

DOI: 10.37988/1811-153X_2025_3_22

Е.О. Бочковская¹,

к.м.н., доцент кафедры детской и терапевтической стоматологии

Н.Л. Мариенко²,

врач-стоматолог детский

¹ СЗГМУ им. И.И. Мечникова,
191015, Санкт-Петербург, Россия² Детская стоматология «Atribeaute Kids»,
191015, Санкт-Петербург, Россия

Молярно-резцовая гипоминерализация: обзор современных представлений, диагностики и путей решения

Аннотация. Молярно-резцовая гипоминерализация (МРГ) — это нарушение минерализации эмали, поражающее первые постоянные моляры и резцы. Впервые термин был введен Weerheijm и соавт. в 2001 г. Современные исследования показывают, что распространенность МРГ варьирует от 2,3 до 40,7% в зависимости от региона и диагностических критериев. Обзор современных представлений основан на систематическом анализе публикаций за последние 10 лет, включая систематические обзоры, метаанализы и клинические исследования. Использованы данные Европейской и Американской академий детской стоматологии, отечественные исследования, а также оригинальные исследования по клиническим проявлениям, диагностике и лечению МРГ. Несмотря на активное изучение МРГ, остаются нерешенные вопросы, связанные с точными механизмами развития заболевания, стандартизацией диагностики и разработкой оптимальных лечебных стратегий. Дальнейшие исследования должны быть направлены на уточнение этиологических факторов, усовершенствование диагностических методик и поиск новых подходов к терапии.

Ключевые слова: молярно-резцовая гипоминерализация, эмаль, диагностика, лечение, этиология, профилактика, реставрация, коронки

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Бочковская Е.О., Мариенко Н.Л. Молярно-резцовая гипоминерализация: обзор современных представлений, диагностики и путей решения. — Клиническая стоматология. — 2025; 28 (3): 22—29.

DOI: 10.37988/1811-153X_2025_3_22

Е.О. Bochkovskaya¹,PhD in Medical Sciences, assistant professor
of the Department of Pediatric DentistryN.L. Marienko²,

pediatric dentist

¹Mechnikov North-West State Medical University, 191015, Saint-Petersburg, Russia²“Atribeaute Kids” Dental Clinic, 191015, Saint-Petersburg, Russia

FOR CITATION:

Bochkovskaya E.O., Marienko N.L. Molar-incisor hypomineralization: an overview of current concepts, diagnosis, and treatment options. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2025; 28 (3): 22—29 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2025_3_22

Molar-incisor hypomineralization: an overview of current concepts, diagnosis, and treatment options

Annotation. Molar-incisor hypomineralization (MIH) is a disturbance of enamel mineralization affecting the first permanent molars and incisors. The term was first introduced by Weerheijm et al. in 2001. Current research shows that MIH prevalence varies from 2.3% to 40.7% depending on the region and diagnostic criteria. This review of current understanding is based on systematic analysis of publications over the past 10 years, including systematic reviews, meta-analyses, and clinical studies. Data from the European and American Academies of Pediatric Dentistry, national research, as well as original studies on clinical manifestations, diagnosis, and treatment of MIH were utilized. Despite active study of MIH, unresolved questions remain regarding the precise mechanisms of disease development, standardization of diagnosis, and development of optimal therapeutic strategies. Future research should focus on clarifying etiological factors, improving diagnostic methods, and finding new approaches to therapy.

Key words: molar-incisor hypomineralization, enamel, diagnosis, treatment, etiology, prevention, restoration, crowns

ВВЕДЕНИЕ

Молярно-резцовая гипоминерализация (МРГ) — это форма системной гипоплазии эмали, нарушение минерализации эмали зубов, которое поражает первые постоянные моляры и часто резцы (рис. 1).

Термин «молярно-резцовая гипоминерализация» (МИ) впервые был введен K.L. Weerheijm и соавт. в 2001 г. для описания системного дефекта развития эмали, а впоследствии получил широкое распространение в научной и клинической литературе [1, 2]. С тех пор МРГ стала предметом множества исследований. Это состояние характеризуется наличием четко ограниченных областей гипоминерализации, которые



Рис. 1. Пример МРГ резцов
Fig. 1. Example of the incisors MIH

могут варьироваться по цвету от белого до коричневого и по степени тяжести от незначительных дефектов до постэруптивного разрушения зубов [2].

В последние десятилетия МРГ приобрела особую актуальность благодаря высокой распространенности — от 2,3 до 40,7% в зависимости от региона, методологии исследований и возрастных групп [3]. Наиболее частые последствия включают повышенную чувствительность, развитие кариеса и сложности в реставрации пораженных зубов. Эти факторы существенно влияют на качество жизни детей и требуют особого внимания со стороны детских стоматологов.

Несмотря на значительный прогресс в изучении, неясными остаются многие аспекты этиологии МРГ. Считается, что гипоминерализация имеет системное происхождение и может быть связана с различными факторами, включая пренатальные и перинатальные осложнения, частые инфекции в раннем детстве, а также генетическую предрасположенность [4, 5]. В то же время отсутствие стандартизованных диагностических критериев затрудняет сравнение данных и внедрение универсальных подходов к лечению.

