

Систематический обзор

**Стальные или титановые мини-импланты?
Систематический обзор литературы.**

Paulo Mecenas^a; Daybelis Gonzalez Espinosa^b; Paula Coutinho Cardoso^a; David Normando^c

Аннотация

Цели: Выяснить, есть ли разница в проценте успеха стальных мини-имплантов (МИ) по сравнению с титановыми у ортодонтических пациентов.

Материалы и методы: Поиск без ограничений в PubMed, Cochrane, Scopus, Web of Science, Lilacs, Google Scholar, Clinical Trials, и OpenGray. По статьям, указанным в источниках литературы найденных публикаций, поиск проводился вручную. Включались исследования, сравнивающие успешность стальных и титановых мини-имплантов. Оценка необъективности проводилась с использованием инструмента ROBINS-I (Risk of Bias in Non-randomized Studies-of Interventions) (Риск необъективности в нерандомизированных клинических исследованиях) или RoB 2.0 соответственно дизайну исследования. Уровень доказательности оценивался с помощью GRADE (градация рекомендаций, оценок, разработок и экспертизы).

Результаты: Шесть исследований соответствовали критериям приемлемости. Одно из них было рандомизированным клиническим исследованием (РКИ) и оценивало внеальвеолярные МИ, в то время как нерандомизированные исследования оценивали межкорневые МИ. РКИ показало низкий RoB, два нерандомизированных исследования показали умеренный риск, три - высокий риск. Качество доказательств было высоким для РКИ и средним для нерандомизированных исследований. Большинство работ не обнаружили разницы между материалами, показав хороший уровень успешности для обоих (сталь 74,6% - 100%; титан 80,9% - 100%). Только одно исследование, с высоким RoB, показало больший успех титановых МИ (90%) по сравнению со стальными (50%). Количественный анализ не делался из-за гетерогенности данных.

Вывод: Хотя современные данные и ограничены, они, вероятно, говорят, что используемый материал не является главным фактором в успешности применения МИ. Из-за более низкой стоимости и схожей клинической эффективности сталь является отличным материалом для ортодонтических МИ. (Angle Orthod. 2020;90:587–597.)

Ключевые слова: Мини-имплант; Нержавеющая сталь, Титан; Успешность; TADs; Обзор

^a Аспирант, Аспирантская программа по стоматологии, Федеральный университет Пара, Пара, Бразилия

^b Профессор, Католический университет Universidad Catolica Redemptoris Mater, Манагуа, Никарагуа

^c Доцент, Профессор, Федеральный университет Пара, Пара, Бразилия

Автор-корреспондент: Paulo Mecenas, MSc Student, Post-Graduate Program of Dentistry, Federal University of Para, Rua Augusto Correa 01, 66075-110, Belém, Pará, Brazil (e-mail: paulomecenas@hotmail.com)

Принято: декабрь 2019. Получено: август 2019.

Опубликовано онлайн: 24 февраля 2020

ВВЕДЕНИЕ

Развитие приспособлений для временной опоры (TADs - temporary anchorage devices) расширило возможности ортодонтического лечения. По сравнению с традиционными методами опоры TADs обеспечивают упрощённую механику, комфорт для пациента, сокращение сроков лечения, отсутствие зависимости от кооперации с пациентом и минимальную потерю опоры.^{1,2}

Наиболее часто используемые TADs - это мини-пластины и мини-импланты (МИ). МИ достаточно малы для расположения в различных локациях, что позволяет использовать их рутинно в ежедневной ортодонтической практике. Они имеют меньшую стоимость чем мини-пластины и просты в применении, что позволяет легко их устанавливать и извлекать. С внедрением внеальвеолярных МИ, стало возможным использовать их в случаях, требующих больших сил и значительных перемещений.^{3,4}

МИ используются в различных ситуациях от ретракции зубного ряда и коррекции наклона окклюзионной плоскости до простых движений, таких как интрузия зуба или апрайтинг.⁵⁻⁷ Большинство доступных МИ сделаны из титана, но стальные также довольно распространены. Несмотря на значимые различия между двумя материалами, оба соответствуют биомеханическим требованиям к аппаратам ортодонтической опоры.⁸⁻¹⁰

МИ должны оставаться стабильными от момента установки до окончания их применения, и такие факторы, как местоположение, навыки хирурга, гигиена пациента могут влиять на успех.^{3,11,12} Хотя некоторые мета-анализы оценивали факторы риска для отторжения МИ^{12,13}, никто не исследовал, как разный материал, используемый при производстве МИ, влияет на их успешность. Недавно опубликованные исследования не нашли консенсуса по данной теме.^{14,15} Этот систематический обзор нацелен на изучение вопроса, есть ли разница между уровнем успешности стальных МИ по сравнению с титановыми у ортодонтических пациентов.

Таблица 1. Стратегия поиска в электронных базах данных

База данных	Ключевые слова	Результаты
PubMed	(Orthodontic anchorage procedures[MeSH Terms]) OR Orthodontic anchorage procedures[Title/Abstract]) OR Anchorage Procedure, Orthodontic [Title/Abstract]) OR Anchorage Procedures, Orthodontic[Title/Abstract]) OR Orthodontic Anchorage Procedure[Title/Abstract]) OR Procedure, Orthodontic Anchorage[Title/Abstract]) OR Procedures, Orthodontic Anchorage [Title/Abstract]) OR Orthodontic Anchorage Techniques[Title/Abstract]) OR Anchorage Technique, Orthodontic[Title/ Abstract]) OR Anchorage Techniques, Orthodontic[Title/Abstract]) OR Orthodontic Anchorage Technique [Title/Abstract]) OR Technique, Orthodontic Anchorage[Title/Abstract]) OR Techniques, Orthodontic Anchorage[Title/Abstract]) OR Miniimplant* [Title/Abstract]) OR Mini implant*[Title/Abstract]) OR Mini-implant* [Title/Abstract]) OR Orthodontic mini-implant[Title/Abstract]) OR Miniscrew* [Title/Abstract]) OR Orthodontic miniscrew[Title/Abstract]) OR Microscrew* [Title/Abstract]) OR orthodontic Microscrew [Title/Abstract]) OR orthodontic bone screws[Title/Abstract]) OR Micro-implant*[Title/Abstract]) OR Microimplant* [Title/Abstract]) OR Skeletal Anchorage bone screw* [Title/Abstract]) OR TAD*[Title/ Abstract]) OR Intraosseous screw* [Title/Abstract]) OR Interradicular screw*[Title/Abstract]) OR Temporary anchorage devices[Title/Abstract])) AND (((Titanium[MeSH Terms]) OR Titanium[Title/Abstract]) OR Titanium alloy[MeSH Terms]) OR Titanium 512alloy[Title/Abstract]) OR Ti6Al4V[Title/Abstract]) OR Ti-6Al- 4V alloy [Title/Abstract]) OR Ti-6Al-V4 alloy[Title/Abstract]) OR titanium 6-aluminum-4-vanadium[Title/ Abstract]) OR Tivanium[Title/Abstract]) OR Tytanium R[Title/Abstract]) OR Protasul-64WF alloy [Title/ Abstract]) OR TiA [Title/Abstract]) OR Ti-alloy[Title/Abstract])) AND (((Stainless steel[MeSH Terms]) OR Stainless steel[Title/Abstract]) OR Stainless Steels[Title/Abstract]) OR Steel, Stainless[Title/Abstract]) OR Steels, Stainless[Title/Abstract]) OR	327

