

УДК 616.314.17-002:[612.313.1:616.31-008.81]-073.75(045)

Н. В. Булкина, Г. Е. Бриль, Д. Э. Постнов, В. Т. Поделинская

**КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ
КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ ЖИДКОСТИ
ДЕСНЕВОЙ БОРОЗДЫ И ПАРОДОНТАЛЬНЫХ
КАРМАНОВ В НОРМЕ И ПРИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ
ЗАБОЛЕВАНИЯХ ПАРОДОНТА**

Аннотация. Изучена кристаллографическая картина жидкости десневой борозды и пародонтального кармана в норме и при воспалительных заболеваниях пародонта. Установлены особенности общей организации кристаллических структур жидкости десневой борозды при здоровом пародонте, выявлены маркеры патологических состояний при воспалении тканей пародонта. Определены характеристики компьютерной обработки полученных изображений кристаллографической картины. Результаты исследований сопоставлены с данными клинического обследования.

Ключевые слова: жидкость десневой борозды и пародонтального кармана, кристаллографическая картина, воспалительные заболевания пародонта.

Abstract. The research has revealed the crystallographic structure of a gingival crevicular and parodontal pocket fluid in normal state and at inflammatory periodontal diseases. Features of the general organization of crystal structures of a gingival crevicular and parodontal pocket fluid are defined at healthy periodontal tissues, markers of pathological conditions are revealed at inflammation of periodontal tissues. Characteristics of computer processing of the received images of a crystallographic structure are defined. Results of researches are compared with the data of clinical examination.

Key words: gingival crevicular and parodontal pocket fluid, crystallographic structure, inflammatory periodontal diseases.

Введение

Любая биологическая жидкость организма в процессе дегидратации проявляет свойства единой сложной системы, обладающей своими физико-химическими свойствами и способной к самоорганизации. Динамика процесса кристаллизации и характер кристаллографической картины структурного следа (фации) биологической жидкости определяется действием внешних и внутренних факторов. При стандартных условиях исследования особенности структурной организации фации зависят преимущественно от молекулярного состава и характера взаимодействия отдельных компонентов биологической жидкости. Это имеет диагностическое значение, поскольку появление в биологической жидкости любого нового вещества при патологическом состоянии приводит к изменению химического состава и межмолекулярного взаимодействия, что находит свое отражение в особенностях кристаллических структур. Такие молекулярные изменения наиболее точно характеризуют состояние внутренней среды организма и могут иметь значение для выявления патологического процесса на ранних стадиях [1].

В процессе дегидратации биологических жидкостей происходит перераспределение компонентов и разделение пространства фации на периферическую, промежуточную и центральную зоны [2]. Однако характер распреде-

ления веществ по радиусу высушенной капли и химический состав периферической, промежуточной и центральной зон остается окончательно не выясненным. Было показано, что при высыхании капли биологической жидкости процессы диффузии препятствуют выносу капиллярными течениями соли на край капли, но не оказывают существенного влияния на пространственное распределение белка. Поэтому край пленки высохшей капли представлен преимущественно белком, а центральная часть – солью [3]. При патологическом состоянии изменяются концентрации органических и минеральных компонентов биологической жидкости, что приводит к появлению другого соотношения диаметров зон фации. Для определения содержания белка в биологической жидкости используется отношение ширины периферической зоны к диаметру всего образца [4]. Белковый компонент биологической жидкости при ее дегидратационной самоорганизации в той или иной степени принимает участие в формировании кристаллических структур всех зон фации. В проведенном исследовании [5] в высохшей капле сыворотки крови при использовании красителей была установлена локализация различных типов белков: альбумины располагаются в периферической зоне, α и β -глобулины – в промежуточной зоне, γ -глобулины – в центральной. Была обнаружена прямая корреляционная зависимость между шириной каждой из зон и содержанием соответствующей группы белков сыворотки крови. Форма кристаллических структур модельной жидкости, состоящей из водного раствора хлорида натрия и альбумина, чувствительна к начальной концентрации белка. В этом растворе, по составу близкому к плазме крови, при соотношении 0,9 % хлорида натрия и 8 % альбумина кристаллические структуры центральной зоны имеют форму дендритов с прямыми длинными ветвями, при 11 % альбумина возникают дендриты, обладающие центральной симметрией («цветы»). Дальнейшее повышение концентрации белка приводит к появлению мелких и плотных структур [6, 7].

Жидкость десневой борозды при интактном пародонте представляет собой транссудат сыворотки крови, с которым имеет практически одинаковый белковый состав. Еще в доклинической стадии происходит увеличение количества жидкости десневой борозды при появлении постоянного осмотического градиента, возникающего под действием макромолекулярных продуктов метаболизма бактерий зубного налета [8]. При воспалительном процессе резко увеличивается объем жидкости десневой борозды, в нее попадают медиаторы воспаления, ферменты, продукты деструкции тканей и другие разнообразные биологически активные вещества, источником которых могут быть клетки воспалительного инфильтрата и микроорганизмы [9]. Появление новых органических и неорганических компонентов, позволяющих точно охарактеризовать состояние тканей пародонта, может приводить к изменению характер кристаллографической картины высушенной капли жидкости десневой борозды или пародонтального кармана. Поэтому **целью** данной работы явилось создание алгоритма описания общей кристаллографической картины фаций жидкости десневой борозды или пародонтального кармана в норме и при воспалительных заболеваниях пародонта, выявление «маркеров патологии» (качественный анализ) и количественная характеристика полученных изображений фаций с помощью специальной компьютерной программы для уточнения диагноза и определения степени тяжести воспалительных заболеваний пародонта.