Цель обзора — провести анализ современной научной литературы о МРГ, обобщить данные о распространенности, этиологии, диагностике и лечении, а также выявить основные противоречия и пробелы в знаниях для их устранения в будущих исследованиях.

Были использованы результаты систематических обзоров, метаанализов и клинических исследований:

- документы Европейской и Американской академий детской стоматологии (EAPD и AAPD), в которых представлены руководства по диагностике и лечению МРГ;
- исследования отечественных научных учреждений;
- систематические обзоры, оценивающие взаимосвязь между МРГ и качеством жизни пациентов;
- метаанализы по распространности и влиянию МРГ на состояние зубов и риск развития кариеса;
- оригинальные статьи, освещающие клинические особенности, этиологию и методы лечения.

Критерии включения

При подготовке обзора были отобраны публикации, соответствующие следующим критериям:

- статьи, опубликованные в рецензируемых журналах с 2011 г.;
- исследования, охватывающие детей и подростков, соответствующих целевой возрастной группе для диагностики МРГ (6–12 лет);
- работы, содержащие четкие данные о распространности, клинических проявлениях, диагностике, профилактике, лечении и осложнениях МРГ.

Данные были сгруппированы и проанализированы. Обзор проведен в следующих направлениях:

- 1) Эпидемиология — сбор и сравнение данных о распространности МРГ в разных странах и возрастных группах.
- 2) Этиология — изучение причинных факторов, включая генетические, пренатальные, перинатальные и экологические аспекты.

3) Клинические проявления — анализ степени тяжести дефектов и их влияния на функцию зубов.

4) Методы лечения — обзор современных подходов к терапии, включая профилактику, реставрацию и удаление пораженных зубов.

Ограничения исследования

Важно отметить, что ряд исследований имели ограничения, включая: малый размер выборки, что затрудняет экстраполяцию данных; различия в используемых методах диагностики и отчетности о результатах; недостаток исследований, проводимых на основании долгосрочных наблюдений.

1. РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ И ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Современные исследования показывают, что распространность МРГ значительно варьирует в зависимости от региона, методологии диагностики и возрастных групп. По данным метаанализа, опубликованного в 2024 г., средняя глобальная распространность МРГ составляет 12,8% (95% ДИ: 11,5–14,1%) [6]. Максимальные показатели зафиксированы в странах с высоким уровнем доступности стоматологической помощи, где активнее проводится диагностика (до 40,7%), в то время как минимальные значения (2,3%) наблюдаются в регионах с ограниченными медицинскими ресурсами (табл. 1).

Эти данные подчеркивают значительные различия между регионами, обусловленные не только объективной распространностью МРГ, но и различиями в диагностических подходах. Например, отсутствие единых критериев диагностики, таких как система EAPD, затрудняет сравнение результатов исследований [6].

Таблица 1. Распространенность молярно-резцовой гипоминерализации в разных регионах [7]

Table 1. Prevalence of molar-incisor hypomineralization in different regions [7]

Регион	Средняя распространность, %
Европа	16,7
Северная Америка	25,9
Южная Америка	16,7
Азия	15,6
Австралия	16,8
Африка	11,4

2. ЭТИОЛОГИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ГИПОТЕЗЫ

Несмотря на десятилетия исследований, точные причины возникновения МРГ до сих пор неизвестны. Современная наука рассматривает мультифакторный характер МРГ, предполагая, что несколько системных факторов воздействуют на амелобласты в критические периоды их активности [4, 5]:

- Пренатальные и перинатальные факторы. Инфекционные заболевания у матери во время

беременности, такие как токсоплазмоз, краснуха, герпес или цитомегаловирус, могут нарушать развитие эмали. Гипоксия или асфиксия новорожденного, недоношенность и низкая масса тела также связаны с повышенным риском возникновения дефектов эмали. Дефицит питательных веществ (например, нехватка витамина D или кальция) впренатальном периоде могут негативно повлиять на минерализацию эмали [2, 5, 8, 9].

- **Постнатальные факторы.** Частые детские болезни, особенно инфекции дыхательных путей, желудочно-кишечного тракта и лихорадочные состояния, в первые 3 года жизни ассоциируются с нарушением процессов минерализации [2, 5, 8–10]. Прием антибиотиков, особенно амоксициллина, в раннем возрасте связывают с воздействием на зубные ткани [2, 5, 8, 9]. Изменение состава микробиома, влияющего на ротовую полость и процессыamelогенеза, рассматривается как один из возможных механизмов, способствующих развитию МРГ [11].
- **Экологические аспекты.** Воздействие токсинов, таких как бисфенол A, используемый в пластиковых изделиях, и загрязнителей воздуха доказано как возможный фактор риска [1].
- **Генетическая предрасположенность.** Исследования показывают связь между МРГ и мутациями в генах, связанных с эмалеобразованием (AMELX, ENAM и MMP20). Однако точная роль этих генов требует дальнейшего изучения [2, 8].