Scopus	<p>SS[Title/Abstract]) OR Steel[Title/Abstract]) OR Steels[Title/ Abstract]) OR Stainless 316L[Title/Abstract])) OR ((Survival rate[MeSH Terms]) OR Survival rate[Title/Abstract]) OR Rate, Survival[Title/Abstract]) OR Rates, Survival[Title/Abstract]) OR Survival Rates[Title/Abstract]) OR Mean Survival Time[Title/Abstract]) OR Mean Survival Times[Title/Abstract]) OR Survival Time, Mean[Title/Abstract]) OR Survival Times, Mean[Title/Abstract]) OR Time, Mean Survival[Title/Abstract]) OR Times, Mean Survival[Title/Abstract]) OR Cumulative Survival Rate[Title/ Abstract]) OR Cumulative Survival Rates[Title/Abstract]) OR Rate, Cumulative Survival[Title/Abstract]) OR Rates, Cumulative Survival[Title/Abstract]) OR Survival Rate, Cumulative[Title/Abstract]) OR Survival Rates, Cumulative[Title/Abstract]))</p> <p>(TITLE-ABS-KEY ("Orthodontic anchorage procedures") OR TITLE-ABS-KEY ("Anchorage Procedure, Orthodontic") OR TITLE-ABS-KEY ("Anchorage Procedures, Orthodontic") OR TITLE-ABS-KEY ("Orthodontic Anchorage Procedure") OR TITLE-ABS-KEY ("Procedure, Orthodontic Anchorage") OR TITLE-ABS-KEY ("Procedures, Orthodontic Anchorage") OR TITLE-ABS-KEY ("Orthodontic Anchorage Techniques") OR TITLE-ABS-KEY ("Anchorage Technique, Orthodontic") OR TITLE-ABS-KEY ("Anchorage Techniques, Orthodontic") OR TITLE-ABS-KEY ("Orthodontic Anchorage Technique") OR TITLE-ABS-KEY ("Technique, Orthodontic Anchorage") OR TITLE-ABS-KEY ("Techniques, Orthodontic Anchorage") OR TITLE-ABS-KEY (miniplant) OR TITLE-ABS-KEY ("Mini implant*") OR TITLE-ABS-KEY (mini-implant*) OR TITLE-ABS-KEY ("Orthodontic mini-implant") OR TITLE-ABS-KEY (miniscrew*) OR TITLE-ABS-KEY ("Orthodontic miniscrew") OR TITLE-ABS-KEY (microscrew*) OR TITLE-ABS-KEY ("orthodontic Microscrew"))) OR ((TITLE-ABS-KEY ("orthodontic bone screws") OR TITLE-ABS-KEY (micro-implant*) OR TITLE-ABS-KEY (microimplant*) OR TITLE-ABS-KEY ("Skeletal Anchorage bone screw*") OR TITLE-ABS-KEY (tad*) OR TITLE-ABS-KEY ("Intraosseous screw*") OR TITLE-ABS-KEY ("Interradicular screw*") OR TITLE-ABS-KEY ("Temporary anchorage devices") AND (((TITLE-ABS-KEY (titanium) OR TITLE-ABS-KEY ("Titanium alloy") OR TITLE-ABS-KEY (ti6al4v) OR TITLE-ABS-KEY ("Ti-6Al-4V alloy") OR TITLE-ABS-KEY ("Ti-6Al-V4 alloy") OR TITLEABS- KEY ("titanium 6-aluminum-4-vanadium") OR TITLE-ABS-KEY (tivanium) OR TITLE-ABS-KEY ("Tytanium R") OR TITLE-ABS-KEY ("Protasul-64WF alloy") OR TITLE-ABS-KEY (tia) OR TITLE-ABSKEY (ti-alloy))) AND ((TITLE-ABS-KEY ("Stainless steel") OR TITLE-ABS-KEY ("Stainless Steels") OR TITLE-ABS-KEY ("Steel, Stainless") OR TITLE-ABS-KEY ("Steels, Stainless") OR TITLE-ABSKEY (ss) OR TITLE-ABS-KEY (steel) OR TITLE-ABS-KEY (steels) OR TITLE-ABS-KEY ("Stainless 316L")) OR ((TITLE-ABS-KEY ("Survival rate") OR TITLE-ABS-KEY ("Rate, Survival") OR TITLE-ABS-KEY ("Rates, Survival") OR TITLE-ABS-KEY ("Survival Rates") OR TITLE-ABS-KEY ("Mean Survival Time") OR TITLE-ABS-KEY ("Mean Survival Times") OR TITLE-ABS-KEY ("Survival Time, Mean") OR TITLE-ABS-KEY ("Survival Times, Mean") OR TITLE-ABS-KEY ("Time, Mean Survival") OR TITLE-ABS-KEY ("Times, Mean Survival") OR TITLE-ABS-KEY ("Cumulative Survival Rate") OR TITLE-ABS-KEY ("Cumulative Survival Rates") OR TITLE-ABS-KEY ("Rate, Cumulative Survival") OR TITLE-ABS-KEY ("Rates, Cumulative Survival") OR TITLE-ABS-KEY ("Survival Rate, Cumulative") OR TITLE-ABS-KEY ("Survival Rates, Cumulative")))</p>	512
Web of Science	<p>((“Orthodontic anchorage procedures”) OR TOR PICO: (“Anchorage Procedure, Orthodontic”) OR TOR PICO: (“Anchorage Procedures, Orthodontic”) OR TOR PICO: (“Orthodontic Anchorage Procedure”) OR TOR PICO: (“Procedure, Orthodontic Anchorage”) OR TOR PICO: (“Procedures, Orthodontic Anchorage”) OR TOR PICO: (“Orthodontic Anchorage Techniques”) OR TOR PICO: (“Anchorage Technique, Orthodontic”) OR TOR PICO: (“Anchorage Techniques, Orthodontic”) OR TOR PICO: (“Orthodontic Anchorage Technique”) OR TOR PICO: (“Technique, Orthodontic Anchorage”) OR TOR PICO: (“Techniques, Orthodontic Anchorage”) OR TOR PICO: (“Miniimplant*”) OR TOR</p>	217

