

Д.В. Рогацкин,  
врач-рентгенолог<sup>1</sup>; руководитель<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «ОРТОС», Смоленск

<sup>2</sup> Центр лучевой диагностики,  
Санкт-Петербург

## Стандартизированная трехмерная визуализация, координаты и плотность

Фрагмент главы готовящейся к печати книги Дмитрия Рогацкина  
«Лучевая диагностика зубов — 2D/3D»

**Резюме.** Публикация посвящена методам трехмерной медицинской визуализации в стоматологии с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии. Описаны способы определения положения объекта исследования в трехмерном пространстве, оценки его состояния, формы, размеров и плотности. Введены понятия антропометрической и зубоальвеолярной системы координат, рекомендована терминология для описания положения и формы объекта в компьютерной томографии челюстно-лицевой области.

**Ключевые слова:** конусно-лучевая компьютерная томография, система координат, медицинская визуализация в стоматологии

**Summary.** The publication is devoted to the methods of three-dimensional medical imaging in dentistry using cone-beam computed tomography. The methods of determining the position of the object of study in three-dimensional space, assessment of its state, shape, size and density are described. Introduced the concepts of anthropometric and dentoalveolar coordinate system, recommended terminology for the description of the position and shape of the object in the computed tomography of the maxillofacial region.

**Key words:** cone-beam computed tomography, coordinate system, medical imaging in dentistry

В процессе работы с компьютерной томограммой оператор имеет дело с виртуальным трехмерным пространством, которое содержит различные сведения о сканированной области. Цель исследовательской работы — получить необходимую информацию, задокументировать ее и использовать для постановки диагноза и планирования лечения пациента. Добывают информацию с помощью инструментов и опций, предусмотренных программным обеспечением, предназначенным для визуализации сканированного массива данных. После визуального восприятия оператором, полученная информация может быть фиксирована тремя способами:

- в виде осознания и понимания самим оператором,
- в виде описания, т.е. изложенная письменно в соответствии с принятым алгоритмом и терминологией,
- в виде фиксированного двухмерного графического изображения, содержащего полученную и конкретизированную информацию в необходимом количестве (см. рис. 6, 7).

Полученные и фиксированные сведения должны содержать информацию об области обследования в целом, об определенной зоне интереса и о конкретном объекте в зоне интереса.

У каждого объекта исследования есть форма, размер и конфигурация. Объект находится в пространстве, он может располагаться

самостоятельно и быть в единственном числе, находиться в определенном месте относительно центра или границ сканированной области. Кроме того, он может быть включен в другой объект, граничить с другим объектом, располагаться на определенном расстоянии относительно стандартизированных или определенных структур исследуемой области или пересекать их. Его нахождение в зоне визуализации может быть естественным, уместным или не регламентированным, неуместным. Однако в любом случае, первоначально его положение должно быть определено как относящееся к определенной анатомической области соответственно общей антропометрической системы координат — аксиальной, корональной и сагиттальной плоскости, ориентированных на человеческое тело в целом (рис. 1).

При работе в трехмерном пространстве необходимо оценивать положение и протяженность объекта относительно виртуальной системы координат сканированной области в соответствии с антропометрическими ориентирами и, последовательно, в сопоставлении с близлежащими топографически стандартизированными структурами. Т.е., вначале необходимо оценить положение объекта в зоне сканирования или челюстно-лицевой области