3. ДИАГНОСТИКА МРГ

Точная и своевременная диагностика МРГ является ключевым аспектом в управлении этим состоянием. Современные методы диагностики опираются на рекомендации Европейской академии детской стоматологии (EAPD) [8], которые включают следующие критерии:

1. Клинические признаки:

- Наличие четко ограниченных зон помутнения эмали первых постоянных моляров и, часто, резцов [2, 8]. Цвет дефектов варьируется от белого до желто-коричневого.
- Постэруптивное разрушение эмали, особенно в областях, подвергающихся жевательной нагрузке.
- Повышенная чувствительность зубов и частая жалоба на боль во время приема пищи и чистки зубов.

2. Визуализация:

- Диагностика проводится на чистых высушенных зубах при хорошем освещении.
- Использование дифференциальной диагностики для исключения других эмалевых нарушений, таких как гипоплазия или флюороз.

3. Ранний возраст пациентов — оптимальный возраст для диагностики МРГ составляет 6–8 лет, когда все первые постоянные моляры и большинство резцов уже прорезались.

4. Оценочные индексы — используются модифицированные индексы дефектов эмали (mDDE Index) и протоколы Weerheijm и соавт. для стандартизации диагностики [5, 8].

Рентгенологическая диагностика МРГ

Рентгенологические методы играют вспомогательную роль в диагностике МРГ, поскольку основная диагностика основывается при визуальном и клиническом осмотре. Однако рентгенография обеспечивает дополнительные данные, особенно важные для оценки структуры зуба, степени поражения тканей и дифференциальной диагностики других стоматологических состояний [5, 8].

Рентгеновское обследование рекомендуется в следующих случаях:

- Подтверждение постэруптивного разрушения эмали (РЕВ) и степени вовлечения подлежащего дентина.
- Оценка кариозного поражения, связанного с МРГ, и определение глубины поражения.
- Дифференциальная диагностика между МРГ и гипоплазией эмали, флюорозом или кариесом.
- Планирование восстановительного или хирургического лечения, включая оценку необходимости удаления зуба.

Основные рентгенологические методы при МРГ:

- Прицельная рентгенография используется для оценки пораженных первых постоянных моляров. Позволяет выявить деминерализацию дентина, скрытые поражения в области фиссур и наличие кариеса. На снимке МРГ может проявляться в виде зон пониженной рентгеноконтрастности в дентине и эмали.
- Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) используется для анализа сложных случаев, особенно при необходимости детального изучения анатомии корней моляров перед эндодонтическим лечением, удалением или восстановлением. КЛКТ может демонстрировать границы пораженных тканей, оценивая влияние гипоминерализации на подлежащую структуру дентина [12].

На рентгенограммах пораженные участки зубов могут проявляться как:

- зоны пониженной рентгеноконтрастности в эмали, особенно в окклюзионной области первых моляров;
- признаки разрушения эмали и дентина, что отражает постэруптивное повреждение (РЕВ);
- ограниченное вовлечение дентина, в отличие от кариозных поражений, которые часто имеют диффузный характер.

Рентгенологические изменения при МРГ не являются специфичными, поэтому их необходимо интерпретировать в контексте клинического осмотра.

Ограничения рентгенодиагностики при МРГ

МРГ не всегда проявляется на рентгенограммах в начальной стадии, поскольку эмаль обладает высокой рентгеноконтрастностью даже при частичной гипоминерализации. Рентгенограммы не позволяют различать гипоминерализацию и кариес без дополнительных клинических данных.

Роль рентгенодиагностики в планировании лечения

Оценка подлежащих тканей помогает определить, возможно ли консервативное лечение или зуб подлежит

удалению. Позволяет контролировать эффективность восстановления (например, гомогенность и прилегание композитных реставраций). Раннее выявление осложнений, таких как хронический апикальный периодонтит.

Другие методы визуализации при диагностике МРГ

Помимо традиционных рентгенологических методов, в последние годы активно развиваются новые, высокотехнологичные способы визуализации, которые помогают в диагностике и оценке степени гипоминерализации эмали (табл. 2).

1. Оптическая когерентная томография (ОКТ) использует инфракрасное излучение для создания высокоразрешенных поперечных срезов тканей зуба. Она работает по принципу отражения света от структур с разной плотностью [13]. Преимущества:

- позволяет визуализировать микроструктуру эмали и дентина;
- может выявлять участки деминерализации на ранней стадии, даже если они невидимы при клиническом осмотре;
- безопасность ввиду отсутствия лучевой нагрузки.

Применение ОКТ помогает диагностировать микротрещины и начальные стадии постэруптивного разрушения (РЕВ), что делает ее ценным инструментом при наблюдении за прогрессированием МРГ.

2. Измерение флуоресценции тканей зуба под воздействием лазерного излучения (DIAGNOdent) основано на том, что пораженные участки эмали и дентина имеют отличные от нормальных тканей параметры флуоресценции [14]. Преимущества:

- неинвазивный метод, не требует подготовки зуба;
- обеспечивает количественную оценку повреждений эмали;
- подходит для мониторинга динамики поражения.

Лазерная флуоресценция используется для оценки степени деминерализации и раннего выявления скрытого кариеса, связанного с МРГ.