Cochrane	<p>PICO: (“Mini implant*”) OR TOr PICO: (Mini-implant*) OR TOr PICO: (“Orthodontic mini-implant”) OR TOr PICO: (Miniscrew*) OR TOr PICO: (“Orthodontic miniscrew”) OR TOr PICO: (Microscrew*) OR TOr PICO: (“Orthodontic microscrew”) OR TOr PICO: (“orthodontic bone screws”) OR TOr PICO: (Micro-implant*) OR TOr PICO: (Microimplant*) OR TOr PICO: (“Skeletal Anchorage bone screw*”) OR TOr PICO: (TAD*) OR TOr PICO: (“Intraosseous screw*”) OR TOr PICO: (“Interradicular screw*”) OR TOr PICO: (“Temporary anchorage devices”) AND (((Titanium) OR TOr PICO: (“Titanium alloy”) OR TOr PICO: (Ti6Al4V) OR TOr PICO: (“Ti-6Al-4V alloy”) OR TOr PICO: (“Ti-6Al-V4 alloy”) OR TOr PICO: (“titanium 6-aluminum-4-vanadium”) OR TOr PICO: (Tivanium) OR TOr PICO: (“Tytanium R”) OR TOr PICO: (“Protasul-64WF alloy”) OR TOr PICO: (TiA) OR TOr PICO: (Ti-alloy)) AND (“Stainless steel”) OR TOr PICO: (“Stainless Steels”) OR TOr PICO: (“Steel, Stainless”) OR TOr PICO: (“Steels, Stainless”) OR TOr PICO: (SS) OR TOr PICO: (Steel) OR TOr PICO: (Steels) OR TOr PICO: (“Stainless 316L”))) OR (“Survival rate”) OR TOr PICO: (“Rate, Survival”) OR TOr PICO: (“Rates, Survival”) OR TOr PICO: (“Survival Rates”) OR TOr PICO: (“Mean Survival Time”) OR TOr PICO: (“Mean Survival Times”) OR TOr PICO: (“Survival Time, Mean”) OR TOr PICO: (“Survival Times, Mean”) OR TOr PICO: (“Time, Mean Survival”) OR TOr PICO: (“Times, Mean Survival”) OR TOr PICO: (“Cumulative Survival Rate”) OR TOr PICO: (“Cumulative Survival Rates”) OR TOr PICO: (“Rate, Cumulative Survival”) OR TOr PICO: (“Rates, Cumulative Survival”) OR TOr PICO: (“Survival Rate, Cumulative”) OR TOr PICO: (“Survival Rates, Cumulative”))</p> <p>#1 (“Orthodontic anchorage procedures”):ti,ab,kw OR (“Anchorage Procedure, Orthodontic”):ti,ab,kw OR (“Anchorage Procedures, Orthodontic”):ti,ab,kw OR (“Orthodontic Anchorage Procedure”):ti,ab,kw OR (“Procedure, Orthodontic Anchorage”):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p> <p>#2 (“Procedures, Orthodontic Anchorage”):ti,ab,kw OR (“Orthodontic Anchorage Techniques”):ti,ab,kw OR (“Anchorage Technique, Orthodontic”):ti,ab,kw OR (“Anchorage Techniques, Orthodontic”):ti,ab,kw OR (“Orthodontic Anchorage Technique”):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p> <p>#3 (“Technique, Orthodontic Anchorage”):ti,ab,kw OR (“Techniques, Orthodontic Anchorage”):ti,ab,kw OR (Miniimplants):ti,ab,kw OR (“Mini implants”):ti,ab,kw OR (Mini-implants):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p> <p>#4 (“Orthodontic mini-implant”):ti,ab,kw OR (Miniscrews):ti,ab,kw OR (“Orthodontic miniscrew”):ti,ab,kw OR (Microscrews):ti,ab,kw OR (“Orthodontic microscrew”):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p> <p>#5 (“orthodontic bone screws”):ti,ab,kw OR (Micro-implants):ti,ab,kw OR (Microimplants):ti,ab,kw OR (“Skeletal Anchorage bone screws”):ti,ab,kw OR (TADs):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p> <p>#6 (“Intraosseous screws”):ti,ab,kw OR (“Interradicular screws”):ti,ab,kw OR (“Temporary anchorage devices”):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p> <p>#7 #1 or #2 or #3 or #4 or #5 or #6</p> <p>#8 (Titanium):ti,ab,kw OR (“Titanium alloy”):ti,ab,kw OR (Ti6Al4V):ti,ab,kw OR (“Ti-6Al-4V alloy”):ti,ab,kw OR (“Ti-6Al-V4 alloy”):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p> <p>#9 (“titanium 6-aluminum-4-vanadium”):ti,ab,kw OR (Tivanium):ti,ab,kw OR (“Tytanium R”):ti,ab,kw OR (“Protasul-64WF alloy”):ti,ab,kw OR (TiA):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p> <p>#10 (Ti-alloy):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p> <p>#11 #8 or #9 or #10</p> <p>#12 (“Stainless steel”):ti,ab,kw OR (“Stainless Steels”):ti,ab,kw OR (“Steel, Stainless”):ti,ab,kw OR (“Steels, Stainless”):ti,ab,kw OR (SS):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p> <p>#13 (Steel):ti,ab,kw OR (Steels):ti,ab,kw OR (“Stainless 316L”):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p> <p>#14 #12 or #13</p>	20
----------	---	----

