

# РЕАКЦИЯ КОРНЯ И КОСТИ НА БЛИЗОСТЬ МИНИИМПЛАНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОРТОДОНТИЧЕСКОЙ ОПОРЫ

*Angle Orthodontist, Vol 80, No 3, 2010*

Статья печатается по разрешению журнала «Angle Orthodontist»

## Вступление

Ортодонтические миниимпланты имеют некоторые преимущества для создания дополнительной ортодонтической опоры, так как предусмотрены для использования в различных участках из-за своего маленького размера и простоты хирургической манипуляции. Тем не менее, существует такой риск, как его перелом или потеря, а также повреждение окружающих тканей. Контакт с корнем может встречаться если миниимплант расположен между корнями. Это одна из причин того, почему клиницисты боятся использовать это изобретение.

Межзубное пространство может оцениваться с помощью КТ для проведения безопасного внедрения миниимплантов. Ортодонтические миниимпланты обычно внедряются с щечной стороны между вторым премоляром и первым моляром для максимальной опоры. Межзубное пространство между этими зубами составляет 5 мм, а от альвеолярного гребня обычно составляет около 3 мм. Этого пространства может не хватить для миниимплантов диаметром 1,2-2 мм. Также контакт с корнем зуба можно предупредить аккуратным хирургическим вмешательством и использованием рентгенографии, КТ или хирургического стента, миниимпланты могут располагаться близко к корню, и этого будет достаточно для гистологического повреждения корня и прилежащих тканей. В другом исследовании было использовано 236 миниимплантов для интермаксиллярной фиксации, и было обнаружено, что контакт с корнем встречался в 27,1% случаев.

С ортопедическими имплантатами хирургический стент используется во избежание повреждений смежных структур и для определения местоположения имплантата. Хирургический стент также может быть использован для небных имплантов как ортодонтическая опора. Направляющие дуги также можно использовать для безопасного внедрения миниимплантов.

Однако существует возможность контакта с корнем из-за ограниченного пространства между корнями.

Корневая близость к миниимплантам может вызывать проблемы, такие как повреждение его. Контакт с имплантатом может быть причиной нежизнеспособности зуба. Трение при вживлении миниимплантов в кость может инициировать воспалительную реакцию вокруг миниимпланта, что в результате приводит к повреждению костной ткани. Воспаление вокруг корня может вызвать внешнюю его резорбцию.

Также возможен прямой корневой контакт, который может воздействовать на стабилизацию миниимпланта. Повреждение корня может быть вызвано через периодонтальную связку, цементную ткань или кость. Анкилоз может встречаться на резорбированных корнях. Тем не менее, существует несколько научных докладов о гистологических изменениях, вызванных при близком расположении миниимпланта к корню, при контакте с периодонтальной связкой, корневом контакте или корневой перфорации миниимплантами или расстоянии, которое необходимо для возникновения гистологической реакции в корне. Это исследование было проведено для оценки гистологической реакции корня, периодонтальной щели и костной ткани на различную близость корня к миниимпланту и расстояние, которое необходимо для стимуляции гистологической реакции у гончих собак.

## Материалы и методы

Миниимпланты 1,6 мм в диаметре и 6 мм в длину были вкручены в щечную поверхность верхней и нижней челюсть 4 взрослых гончих собак (2 м и 2 ж) после просверливания на 3 мм в глубину 1 мм бором для облегченного вкручивания. Была применена ортодонтическая нагрузка силой в 200-300 г при помощи Ni-Ti пружины между медиальным и дистальным миниимплантами спустя одну неделю после вкручивания.

Образцы были взяты для гистологической оценки спустя 16 недель после вкручивания миниимплантов. Препараты (образцы) были зафиксированы, поэтапно дегидратированы и помещены в

светоотверждающую смолу. Поглощенные образцы были порезаны и зафиксированы на кусочки 40-50 мм толщиной при помощи Exakt system (Exakt Apparatebau, Nordstedt, Germany). Образцы покрасили гематоксилином и эозином. При гистологическом наблюдении использовали микроскоп Olympus BX519 (Olympus Co, Tokyo, Japan), который подсоединили к компьютеру.