3. Диагностическая фотолюминесценция (QLF, Quantitative Light-Induced Fluorescence). Этот метод основан на изменении способности эмали отражать свет под воздействием ультрафиолетового излучения. Зоны

гипоминерализации отражают меньше света, чем здоровые участки. Преимущества:

- позволяет количественно оценивать площадь и глубину поражений.
- может использоваться для регулярного мониторинга и оценки эффективности лечения.
- подходит для визуализации эстетических дефектов на резцах.

Применение: особенно полезна при определении косметических нарушений в области фронтальных зубов, что важно для пациентов с эстетическими жалобами. Современные исследования показывают, что QLF может использоваться как неинвазивный инструмент *in vivo* для диагностики и оценки результатов реминерализующей терапии, однако его данные следует интерпретировать с учетом визуального осмотра и клинических симптомов, поскольку снижение показателей флуоресценции не всегда однозначно отражает улучшение минерализации эмали [15].

4. Рамановская спектроскопия анализирует спектры рассеянного света, взаимодействующего с тканями зуба, и позволяет оценить минеральный состав эмали [16]. Преимущества:

- точность сведений о минеральном составе эмали и ее изменениях;
- высокая специфичность и чувствительность к различным стадиям деминерализации.

Рамановская спектроскопия используется для исследования степени минеральных нарушений и оценки эффективности реминерализующей терапии.

5. Микрокомпьютерная томография (микро-КТ) позволяет создать трехмерное изображение структуры зуба с высокой точностью, используя рентгеновское излучение на микроуровне [17]. Преимущества:

- выявляет мельчайшие изменения в структуре эмали и дентина;
- позволяет проводить количественный анализ объема пораженных тканей.

Хотя микро-КТ больше используется в научных исследованиях, он дает дополнительные данные о механизмах формирования гипоминерализации.

6. Терагерцевая спектроскопия использует терагерцевое излучение для анализа структуры тканей

Таблица 2. Сравнительная таблица современных методов визуализации

Table 2. Comparative table of modern imaging methods

Метод	Основное применение	Преимущества	Ограничения
ОКТ	Ранняя диагностика РЕВ, микроструктуры эмали	Высокое разрешение, без облучения	Высокая стоимость оборудования
Лазерная флуоресценция (DIAGNOdent)	Количественная оценка деминерализации	Простота, неинвазивность	Зависимость от клинических условий
Фотолюминесценция (QLF)	Оценка площади и глубины поражений	Эстетическая диагностика, мониторинг	Ограниченная доступность
Рамановская спектроскопия	Минеральный состав эмали	Точность	Техническая сложность
Микро-КТ	Научные исследования, 3D-анализ	Детальность, количественный анализ	Высокая доза облучения
Терагерцевая спектроскопия	Ранняя диагностика	Безопасность, высокая чувствительность	На стадии разработки

зуба. Этот метод особенно чувствителен к изменениям минеральной плотности [18]. Преимущества:

- неинвазивность и отсутствие облучения;
- позволяет выявлять различия между здоровой эмалью и участками гипоминерализации.

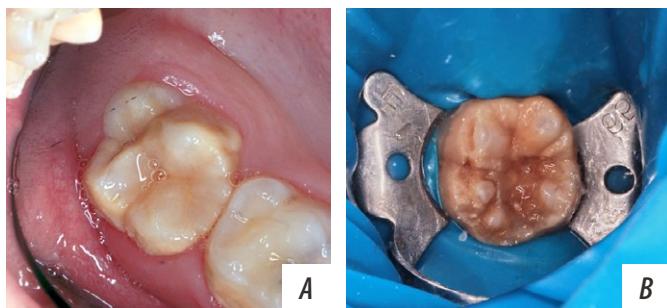


Рис. 2. Примеры МРГ: А — легкая форма, В — тяжелая форма
Fig. 2. Examples of an MIH: A — mild form, B — severe form

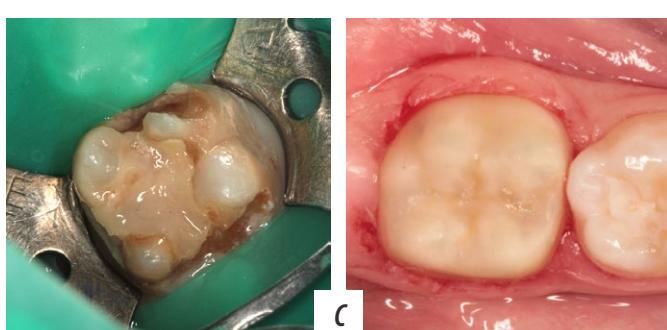
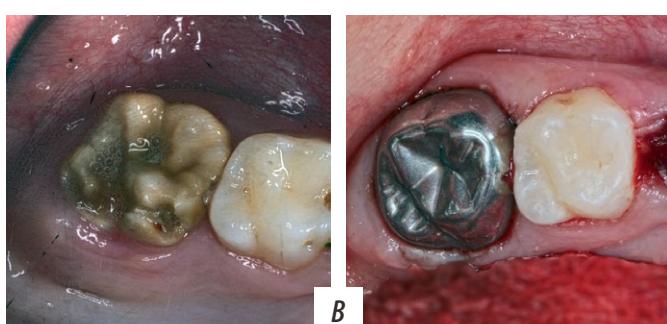
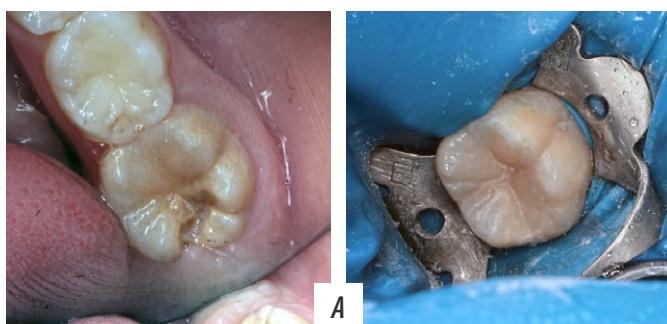