	<p>#15 (“survival rate”):ti,ab,kw OR (“Rate, Survival”):ti,ab,kw OR (“Rates, Survival”):ti,ab,kw OR (“Survival Rates”):ti,ab,kw OR (“Mean Survival Time”):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p> <p>#16 (“Mean Survival Times”):ti,ab,kw OR (“Survival Time, Mean”):ti,ab,kw OR (“Survival Times, Mean”):ti,ab,kw OR (“Time, Mean Survival”):ti,ab,kw OR (“Times, Mean Survival”):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p> <p>#17 (“cumulative survival rate”):ti,ab,kw OR (“Cumulative Survival Rates”):ti,ab,kw OR (“Rate, Cumulative Survival”):ti,ab,kw OR (“Rates, Cumulative Survival”):ti,ab,kw OR (“Survival Rate, Cumulative”):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p> <p>#18 (“Survival Rates, Cumulative”):ti,ab,kw (Word variations have been searched)</p> <p>#19 #15 or #16 #17 or #18</p> <p>#20 #11 and #14</p> <p>#21 #20 or #19</p> <p>#22 #7 and #21</p>	
LILACS	<p>(tw:((Orthodontic anchorage procedures) OR (Anchorage Procedure, Orthodontic) OR (Anchorage Procedures, Orthodontic) OR (Orthodontic Anchorage Procedure) OR (Procedure, Orthodontic Anchorage) OR (Procedures, Orthodontic Anchorage) OR (Orthodontic Anchorage Techniques) OR (Anchorage Technique, Orthodontic) OR (Anchorage Techniques, Orthodontic) OR (Orthodontic Anchorage Technique) OR (Technique, Orthodontic Anchorage) OR (Techniques, Orthodontic Anchorage) OR (Miniimplants) OR (Mini implants) OR (Mini-implants) OR (Orthodontic mini-implant) OR (Miniscrews) OR (Orthodontic miniscrew) OR (Microscrews) OR (orthodontic Microscrew) OR (orthodontic bone screws) OR (Micro-implants) OR (Microimplants) OR (Skeletal Anchorage bone screws) OR (TADs) OR (Intraosseous screws) OR (Interradicular screws) OR (Temporary anchorage devicess))) AND (tw:((tw:((Titanium) OR (Titanium alloy) OR (Ti6Al4V) OR (Ti-6Al-4V alloy) OR (Ti-6Al-V4 alloy) OR (titanium 6-aluminum-4-vanadium) OR (Tivanium) OR (Tytanium R) OR (Protasul-64WF alloy) OR (TiA) OR (Ti-alloy))) AND (tw:((Stainless steel) OR (Stainless Steels) OR (Steel, Stainless) OR (Steels, Stainless) OR (SS) OR (Steel) OR (Steels) OR (Stainless 316L)))))) OR (tw:((Survival rate) OR (Rate, Survival) OR (Rates, Survival) OR (Survival Rates) OR (Mean Survival Time) OR (Mean Survival Times) OR (Survival Time, Mean) OR (Survival Times, Mean) OR (Time, Mean Survival) OR (Times, Mean Survival) OR (Cumulative Survival Rate) OR (Cumulative Survival Rates) OR (Rate, Cumulative Survival) OR (Rates, Cumulative Survival) OR (Survival Rate, Cumulative) OR (Survival Rates, Cumulative)))</p>	52
Google Scholar	<p>Humansю(Orthodontic anchorage procedures OR mini implant OR miniscrew) + (Titanium AND Stainless steel OR Survival rate)</p>	540
OpenGray	<p>Orthodontic anchorage procedures AND Stainless Steel AND Titanium</p>	0
Clinical trials	<p>(Mini implant OR Miniscrew OR Micro implant) AND (Steel AND Titanium OR Survival Rate)</p>	12

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эта работа зарегистрирована в базе данных PROSPERO (<http://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO>) под кодом CRD42019129534 и проведена согласно рекомендациям для систематических обзоров и мета-анализов PRISMA.¹⁶

Критерии включения

Применялись следующие критерии отбора:

1. Дизайн исследования: рандомизированные клинические исследования (РКИ) или нерандомизированные контролируемые клинические исследования (ККИ), проспективные или ретроспективные;
2. Популяция: пациенты с несъемной аппаратурой и необходимостью абсолютной опоры;
3. Вмешательство: пациенты, у которых использовались стальные МИ;
4. Сравнение: пациенты, у которых использовались титановые МИ;
5. Результат: успешность МИ;
6. Критерии исключения: пациенты с любыми заболеваниями костной ткани или краниофациальными синдромами; исследования, использующие другие виды TADs; статьи с мнениями экспертов, исследования на животных или лабораторные статьи, клинические случаи, серии клинических случаев, обзоры литературы.

Источники информации

Поиск проводился в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane, LILACS, Open-Gray, и Google Scholar. Ручной поиск проводился после чтения литературных источников включенных статей для выявления дополнительных исследований по теме. Поиск расширился за счет использования базы данных clinicaltrials.gov. Никаких ограничений по языку и дате публикаций не применялось. Поиск продолжался до июля 2019.

Стратегия поиска и отбор исследований

Базы данных исследовались независимо двумя исследователями (Р.М. и D.G.E.). Разногласия были улажены через обсуждение и принятие единого решения, при необходимости прибегали к мнению третьего автора (D.N.). Стратегия состояла в комбинации поиска по медицинскому предметному указателю (MeSH - Medical Subject Headings), перекрёстным ссылкам и ключевым словам, связанным с PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome - Популяция, Вмешательство, Сравнение, Результат), используя логические выражения. Полная стратегия поиска для каждой базы данных изображена в Таблице 1.

Ссылки сохранены в менеджерах ссылок (EndNote, x9 version; Clarivate Analytics, Philadelphia, Pa). В первую очередь анализировались заголовки и аннотации согласно критериям включения. Выбранные полнотекстовые статьи подверглись финальному отбору.

Оценка риска необъективности

Для ККИ риск необъективности (RoB) рассчитывался согласно инструменту ROBINS-I (Risk of Bias in Non-randomized Studies-of Interventions) (Риск ошибки в нерандомизированных клинических исследованиях).¹⁷ Чек-лист включал следующие три главных домена возможных ошибок: до вмешательства, в процессе вмешательства и после него. RoB оценивался для каждого домена и для конечной оценки как «низкий», «средний», «серьёзный», «критичный» и «неизвестно» (Таблица 2).