После приготовления препаратов они были классифицированы на группы соответственно близости расположения миниимпланта к корню. Образцы разделили на 4 группы: околокорневая группа — менее 2 мм от корня, контакт с периодонтальной связкой — контакт с периодонтальной связкой, но не с корнем, контакт с корнем — корень контактирует с имплантатом только одной стороной, перфорация корня — контакт корня с обеими сторонами миниимпланта. Причина использования менее 2 мм для околокорневой группы состояла в том, чтобы расстояние между миниимплантами и корнем было менее 2 мм, когда вживляют 1,6 мм имплантата (межзубное пространство в 5 мм ниже альвеолярного гребня с щечной стороны составляет 2,3—3,8 мм). Резорбция цемента, дентина, вторичное образование цемента, новообразование цемента, анкилоз, костная резорбция, вывих и прелом корня были оценены как реакция на тканевое повреждение миниимплантами. В околокорневой группе и группе «контакт с периодонтальной связкой» определены резорбция цемента, резорбция дентина, возобновление цемента, анкилоз проводилось соответственно (учету) расстоянию между корнем и миниимплантом.

## Результаты

Многие миниимпланты, испытывая ортодонтическую нагрузку, остаются без контакта с корнем. Оценку успеха внедрения миниимпланта нельзя определить, так как близость расположения миниимпланта к корню зуба не может быть точно оценена перед подготовкой образцов (препаратов), и рентгено-

графия не может обеспечить точности определения корневой близости.

46 образцов были скомпонованы в группы: 24 в околокорневую группу, 7 в группу контакта с периодонтальной связкой, 8 в группу контакта с корнем и 7 в группу перфорации корня (табл. 1). Резорбция цемента встречалась в 52,17% случаев из всех образцов, также в околокорневой группе была найдена меньшая резорбция цемента (16,67%), чем в других группах. В околокорневой группе контакта с периодонтальной связкой случаи резорбции цемента возрастали, когда расстояние между миниимплантом и корнем было менее 0,6 мм (рис. 1). Однако, некоторые образцы околокорневой группы и группы контакта со связкой показали рост (новообразование) цемента.

**Околокорневая группа:**

Хотя у некоторых образцов, у которых корни находились вблизи от миниимплантов на расстоянии 1,09 мм и 0,42 мм (рис. 2А, В), не наблюдалась резорбция, другие образцы показали резорбцию цемента и дентина (рис. 2С, D). Случаи корневой резорбции возрастали, когда миниимплант находился от корня менее чем 0,6 мм (рис. 1). Тогда происходила резорбция кости между миниимплантом и корнем (рис. 2А). Один образец показал корневую резорбцию и анкилоз даже в случае нахождения миниимпланта на расстоянии 1,98 мм от корня (рис. 1Е).

**Группа контакта с периодонтальной связкой:**

Здесь не наблюдалось резорбции, в одном образце определялся цементный рост (рис. 2F); большинство образцов этой группы показали корневую резорбцию (рис. 2G, H). Резорбированный дентин был возобновлен вторичным цементом (рис. 2G). Как бы ни было, образцы, в которых миниимпланты находились близко к корню, показали минимальную резорбцию корня (рис. 2H).

**Группа контакта с корнем:**

Все образцы показали корневую резорбцию (рис. 3А, С, Е). Там оказалась

интенсивная корневая резорбция вокруг миниимпланта (рис. 3С). Костная ткань росла по направлению к резорбированному корню и анкилоз наблюдался между резорбированным корнем и костью.

**Группа перфорации корня:**

Здесь наблюдался частичный перелом корня (рис. 3F), большинство образцов показали локальные корневые вывихи (localized root cracks) возле миниимпланта (рис. 3G, H). Произошла корневая резорбция и анкилоз на противоположной стороне от миниимпланта (рис. 3H).

**Обсуждение**

Хотя миниимпланты использовались для эффективного анкера, было несколько работ, в которых описывался эффект анатомического повреждения. Некоторые научные работы говорят, что корневой контакт имплантов может снизить их стабильность. Большинство миниимплантов в этой работе выдерживали нагрузку 300 г 16 недель. Это

могло означать, что стабильность миниимплантов зависит от состояния кости вокруг него и ее перестройки, также контакт с корнем зуба может вредить стабилизации миниимпланта.