Рис. 3. Примеры реставрации МРГ, осложненной карIESом дентина:
А — восстановление композитным цементом, В — восстановление стандартной металлической коронкой, С — восстановление индивидуальной композитной коронкой. Фотографии слева — исходная ситуация, справа — после реставрации

Fig. 3. Examples of the restoration of MIH complicated by dentin caries:
A — restoration with composite cement, B — restoration with a standard stainless steel crown, C — restoration with a customized composite crown.
Photos on the left show the initial condition, photos on the right show the post-restoration outcome

Применение терагерцовой спектроскопии находитя на стадии клинического тестирования, но уже демонстрирует перспективы для диагностики ранних форм МРГ.

Перспективы использования современных методов

Интеграция современных методов визуализации, таких как ОКТ и QLF, в клиническую практику может существенно повысить точность диагностики МРГ и усовершенствовать протоколы реминерализующей терапии, особенно в сложных случаях или на ранних стадиях развития заболевания. Однако внедрение этих технологий в рутинную практику ограничено их высокой стоимостью и необходимостью в специализированном оборудовании и обучении.

4. КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ

МРГ проявляется следующими основными признаками:

- четко ограниченные зоны помутнения эмали белого, желтого или коричневого цвета (рис. 2);
- постэруптивное разрушение зубов, особенно в области первых постоянных моляров;
- повышенная чувствительность, затрудняющая уход за полостью рта.

Клиническая тяжесть МРГ может варьироваться от легкой формы, характеризующейся зонами помутнения эмали без разрушений, умеренной — характеризуется наличием зон разрушения эмали, до тяжелой, сопровождающейся обширным разрушением эмали и карIESом.

5. ПРОФИЛАКТИКА И ЛЕЧЕНИЕ

Комплексное управление МРГ включает профилактические и реминерализующие стратегии, симптоматическую терапию, реставрационные методы и возможное удаление зубов при тяжелых поражениях.

Профилактика

Профилактика заключается в использовании фторидов, CPP-ACP (казеиновый фосфопептид — аморфный фосфат кальция) и герметиков. Применение реминерализующих агентов, таких как CPP-ACP, помогает восстановить минеральный состав эмали [19]. Использование фторсодержащих препаратов (гелей, паст, лаков) снижает риск карIESа и повышает устойчивость эмали.

Для снижения гиперчувствительности зубов используются препараты с L-аргинином, цитратом калия, хлоридом стронция или фторидом олова.

Реставрационные методы

Для умеренных дефектов применяют стеклоиономерные цементы или композитные материалы для восстановления структуры зубов [2, 20, 21]. При тяжелых повреждениях предпочтительны коронки из нержавеющей стали, композита или керамики, обеспечивающие защиту зуба и долгосрочную стабильность (рис. 3) [5, 8, 22, 23].

Хирургическое лечение

Удаление пораженных моляров в возрасте 8–10 лет позволяет оптимизировать ортодонтическое лечение за счет закрытия пространства соседними зубами в связи с корпусным перемещением вторых моляров на место первых [5, 8, 24].

Эстетические процедуры

Для резцов с заметными зонами помутнения эмали используются методы отбеливания, микроабразии или покрытие композитными винирами для восстановления эстетики [2, 25, 26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на активное изучение молярно-резцовой гипоминерализации за последние два десятилетия, остаются значительные пробелы в понимании ее природы, диагностики и лечения.

Исследования показывают значительные различия в уровне распространенности МРГ в различных регионах, что, вероятно, связано с:

- различием в диагностических подходах, особенно между развитыми и развивающимися странами;
- недостатком стандартизованных диагностических критериев. Хотя рекомендации EAPD остаются основным стандартом, они не всегда соблюдаются, особенно в странах с ограниченными ресурсами;
- недостаточной репрезентативностью возрастных групп. Большинство исследований сосредоточено на детях младшего школьного возраста, тогда как влияние МРГ на подростков и взрослых остается малоизученным.

МРГ является результатом комплексного взаимодействия генетических, системных и экологических факторов, однако точные механизмы воздействия пре- и постнатальных факторов на амелобласты в период минерализации эмали до сих пор неясны. Также неоднозначны данные о роли антибиотиков, таких как амоксициллин. Некоторые исследования показывают связь между их применением и повышением риска МРГ, тогда как другие ее опровергают. Вопрос о значении экологических факторов (например, бисфенол А) нуждается в дальнейших проспективных исследованиях.

