

А.Н. Ряховский,
д.м.н., профессор, зав.отделом
ортопедической стоматологии ЦНИИС
и ЧЛХ

Исправление положения и реставрация зубов с помощью 3D-технологий

Сегодня альтернативу традиционному ортодонтическому лечению предлагает американская технология Invisalign.

Сама идея использования серии капп для исправления положения зубов не нова и была предложена еще в 1945 г., но лишь современные компьютерные технологии позволили эффективно воплотить эту идею в жизнь. Американская компания Align Technology's (Санта-Клара, Калифорния), предложившая технологию Invisalign, была основана в 1997 г. Сейчас Invisalign является настоящим ортодонтическим хитом в США, Англии, Канаде, Австралии, Бразилии, Германии, Италии и Франции.

Технология трехмерного моделирования позволяет проводить полноценное ортодонтическое лечение с помощью нескольких капп с заданными параметрами для перемещения зубов:

1. Проводится ортодонтическая диагностика (рентгеновские снимки, оттиски, фотографии), составляется план индивидуального лечения.
2. Все полученные данные пересылаются на производство Invisalign в Калифорнию.
3. Специалисты компании OrthoCad в США с помощью индустриальной

томографической установки FlashCT сканируют гипсовые модели (оттиски) и получают точную копию зубов и челюстей. В соответствии с планом лечения врач Калифорнийского медицинского центра осуществляет виртуальное компьютерное перемещение зубов, создается фильм, который показывает, как будет происходить перемещение зубов и конечный результат. После подтверждения виртуальной модели лечения компания Invisalign начинает изготовление капп, которое занимает 5–8 нед.

4. Из прозрачного пластика изготавливают каппы (рис. 1). Их количество может быть от 7 до 40, в зависимости от клинической ситуации. Затем их снимают с модели и формируют границы каппы. Важно не травми-



ровать каппой маргинальную десну, с этой целью каппа несколько отступает от десневого прикрепления. Эта программа называется Clean Chek. Предварительные исследования показали, что вероятность ошибки в процессе измерения моделей составляет 0,069%. Изготовленные каппы высылаются лечащему доктору (рис. 2).

5. Каппа устанавливается на зубной ряд с некоторым давлением.

В настоящее время это самый простой и эстетичный способ ортодонтического лечения незначительных аномалий положения зубов. Можно проводить лечение как на одной челюсти, так и на обеих.

Время лечения обычно составляет от 7 мес до 1,5 лет (количество капп от 7 до 40 пар, в зависимости от сложности



клинического случая). Каждую капу пациент носит не менее 22 ч в сутки, снимая только во время еды и чистки зубов. Каждую капу пациент носит 2–3 нед, затем меняет на новую. В каждой последующей каппе заложено перемещение зуба на 0,2 мм согласно плану лечения. За эти 2–3 нед идет восстановление костной ткани после перемещения зуба.

Посещение пациента требуется 1 раз в 1,5 мес (6–8 нед). Во время посещения доктор выдает новый комплект кап, производит их коррекцию, сепарацию зубов и т.д.

Компания Invisalign Technology является разработчиком и монополистом подобного рода технологии. Принцип

лечения запатентован, и немногочисленные аналогичные попытки других лабораторий повторить подобную методику оказались неудачными.

Нами самостоятельно разработана и успешно апробирована в клинической практике технология-аналог Invisalign — исправление положения зубов с помощью кап-модификаторов (КМ-технология). Сохраняя известные принципы, она имеет небольшие особенности:

1. Капа изготавливается методом вакуумного термоформирования по пластиковым моделям, полученным методом 3D-печати.
2. Новое положение зубов задается методом трехмерной анимации.
3. Изготовленная капа перекрывает

не только зубы, но и часть десны, чем задается достаточная жесткость кап.

4. Для планирования нового положения зубов мы рекомендуем дополнительно использовать возможности компьютерной томографии. В этом случае можно задавать правильное положение корней зубов. Кроме того, можно рассчитать оптимальные силовые усилия, требуемые для перемещения зубов.

В простых случаях достаточно проводить компьютерное моделирование нового положения зубов, используя в качестве исходного материала цифровые модели зубов, полученные с помощью трехмерного сканирования.

Следует понимать, что в основе действия кап лежит ее упругая деформация, а это значит, что величина силы будет уменьшаться по мере уменьшения деформации. Это значит, что по мере смещения зубов силовое воздействие кап будет ослабевать. Нагрузке можно придать более равномерный характер, если минимизировать шаг перемещения зубов, что влечет за собой увеличение количества кап, а значит и стоимости лечения.

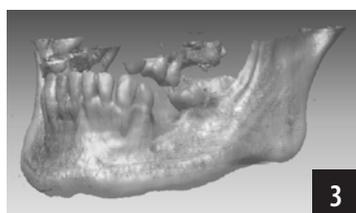
Кроме того, нельзя не учитывать и пластическую деформацию самой кап. Этим можно объяснить отставание фактического перемещения зубов от запланированного и необходимость планирования «гиперкоррекции» положения зубов.