Резорбция цемента и дентина встречалась в околокорневой группе и группе контакта с периодонтальной связкой, (рис. 2С, D, G, H), это означает, что близкое расположение миниимплантов к корню может быть причиной резорбции и вторичного цементобразования в резорбированных корнях. Была тенденция к образованию лакун на резорбированной поверхности корня (рис. 2H, 3В), что равносильно резорбции кости. Маленькие лакуны инициировали интенсивную резорбцию кости. Стимуляция периодонтальной связки миниимплантом могла быть стимулирующей реакции защиты и возобновления корня.

В околокорневой группе и группе контакта со связкой наблюдалось образование цемента (табл. 1, рис. 2F). Это означает, что пребывая в близости

**Гистологическая реакция**

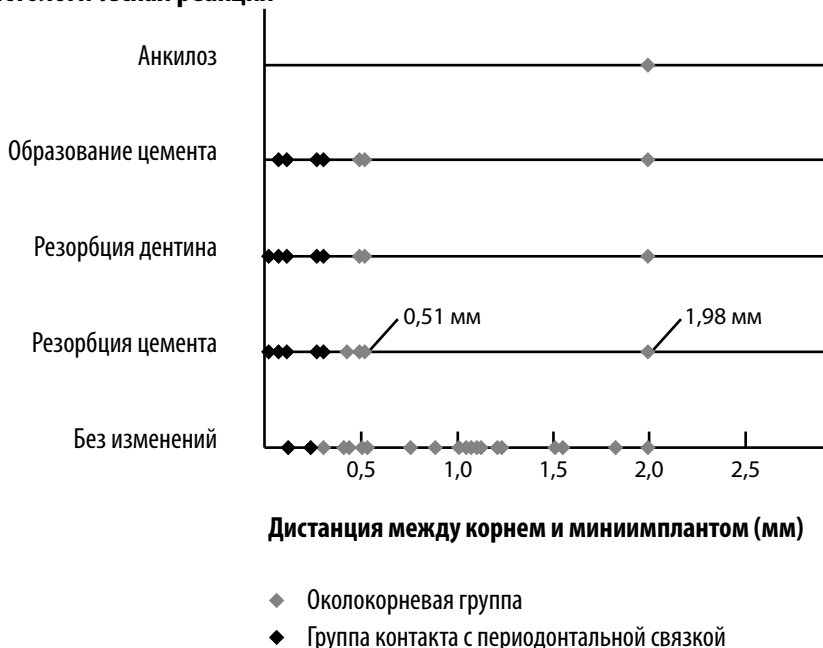


Рис. 1. Гистологическая реакция расстояния между корнем и миниимплантом в околокорневой группе и группе контакта с периодонтальной связкой. Вероятность резорбции корня возрастала, когда миниимплант находился менее, чем 0,66 мм от корня зуба

Таблица 1.

**Гистологическая реакция в каждой группе**

Группы	Номер	Гистологическая реакция (номер, %)							
		Резорбция	Резорбция цемента	Образование дентина	Рост цемента	Анкилоз цемента	Резорбция кости	Перелом зуба	Трещина зуба
Околокорневая группа	24	4 (16,67%)	3 (12,50%)	2 (8,33%)	1 (4,17%)	1 (4,17%)	2 (8,33%)	0 (0%)	0 (0%)
Группа контакта с периодонтальной связкой	7	5 (71,42%)	5 (71,42%)	4 (57,14%)	1 (14,28%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Группа контакта с корнем	8	8 (100%)	8 (100%)	8 (100%)	0 (0%)	1 (12,50%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Группа перфорации корня	7	7 (100%)	7 (100%)	3 (42,86%)	0 (0%)	2 (28,57%)	0 (0%)	6 (85,71%)	1 (14,29%)
Общее	46	24 (52,17%)	23 (50%)	17 (36,96%)	2 (4,35%)	4 (8,70%)	2 (4,35%)	6 (13,04%)	1 (2,17%)

к миниимпланту корень подвергается не только резорбции цемента, но и цементному росту. Позже можно будет легко стимулировать рост сигналом от периодонтальной связки.