Современные методы визуализации, такие как ОКТ, лазерная флуоресценция и QLF, демонстрируют высокий потенциал для улучшения диагностики МРГ. Тем не менее их доступность остается ограниченной из-за высокой стоимости оборудования и недостаточной распространенности технологий в клинической практике. Разработка методов количественной оценки дефектов на основе данных визуализации требует стандартизации.

Современные рекомендации подчеркивают важность индивидуального подхода к лечению в зависимости от тяжести МРГ, однако отсутствуют долгосрочные клинические исследования, подтверждающие эффективность различных методов лечения, включая применение CPP-ACP, видов реставрационных материалов. Остается дискуссионным вопрос о сохранении сильно пораженных моляров и оптимальном возрасте их удаления. Профилактические меры требуют адаптации в зависимости от региональных особенностей, таких как качество воды и питания.

Современные методы визуализации и новые материалы для реставрации зубов открывают перспективы для улучшения диагностики и лечения МРГ. Например, ОКТ и QLF могут обеспечить не только диагностику, но и мониторинг прогрессирования дефектов. Использование ортопедических реставраций, может улучшить долговечность и прогноз в случае тяжелой степени поражения. Использование оптики (дентального микроскопа) для проведения реставраций может улучшить качество и долговечность реставраций. Регулярное проведение офисных профилактической гигиены полости рта с применением неабразивных материалов может улучшить динамику течения.

Тем не менее для интеграции этих технологий требуется обучение специалистов и финансовые инвестиции в оборудование.

ВЫВОДЫ

Молярно-резцовая гипоминерализация – это сложное мультифакторное состояние, распространность которого варьирует от 2,3 до 40,7%, в зависимости от региона и методологии диагностики. Наиболее вероятными факторами риска являются пре- и постнатальные системные нарушения, экологические воздействия и генетическая предрасположенность (табл. 3).

Таблица 3. Факторы риска развития молярно-резцовой гипоминерализации

Table 3. Risk Factors for the development of Molar-Incisor Hypomineralization

Категория	Конкретные факторы	Комментарии
Пренатальные	Инфекции у матери (грипп, цитомегаловирус), гипоксия плода, токсикозы	Негативное воздействие на амелобласты в критические периоды их активности
Перинатальные	Асфиксия при рождении, недоношенность, низкая масса тела	Связано с нарушениями процесса формирования эмали
Постнатальные	Частые инфекции (ОРВИ, пневмония), высокая температура, прием антибиотиков (амоксициллин)	Сложности в подтверждении связи из-за противоречивости данных
Экологические	Воздействие токсинов (бисфенол А), загрязнение воздуха, дефицит витамина D	Экологические факторы играют важную роль, особенно в регионах с высоким уровнем загрязнения
Генетические	Мутации в генах, связанных с амелогенезом (AMELX, ENAM, MMP20)	Генетическая предрасположенность подтверждена, но требует дальнейших исследований

Современные методы визуализации, такие как ОКТ, QLF и лазерная флуоресценция, играют ключевую роль в улучшении диагностики и мониторинга состояния (табл. 4).

Практические рекомендации для клиницистов (табл. 5):

- 1. Использовать стандартизованные критерии диагностики, рекомендованные EAPD, для повышения точности диагностики.**
- 2. Применять комбинированные профилактические меры, включая фторидные препараты и CPP-ACP, для снижения риска кариеса и сохранения пораженных зубов. Рассматривать возможность раннего удаления сильно пораженных моляров в возрасте 8—10 лет для оптимального закрытия пространства соседними зубами.**
- 3. Использовать оптику при реставрации зубов с МРГ для более детальной диагностики измененных тканей зуба и точного препарирования с последующим восстановлением.**

Таблица 4. Диагностические методы МРГ

Table 4. Diagnostic Methods for MIH

Метод	Применение	Преимущества	Ограничения
Клинический осмотр	Осмотр первых моляров и резцов, выявление зон помутнения эмали	Простота и доступность	Субъективность, зависимость от опыта врача
Рентгенография	Оценка постэруптивного разрушения, глубины поражения	Помогает выявить скрытые поражения	Неинформативна для ранней диагностики
Лазерная флуоресценция (DIAGNOdent)	Количественная оценка деминерализации	Простота, высокая чувствительность	Зависимость от клинических условий
Оптическая когерентная томография (ОКТ)	Визуализация микроструктуры эмали	Высокое разрешение, отсутствие облучения	Высокая стоимость оборудования
Фотолюминесценция (QLF)	Количественная оценка поражений, мониторинг изменений	Наглядность, подходит для эстетической диагностики	Ограниченная доступность
Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ)	Трехмерное изображение структуры зуба	Высокая точность	Высокая доза облучения, дорогостоящее оборудование