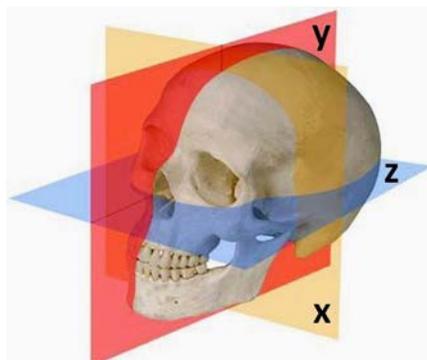


Рис. 1. Антропометрическое положение плоскостей сечения XYZ

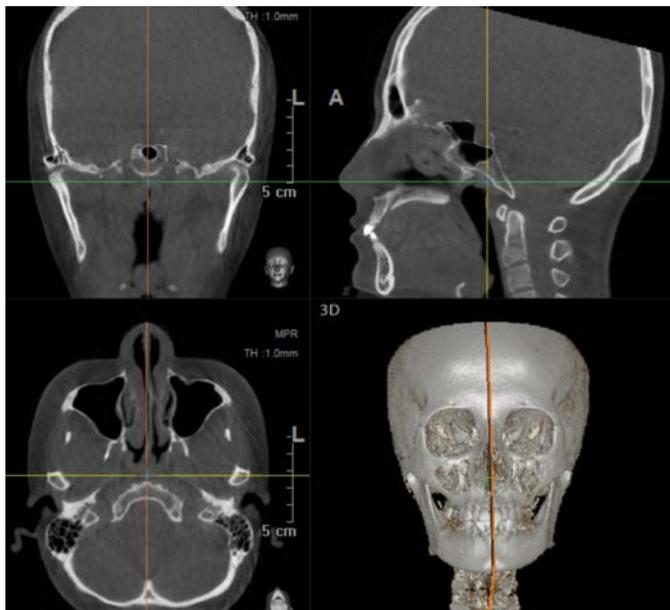


Рис. 2. Антропометрическое положение системы координат в зоне сканирования при мультипланарной реформации (МПР)

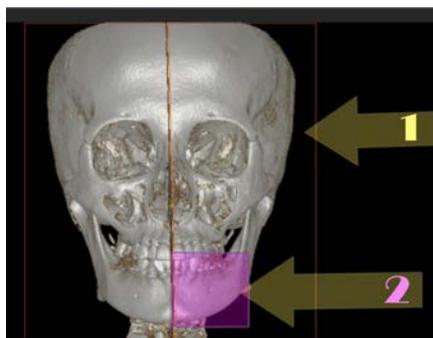


Рис. 3. Определение в зоне сканирования (1) зоны интереса (2)

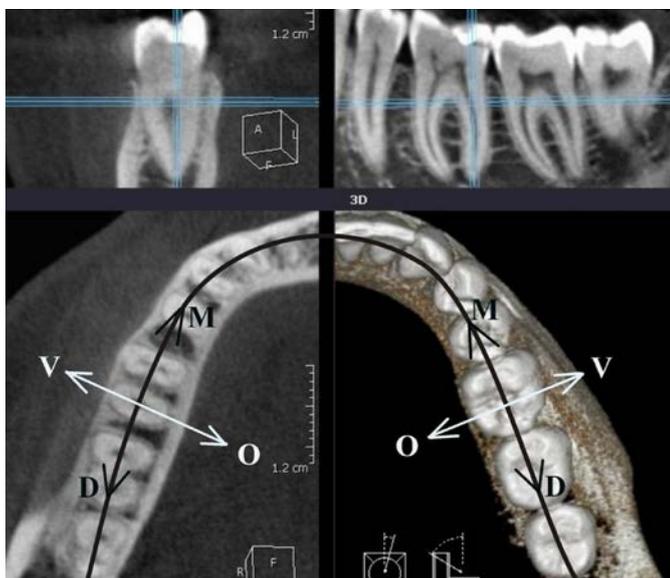


Рис. 4. Зубоальвеолярное положение системы координат в зоне интереса

в целом, ориентируясь на антропометрическое положение системы координат и стандартное расположение основных анатомических образований (рис. 2). Затем, ориентируюсь на собственные координаты основных анатомических структур уже в зоне интереса (например — тела и ветви нижней челюсти справа, переднелатеральной стенки верхнечелюстного синуса, альвеолярного отростка во фронтальном отделе верхней челюсти, и т.д.), уточнить и конкретизировать локализацию (рис. 3).

В стоматологической практике самой частой областью интереса являются альвеолярные части челюстей с собственной пространственной ориентацией и конфигурацией. В связи с этим при визуализации данной зоны интереса плоскости сечения должны быть расположены соответственно собственным дентоальвеолярным координатам (рис. 4). Для характеристики протяженности объекта и определения его пространственного положения используют следующие термины.

Общие антропометрические ориентиры:

- **краниально** — расположенный ближе к мозговому отделу черепа, т.е. «выше» по вертикали вдоль оси Z;
- **каудально** — расположенные ниже по вертикальной оси тела;
- **дорсально** — ближе к задней поверхности тела;
- **окципитально** — то же что дорсально, но применительно к мозговому отделу черепа;
- **вентрально** — ближе к передней поверхности тела;
- **фронтально** — то же что вентрально, но применительно к лицевому и мозговому отделу черепа;
- **медиально** — ближе к сагиттальной плоскости;
- **латерально** — в сторону от сагиттальной плоскости (от *latēris* «бок»).