Для РКИ использовался инструмент Cochrane RoB 2.0¹⁸. Этот инструмент оценивал следующие пять главных доменов ошибок: в рандомизации, при выполнении, из-за пропуска предоставляемых данных, при оценке данных, в выборе представления результатов. RoB оценивался для каждого домена и для оценки в целом как «низкий, средний или высокий». Каждый анализ RoB осуществлялся двумя исследователями (Р.М. и D.G.E.), и в случае разногласий они консультировались с третьим автором (D.N.)

Оценка качества доказательств

Включенные исследования ранжировались по проценту успешности МИ согласно системе градации рекомендаций, оценки, разработки и экспертизы (GRADEpro Guideline Development Tool, gradepro.org).¹⁹ Этот инструмент оценивает 5 параметров качества доказательств и присваивает им высокий, средний, низкий или очень низкий уровень.

Извлечение данных

Два исследователя собирали данные независимо (P.M. и D.G.E.), записывая следующую информацию: автор, год и место проведения, тип исследования, участники, типы МИ и их характеристики, нагрузка, время заживления, местоположение МИ, период наблюдения, цель установки, статистический анализ, оценка результатов и результаты. Количественные данные оценивались с учетом относительного показателя риска (risk ratio - RR). Мета-анализ не проводился из-за большой методологической гетерогенности среди исследований, в основном из-за разных размеров групп, вариаций местоположения МИ и величины сил.

Результаты

Отбор исследований

Электронный поиск выявил в общей сложности 1680 статей; 327 в PubMed, 512 в SCOPUS, 217 в Web of Science, 20 в Cochrane, 52 в LILACS, 540 в Google Scholar, 12 в Clinical Trials, и 0 в Open-Gray. После удаления дубликатов осталась 1261 статья. Одна статья была добавлена для изучения после мануального поиска в списке источников. После прочтения заголовков и аннотаций, оценивались 20 полнотекстовых статей, в результате 14 были исключены. Причины исключения были следующие: *in vitro* исследования (n = 7), оценка только одного вида МИ (n=3), исследования на животных (n=3), нерелевантные исследования (n=3; Таблица 3). В результате были включены 6 источников (Рисунок 1).

Таблица 2. Возможные ошибки и домены ошибок согласно инструменту ROBINS-I (Risk of Bias in Non-randomized Studies-of Interventions) (Риск ошибки в нерандомизированных клинических исследованиях).

Домен ошибки	Описание
До вмешательства	
Необъективность за счёт влияния сопутствующих факторов	Основные влияющие факторы: большое несоответствие между числом участников или мини-имплантов на группу, разница характеристик МИ и его положения
Предвзятость при отборе пациентов	Отсутствие четких критериев отбора. Исключение некоторых приемлемых участников или разница в периоде наблюдения
На этапе вмешательства	
Ошибка классификации вмешательства	Вмешательство (применяемая сила, время заживления, цель установки, период наблюдения) не описаны корректно
После вмешательства	
Необъективность из-за отклонения вмешательства от предполагаемого по плану	В случае систематической разницы между исследуемой группой (стальные МИ) и группой сравнения (титановые МИ)
Ошибка из-за упущения части данных	Потери в наблюдении, не полностью собранные данные и исключение участников из анализа

Ошибка при измерениях	Когда успешность и другие интересующие параметры подсчитаны с ошибкой
Необъективность в выборе представленных результатов	Выборочный доклад о результатах, когда эффект всех измерений не полностью изложен

Таблица 3. Список исключенных исследований и причины.

Источник	Причина исключения
Antoszewska et al. (2009)	Не использованы оба вида МИ
Bourgui et al. (2014)	Не использованы оба вида МИ
Brown et al. (2014)	Исследование на животных
Carano et al. (2005)	Исследование In vitro
Chen et al. (2018)	Исследование In vitro
Gritsch et al. (2013)	Исследование на животных
Khan et al. (2016)	Не использованы оба вида МИ
Kliauga et al. (2010)	Исследование in vitro
Natarajan et al. (2017)	Исследование, не связанное с целями обзора
Pan et al. (2012)	Исследование in vitro
Scribante et al. (2018)	Исследование in vitro
Tseng et al. (2016)	Исследование in vitro
Tseng et al. (2017)	Исследование in vitro
Tseng et al. (2017)	Исследование in vitro

Характеристики исследований

Характеристики включенных исследований описаны в Таблице 4. Отобранные исследования опубликованы в период с 2009 по 2019 гг. Пять исследований являются ККИ, четыре^{3,14,15,20} из которых проспективные и одно²¹ - ретроспективное. Все ККИ исследовали внеальвеолярные МИ.

Средний возраст пациентов был от 16.2¹⁵ до 29.6²¹ лет. В статьях наблюдалась значительная разница относительно числа используемых МИ - от 10¹⁴ до 386²² на группу. Одно исследование¹⁴ не описывало соотношение пациентов по полу и их средний возраст.

В двух статьях^{14,15} МИ устанавливались мезиальнее моляров, в одном²² использовались в подскуловом гребне. Было замечено, что величина нагрузки варьировала в зависимости от цели установки: для ретракции верхнего зубного ряда максимальная сила

была 227 – 397 г²², тогда как ретракция клыкков требовала самой низкой силы 90 – 100 г¹⁵. Три исследования^{3,20,21} не сообщили о величине прилагаемой силы и не стандартизировали места и цели установки МИ.