В периодонтальной связке могут быть клетки-предвестники, которые дифференцируются в цементокласты и цементобласты по сигналу. В группе контакт с корнем показана больше корневая резорбция и возобновление цемента, чем в группе перфорации корня, где был тесный контакт миниимпланта с корнем, что привело к микровывихам и переломам (трещинам) (рис. 3). Это означает, что группа контакта с корнем была ближе к периодонтальной связке, поэтому могла больше воздействовать на дифференциацию клеток цементокластов и цементобластов с периодонтальной связки, чем группа корневой перфорации.

Корневая резорбция почти встречалась в пределах 0,6 мм от миниимпланта (рис. 1). Это значит, что миниимплант, находящийся ближе, чем на 0,6 мм от корня может стимулировать корневую резорбцию. Поэтому имплантаты должны устанавливаться более, чем на 0,6 мм от корня. Так как межзубное пространство между вторым премоляром и первым моляром обычно составляет 3 мм, это может вызвать трудности в получении достаточного места с толстым миниимплантом. Тонкий миниимплант будет предпочтительнее для уменьшения корневого повреждения, хотя возрастает риск его устойчивости.

Наблюдалась резорбция кости (рис. 2А) и ремоделирование кости в комбинации с резорбцией и анкилозом (рис. 2Е, 3С). Это означает, что стойкие костные изменения во время внедрения миниимплантов могут быть причиной активного костного ремоделирования и индуцировать корневую резорбцию. Если барьер периодонтальной связки сильно поврежден, и костный рост привел к резорбции корня, периодонтальная связка не может защитить корень, и может произойти анкилоз, также анкилоз может быть вызван другими причинами (рис. 3С).

В случае корневой перфорации резорбция и анкилоз наблюдались на противоположной стороне внедрения миниимпланта (рис. 3Н), показывая, что давление от внедрения на корень может индуцировать корневую резорбцию и анкилоз на противоположной стороне. Чтобы избежать перфорацию корня, путь введения должен быть изменен при уменьшении сопротивления, так как корень сильнее, чем альвеолярная кость. Миниимпланты *per se* не имеют достаточной силы для перфорации

корня, но глубокое сверление может привести к этому. Если сверление ограничено до плотной кортикальной кости, то существует меньше шансов перфорировать корень.

Были некоторые изменения и небольшой цементный рост в отдельных образцах околокорневой группы и группы контакта с периодонтальной связкой (рис. 2В, F). Это означает, что корневая резорбция могла быть вызвана стиму-

ляцией активности периодонтальной связки в дифференциации цементокластов. Корневая резорбция может быть минимизирована, если миниимплант внедрить с минимальным повреждением без стимуляции корневой резорбции. Тяжелые повреждения во время внедрения имплантатов могут индуцировать корневую резорбцию, даже если миниимплант будет находиться далеко от корня (рис. 2Е).