1. Материалы и методы

При проведении работы были обследованы 85 пациентов: лица со здоровым пародонтом (20 человек), с диагнозом «хронический генерализованный катаральный гингивит» (ХГКГ) (20 человек), «хронический генерализованный пародонтит» (ХГП) легкой (15 человек), средней (15 человек) и тяжелой (15 человека) степени тяжести. Клиническое обследование пациентов, помимо сбора анамнеза и осмотра, включало в себя определение глубины пародонтального кармана, степени патологической подвижности зубов, рентгенологическое исследование (ортопантограмма). Оценку стоматологического статуса производили по пародонтологическим индексам. Определяли индекс гигиены полости рта по J. C. Green, J. Vermillion (1969), индекс ПМА, пародонтальный индекс по A. Russel (1956). Забор материала проводили через 3–5 ч после чистки зубов, при условии, что обследуемые не употребляли пищу в указанный промежуток времени.

Для забора материала использовали бумажные штифты № 30. Штифты помещали в десневую борозду или пародонтальный карман. Жидкость десневой борозды при здоровом пародонте собирали в области зубов 16, 11, 26, 31 – вестибулярные поверхности, 36, 46 – язычные поверхности. При воспалительных заболеваниях пародонта забор материала проводили в области участков зубной дуги с наиболее выраженными патологическими изменениями. После забора штифты помещали в 100 мкл дистиллированной воды. Объем растворителя был подобран экспериментальным путем, критерием служила наиболее четкая морфологическая картина фации. После этого материал центрифугировали при 3000 об/мин 10 мин. Надосадочную жидкость (2 мкл) наносили на чистое, сухое, обезжиренное предметное стекло в строго горизонтальном расположении полуавтоматическим дозатором по шесть капель каждого образца. Стекла помещали в термостат на 30 мин при температуре 37 °С. При завершении дегидратации получали фации жидкости десневой борозды или пародонтальных карманов, которые подвергали микроскопическому исследованию. Полученные изображения сохраняли в виде графических файлов в памяти компьютера. После этого проводили общее описание изображений кристаллографической картины фаций в норме и при воспалительных заболеваниях пародонта, в том числе выявляли и «маркеры патологии». Для обработки изображений применялась специальная компьютерная программа.

Для анализа изображения компьютерная программа использует некоторые особенности фации. Форма фации обычно приближается к кругу, и в ее структуре достаточно четко можно выделить три зоны: периферическую зону, промежуточную зону и центральную зону. С учетом этого проводилась аппроксимация указанных областей с помощью трех окружностей, которые произвольно располагали, соответственно, по внешней кромке, на границе между периферической и промежуточной зонами и на границе между промежуточной и центральной зонами. При этом программа рассчитывала относительную площадь периферической (SR_1), промежуточной (SR_2) и центральной (SR_3) зон, нормированную на общую площадь фации. Кроме этого, определялось смещение центра промежуточной зоны ($Sh\ 2-1$) и смещение центра центральной зоны ($Sh\ 3-1$) относительно центра периферической зоны.

Для анализа структурных особенностей фации в определенной зоне использовался типичный фрагмент, представляющий собой прямоугольный

маркер. При проведении всех исследований он имел фиксированный размер. Расположение его определялось произвольно, при этом визуально выбирался наиболее структурированный участок фации. Типичный фрагмент рассматривался в черно-белом представлении, при этом программой автоматически устанавливалось одинаковое пороговое значение яркости. Структурные объекты, имеющие значение поля яркости выше или ниже порогового, представлялись, соответственно, в черном или белом цвете. С учетом этого в пределах прямоугольного маркера рассчитывалось количество объектов белого цвета (N), средний размер объектов белого цвета (AS) и процент площади этих объектов (S). В данной работе использовались также такие параметры программы, как коэффициент неоднородности поля яркости ($Entr$) и фрактальная размерность ($Dcorr$).

Вычисление коэффициента неоднородности поля яркости ($Entr$) основано на представлении поля яркости фрагмента фации I (цветовая информация игнорируется) в виде функции от двух пространственных координат X и Y . Распределение яркости $I(X, Y)$ в пределах выбранного образца нормировалось на единицу, и к нему применялась формула К. Шеннона (1963), обычно используемая для вычисления энтропии: $E = -\sum I(X, Y) \ln(I(X, Y))$, где суммирование проводилось по всем пикселям фрагмента. Величина E , вычисленная таким образом, отражает неравномерность распределения $I(X, Y)$ по полю фрагмента. Она принимает максимальное значение $E_{\max}$ при одинаковой яркости всех пикселей фрагмента и равна нулю при засветке только одного пикселя. Таким образом, показатель неоднородности поля $I(X, Y)$ может быть определен как $K = \left(1 - \frac{E}{E_{\max}}\right) \cdot 100\%$.

Фрактальная размерность ($Dcorr$) применялась для характеристики поля яркости фрагмента фации после его преобразования в черно-белое представление, при установлении порогового значения яркости. Фрактальная размерность оценивалась для характеристики структуры полученного изображения с помощью алгоритма покрытия (*box counting*) (Б. Мандельброт, 2002). При этом полностью белый фрагмент изображения имеет размерность 2,0 (размерность плоскости), линия шириной в один пиксель имеет размерность 1,0, а единственная точка – 0.