Дентоальвеолярные ориентиры:

- **мезиально** — проксимально относительно центра зубного ряда, ближе к центральному резцу;
- **дистально** — противоположно проксимальному, дальний от центра зубного ряда;
- **мезидистально** — переднезаднее положение относительно зубного ряда по протяженности;
- **орально** — расположенный в полости рта относительно зубного ряда — небно, язычно (лингвально, палатинально);
- **вестибулярно** — расположенный со стороны преддверия полости рта относительно зубного ряда, щечно (буккально, лабиально);
- **вестибулоорально** — поперечно относительно зубного ряда;
- **апикально** — ближе к верхушке корня зуба;
- **коронально** — ближе к коронке зуба.

Положение плоскостей сечения и системы координат при дентоальвеолярной ориентации, как правило, соответствует положению основного объекта исследования — зуба. У зуба есть вертикальная ось (ось вращения) наподобие оси Z, определяемая по его максимальной вертикальной или краниокаудальной протяженности, мезидистальная протяженность и вестибуло-оральная протяженность соответственно поперечному сечению

альвеолярной части челюсти (рис. 5). Эти же принципы ориентирования плоскостей сечения необходимо применять при исследовании любого объекта, расположенного в области альвеолярной части челюсти, а при визуализации многокорневых зубов — для каждого корня в отдельности.

Размер объекта может измеряться в конкретных единицах или относительных величинах, т.е. сопоставляться по протяженности с другими видимыми и определяемыми структурами. Определения «длина», «ширина» и «толщина» могут быть корректными только в отношении собственно объекта и являются геометрическими понятиями. В связи с наличием в челюстно-лицевой области симметричных базовых ориентиров, таких как зубные ряды, полость носа, основание черепа, орбиты и т.д., в зоне обследования необходимо определять (вычислять) переднезаднюю, вертикальную и поперечную протяженность объекта относительно антропометрической системы координат, а в зоне интереса — относительно основных локальных анатомических образований или соответственно дентоальвеолярным сечениям.

В отношении собственно объекта верификации определяют не только его положение и протяженность, но также общую форму — округлую, цилиндрическую, линейную и т.д., или конкретную ассоциативную конфигурацию — каплевидную, гроздевидную, полигональную, аморфную и т.д. Указывают относительную плотность, структурность, гомогенность объекта, отмечают особенности строения — наличие собственных включений или полостей. Кроме того, следует выявлять и указывать количество объектов, их связанность, однородность и особенности поверхностной/внутренней текстуры или

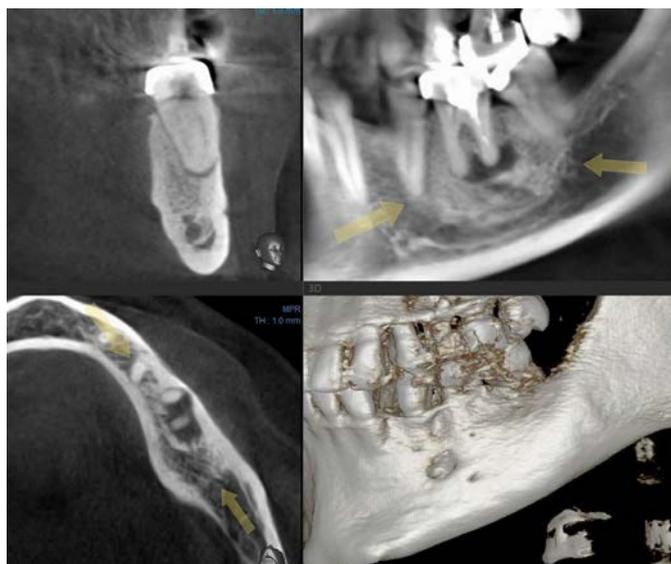


Рис. 6. Пример прицельной визуализации объекта. МПР. Зона интереса — 3-й квадрант зубного ряда, нижняя челюсть слева. Зуб 36 — хронический периапикальный абсцесс, конденсирующий остит. Деструкция костной ткани в периапикальной области окружена ремоделированной костью — перифокальный остеосклероз. Склеротическая ремоделиация костной ткани распространяется на всю глубину зубчатого вещества в поперечном сечении и имеет мезиодистальную протяженность от зуба 35 до переднего корня зуба 37