Следует отметить, что в КМ-технологии величина силового воздействия на зуб может произвольно регулироваться тремя способами: заданной степенью перемещения зуба за один этап, толщиной кап и материалом кап. В основном в практической работе используется только первый способ, чего вполне достаточно.

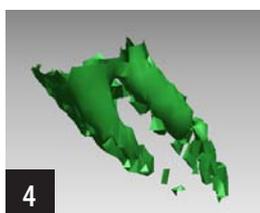
Алгоритм изготовления кап-модификаторов состоит из последовательности выполнения указанных в таблице этапов.

АЛГОРИТМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАПП-МОДИФИКАТОРОВ

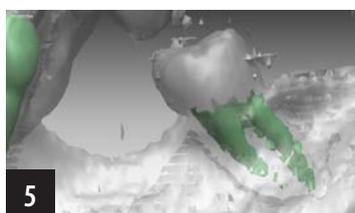
Расширенный протокол	Стандартный протокол
Компьютерная томография челюстей пациента (одной или двух, в зависимости от того, какие зубы подлежат перемещению; рис. 3)	
Получение силиконовых оттисков челюстей, окклюзионных регистратов и отливка гипсовых моделей	Получение силиконовых оттисков челюстей, окклюзионных регистратов и отливка гипсовых моделей
Анализ компьютерной томограммы, выделение из томограммы самих зубов (рис. 4, 5), определение площади поверхности периодонта зубов, подлежащих перемещению. Обычно бывает достаточно вычислять площадь периодонта только тех зубов, что подлежат наибольшему перемещению	
Сканирование гипсовых моделей. Сканирование окклюзионных регистратов. Виртуальное сопоставление моделей верхней и нижней челюстей (рис. 6)	Сканирование гипсовых моделей. Сканирование окклюзионных регистратов. Виртуальное сопоставление моделей верхней и нижней челюстей
Виртуальное совмещение 3D-моделей, полученных при сканировании и при томографии (рис. 7)	
Виртуальное перемещение полученных комплексов коронка—зуб для формирования искомого прикуса (положения зубов; рис. 8). При этом производится постоянный контроль правильности окклюзионных взаимоотношений	Виртуальное перемещение коронок зубов для формирования искомого прикуса (положения зубов). При этом производится постоянный контроль правильности окклюзионных взаимоотношений
Виртуальное построение конфигурации зубных рядов при заданном проценте перемещения зубов (рис. 9)	Виртуальное построение конфигурации зубных рядов при заданном проценте перемещения зубов
Изготовление модели челюсти (челюстей) методом 3D-прототипирования	Изготовление модели челюсти (челюстей) методом 3D-прототипирования
Изготовление кап методом вакуумного термоформирования (рис. 10)	Изготовление кап методом вакуумного термоформирования
Обрезание и шлифовка границ кап	Обрезание и шлифовка границ кап
Припасовка кап в полости рта (рис. 11)	Припасовка кап в полости рта



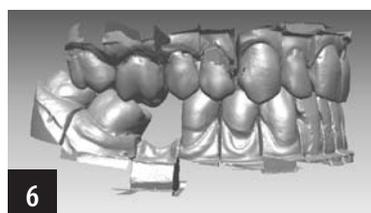
3



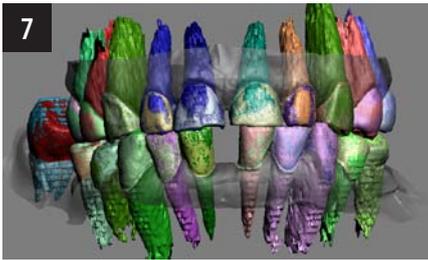
4



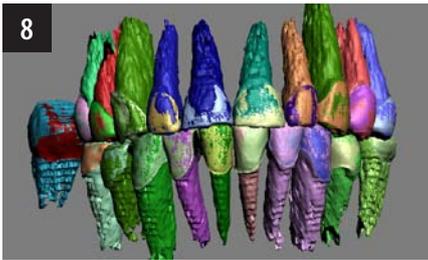
5



6



7



8

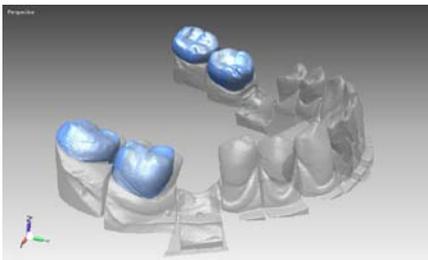
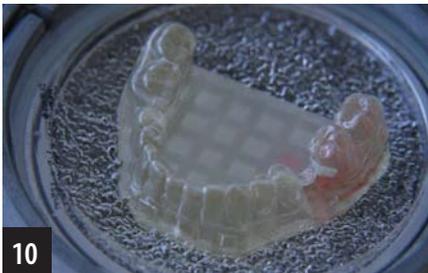


Рис. 9. Одно из промежуточных положений перемещения зубов



10



11

Рассмотрим применение разработанного способа на клинических примерах. Наиболее часто мы используем КМ-технологии для подготовки пациента к последующему протезированию.

Эффективные результаты дает применение методики при исправлении «коллапса» прикуса, связанного с развитием пародонтита (рис. 12–14).