Расчет статистических показателей проводился с использованием пакетов прикладных программ Statistica 8.0 for Windows и Microsoft Office Excel 2008.

2. Результаты

Согласно результатам исследования, фации в норме или при патологии тканей пародонта сохраняют одинаковый принцип организации. Они включают три четко разграниченные зоны: периферическую, промежуточную и центральную. Кристаллографическая картина в норме характеризуется бедностью элементов. При воспалительных заболеваниях пародонта, увеличении степени тяжести и длительности существования патологии морфологическая картина становится более насыщенной, сложной, разнообразной.

При нормальном состоянии тканей пародонта периферическая зона при дегидратации жидкости десневой борозды имеет исчерченный вид и содер-

жит несколько концентрических полос, количество которых не превышает пяти. Для нее не характерно наличие каких-либо дополнительных элементов. Во всех образцах периферическая зона имеет равномерную более темную полосу в нижней части на протяжении всей окружности фации. Периферическая зона от промежуточной отграничивается бесструктурным круговым поясом в виде светлой полосы по всей окружности. При ХГКГ среднее значение количества полос в периферической зоне у обследованных пациентов несколько больше, чем в норме, и может достигать семи. Начинают появляться дополнительные элементы. Так, при воспалительных заболеваниях пародонта в периферической зоне определяются трещины трех видов: аркообразные, прямые и трещины, исходящие от элементов. Появляются мелкие колбовидные элементы. В нижней части периферической зоны не выявляется темная полоса. При ХГП в периферической зоне количество концентрических полос может доходить до пятнадцати. Встречаются аркообразные, прямые трещины и трещины, исходящие из элементов. В последнем случае имеются дополнительные элементы в периферической зоне, от которых отходят трещины в виде лучей в двух или трех направлениях. В нижней части периферической зоны расположены колбовидные элементы. Мелкие округлые колбовидные элементы расположены более хаотично по сравнению с крупными вытянутыми, которые имеют строго упорядоченное расположение. Мелкие колбовидные элементы появляются в фациях жидкости пародонтального кармана у всех пациентов с ХГП. Крупные колбовидные элементы начинают встречаться чаще при увеличении степени тяжести пародонтита и всегда сочетаются с более мелкими. В целом дополнительные структуры при воспалительных заболеваниях пародонта придают периферической зоне более исчерченный вид и имеют достаточно правильное расположение.

При проведении компьютерного анализа периферической зоны при воспалительных заболеваниях тканей пародонта происходит увеличение относительной площади ($SR1$) по сравнению с нормой. И если при ХГКГ относительная площадь периферической зоны увеличивается значительно, то при различной степени ХГП сохраняется примерно на одном уровне. Количество объектов белого цвета периферической зоны ($N1$) уменьшается по направлению от нормы до средней степени тяжести ХГП, а при тяжелой степени тяжести ХГП несколько увеличивается. Соответственно этому, средний размер объектов белого цвета ($AS1$) возрастает, а при тяжелой степени тяжести уменьшается. В целом процент площади этих объектов ($S1$) увеличивается от нормы до тяжелой степени тяжести ХГП. Фрактальная размерность периферии ($Dcorr1$) также возрастает при ХГКГ, а при различной степени ХГП сохраняет высокие значения приблизительно одного уровня. Коэффициент неоднородности поля яркости периферии ($Entr1$) увеличивается плавно от нормы и достигает максимального значения при средней степени тяжести ХГП, после чего, при тяжелой степени, снижается.

В норме в кристаллографической картине фации жидкости десневой борозды можно выделить следующую морфологическую особенность промежуточной зоны – расположение кристаллических образований в двух субзонах. Первая субзона (ближе к краевой зоне) относительно узкая и представлена мелкими кристаллическими образованиями. Вторая субзона более широкая, представлена крупными правильными кристаллами, имеющими вид «папоротника» или «креста». Эти структуры представляют основной вид

кристаллов фации жидкости десневой борозды. При развитии воспалительного процесса в периферической зоне кристаллы имеют вид «креста» или «папоротника» и расположены в двух субзонах. В кристаллографической картине периферической зоны встречаются кристаллические образования, обладающие центральной симметрией. При ХГКГ определяются «рванные поля», представляющие собой зону элементов, не имеющих характерную кристаллическую структуру и расположенных в промежуточной зоне или при переходе в центральную зону по всей окружности поверх основных кристаллических структур. Для ХГП больше характерно наличие кристаллических структур с центральной симметрией («цветы») в промежуточной зоне. Кристаллы в виде «креста» или «папоротника» встречаются редко при средней и тяжелой степени тяжести ХГП. Такой характер структуры начинает снова появляться при тяжелой степени тяжести ХГП. При увеличении степени тяжести ХГП встречаются черепицеобразные кристаллические структуры в верхней субзоне промежуточной зоны, которые могут сочетаться с кристаллическими образованиями с центральной симметрией или с кристаллами в виде «креста» или «папоротника». Характерно наличие «рванных полей».