Таблица 5. Современные методы лечения МРГ

Table 5. Modern Treatment Methods for MIH

Метод	Показания	Описание	Преимущества	Ограничения
Профилактика	Легкие формы, риск развития кариеса	Использование фторидов, CPP-ACP	Простота, подходит для всех возрастов	Требует регулярного контроля
Реставрация	Средние и тяжелые поражения	Композитные материалы, СИЦ	Эффективное восстановление эстетики	Необходима техника врача и контроль реставрации
Коронки (металлические, композитные или керамические)	Тяжелые поражения, постэруптивное разрушение	Установка долгосрочной защиты	Долговечность, защита зуба	Дорогостоящее лечение, специализированная помощь
Экстракция зубов	Первые постоянные моляры с плохим прогнозом	Удаление зуба с последующим ортодонтическим лечением	Оптимизация окклюзии, устранение боли	Требует ортодонтического планирования
Эстетическое лечение резцов	Эстетические дефекты резцов	Отбеливание, микроабразия, композитная реставрация/виниры	Улучшение эстетики	Зависимость от степени поражения, требует ухода

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES :

1. Weerheijm K.L., Jälevik B., Alaluusua S. Molar-incisor hypomineralisation. — *Caries Res.* — 2001; 35 (5): 390—1. PMID: 11641576
2. Сатыго Е.А., Силин А.В. Поражения зубов некариозного происхождения, возникающие до прорезывания зубов. — СПб.:

Эко-Вектор Ай-Пи, 2023. — 55 с.

[Satygo E.A., Silin A.V. Dental lesions of non-carious origin that occur before teething. — Saint-Petersburg: Eco-Vector IP, 2023. — 55 p. (In Russian)]. eLibrary ID: 53832076