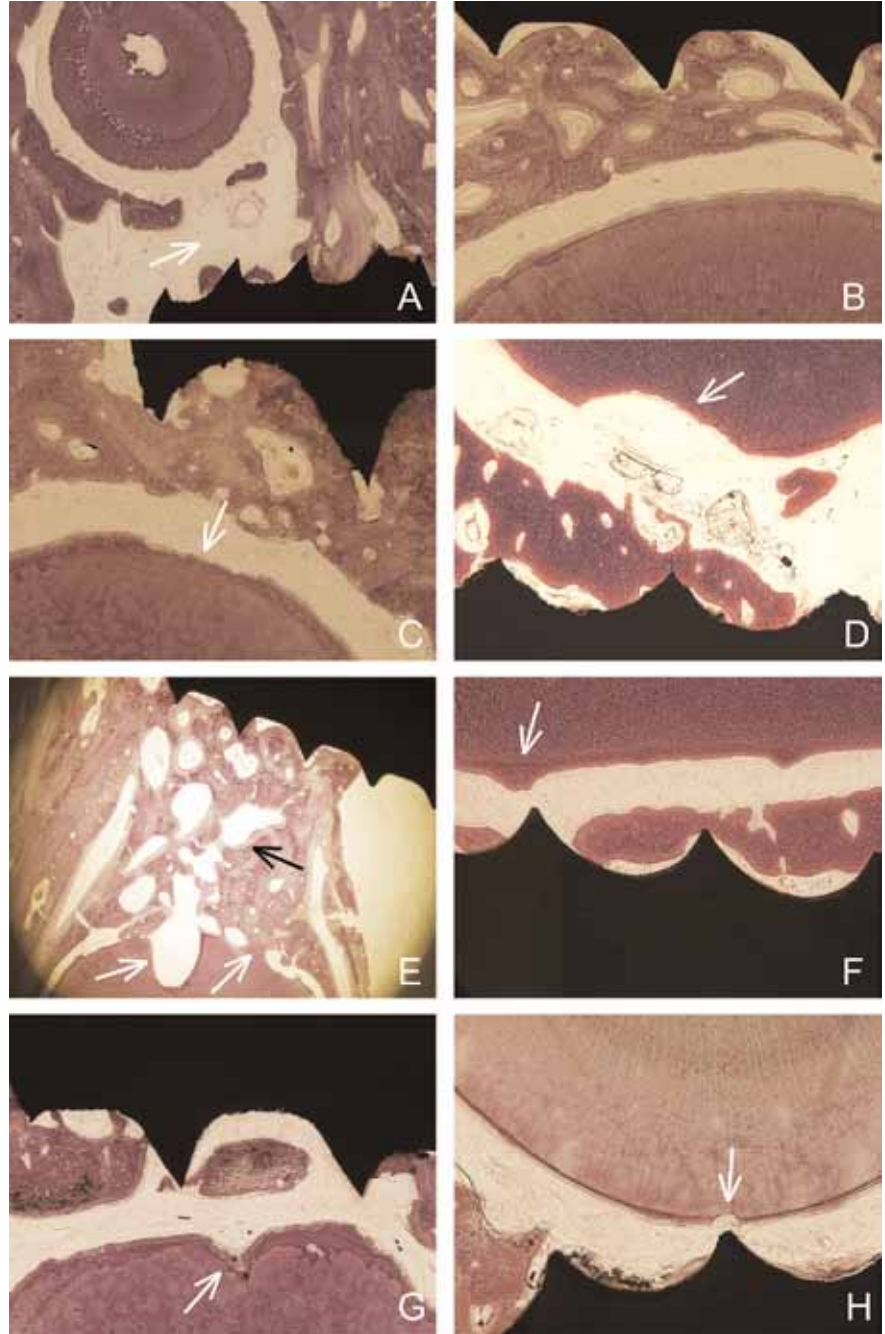


Рис. 2. Образцы околокорневой группы и группы контакта с периодонтальной связкой (H-E рисунки). (A-E) Околопериодонтальная группа. (A) Резорбция кости (стрелка) между корнем и миниимплантом (увеличение в 4 раза). (B) Неповрежденный корень, не смотря на близкое расположение миниимпланта (около 0,42 мм) (увеличение в 10 раз). (C) Незначительная резорбция цемента (стрелка) (увеличение в 10 раз). (D) Резорбция цемента и дентина (стрелка) (увеличение в 10 раз). (E) Перестройка кости (черная стрелка), резорбция корня (белая стрелка слева) и анкилоз (белая стрелка справа), корень расположен 1,98 мм от миниимпланта (увеличение в 4 раза). (F-H) Группа контакта с периодонтальной связкой. (F) Рост цемента без резорбции (стрелка) (увеличение в 10 раз). (G) Обширная резорбция дентина следует за образованием цемента (стрелка) (увеличение в 10 раз). (H) минимальная резорбция корня с лакунами (стрелка) (увеличение в 10 раз).

Исключение повреждений во время вживления поможет избежать обширной корневой резорбции и других побочных эффектов, таких, как анкилоз. Следовательно, торк вживления должен быть ниже для уменьшения повреждений костной ткани и корня. Важно расположить миниимплант как можно дальше от корня, чтобы снизить стимуляцию периодонтальной связки.