Относительная площадь промежуточной зоны (SR_2) при компьютерной обработке изображения увеличивается при ХГКГ, а при различной степени тяжести ХГП принимает близкие значения. Количество белых объектов в промежуточной зоне (N_2) резко уменьшается при ХГКГ по сравнению с нормой и постепенно возрастает от легкой до тяжелой степени тяжести ХГП. Одновременно размер этих структур (AS_2) от нормы до ХГКГ возрастает, а при ХГП сохраняется примерно на одном уровне. В общем, процент площади белых объектов (S_2) возрастает. Фрактальная размерность (D_{corr2}) при воспалительных заболеваниях пародонта становится больше нормы, сохраняясь при всех воспалительных заболеваниях пародонта на относительно близком уровне. Коэффициент поля яркости ($Entr_2$), так же как в периферической зоне, плавно возрастая от нормы, достигает максимального значения при средней степени тяжести ХГП и снижается при тяжелой степени.

Центральная зона в норме и при патологии пародонта представлена множеством однообразных мелких кристаллических образований, рисунок которых при наличии патологии и увеличении степени тяжести становится более выраженным.

При анализе фации с помощью компьютерной программы происходит постепенное уменьшение относительной площади центральной зоны (SR_3) от нормы до тяжелой степени тяжести ХГП за счет расширения периферической и промежуточной зон. Наибольшее количество белых объектов (N_3) и наименьший их размер (AS_3) характерны для нормы. Значительное уменьшение количества и увеличение размера объектов белого цвета происходит при ХГКГ. При легкой и средней степени тяжести ХГП количество и размер этих объектов приобретают близкие значения. При тяжелой степени ХГП количество белых объектов увеличивается, а их размер несколько уменьшается. В целом площадь этих объектов (S_3) возрастает от нормы до тяжелой степени тяжести ХГП. Изменения фрактальной размерности и коэффициента поля яркости в центральной зоне имеет тот же характер, что и в периферической и промежуточной зонах. Фрактальная размерность (D_{corr3}), увеличиваясь при ХГКГ, сохраняет высокие и близкие значения при всех воспалительных заболеваниях пародонта. Возрастание коэффициента поля яркости ($Entr_3$) проис-

ходит постепенно от нормы до средней степени тяжести ХГП, при тяжелой степени снижается.

Для воспалительных заболеваний пародонта характерна большая степень смещения центра промежуточной ($Sh\ 2-1$) и центральной ($Sh\ 3-1$) зон относительно центра периферической зоны по сравнению с нормой. Эти величины возрастают от нормы до ХГКГ, а при ХГП сохраняют близкие значения, при этом сильнее всегда выражено смещение центра промежуточной зоны.

Маркеры патологического процесса кристаллографической картины фаций жидкости десневой борозды или пародонтального кармана при воспалительных заболеваниях пародонта представлены в табл. 1.

Таблица 1

Маркеры патологического процесса кристаллографической картины фаций жидкости десневой борозды или пародонтального кармана при воспалительных заболеваниях пародонта

Морфологический признак	Нормальное состояние тканей пародонта (20 человек)		ХГКГ (20 человек)		ХГП легкой степени тяжести (15 человек)		ХГП средней степени тяжести (15 человек)		ХГП тяжелой степени тяжести (15 человек)	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Периферическая зона</i>										
Среднее количество концентрических полос	3,4	–	3,9	–	6,6	–	8,75	–	8,75	–
Аркообразные трещины	0	0	6	30	7	46,7	9	60	8	53,3
Прямые трещины	0	0	4	20	5	33,3	9	60	8	53,3
Трещины-лучи от элементов	0	0	2	10	12	80	15	100	15	100
Наличие колбовидных элементов	0	0	2	10	15	100	15	100	15	100
<i>Промежуточная зона</i>										
Наличие кристаллических образований в виде «креста» или «папоротника»	20	100	17	85	0	0	6	40	11	73,3
Наличие кристаллических образований с центральной симметрией	0	0	3	15	15	100	9	60	4	26,7
Наличие черепицеобразных кристаллических структур	0	0	0	0	0	0	9	60	15	100

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Наличие «рваных полей»	0	0	6	30	10	66,7	9	60	15	100
<i>Центральная зона</i>										
Насыщенность кристаллическими образованиями	0	0	15	75	10	66,7	12	80	15	100

Характеристики соответствующей компьютерной обработки изображений указаны в табл. 2.

Фрагменты фаций жидкости десневой борозды или пародонтальных карманов в интерфейсе используемой программы показаны на рис. 1–3.

Изменения характера кристаллических структур промежуточной зоны фаций в норме и при воспалительных заболеваниях пародонта представлены на рис. 4.

Таблица 2

Характеристики компьютерной обработки фаций
жидкости десневой борозды и пародонтальных карманов в норме
и при воспалительных заболеваниях пародонта ($M \pm m$)

