluation of behavioural scale of acute pain in newborn infants.] //Arch. Pediatr. — 1997. — Vol. 4. — P. 623-628.
6. Craig K.D., Lilley C.M., Gilbert CA Social barriers to optimal pain management in infants and children. //Clin. J. Pain. — 1996. — Vol. 12. — P. 232-242.
7. Craig K.D., Hadjistavropoulos H.D., Grunau R.V., Whitfield M.F. A comparison of two measures of facial activity during pain in the newborn child. J. Pediatr. Psychol. — 1994. — Vol. 19, № 3. — P. 305-318.
8. Craig K.D. The facial display of pain in infants and children. //Pain Research and Management. — 1998. — Vol. 10. — P. 103-121.
9. Fitzgerald M. Developmental biology of inflammatory pain. Br. J. Anaesth. — 1995. Vol. 75. — P. 177-85.
10. Fitzgerald M., Beggs S. The neurobiology of pain: developmental aspects. //Neuroscientist. — 2001. — Vol. 7. — P. 246-7.
11. Grunau R.V.E., Craig K.D. Pain expression in neonates: facial action and cry. //Pain 1987; 28: 395-410.
12. Hamon I. Vois anatomiques de la douleur chez le nouveau-né premature. //Arch. Pediatr. — 1996. — Vol. 3. — P. 1006-1012.
13. Harrison D, Evans C, Johnston L, et al. Bedside assessment of heel lance pain in the hospitalized infant. J. Obstet. Gynecol. Neonatal. Nurs. 2002. — Vol. 31. — P. 551-557.
14. Simons S.H., Tibboel D. Pain perception development and maturation. //Semin. Fetal. Neonatal. Med. — 2006. — Vol. 11, № 4. — P. 227-31.

© МАЛОВ А.Н., БОРОДИН А.Н., ВАСИЛЬЕВ В.В., ВАСИЛЬЕВ В.Г., ВОЛЬФ И.Э., ВОРОБЬЕВ В.А., ПОТОЦКАЯ С.В., ОНАЦКИЙ А.Н., СЫЧЕВСКИЙ А.В. — 2007

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ И ПОДПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР КОРОНОК И КОРНЕЙ ЗУБОВ МЕТОДОМ АНАЛИЗА СПЕКЛ-КАРТИН ОТРАЖЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА

А.Н. Малов, А.Н. Бородин, В.В. Васильев, В.Г. Васильев, И.Э. Вольф, В.А. Воробьев, С.В. Потоцкая, А.Н. Онацкий, А.В. Сычевский

(Иркутское высшее военное авиационное инженерное училище (Военный институт), начальник — генерал-майор И.И. Величко; МУЗ «Стоматологическая поликлиника № 1 г. Иркутска», гл. врач — засл. врач РФ, к.м.н. О.-З.И. Салагай; Иркутский государственный медицинский университет, ректор — д.м.н., проф. И.В. Малов; Владивостокский государственный медицинский университет, ректор — д.м.н., проф. Ю.В. Каминский)

Резюме. Кариес зубов остается самым распространенным заболеванием среди населения земного шара. Целью работы явилось исследование поверхности и подповерхностных структур коронок и корней зубов (лабораторные исследования) для диагностики заболеваний тканей зуба. Создан алгоритм обработки спекл-картин, отраженных от тканей зуба, в норме и на разных стадиях развития заболевания.

Ключевые слова: коронки и корни зубов, спекл-изображения, фазовая неоднородность, лазер, поверхность и подповерхностные структуры.

Проблема кариеса зубов, особенно множественного, имеет большое медицинское и социально-экономическое значение. До настоящего времени, несмотря на определенные успехи в профилактике и лечении данной патологии, показате-

ли ее распространенности и интенсивности среди детей и взрослых остаются на высоком уровне. Это обуславливает необходимость исследования тенденций динамики, выявления основных факторов риска возникновения данного заболевания

и выяснения их влияния на развитие патологии зубочелюстной системы. Важно отметить, что кариес и его осложнения являются одной из причин нарушения окклюзионных взаимоотношений зубных рядов, что сопровождается нарушением нормы формирования сагиттальной кривой окклюзии Spee.

Материалы и методы

Макет прибора адаптирован для диагностики заболеваний тканей зуба [5, 8, 9]. С этой целью первоначально собираются заранее классифицированные спекл-картины, отраженные от зубной ткани в различных состояниях: здоровые зубы, зубы с поврежденными тканями на разных стадиях заболевания. Полученные изображения затем подвергаются корреляционному и статистическому анализу для выявления вектора в пространстве признаков для выяснения возможности диагностирования заболеваний зубов по разработанным алгоритмам.