Относительно типа сверления, три исследования^{3,15,21} описывали разный тип сверления для титановых и стальных МИ. В одной²¹ работе использовали самонарезающие титановые МИ и самосверлящие стальные МИ. В другом исследовании титановые МИ были самосверлящие, в то время как стальные МИ были самонарезающие¹⁵. В третьем исследовании³ было три группы, в одной использовались самосверлящие стальные МИ, в другой - самосверлящие титановые МИ, в третьей - самонарезающие титановые МИ. Самый длительный период наблюдения был 12 месяцев,^{14,20} а самый короткий - 160.8 дней¹⁵. Одна публикация не сообщила о длительности периода наблюдения.²¹

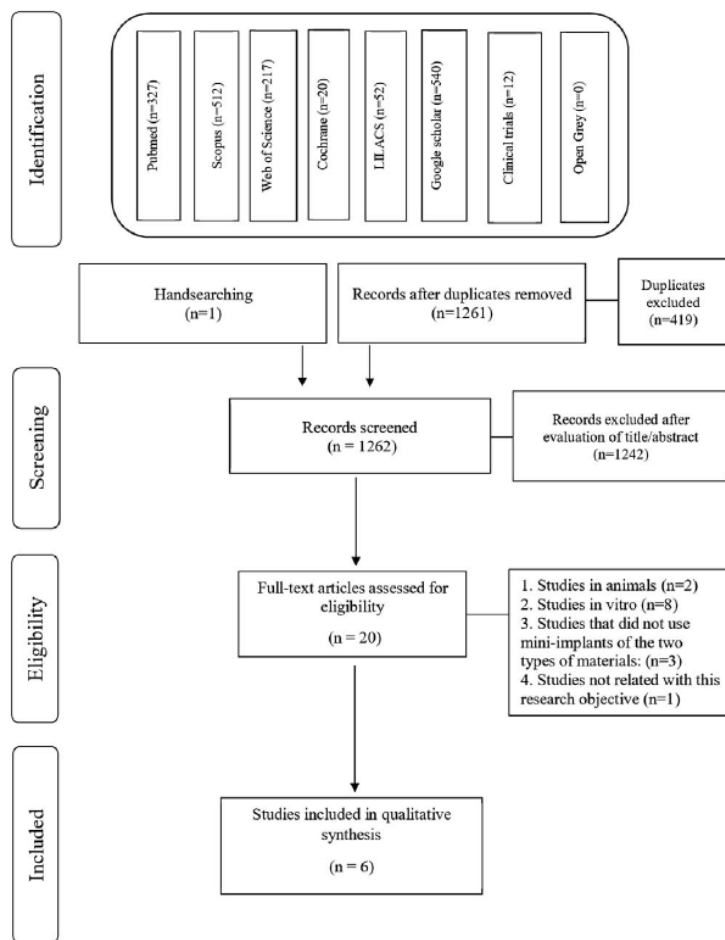


Рисунок 1. Блок-схема выявления

Перевод рисунка 1.

Выявление

PubMed (n=327), SCOPUS (n=512), Web of Science (n=217), Cochrane (n=20), LILACS (n=52), Google Scholar (n=540), Clinical Trials (n=12), и OpenGray (n=0)

Ручной поиск (n=1)

Исследования после удаления дубликатов (n=1261)

Исключено дубликатов (n=419)

Скрининг

Скрининг исследований (n=1262)

Исследования, исключенные после оценки заголовка/аннотации (n=1242)

Приемлемость

Полнотекстовые статьи, оцениваемые на приемлемость (n=20)

1. Исследования на животных (n=2)
2. Исследования in-vitro (n=8)
3. Исследования, не использующие мини-импланты из двух видов материалов (n=3)
4. Исследования, не связанные с целями обзора (n=1)

Включение

Исследования, включённые в качественный синтез (n=6)

Риск необъективности в исследованиях

Среди ККИ, два^{15,20} показали средний риск RoV как результат разницы в лечении между группами и выбора предпочтительных результатов исследования, другие три статьи показали высокий RoV.^{3,14,21} Одна²¹ из них представляла ретроспективное исследование, в котором отсутствовала такая важная информация, как величина силы, период наблюдения, цель установки и критерий приемлемости. Ошибки в статистическом анализе были найдены в одной работе¹⁴. Когда статистический анализ в этом исследовании был перепроверен, не было обнаружено разницы между группами ни в одном из следующих статистических тестов: хи-квадрат, который использовался в исследовании; точный тест Фишера; G тест; биномиальный; или RR (BioEstat, version 5.3; Mamiraua Institute, Belem, Para, Brazil). По этой причине данная статья¹⁴ получила высокий RoV. Другая работа³ получила высокий RoV в результате несоответствий между числом МИ в группах, различий в положениях винтов, отсутствия чётких критериев включения и недостаточного описания вмешательства (применяемой силы, цели установки).

РКИ²² показало низкий RoV как результат адекватной выборки и стандартизации места установки, используемой силы, времени наблюдения и цели использования в двух группах. Оценка RoV для всех включенных исследований показана в Таблицах 5 и 6.

Результаты индивидуальных исследований

Самый низкий уровень успешности, обнаруженный у стальных МИ был 50%¹⁴, и самый высокий - 100%¹⁵. У титановых МИ самый низкий уровень был 84.46%²⁰, самый высокий - 100%¹⁵.

Только одно исследование показало, что титановые МИ оказались успешнее стальных, и что больший уровень неудач выявлен на верхней челюсти по сравнению с нижней¹⁴. Другие пять исследований – одно РКИ²² и четыре ККИ^{3,15,20,21} – не показали статистической разницы между уровнем успешности двух материалов. Одна статья не сообщала об отторжении МИ ни в одной из групп¹⁵.

Возраст был определяющим фактором для отторжения МИ в двух исследованиях^{20,21}, но было замечено расхождение результатов. В одной статье²⁰ старшие пациенты были более подвержены отторжению МИ, показывая 5% повышения риска отторжения на каждый дополнительный год жизни среди участников старше 30 лет, тогда как в другом²¹ - пациенты младше 35 лет показывали более высокий риск отторжения МИ. В других двух работах^{3,22} возраст не являлся определяющим фактором. МИ большей длины²⁰ были определены как более успешные, в то время как другая статья³ выявила, что диаметр и длина не являются факторами, ассоциированными с отторжением МИ. Установка в прикрепленную десну²¹ также считается главным фактором стабильности МИ.

Синтез результатов

Мета-анализ не проводился из-за гетерогенности методологий, в основном из-за разных размеров и локаций МИ, а также величины силы. Для каждого исследования анализировались относительные риски, и разницы между группами найдено не было (Таб. 7).

Оценка качества доказательств

Оценка доказательности согласно системе GRADE отображена в Таблице 8. Качество доказательств оценивалось как высокое для РКИ, так как в данном исследовании был

отличный контроль влияющих факторов, адекватный размер выборки и мало ограничений. Для ККИ качество доказательств оценено как среднее из-за ограничений в дизайне исследования и различии между вмешательствами в группах.