Характеристики	Нормальное состояние тканей пародонта	ХГКГ	ХГП		
			Легкая степень тяжести	Средняя степень тяжести	Тяжелая степень тяжести
1	2	3	4	5	6
Площадь периферической зоны ($SR1$)	0,182 $\pm 0,002$	0,233 $\pm 0,002^*$	0,248 $\pm 0,002^{**}$	0,252 $\pm 0,002$	0,253 $\pm 0,002$
Площадь промежуточной зоны ($SR2$)	0,306 $\pm 0,003$	0,410 $\pm 0,002^*$	0,448 $\pm 0,006^{**}$	0,454 $\pm 0,007$	0,471 $\pm 0,003^{***\#}$
Площадь центральной зоны ($SR3$)	0,511 $\pm 0,003$	0,355 $\pm 0,002^*$	0,303 $\pm 0,007^{**}$	0,292 $\pm 0,006$	0,276 $\pm 0,003^{***\#}$
Смещение центра промежуточной зоны ($Sh\ 2-1$)	0,0036 $\pm 0,0004$	0,0061 $\pm 0,0003^*$	0,011 $\pm 0,0005^{**}$	0,013 $\pm 0,0004^{***}$	0,013 $\pm 0,0005$
Смещение центра центральной зоны ($Sh\ 3-1$)	0,0076 $\pm 0,0006$	0,015 $\pm 0,0012^*$	0,029 $\pm 0,0025^{**}$	0,031 $\pm 0,0018$	0,034 $\pm 0,003$
Фрактальная размерность периферической зоны ($Dcorr1$)	1,58 $\pm 0,022$	1,80 $\pm 0,008^*$	1,84 $\pm 0,011^{**}$	1,86 $\pm 0,013$	1,80 $\pm 0,011^{***}$
Фрактальная размерность промежуточной зоны ($Dcorr2$)	1,54 $\pm 0,013$	1,77 $\pm 0,009^*$	1,78 $\pm 0,009$	1,81 $\pm 0,011^{**\#}$	1,79 $\pm 0,007$

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
Фрактальная размерность центральной зоны (<i>Dcorr3</i>)	1,57 ± 0,015	1,81 ± 0,011*	1,84 ± 0,011	1,85 ± 0,01	1,81 ± 0,012***#
Коэффициент неоднородности поля яркости периферической зоны (<i>Entr1</i>)	0,470 ± 0,015	0,506 ± 0,013	0,569 ± 0,017**	1,290 ± 0,06***	0,687 ± 0,008****
Коэффициент неоднородности поля яркости промежуточной зоны (<i>Entr2</i>)	0,080 ± 0,003	0,137 ± 0,003*	0,221 ± 0,005**	0,644 ± 0,021***	0,290 ± 0,004****
Коэффициент неоднородности поля яркости центральной зоны (<i>Entr3</i>)	0,006 ± 0,0005	0,076 ± 0,002*	0,101 ± 0,002**	0,235 ± 0,005***	0,222 ± 0,004
Количество белых объектов периферической зоны (<i>N1</i>)	109,4 ± 4,08	58,1 ± 1,37*	38,3 ± 0,76**	21,8 ± 1,04***	35,6 ± 0,87****
Количество белых объектов промежуточной зоны (<i>N2</i>)	257,1 ± 5,08	94,8 ± 1,83*	124,2 ± 2,55**	131,5 ± 2,39***#	141,8 ± 2,7****
Количество белых объектов центральной зоны (<i>N3</i>)	473,2 ± 8,95	174,0 ± 3,41*	363,0 ± 6,81**	345,3 ± 4,51***#	308,3 ± 2,78****
Средний размер объектов белого цвета периферической зоны (<i>AS1</i>)	10,0 ± 0,32	70,5 ± 2,02*	163,2 ± 3,28**	322,1 ± 11,73***	183,8 ± 3,16****
Средний размер объектов белого цвета промежуточной зоны (<i>AS2</i>)	12,1 ± 0,34	38,3 ± 0,89*	40,0 ± 0,64	42,9 ± 1,01***#	41,2 ± 0,69
Средний размер объектов белого цвета центральной зоны (<i>AS3</i>)	3,7 ± 0,12	29,8 ± 0,68*	16,5 ± 0,55**	18,5 ± 0,2***	22,4 ± 0,43****
Процент площади объектов периферической зоны (<i>S1</i>)	9,2 ± 0,54	34,7 ± 0,84*	53,1 ± 0,64**	58,9 ± 2,14***#	55,6 ± 0,85
Процент площади объектов промежуточной зоны (<i>S2</i>)	25,6 ± 0,65	30,9 ± 0,71*	42,2 ± 0,96**	47,9 ± 0,86***	49,6 ± 0,79

1	2	3	4	5	6
Процент площади объектов центральной зоны (S3)	14,7 ± 0,58	44,1 ± 1,23*	51,0 ± 1,50**	54,5 ± 0,62* [#]	59,0 ± 0,95****

Примечание. * – характеристики имеют достоверные различия по сравнению со значениями в группе практически здоровых лиц ($p < 0,01$); ** – характеристики в группе с легкой степенью ХГП имеют достоверные различия по сравнению со значениями в группе с ХГКГ ($p < 0,01$); *** – характеристики в группе с средней степенью тяжести ХГП имеют достоверные различия по сравнению со значениями в группе с легкой степенью тяжести ХГП ($p < 0,01$); *[#] – характеристики в группе с средней степенью тяжести ХГП имеют достоверные различия по сравнению со значениями в группе с легкой степенью тяжести ХГП ($p < 0,05$); **** – характеристики с тяжелой степенью тяжести ХГП имеют достоверные различия по сравнению со значениями в группе с средней степенью тяжести ХГП ($p < 0,01$); ***[#] – характеристики с тяжелой степенью тяжести ХГП имеют достоверные различия по сравнению со значениями в группе с средней степенью тяжести ХГП ($p < 0,01$).