Схема эксперимента: на поверхность зубной или костной ткани попадает монохроматичное и когерентное излучение от лазерного диода, сфокусированное в пятно небольшого размера. Отраженное от зубной или костной ткани излучение строит спекл-картину на матричном фотоприемнике. Расстояние от исследуемой поверхности выбирается с таким расчетом, чтобы на одно спекл-пятно приходилось несколько пикселей фотоприемной матрицы или максимальная пространственная частота спеклов была в несколько раз меньше разрешения матрицы. Основная идея прибора состоит в том, что в формировании спекл-картины принимают участие не только поверхностные неровности, но и структуры, находящиеся в подповерхностных слоях [1, 2, 3], чему способствует частичная прозрачность биологических тканей. Схема прибора представлена на рисунке 1. Расстояние от объекта исследования до матричного фотоприемника задается жестким коническим корпусом с учетом размера спеклов, сопоставимых с размерами нескольких пикселей матрицы, и составляет около 250 мм. Для вывода сфокусированного излучения к объекту исследования в вершине конуса имеется отверстие. Корпус лазерного диода с оптикой жестко связан с платой веб-камеры и крепится к корпусу прибора юстировочными винтами для совмещения освещенного пятна с выходным отверстием прибора (рис. 1, 2, 3).

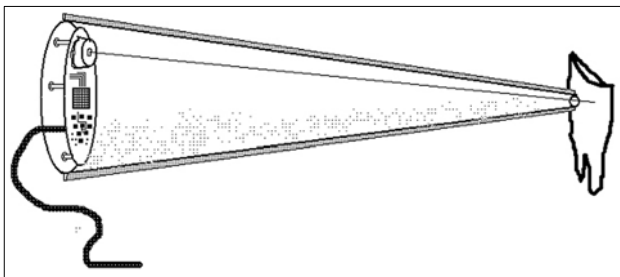


Рис. 1. Устройство прибора на основе веб-камеры.

В макете прибора установлен лазерный диод TLD 6505MG с мощностью излучения около 5 мВт при длине волны максимума излучения ~650 нм.

Характеристики фотоприемной матрицы от ВЕБ-камеры: CMOS-матрица с разрешением 352x288, эквивалентная чувствительность от 64 до 400 единиц ISO.

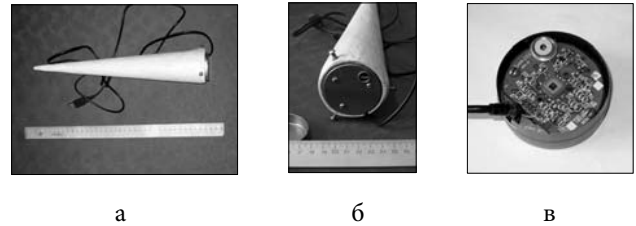


Рис. 2. Внешний вид прибора: а) общий вид; б) вид сзади со снятой крышкой (на рисунке видны юстировочные винты); в) оптическая и электронная часть (лазерный диод с фокусирующей оптикой и матричный фотоприемник, смонтированные на одной плате).

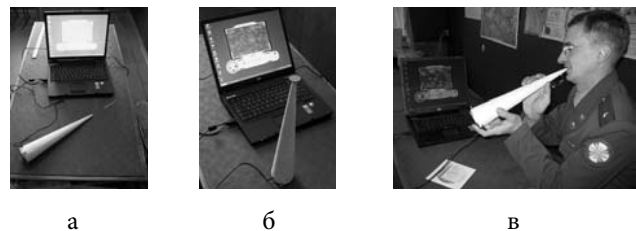


Рис. 3. а) прибор подключен к переносному компьютеру и готов к работе; б) проверка работоспособности (входное отверстие конуса закрыто тестовой керамической пластинкой); в) предварительные испытания и сбор экспериментальных данных.

Алгоритм обработки спекл-изображения

Спекл-изображение по своей природе является разновидностью шумового сигнала и поэтому применение структурных методов распознавания, как правило, значимых результатов не дает [4, 6, 7]. Первоначально применяется пространственная фильтрация изображений, которая заключается в повышении резкости с помощью линейного пространственного фильтра лапласиан. После повышения резкости выполняется цветовая сегментация: выделяются объекты на изображении, цвет которых лежит в определенном диапазоне. Имея некоторую репрезентативную выборку векторов с интересующим нас цветом, получаем оценку «среднего» цвета, который необходимо выделить [2]. Задача сегментации состоит в том, чтобы классифицировать каждый пиксель изображения и определить, принадлежит он к выделенному «среднему» цветовому классу или нет. В результате сегментации получается бинарное изображение, характеризующее распределение «среднего» цвета. На рисунке 4 показаны спекл-изображения и их сегментированные представления двух различных классов. Из рисунка видно, что визуальная похожесть исходных изображений (на рисунках слева) достаточно велика, однако их сегментированные аналоги (на рисунках справа) имеют текстуру различного характера. Данный метод обладает адаптивными возможностями. Эта особенность позволяет использовать корреляционные методы распознавания спекл-изображений по их сегментированным представлениям.