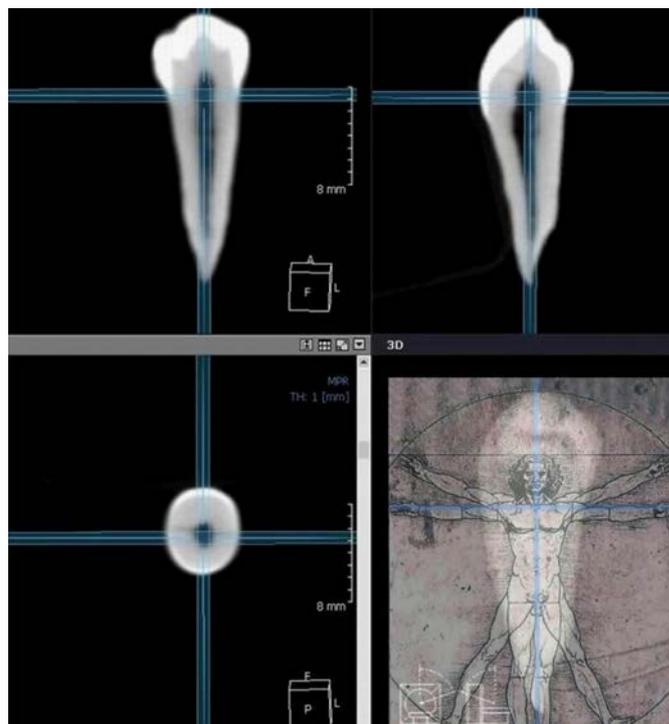


Рис. 5. Экстраполяция антропометрической системы координат на собственную систему координат зуба

контуров (границ). Под контуром подразумевается характер очерченности. Если это внутрикостный дефект, включение или деформация, следует указать, четко ли они очерчены, есть ли перифокальные изменения костной ткани — рарефицирующий или конденсирующий остит, какая-либо демаркация или, наоборот, имеется ли плавный переход в неизмененную кость, есть ли сообщения с другими полостными образованиями, и т.д. (рис. 6, 7).

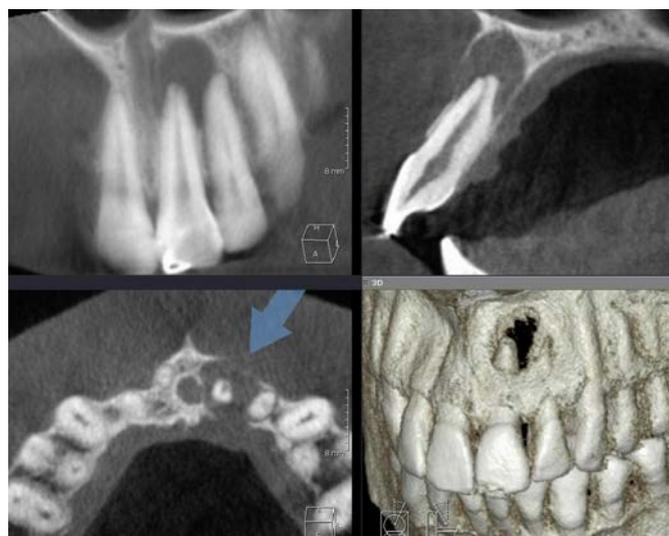


Рис. 7. Пример прицельной визуализации объекта. МПР, зона интереса — фронтальный отдел зубного ряда верхней челюсти. Зуб 21 — острый периапикальный абсцесс, нагноившаяся апикальная гранулема, деструкция костной ткани в периапикальной области с четкими контурами округлой формы, фенестрация основания альвеолярного отростка верхней челюсти слева в субназальной области

В компьютерной томографии (КТ) особую информационную ценность представляет определение плотности объекта. Если при описании двухмерных снимков используется понятие радиопрозрачности, т.е. проницаемости структур для направленного рентгеновского луча, и изменения рисунка определяются как просветления и затемнения — радиолюценция и радиоопакция (рентгенопрозрачный, рентгеноконтрастный), то в КТ эти понятия соответствуют зонам усиления и ослабления плотности — гипер- и гиподенсии.