ОБСУЖДЕНИЕ

По мере роста использования МИ в ортодонтии начинают изучаться главные факторы их стабильности для уменьшения риска неудач. Установлено, что на уровень успешности среди прочих^{3,20} могут влиять такие факторы как: место установки¹², близость корней²³ и навыки хирурга¹¹. Тем не менее, влияние разных материалов, использованных при производстве МИ, на их стабильность не было до конца понятно.

Наиболее часто используемый материал для производства МИ - титан²⁴, который обладает большей биосовместимостью, чем сталь²⁵, хорошей устойчивостью к коррозии и обеспечивает лучший контакт между поверхностью МИ и костью пациента (остеоинтеграцию)²⁶. Следует отметить, что степень остеоинтеграции, достигаемой МИ в ортодонтии ниже, чем у дентальных имплантатов.^{9,27} Среди недостатков титановых МИ - высокая цена по сравнению со стальными и необходимость пилотного сверления в плотной кости^{26,28}.

Стальные МИ также используются в ортодонтической практике, обладают хорошими механическими характеристиками, большей сопротивляемостью к поломкам и проникающей способностью.^{9,10,26} Некоторые исследования *in-vitro* и на животных показали, что оба материала дают похожие результаты относительно прочности на излом и кручение,²⁹ механическую стабильность и гистологический ответ.⁸

Резюме доказательств

Большинство включенных исследований^{3,15,20-22} не обнаружили разницы между двумя материалами. В этих исследованиях процент успешности стальных МИ варьировал от 74.6%²¹ до 100%¹⁵ и для титановых - от 80.9%²¹ до 100%¹⁵. Только одно ККИ сообщило о статистически значимой разнице между двумя группами.¹⁴ Тем не менее, статистический анализ был перепроверен, и значимой разницы обнаружено не было. Из-за того, что исследование имеет высокий RoV, его выводы должны анализироваться с осторожностью.

Важно подчеркнуть, что некоторые исследования не стандартизировали места и цель установки МИ,^{3,20,21} не уточняли продолжительность наблюдений,²¹ и не измеряли приложенную силу.^{3,20,21} Если эти факторы могут влиять на стабильность МИ, важно, чтобы они были контролируемыми и стандартизированными между двумя группами. Некоторые исследования, которые не контролировали влияющие факторы, имели больший риск неудач,^{20,21} в то время как те, которые их контролировали, имели процент успешности выше 90%.^{15,22} В одной статье не было потери МИ ни в одной группе.¹⁵ Высокий уровень успешности, обнаруженный в этом исследовании,¹⁵ может быть связан с тем, что цель установки МИ в нём - дистализация клыков - требует использования более слабых сил. В дополнение, установка производилась в прикрепленную десну у пациентов со здоровой полостью рта, что предрасполагает к более успешному результату. Некоторые включенные статьи говорят, что место установки²¹, возраст пациента^{20,21}, челюсть¹⁴ и длина МИ²⁰ являются факторами, ассоциированными со стабильностью. Тем не менее, недавний мета-анализ,³⁰ показал, что диаметр МИ, длина и дизайн, возраст пациента, челюсть имели незначительный эффект на уровень неудач. Установка в область прикрепленной десны тесно связана с высокой успешностью, а курение связано с отторжением. Другой мета-анализ¹² заключил, что установка МИ в различные области твёрдого нёба и, главным образом, отсутствие контакта с корнями, были ассоциированы с высоким уровнем успешности. Литература говорит о том, что титановые МИ требуют пилотного сверления в более плотную кость^{26,28} для предотвращения поломок. Тем не менее, мета-анализ³¹ показал отсутствие разницы в проценте отторжений, независимо от того, были ли МИ самосверлящими или самонарезающими. Три исследования,^{3,15,21} включенные в этот обзор, использовали различные методы сверления для разных групп. Одна статья¹⁵, в которой

описывалось использование самосверлящих титановых МИ, показала процент успешности 100%, тот же уровень обнаружен для стальных самонарезающих МИ. В другой работе²¹, титановые МИ были самонарезающими, а стальные МИ - самосверлящими, и уровень успешности у обоих материалов был самый низкий среди статей, включенных в этот обзор; тем не менее, разницы между группами выявлено не было. В третьем исследовании, использовавшем как самосверлящие стальные МИ, так и самонарезающие и самосверлящие титановые МИ, разница между уровнем успешности (80% - для стальных МИ, 97.2% - для самосверлящих титановых МИ, 89.4% - для самонарезающих титановых) не была статистически значимой. Следовательно, тип сверления не кажется важным фактором для стабильности МИ.

Инструмент ROBINS-I оценил RoB в двух исследованиях как средний^{15,20} и как высокий - в трёх остальных,^{3,14,21} из-за различия в плане лечения в группах, выборочности представленных результатов и некорректного статистического анализа. РКИ²² показало низкий RoB в основном потому, что использовало адекватный размер выборки и стандартизировало место установки, прилагаемую силу, период наблюдений и цель применения в обоих группах.

Качество доказательств успешности МИ оценивалось с помощью инструмента GRADE, и полученные результаты совпадали с оценкой RoB. Качество доказательств было высоким для РКИ, так как работа удовлетворительно контролировала влияющие факторы и возможные систематические ошибки. Этого не наблюдалось в большинстве ККИ, которые дают только средний уровень доказательности. Даже на фоне необходимости лучшего дизайна исследований, имеющиеся доказательства указывают на то, что материал, из которого произведен МИ, не кажется значимой переменной для обеспечения стабильности МИ. Относительный риск включённых исследований варьировал от 0.85 до 5, не было выявлено статистически значимой разницы между успехом минивинтов из разных материалов ни в одной статье (Таблица 7).

Ограничения

ККИ,^{3,14,15,20,21} включенные в данный обзор, имели некоторые ограничения в своей методологии и дизайне исследования, что нашло отражение в оценке RoB. На стабильность МИ влияли такие факторы, как гигиена пациента, место установки, навыки хирурга. Следовательно, эти факторы необходимо контролировать во всех исследованиях, сравнивающих стальные и титановые МИ. Хотя ни одно из исследований этого не сделало, уровень успешности между группами всегда был примерно одинаковым, за исключением одного,¹⁴ в котором не предоставлено надежных доказательств.