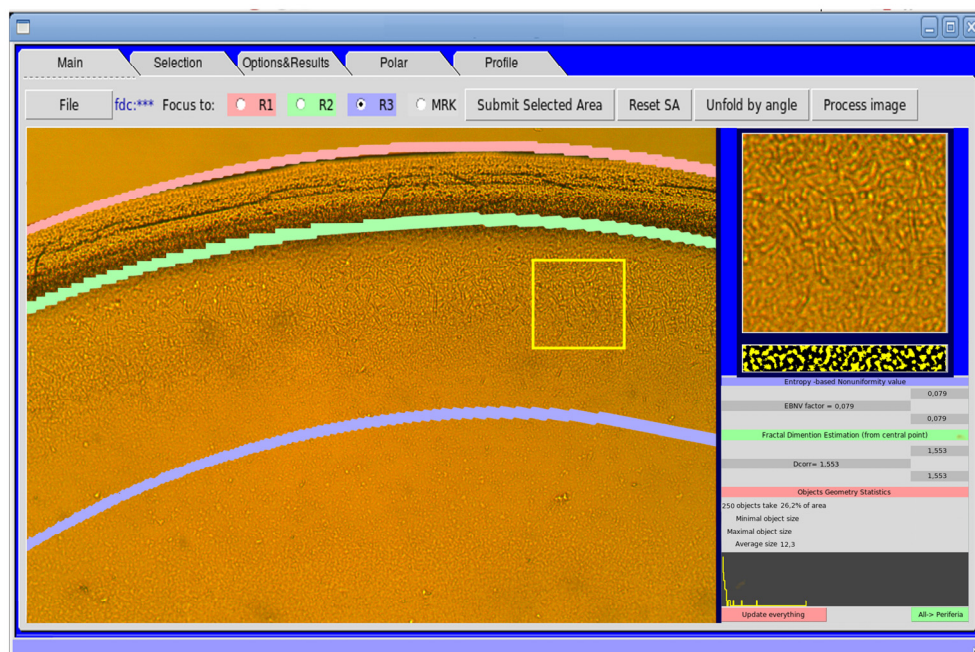


Рис. 1. Фрагмент фации жидкости десневой борозды при нормальном состоянии тканей пародонта в интерфейсе используемой программы

Обсуждение и заключение

Таким образом, в проведенном исследовании фации жидкости десневой борозды или пародонтального кармана имели свои характерные особенности кристаллической структуры в соответствии с данными клинического обследования. Изменение количественных показателей компьютерной обработки непосредственно связано и происходит на фоне качественных изменений кристаллографической картины (появления «маркеров патологии»), определяемых физико-химическими свойствами анализируемой жидкости.

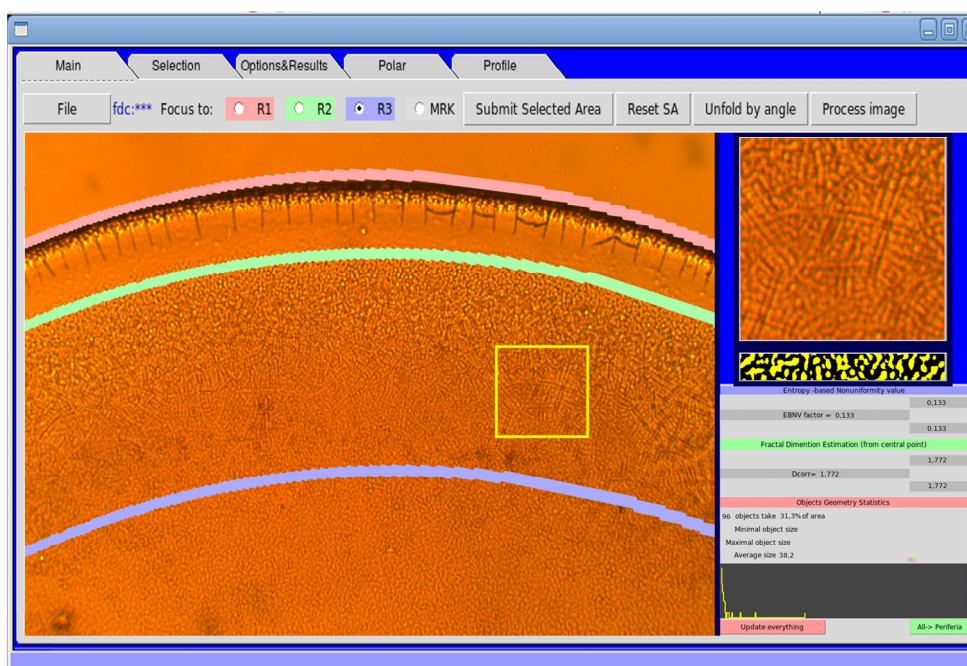


Рис. 2 Фрагмент фации жидкости десневой борозды при ХГКГ в интерфейсе используемой программы