В связи с техническими особенностями аппаратуры, шкала Хаунсфилда не может быть использована для вычисления оптической плотности тканей при конусно-лучевой КТ, поэтому существует объективная необходимость в сравнительной характеристике плотности исследуемого объекта. В качестве стандартных ориентиров заведомо известной плотности могут быть приняты следующие структуры:

- воздушная плотность — плотность воздуха в интактном верхнечелюстном синусе или окружающем пространстве;
- мягкотканая плотность — плотность языка;
- костная плотность — плотность губчатой костной ткани в области альвеолярной части челюстей;

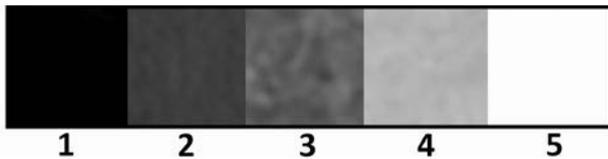


Рис. 8. Шкала визуально определяемой плотности

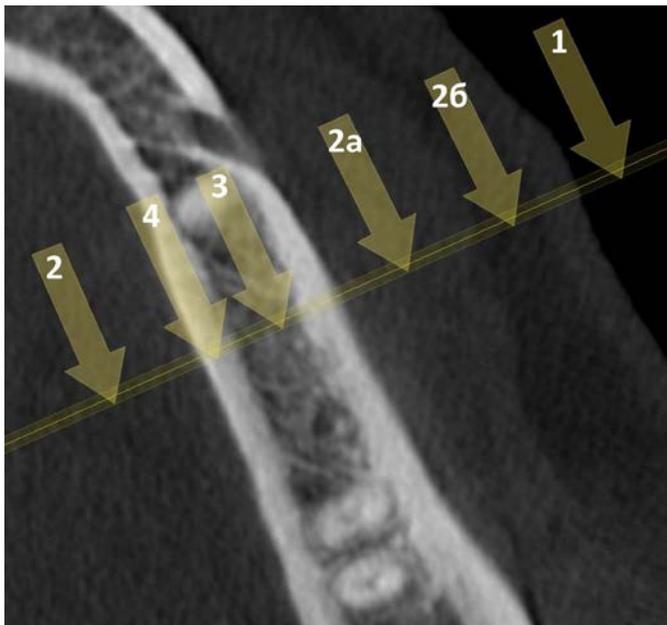


Рис. 9. Пример визуализации тканей различной плотности на аксиальном реформате — аксиальном сечении 3-го квадранта на уровне ментального отверстия: 1 — воздушная плотность, 2 — мягкотканая плотность (язык), 2а — высокая мягкотканая плотность (мышечная ткань), 2б — низкая мягкотканая плотность (жировая ткань), 3 — костная плотность, 4 — кортикальная плотность

- кортикальная плотность — плотность кортикальной пластинки нижней челюсти в области основания челюсти;
- эмалевая плотность — плотность эмали.

Одним из первых шагов в начале работы с КТ является оптимизация изображения, т.е. придание картинке оптимального сходства с качественной двухмерной рентгенограммой. Для этого используются инструменты, регулирующие яркость, контрастность и плотность рисунка. После оптимизации этих параметров на экране монитора воздушная плотность будет соответствовать полностью черному цвету, эмалевая — чисто белому. Среднее положение занимает рисунок, соответствующий костной плотности, между ним и воздухом будет располагаться мягкотканая плотность, а кортикальная плотность займет положение между костной и эмалевой плотностью. Таким образом, градация плотности будет увеличиваться в ряду от воздушной к эмалевой (рис. 8): воздушная (1) → мягкотканая (2) → костная (3) → кортикальная (4) → эмалевая (5).

Данная градация плотности должна соотноситься с каждым исследованием индивидуально и определяться в соответствии с плотностью имеющихся в каждой отдельно взятой зоне сканирования структур и объектов. Для определения костной плотности рекомендуется верифицировать ее в области межзубной кости между вторым премоляром и первым моляром, в том случае, если зубы имеются в наличии и губчатое вещество не изменено вследствие воспалительного процесса или оперативного вмешательства. При фактическом отсутствии зубов или отсутствии их в поле зрения, ориентир определяется ситуационно, исходя из имеющихся данных.

Кость альвеолярной части нижней челюсти, как правило, не гомогенна, имеет яркую трабекулярную структуру, часто с выраженными и отличающимися по плотности видимыми костными балками и костномозговыми пространствами. Наряду с этим, некоторые расположенные рядом мягкотканые структуры, на контрасте, тоже визуально воспринимаются как ткани разной плотности — например, мышца и жировая ткань. В связи с этим, для каждого типа плотности можно считать логичным введение условного внутреннего градиента — высокой и низкой, например, мягкотканой плотности (рис. 9).