Короткий тонкий миниимплант с низким торком рекомендуется для избегания корневого контакта и снижения повреждений. Однако меньшие миниимпланты могут иметь меньший успех для ортодонтического анкера. Для улучшения стабильности тонких миниимплантов полезным будет улучшить их форму, фиксирующие элементы, поверхностное лечение и метод внедре-

ния. Использование ЗД-КТ или аппаратов для избегания корневого контакта может быть полезным для безопасного вживления миниимплантов. Будущие изучения должны определить, как увеличить стабильность миниимплантов и ликвидировать повреждения во время вживления.

### Заключение

В околокорневой и группе контакта с периодонтальной связкой количество случаев корневой резорбции возросло, когда расстояние между миниимплантом и корнем было менее 0,6 мм.

Костная резорбция и анкилоз были выявлены в околокорневой группе.

В группе перфорации корня, корневая резорбция и анкилоз встречались на противоположной стороне от внедрения миниимпланта. Некоторые образцы в группах контакта со связкой и корневого контакта имели образование цемента или маленькую резорбцию корня из-за близкого расположения миниимпланта к корню.

Избегание корневого контакта и уменьшение костного повреждения может значительно уменьшить корневую резорбцию и анкилоз. Меньшие миниимпланты могут уменьшить вероятность корневого контакта и тканевых повреждений, но стойкость имплантатов должна быть увеличена.

Мы предполагаем, что корневая перфорация и тканевое повреждение может быть предотвращено минимальной препарацией.

**Перевод И. П. Котюк**

### Резюме

**Цель.** Определить гистологическую реакцию корня и кости при близком расположении миниимпланта к корню зуба.

**Материалы и методы.** Два вида миниимплантов были вкручены в альвеолярную кость с щечной стороны у 4 исследуемых гончих собак (2 мужского и 2 женского пола). Проклассифицировали полученные образцы по группам, по типу контакту миниимпланта с корнем:

- околокорневую;
- контакт с периодонтальной связкой;
- перфорация корня;
- контакт с корнем.

Резорбция цемента, резорбция дентина, возобновление цемента, новообразование цемента, анкилоз, вывих и перелом корня были отнесены к группе околокорневой.

**Результат.** Частота случаев резорбции корня возрастала, когда расстояние от миниимпланта до корня была менее 0,6 мм в околокорневой группе и группе «контакт с периодонтальной связкой». Вывих и перелом корня встречались в группе «контакт с корнем» и «перфора-