Уже после нескольких смен кап



12



13



14



15



16



(рис. 15) деформация зубного ряда заметно исправляется (рис. 16). При этом каппа одновременно выполняет шинирующую функцию и может быть

использована как депо лекарственных препаратов.

После окончания перемещения зубов необходимо было зафиксировать достигнутый результат. Вантовое шинирование (рис. 17–24) эффективно решает эту задачу.



Рис. 17. Препарирование бороздок на нижних зубах



Рис. 18. Прокладывание и натяжение нити



Рис. 19. Запечатывание нитей композиционным материалом



Рис. 20. Нижние зубы укреплены вантовой шиной



Рис. 21. Шинирование верхних зубов



Рис. 22. Внешний вид зубов после шинирования



Рис. 23. Положение зубов до начала перемещения

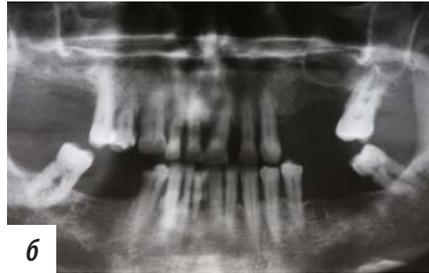


Рис. 24. Положение зубов после перемещения и шинирования

Анализ рентгенограмм до и после коррекции положения зубов показал отсутствие негативного влияния на пародонт (рис. 25). Нерегулярное истирание режущего края передних зубов было показанием к их реставрации (рис. 26). В качестве метода реставрации в данном случае был выбран прямой способ.



а



б

Рис. 25. До лечения (а) и после перемещения и вантового шинирования (б)



26



Вначале провели моделирование новой формы с применением технологии 3D-визуализации (рис. 27, 28).

Для изготовления прямых реставраций использовали методику, эффективно применявшуюся стоматологами в эпоху появления первых композитов химического отверждения. Она заключалась в заполнении композиционным материалом пластикового колпачка с заданной более совершенной формой и фиксации его на зубе. После застывания материала колпачок срезался. Такие реставрации обладали великолепным гляцевым блеском и не требовали дополнительного полирования.

В то время пластиковый колпачок изготавливался методом термоформирования по гипсовой модели, после ее модификации воском. Мы же вос-



27



28



29

пользовались более современными технологиями.

Методом стереолитографии виртуальную модель модифицированных зубов перевели в пластиковую модель (рис. 29), получили пластиковую каппу (рис. 30). Подготовили зубы к адгезивной фиксации (рис. 31).

Для большей пластичности композиционный материал разогрели в микроволновой печи, заполнили им каппу и зафиксировали на зубах (рис. 32). После снятия каппы, реставрации нуж-



30



31



32



33



Рис. 34. Улыбка пациентки после исправления положения зубов, вантового шинирования и реставрации формы зубов прямым способом



а



б

Рис. 35. До начала лечения (а) и по завершению комплексного лечения (б)

дались в небольшой коррекции в виде удаления излишков композиционного материала (рис. 33, 34).

Дефекты зубных рядов верхней и нижней челюсти были устранены частичными пластиночными протезами из термопластического материала (рис. 35).

Методы стоматологического лечения продолжают совершенствоваться благодаря внедрению компьютерных технологий трехмерного виртуального моделирования.

Трехмерное моделирование дает возможность планирования результата перемещения зубов и имеет множество полезных сторон:

- можно с высокой степенью вероятности

прогнозировать возможность достижения желаемого конечного результата лечения, наглядно продемонстрировать его пациенту еще перед началом лечения и обсудить необходимые детали;

- трехмерное виртуальное моделирование позволяет также более точно спланировать необходимость проведения тех или иных подготовительных мероприятий перед выполнением самого ортодонтического лечения (удаление зубов, сепарация зубов);

- при виртуальном перемещении зубов можно планировать и контролировать контакты с антагонистами;

- сочетание компьютерной томографии и результатов сканирования гипсовых моделей зубных рядов позволяет вывести диагностику и планирование в ортодонтии на качественно более высокий уровень, создавая удобные для анализа трехмерные сцены. Виртуальные трехмерные объекты, полученные по результатам томографии или сканирования гипсовых моделей, гораздо удобнее подвергаются линейным и угловым измерениям в программах трехмерного редактирования, чем это делается традиционными средствами.

Изготовление прямых реставраций с применением 3D-технологий экономит много клинического времени по сравнению с техникой послойного нанесения композита на каждый отдельный зуб вручную. Нет необходимости использования измерительных циркулей (все пропорции выверяются еще на этапе компьютерного планирования), врач не отягощен «муками творчества» (при проектировании берется одна из форм «идеальных» зубов из банка данных).

Развитие цифровых технологий коренным образом меняет нашу жизнь и работу, повышая уровень комфорта и открывая новые возможности. То, что еще совсем недавно было достижимым только для опытных и талантливых специалистов, становится легко доступным и достижимым с применением высокоточных цифровых технологий. Нет сомнений в том, что их дальнейшее развитие коренным образом преобразит нашу специальность в будущем.