Что касается инородных включений, то пломбирочный материал обычно соответствует эмалевой плотности и может определяться как объект, соответствующий по плотности и конфигурации пломбирочному материалу. Однако в отношении металла следует дополнительно ввести определение — металлической плотности. Наиболее плотные объекты, выполненные из металла — вкладки, штифты, имплантаты и т.д., а также йодсодержащие материалы в пределах контура имеют такую же, как эмаль, чисто белую окраску, но отличаются высокой отражающей способностью, что приводит к образованию артефактов, поэтому по периферии они будут окружены зоной повышенного контрастирования. Данный феномен создает эффект увеличения объекта

по объему в аксиальной плоскости, изменяет его форму и зрительно воспринимается как распространяющиеся горизонтально отраженные лучи (рис. 10).

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. **Рогоцкий Д.В.** Программное обеспечение челюстно-лицевых компьютерных томографов — основные функции и их практическое применение. Часть I. — *Клиническая стоматология*. — 2008; 3: 58—62.
2. **Рогоцкий Д.В.** Конуно-лучевая компьютерная томография. Основы визуализации. — Львов: ГалДент, 2010.
3. **Тамири Д.Ф.** Профессиональная визуализация в дентальной имплантации. — М.: Тарком, 2019.
4. **Сармет Д.** Конуно-лучевая компьютерная томография. — М.: Тарком, 2016.
5. **Календер В.** Компьютерная томография. — М.: Техносфера, 2006.
6. **Хофер М.** Компьютерная томография. Базовое руководство. — М.: Медицинская литература, 2008.

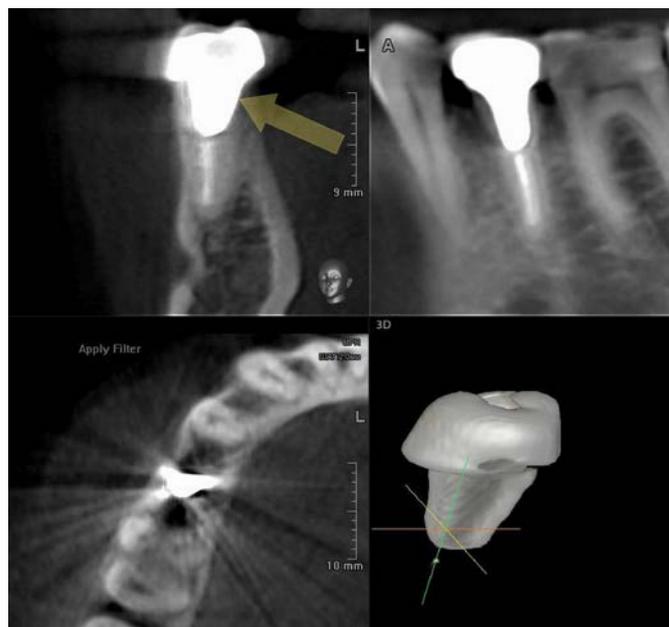


Рис. 10. Пример визуализации объекта металлической плотности. МПР, зуб 45, определяется наличие литой металлической внутрикорневой вкладки и супраконструкции, на аксиальном и сагиттальном реформатах определяется наличие артефактов в виде зоны повышенного контрастирования

## АНТИСЕПТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТКАНЕЙ ПАРОДОНТА И ПРОФИЛАКТИКА КАРИЕСА

### ФТОРАСЕПТ

#### ЛЕЧЕНИЕ

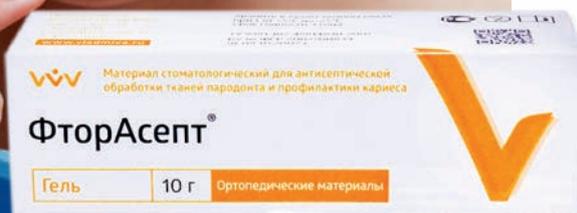
- ◆ воспалительных процессов и кровоточивости десен, слизистой полости рта под съемным зубным протезом

#### ПРОФИЛАКТИКА

- ◆ кариеса зубов
- ◆ гиперестезии и гипоплазии
- ◆ некариозных повреждений

**ВЛАДМИВА**

Торговый Дом «ВладМиВа»,  
308023, г. Белгород, ул. Садовая, 118  
т./ф: (4722) 200-555; market@vladmiva.ru



[www.vladmiva.ru](http://www.vladmiva.ru)