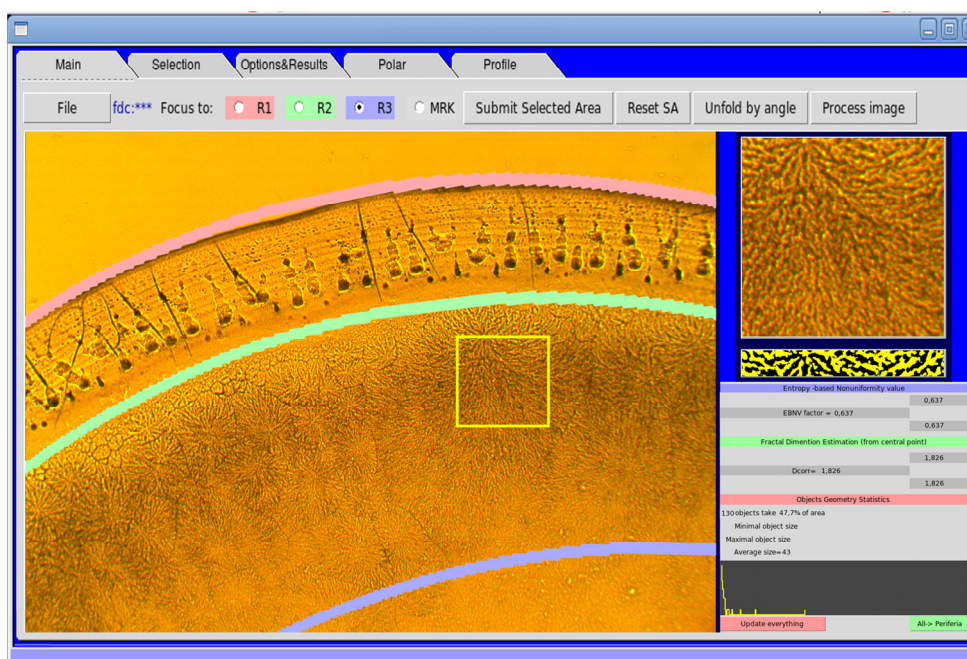


Рис. 3. Фрагмент фации жидкости пародонтальных карманов при средней степени тяжести ХГП в интерфейсе используемой программы

Характер кристаллизации химических веществ, растворенных в жидкости, коррелирует с наличием и степенью тяжести патологии. Относительная площадь периферической зоны возрастает от нормы до тяжелой степени ХГП

за счет увеличения белкового компонента жидкости десневой борозды или пародонтального кармана при воспалительных заболеваниях пародонта.

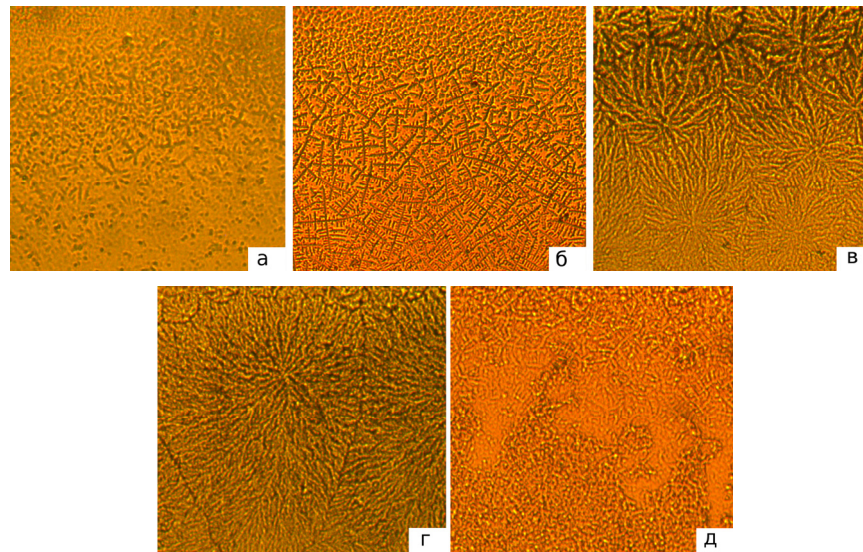


Рис. 4. Изменения кристаллической структуры промежуточной зоны фаций жидкости десневой борозды или пародонтальных карманов в норме (а), при ХГКГ (б), легкой (в), средней (г) и тяжелой (д) степени тяжести ХГП

С развитием воспалительных заболеваний в периферической зоне, представленной в норме при компьютерном анализе мелкими структурами небольшого размера, в связи с возникновением дополнительных элементов происходит замена на меньшее количество белых объектов большего размера. Появлением новых компонентов в составе жидкости пародонтальных карманов объясняется усложнение структуры промежуточной зоны фации, появление различных форм кристаллов и связанное с этим возрастание относительной площади промежуточной зоны и уменьшение относительной площади центральной зоны. Возможно, с большей насыщенностью структуры связано и увеличение количества и размера белых объектов промежуточной зоны. С этим же можно связать то, что процент площади белых объектов возрастает от нормы до тяжелой степени тяжести ХГП во всех зонах. При средней степени тяжести ХГП наблюдается наибольшее разнообразие и строгая упорядоченность структурных элементов кристаллографической картины. Концентрические полосы и колбовидные элементы периферической зоны имеют правильное расположение. Наиболее часто при легкой и средней степени тяжести в промежуточной зоне встречаются кристаллические образования с выраженной правильной центральной симметрией («цветы»). Этим объясняется тот факт, что коэффициент поля яркости, характеризующий степень неоднородности поля яркости изображения, достигает наибольшего значения при средней степени тяжести ХГП во всех зонах фации. При тяжелой степени тяжести ХГП при четком разделении на три зоны происходит некоторое смазывание кристаллографической картины: меньшая степень упорядоченности элементов, преобладание черепицеобразных кристаллов промежуточной зоны. Поэтому коэффициент неоднородности поля яркости снижается во всех зонах фации. При ХГКГ происходит увеличение фрактальной

размерности по сравнению с нормой, а при различной степени тяжести ХГП она сохраняется на относительно близком уровне. Еще одна особенность показателей компьютерной обработки изображений состоит в том, что средние значения фрактальной размерности в каждой серии исследований (для нормы, ХГКГ или различной степени тяжести ХГП) несколько меньше в промежуточной зоне, а в периферической и центральной имеют близкие значения. А коэффициент неоднородности поля яркости уменьшается от периферической зоны к центральной в независимости от того, норма это или патология. Характер изменений количества белых объектов при воспалительных заболеваниях пародонта связан с постепенным возрастанием по направлению от периферической к центральной зоне, а размер этих объектов уменьшается соответственно.