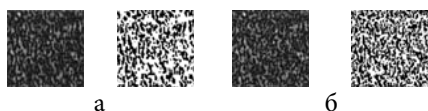


Рис. 4. Спекл-изображения (слева на рисунках) и их сегментированные представления (справа на рисунках): а) изображение первого класса; б) изображение второго класса.

Применяя корреляционный метод распознавания к цветовым плоскостям изображений различных классов, получим вектор $R = [0,6740; 0,5041; 0,6070]$, а между изображениями одного класса — $R = [0,964; 0,8634; 0,967]$.

Спектральная мера текстуры основана на спектре Фурье, который идеально подходит для описания присутствующих в изображении периодических или квазипериодических двумерных текстур. Для обнаружения спектральных признаков перейдем к полярным координатам, в которых спектральная функция выражается в виде $S(r, \theta)$, где θ и r переменные в этой системе координат. Для каждого угла θ функция $S(r, \theta)$ может рассматриваться как одномерная функция $S_\theta(r)$. Аналогично, для каждого значения частоты r $S_r(\theta)$ является одномерной функцией. Анализ функции $S_\theta(r)$ при фиксированном θ дает представление о поведении спектра по направлению радиуса из начала координат, а исследуя $S_r(\theta)$ при фиксированном r , получаем поведение спектральной функции по окружности с центром в начале координат. Общее описание получается при интегрировании функций $S(r) = \sum_{\theta=0}^{\pi} S_\theta(r)$, $S(\theta) = \sum_{r=1}^R S_r(\theta)$, где R_0 — радиус круга с центром в начале координат.

Результатом вычислений является пара значений $[S(r), S(\theta)]$ для каждой точки спектра с координатами (r, θ) . Варьируя этими координатами, можно построить две одномерные функции $S(r)$ и $S(\theta)$, описывающие текстуру всего изображения в терминах энергии спектра (рис. 5).

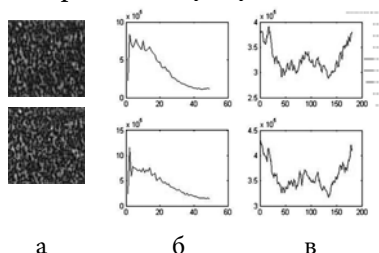


Рис. 5. Исходные изображения первого и второго классов: а) графики функций $S(r)$; б) графики функций $S(\theta)$; в) соответственно для первого и второго классов.

Из рисунка видно, что спектральные характеристики RGB-текстуры спекл-изображений различаются по расположению максимумов, форме и др. параметрам. Таким образом, можно сформировать комплексный вектор признаков для дальнейшего распознавания спекл-изображений вида:

$$W = [\vec{R}, \vec{T}, S(r), S(\theta)].$$

Результаты и обсуждения

Для установочных экспериментов в качестве исследуемого объекта были взяты образцы зубов, закрепленные на пластинке из органического стекла. Во время обработки каждого эксперимента — на записанном изображении каждого зуба — выбирался равномерный участок освещенности, на котором вычислялись математическое ожидание (M), среднеквадратичное отклонение (σ) и дисперсия (D) для конкретного изображения. Во время экспериментов образцы были жестко закреплены на подставке. Экспериментальный снимок спекл-картины приведен на рисунке 6.

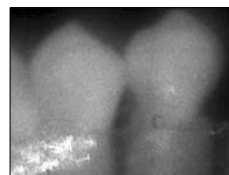


Рис. 6. Два зуба (левый и правый), закрепленные на струбине.

После обработки изображений были получены следующие результаты:

Левый зуб	Правый зуб
$M = 182,3286$	$M = 175,1574$
$D = 67,6866$	$D = 90,9885$
$\sigma = 8,2272$	$\sigma = 9,5388$

Подставка во время эксперимента была жестко закреплена и не смещалась, однако во время следующего эксперимента спекл-картина была записана с опорным плоским пучком, вследствие чего изображение выглядит размытым (зашумленным) (рис. 7).

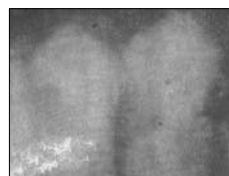


Рис. 7. Те же два зуба (левый и правый), закрепленные на струбине, с опорным пучком.