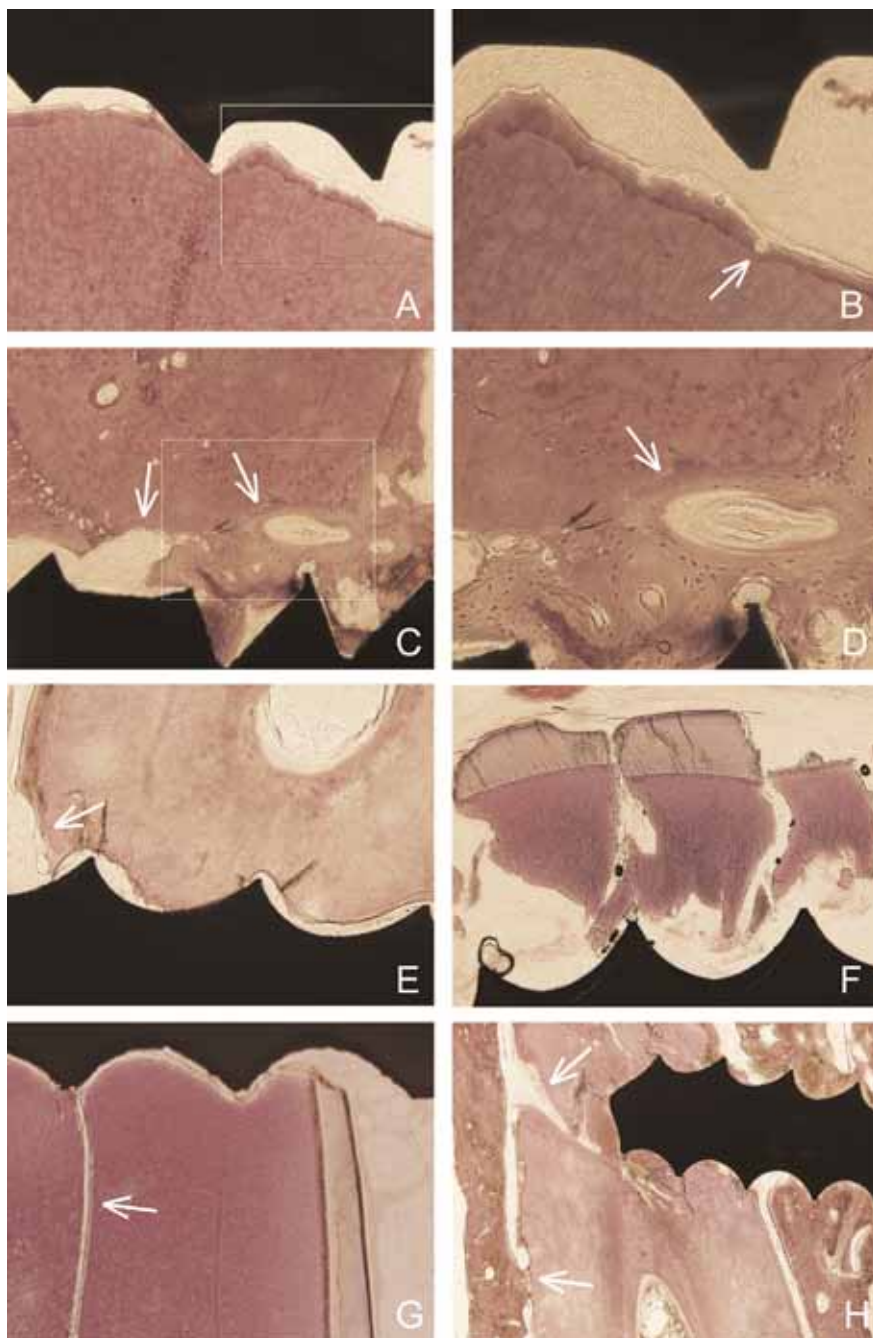


Рис. 3. Образцы группы контакта с корнем и группы перфорации корня (H-E рисунки). (A-E) Группа контакта с корнем. (A) Обширная резорбция корня (увеличение в 10 раз). (B) Вторичная резорбция корня с лакунами (стрелка) (увеличение в 20 раз). (C) Анкилоз (стрелка слева) после резорбции корня (стрелка справа) и рост кости (увеличение в 10 раз). (D) Анкилоз дентина (стрелка). (E) Значительная резорбция корня в контактной области с периодонтальной связкой (стрелка) (увеличение в 10 раз). (F-H) Перелом корня (увеличение в 10 раз). (G) Трещина параллельно поверхности корня (увеличение в 10 раз). (H) Резорбция корня (верхняя стрелка) и анкилоз (нижняя стрелка) на стороне противоположной внедрению миниимпланта (увеличение в 4 раза)

ция корня». Резорбция кости и анкилоз встречались в некоторых образцах. Однако, некоторые образцы группы «контакт с периодонтальной связкой» и группы «контакт с корнем» имели возобновление корня или незначительную резорбцию корня, не смотря на близкое расположение миниимпланта к корню.

В группе «перфорация корня» резорбция корня и анкилоз встречались на стороне, противоположной внедрению миниимпланта.

**Вывод.** Существует риск повреждения корня и прилежащих тканей при использовании толстых миниимплантов и во время процедуры