В целом динамика изменений структуры основного вида кристаллических образований промежуточной зоны фаций в норме и при воспалительных заболеваниях пародонта напоминает изменения характера кристаллов в модельных жидкостях, описанных в работе [7]. Такое сходство может быть связано с тем, что процентное соотношение органических и неорганических компонентов в модельной жидкости, как и в жидкости десневой борозды, близки к плазме крови. В экспериментальном растворе и в жидкости десневой борозды или пародонтального кармана при патологии происходит увеличение белкового компонента.

Таким образом, определение маркеров патологии общей организации кристаллографической картины и компьютерная обработка изображений, позволяющая быстро и объективно получать статистически значимые результаты, могут иметь значение для диагностики наличия и стадии развития воспалительно-деструктивного процесса.

Список литературы

1. **Какулия, И. С.** Морфологическая картина тканей зуба и жидкостей полости рта при пародонтите у пожилых : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Какулия И. С. – М., 2005. – 40 с.
2. **Шатохина, С. Н.** Морфологическая картина ротовой жидкости: диагностические возможности / С. Н. Шатохина, С. Н. Разумова, В. Н. Шабалин // Стоматология. – 2006. – № 4. – С. 14–17.
3. **Тарасевич, Ю. Ю.** Качественный анализ закономерностей высыхания капли многокомпонентного раствора на твердой подложке / Ю. Ю. Тарасевич, Д. М. Православнова // Журнал технической физики. – 2007. – Т. 77, № 2. – С. 17–21.
4. **Шатохина, С. Н.** Диагностическое значение кристаллических структур биологических жидкостей в клинике внутренних болезней : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Шатохина С. Н. – М., 1995. – 40 с.
5. **Обухова, Л. М.** Определение локализации групп белков в высохшей капле сыворотки крови при помощи красителей / Л. М. Обухова, К. Н. Конторщикова // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2008. – № 3. – С. 116–119.
6. **Тарасевич, Ю. Ю.** Механизмы и модели дегидрационной самоорганизации биологических жидкостей / Ю. Ю. Тарасевич // Успехи физических наук. – 2004. – Т. 174, № 7. – С. 779–790.
7. **Тарасевич, Ю. Ю.** Влияние диффузии на разделение компонентов биологической жидкости при клиновидной дегидратации / Ю. Ю. Тарасевич, А. К. Аюпова // Журнал технической физики. – 2003. – Т. 73, № 5. – С. 13–18.

8. **Барер, Г. М.** Десневая жидкость: состав и свойства / Г. М. Барер, В. В. Кочержинский, Э. С. Халитова // Стоматология. – 1986. – № 4. – С. 86–90.
 9. **Орехова, Л. Ю.** Заболевания пародонта / Л. Ю. Орехова. – М. : Поли Медиа Пресс, 2004. – 432 с.
-

Булкина Наталия Вячеславовна

доктор медицинских наук, профессор,
заведующая кафедрой терапевтической
стоматологии, Саратовский
государственный медицинский
университет им. В. И. Разумовского

E-mail: nawo@bk.ru

Bulkina Nataliya Vyacheslavovna

Doctor of medical sciences, professor,
head of sub-department of therapeutic
dentistry, Saratov State Medical University
named after V. I. Razumovsky

Бриль Григорий Ефимович

доктор медицинских наук, профессор,
кафедра патологической физиологии,
Саратовский государственный
медицинский университет
им. В. И. Разумовского

E-mail: gbrill@yandex.ru

Brill Grigory Efimovich

Doctor of medical sciences, professor,
sub-department of pathologic anatomy,
Saratov State Medical University
named after V. I. Razumovsky

Постнов Дмитрий Энгелевич

доктор физико-математических наук,
профессор, кафедра оптики
и биофотоники, Саратовский
государственный университет
им. Н. Г. Чернышевского

E-mail: acya25@mail.ru

Postnov Dmitry Engelevich

Doctor of physical and mathematical
sciences, professor, sub-department
of optics and biophotonics, Saratov
State Medical University named
after N. G. Chernyshevsky

Поделинская Виктория Тадеушевна

соискатель, кафедра терапевтической
стоматологии, Саратовский
государственный медицинский
университет им. В. И. Разумовского

E-mail: podelinskaya14@mail.ru

Podelinskaya Viktoriya Tadeushevna

Applicant, sub-department of therapeutic
dentistry, Saratov State Medical
University named after V. I. Razumovsky

УДК 616.314.17-002:[612.313.1:616.31-008.81]-073.75(045)

Булкина, Н. В.

Качественный и количественный анализ кристаллографической картины жидкости десневой борозды и пародонтальных карманов в норме и при воспалительных заболеваниях пародонта / Н. В. Булкина, Г. Е. Бриль, Д. Э. Постнов, В. Т. Поделинская // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2012. – № 4 (24). – С. 19–32.