Показатель	Левый зуб		Правый зуб	
	«чистое» изображение	изображение с опорным пучком	«чистое» изображение	изображение с опорным пучком
M	182,3286	182,0755	175,1574	176,5123
D	67,6866	127,3240	90,9885	76,7618
Σ	8,2272	11,2838	9,5388	8,7614

По полученным результатам видно, что, несмотря на видимую зашумленность спекл-картин, на помехи при записи изображений, у одних и тех же исследуемых областей меняется дисперсия и среднеквадратичное отклонение, однако величина математического ожидания одной и той же поверхности остается постоянной. Следует обратить внимание, что если соотношение «сигнал/шум» у двух изображений одинаковое, то и все три числовые характеристики данных спекл-картин будут почти идентичны. На рисунках 8, 9 приведены спекл-картины одного зуба, закрепленного в первом случае на пластинке из органического стекла вместе с остальными зубами, и во втором случае — закрепленного на струбине отдельно.



Рис. 8. Два зуба, закрепленные на пластинке вместе.

$M = 81,9973;$
 $D = 145,9370;$
 $\sigma = 12,0804$



Рис. 9. Зуб, закрепленный на пластинке отдельно.

$M = 81,8970;$
 $D = 145,0693;$
 $\sigma = 12,0445$

Как видно, из полученных результатов, при исследовании поверхности и подповерхностных структур объекта числовые характеристики для одного и того же образца, записанные в различных ситуациях, но с одинаковым уровнем шума, есть величина постоянная.

RESEARCH OF THE SURFACE AND SUBSURFACE STRUCTURES OF CROWNS AND TOOTH ROOTS APPLYING THE ANALYSIS OF SPECKLE-PATTERNS OF BACK-SCATTERED RADIATION SEMICONDUCTOR LASER.

A.N. Malov¹, A.N. Borodin¹, V.V. Vasilyev², V.G. Vasilyev³, I.E. Volf¹, V.A. Vorobyev⁴, S.V. Pototskaya⁴, A.N. Onatsky¹, A.V. Sichevsky³

(¹Irkutsk Higher Military Aviation Engineering School (Military Institute),

²Municipal Institution of Health "Stomatological Polyclinic № 1 of Irkutsk-city"

«Irkutsk State Medical University»

«Vladivostok State Medical University»)

Caries is the most common disease among the population on the globe. The objective of the research was to study the surface and subsurface structures of crowns and tooth roots (laboratory studies) for diagnosis of tooth tissues diseases. There has been created an algorithm for processing of speckle-patterns reflected from tooth tissues in norm and on different stages of disease development.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белопухов В.Н., Волостников В.Г., Котляр В.В., Малов А.Н. Когерентно-оптическое обнаружение дефектов на поверхности изделий. — М.: Наука, 1989. — Т. 198. — С. 111–115.

2. Бородин А.Н., Малов А.Н., Миронов Б.М. и др. Цифровая обработка спекл-изображений при анализе шероховатых поверхностей археологической керамики // Социогенез в Северной Азии: Сб. науч. тр. // Под ред. А.В. Харинского. — Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005. — Ч. 1. — С. 46–52.

3. Вайчас А.А., Малов А.Н., Шевченко Е.В. Взаимодействие лазерного излучения с моделью биологической мембраны // Сибирский мед. журн. — 2004. — Т. 49, № 8. — С. 23–26.

4. Волостников В.Г., Котляр В.В., Малов А.Н. и др. Обратные задачи рассеяния в когерентно-оптической диагностике промышленных изделий // Препринт ФИАН. — 1985. — № 110. — 45с.

5. Воробьев В.А., Малов А.Н., Гусев М.Е. и др. Изучение напряженно-деформированного состояния методом голографической интерферометрии в

стоматологии // Рос. вест. дентальной имплантологии. — 2004. — № 1 (5). — С. 66–69.

6. Гуревич В.С., Гусев М.Е., Редкоречев В.И. и др. Голографический измерительный комплекс нового поколения для неразрушающего контроля в промышленности // Изв. Самарского НЦ РАН. — 2004. — Т. 6, № 1. — С. 88–102.

7. Кривко Т.В., Малов А.Н. Динамика спекл-полей, обусловленная продольным смещением диффузно-рассеивающих объектов // Применение лазеров в науке и технике. — Иркутск: ИЛФ СО РАН, 1996. — Вып. 8. — С. 59–70.

8. Vorobyev V.A., Malov A.N., Soboleva N.N. et al Holographic and mathematical modeling methods for biomechanical stomatological investigation // Proceedings of SPIE. — 2003. — Vol. 5129. — P. 123–128.

9. Vorobyev V.A., Malov A.N., Soboleva N.N. et al The holographic nondestructive testing for ortopedical stomatology and dental implantology // Proceedings of SPIE. — 2003. — Vol. 5134. — P. 1–11.