препарирования кости, что может привести даже к резорбции корня или анкилозу. Использование меньших по размеру миниимплантов может привести к уменьшению повреждения корня и тканей. Однако маленькие миниимпланты могут нуждаться в увеличении стабильности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Umemori M, Sugawara J, Mitani H, Nagasaka H, Kawamura H. Skeletal anchorage system for open-bite correction. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1999;115:166–174.
2. Park YC, Lee SY, Kim DH, Jee SH. Intrusion of posterior teeth using mini-screw implants. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2003;123:690–694.
3. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. J Clin Orthod. 1997;31:763–767.
4. Costa A, Raffaini M, Melsen B. Miniscrews as orthodontic anchorage: a preliminary report. Int J Adult Orthod Orthognath Surg. 1998;13:201–209.
5. Kravitz ND, Kusnoto B. Risks and complications of orthodontic miniscrews. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007;131:S43–S51.
6. Poggio PM, Incorvati C, Velo S, Carano A. “Safe zones”: a guide for miniscrew positioning in the maxillary and mandibular arch. Angle Orthod. 2006;76:191–197.
7. Fabbroni G, Aabed S, Mizen K, Starr DG. Transalveolar screws and the incidence of dental damage: a prospective study. Int J Oral Maxillofac Surg. 2004;33:442–446.
8. Kennedy BD, Collins TA Jr, Kline PC. Simplified guide for precise implant placement: a technical note. Int J Oral Maxillofac Implants. 1998;13:684–688.
9. Tosun T, Keles A, Erverdi N. Method for the placement of palatal implants. Int J Oral Maxillofac Implants. 2002;17: 95–100.
10. Martin W, Heffernan M, Ruskin J. Template fabrication for a midpalatal orthodontic implant: technical note. Int J Oral Maxillofac Implants. 2002;17:720–722.
11. Choi HJ, Kim TW, Kim HW. A precise wire guide for positioning interradicular miniscrews. J Clin Orthod. 2007; 41:258–261.
12. Kuroda S, Yamada K, Deguchi T, Hashimoto T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Root proximity is a major factor for screw failure in orthodontic anchorage. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007;131:S68–S73.
13. Kadioglu O, Bu`yu`kyilmaz T, Zachrisson BU, Maino BG. Contact damage to root surfaces of premolars touching miniscrews during orthodontic treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008;134:353–360.
14. Kim JW, Ahn SJ, Chang YI. Histomorphometric and mechanical analyses of the drill-free screw as orthodontic anchorage. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2005;128: 190–194.
15. Chen YH, Chang HH, Chen YJ, Lee D, Chiang HH, Yao CC. Root contact during insertion of miniscrews for orthodontic anchorage increases the failure rate: an animal study. Clin Oral Implants Res. January 2008;19:99–106.
16. Kang YG, Kim JY, Lee YJ, Chung KR, Park YG. Stability of mini-screws invading the dental roots and their impact on the paradental tissues in beagles. Angle Orthod. 2009;79: 248–255.
17. Maino BG, Weiland F, Attanasi A, Zachrisson BU, Buyukyilmaz T. Root damage and repair after contact with miniscrews. J Clin Orthod. 2007;41:762–766.
18. Asscherickx K, Vannet BV, Wehrbein H, Sabzevar MM. Root repair after injury from mini-screw. Clin Oral Implants Res. 2005;16:575–578.
19. Donath K, Breuner G. A method for the study of undecalcified bones and teeth with attached soft tissues. The Sa`g-Schliff (sawing and grinding) technique. J Oral Pathol. 1982;11:318–326.
20. Fuss Z, Tsesis I, Lin S. Root resorption—diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. Dent Traumatol. 2003;19:175–182.
21. Pitaru S, McCulloch CA, Narayanan SA. Cellular origins and differentiation control mechanisms during periodontal development and wound healing. J Periodontal Res. 1994;29: 81–94.
22. Saygin NE, Giannobile WV, Somerman MJ. Molecular and cell biology of cementum. Periodontol 2000. 2000;24: 73–98.
23. Liu HW, Yacobi R, Savion N, Narayanan AS, Pitaru S. A collagenous cementum-derived attachment protein is a marker for progenitors of the mineralized tissue forming cell lineage of the periodontal ligament. J Bone Miner Res. 1997; 12:1691–1699.
24. Hammarstro`m L, Blom`of L, Lindskog S. Dynamics of dentoalveolar ankylosis and associated root resorption. Endod Dent Traumatol. 1989;5:163–175.
25. Kim YK, Kim YJ, Yun PY, Kim JW. The effects of the taper shape, dual-thread and length on the mechanical properties of mini-implant. Angle Orthod. 2009;79:908–914.
26. Kim SH, Lee SJ, Cho IS, Kim SK, Kim TW. rotational resistance of surface-treated mini-implants. Angle Orthod. 2009;79:899–907.