3. Al-Nerabieah Z., AlKhouli M., Dashash M. Navigating the complexities of molar incisor hypomineralization: Challenges and strategies in pediatric dentistry. — *Int J Dent.* — 2025; 2025: 9329492. [PMID: 39811496](#)
4. Трошанина А.А. Современные аспекты этиологии и патогенеза молярно-резцовой гипоминерализации. — *Dental Forum.* — 2023; 4 (91): 71—72.
[Troshanova A.A. Modern aspects of etiology and pathogenesis of molar-incisor hypomineralization. — *Dental Forum.* — 2023; 4 (91): 71—72 (In Russian)]. [eLibrary ID: 57880649](#)
5. American Academy of Pediatric Dentistry. Molar-incisor hypomineralization. — In: The reference manual of pediatric dentistry. — Chicago, 2024. — Pp. 444—451. <https://tinyurl.com/aapdmih>
6. Sluka B., Held U., Wegehaupt F., Neuhaus K.W., Attin T., Sahrman P. Is there a rise of prevalence for molar incisor hypomineralization? A meta-analysis of published data. — *BMC Oral Health.* — 2024; 24 (1): 127. [PMID: 38273324](#)
7. Kühnisch J., Fresen K.F. Prevalence of enamel hypomineralisation/molar incisor hypomineralisation: A scoping review. — *Monogr Oral Sci.* — 2024; 32: 100—116. [PMID: 39321770](#)
8. Lygidakis N.A., et al. Best clinical practice guidance for clinicians dealing with children presenting with molar-incisor-hypomineralisation (MIH): an updated European Academy of Paediatric Dentistry policy document. — *Eur Arch Paediatr Dent.* — 2022; 23 (1): 3—21. [PMID: 34669177](#)
9. Ткаченко Т.Б., Савушкина Н.А., Карпова Л.С. Приобретенные пороки развития твердых тканей зубов: молярно-резцовая гипоминерализация эмали (обзор литературы). — Ученые записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. — 2019; 4: 18—22.
[Tkachenko T.B., Savushkina N.A., Karpova L.S. Acquired malformations of hard dental tissue: Molar-incisor-hipomineralisation (review of literature). — *The Scientific Notes of the Pavlov University.* — 2019; 4: 18—22 (In Russian)]. [eLibrary ID: 42564992](#)
10. Garg N., Jain A.K., Saha S., Singh J. Essentiality of early diagnosis of molar incisor hypomineralization in children and review of its clinical presentation, etiology and management. — *Int J Clin Pediatr Dent.* — 2012; 5 (3): 190—6. [PMID: 25206166](#)
11. Mazur M., Corridore D., Ndokaj A., Ardan R., Vozza I., Babajko S., Jedeon K. MIH and dental caries in children: A systematic review and meta-analysis. — *Healthcare (Basel).* — 2023; 11 (12): 1795. [PMID: 37372913](#)
12. Ипполитов Ю.А., Гавриш А.В., Ростовцев В.В., Махмуди А.А., Грушенкова О.А. Дифференциальная диагностика первичной потери минерального компонента эмали зуба с использованием конусно-лучевой компьютерной томографии. — *Прикладные информационные аспекты медицины.* — 2020; 2: 36—42.
[Ippolitov Yu.A., Gavriš A.V., Rostovtsev V.V., Mahmudi A.A., Glushenkova O.A. Differential diagnosis of primary the loss of the mineral component of tooth enamel using a cone-beam computer tomography. — *Applied and IT Research in Medicine.* — 2020; 2: 36—42 (In Russian)]. [eLibrary ID: 43844620](#)
13. de Oliveira M.L.R., et al. Optical coherence tomography and gray scale digital analysis as noninvasive techniques for evaluating molar-incisor hypomineralization severity: A comparative study with microcomputed tomography. — *Microsc Res Tech.* — 2024; 87 (8): 1810—1821. [PMID: 38530150](#)
14. Bahrololoomi Z., Musavi S.A., Kabudan M. In vitro evaluation of the efficacy of laser fluorescence (DIAGNOdent) to detect demineralization and remineralization of smooth enamel lesions. — *J Conserv Dent.* — 2013; 16 (4): 362—6. [PMID: 23956542](#)
15. Cavalcante B.G.N., Mlinkó É., Szabó B., Teutsch B., Hegyi P., Vág J., Németh O., Gerber G., Varga G. Non-invasive strategies for remineralization and hypersensitivity management in molar-incisor hypomineralization — A systematic review and meta-analysis. — *J Clin Med.* — 2024; 13 (23): 7154. [PMID: 39685613](#)
16. Fraser S.J., Natarajan A.K., Clark A.S.S., Drummond B.K., Gordon K.C. A Raman spectroscopic study of teeth affected with molar—incisor hypomineralisation. — *Journal of Raman Spectroscopy.* — 2015; 46 (2): 202—210. [DOI: 10.1002/jrs.4635](#)
17. Erpaçal B., Adıgüzel Ö., Cangül S. The use of micro-computed tomography in dental applications. — *International Dental Research.* — 2019; 9 (2): 78—91. [DOI: 10.5577/intdentres.2019.vol9.no2.7](#)
18. Da Silva C.P., Costa R.T.F., Pereira A.C.M.V., Gomes J.M.L., Gomes A.S.L., Moraes S.L.D., Lopes D.S. Applicability of terahertz spectroscopy in dentistry: a scoping review. — *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* — 2024; 138 (5): 666—672. [PMID: 39129073](#)
19. Сорокина А.А., Гаврилова О.А., Корнилова В.В. Современные тенденции в профилактике молярно-резцовой гипоминерализации. — Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. — 2024; 3: 138—141.
[Sorokina A.A., Gavrilova O.A., Kornilova V.V. Current trends in the prevention of molar-incisal hypomineralisation. — *Vestnik VSMU.* — 2024; 3: 138—141 (In Russian)]. [eLibrary ID: 72592227](#)
20. Inchlingolo A.M., Inchlingolo A.D., Viapiano F., Ciocia A.M., Ferrara I., Netti A., Dipalma G., Palermo A., Inchlingolo F. Treatment approaches to molar incisor hypomineralization: A systematic review. — *J Clin Med.* — 2023; 12 (22): 7194. [PMID: 38002806](#)
21. Weber K.R., Wierichs R.J., Meyer-Lueckel H., Flury S. Restoration of teeth affected by molar-incisor hypomineralisation: a systematic review. — *Swiss Dent J.* — 2021; 131 (12): 988—997. [PMID: 33764037](#)
22. Громова С.Н., Разумный В.А., Колеватых Е.П., Коледаева Е.В., Еликов А.В. Стоматологическое лечение пациентов с несовершенным энамелогенезом на примере клинических случаев. — *Стоматология детского возраста и профилактика.* — 2018; 4 (67): 28—35.
[Gromova S.N., Razumny V.A., Kolevatykh E.P., Koledaeva E.V., Elikov A.V. Dental treatment of patients with amelogenesis imperfecta exemplified by clinical cases. — *Pediatric Dentistry and Prophylaxis.* — 2018; 4 (67): 28—35 (In Russian)]. [eLibrary ID: 37027388](#)
23. Бонифацио К., Хессе Д. Гипоминерализованные молочные вторые моляры (HSPM) и молярно-резцовая гипоминерализация (MIH): лечение с применением готовых металлических коронок. — *Стоматология детского возраста и профилактика.* — 2018; 1 (64): 47—51.
[Bonifacio C., Hesse D. Managing severe hypomineralised second primary molars (HSPM) and molar incisor hypomineralisation (MIH) with preformed metal crowns. — *Pediatric Dentistry and Prophylaxis.* — 2018; 1 (64): 47—51 (In Russian)]. [eLibrary ID: 35001305](#)
24. Humphreys J., Albadri S. Management of molar incisor hypomineralisation (MIH): A 1-year retrospective study in a Specialist Secondary Care Centre in the UK. — *Children (Basel).* — 2020; 7 (12): 252. [PMID: 33255293](#)
25. Nazlı Z.K., Pınar Y.A., Elif A., Dilek T. Minimal invasive treatment of MIH: Microabrasion-remineralization-bleaching-resin infiltration case report. — *International Dental Journal.* — 2024; 74 (Suppl. 1): S298—S299. [DOI: 10.1016/j.identj.2024.07.284](#)
26. Sezer B., Çarıkçıoğlu B. Treatment strategies for incisors of children affected by molar incisor hypomineralization: A narrative review. — *Oral.* — 2024; 1: 74—89. [DOI: 10.3390/oral4010007](#)