Другое возможное ограничение состояло в том, что лучшее доступное РКИ²² оценивало внеальвеолярные МИ, которые использовались для разных целей и имели размер, отличающийся от размера межкорневых МИ. Поэтому РКИ, оценивающее межкорневые МИ необходимо главным образом из-за ограничений качества имеющихся ККИ. Однако, целью этого обзора являлась оценка влияния материала, из которого произведены МИ, на уровень успешности их установки, вне зависимости от того, куда они были установлены, между корней или в подскуловой гребень. В РКИ был контроль возможных влияющих факторов и рандомизация пациентов, так что любые возможные различия между группами скорее всего будут обусловлены именно материалом изготовления МИ, нежели другими факторами.

Клинические особенности

Учитывая возможную ограниченность доказательств, результаты все же показывают, что материал изготовления - титан или сталь - не играет роли в стабильности МИ. Соответственно, стальные МИ - это хороший выбор из-за более низкой стоимости и сопоставимых с титановыми МИ клинических результатов.

Таблица 4. Обобщение данных исследований, включенных в обзор^a

Автор, год, страна	Тип исследования	Участники (n), М/Ж (n), и возраст (число лет)	МИ (n)	Характеристики МИ (длина, материал)	Величина силы и время заживления
Chang et al. (2019), Тайвань ²²	РКИ	386 76/310 24.3 10.3-59.4	772 386 – SS 386 - Ti	Самосверлящие OrthoBoneScrew (Newton's A Ltd, Taiwan). 2 мм x 12 мм	227-397 г; немедленная нагрузка
Ashith et al. (2018), Индия ¹⁴	«Split mouth» ККИ	10 - - 15-25	20 10 – SS 10 - Ti	Самосверлящие стальные МИ (S.K. Surgicals, India) 1.3 мм x 8 мм	Изначально - 50-70 г, далее повышение до 150 г; немедленная нагрузка
Bollero et al. (2018), Италия ¹⁵	«Split mouth» ККИ	15 6/9 16.2±4.6	30 15 – SS 15 - Ti	Самонарезающие стальные МИ (Leone, Italy) 1.5 мм x 8 мм Самосверлящие титановые МИ (Spider Screw, Italy) 1.5 мм x 8 мм	90-100 г; немедленная нагрузка
Tsai et al. (2016), Китай ²⁰	Проспективное ККИ	139 25/114 25.7±7.5 12-56	254 151 – SS 103 - Ti	Самосверлящие стальные МИ: (Syntec Scientific Corp, Taiwan) 2 мм x 12 мм; 2 мм x 10 мм; 2 мм x 8 мм.	Сила не указана, ранняя и поздняя нагрузка
Yao et al. (2015), Тайвань ²¹	Ретроспективное ККИ	220 66/154 29.3 -	496 161 – SS 335 - Ti	Самосверлящие стальные МИ: (Kwung-Jer, Taiwan) – Самонарезающие титановые МИ: (Leibinger, Germany) -	Сила не указана, ранняя и поздняя нагрузка

Wu et al. (2009), Тайвань ³	Проспективное ККИ	166 35/131 26.5±8.9 -	395 20 – SS 375 - Ti	Самосверляющие стальные МИ: (Syntec Scientific Corp, Taiwan) 1.5 или 2 мм x 10 или 12 мм Самонарезающие титановые МИ: (Dentos, Korea) 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 или 1.7 мм x 7, 8 или 10 мм Самосверляющие титановые МИ: (Mondel Medical System, Germany) 1.5 или 2.0 мм x 11 или 13 мм
--	-------------------	--------------------------------	----------------------------	---

^aККИ обозначает контролируемое клиническое исследование; Ж - женщины; М - мужчины; МИ – мини-имплант; РКИ – рандомизированное клиническое исследование; SS – нержавеющая сталь; Ti – титан.

Таблица 4. Продолжение

Локация МИ	Период наблюдения	Цель установки	Статистический анализ	Методы оценки результата	Результаты
Подскуловой гребень	6 месяцев	Ретракция всего верхнего зубного ряда	χ^2 тест	Подвижность	Успешность: Всего: 93.7% SS: 93% Ti: 94.3%
Между премолярами и молярами верхней и нижней челюсти	12 месяцев или более после завершения лечения	Прямая опора для ретракции en masse	Тест Манна-Уитни и χ^2 тест	Подвижность	Успешность: Всего: 70% SS: 50% Ti: 90%
Прикрепленная десна, мезиальнее верхних моляров	160.8±23 дня	Прямая опора для дистализации клыков	-	Подвижность	Успешность: Всего: 100% SS: 100% Ti: 100%
Разные области верхней и нижней челюсти	12 месяцев	Ретракция – 152 (61.8%) Протракция – 8 (2.8%) Инtruзия – 52 (19.7%) Апрайтинг – 26 (10.2%) Усиление опоры – 10 (3.1%) ВАМР – 6 (2.4%)	Анализ методом Каплана-Майера с лог-ранговыми тестами и модель пропорциональных рисков Кокса	Выпадение, боль, инфекция или патологические изменения в окружающих мягких тканях	Успешность: Всего: 85.82% SS: 86.75% Ti: 84.46%

Таблица 7. Относительные риски (RR) исследований ^a

Исследование	Тип МИ	Отторжение	Успех		Итого	RR/CI	Чис.
Ashith et al. (2018) ¹⁴	SS TI	5 1	5 9		10 10	5/0.70– 35.50	.071
Bollero et al. (2018) ¹⁵	SS TI	0 0	15 15		15 15	-	-
Tsai et al. (2016) ²⁰	SS TI	20 16	131 87		151 103	0.85/0.46– 1.57	.370
Wu et al. (2009) ³	SS TI	4 37	16 338		20 375	2.03/0.80– 5.13	.142
Yao et al. (2015) ²¹	SS TI	41 64	120 271		161 335	1.33/0.94– 1.88	.066
Chang et al. (2015) ²²	SS TI	27 22	359 364		386 386	1.23/0.47– 1.41	.277

^a CI (confidence interval) обозначает доверительный интервал; МИ – мини-имплант; RR – относительный риск; SS – нержавеющая сталь; TI - титан

Таблица 8. GRADE Таблица профиля доказательств

Оценка уверенности						Кол-во МИ			
№ Исследования	Дизайн исследования	Риск необъективности	Несогласованность	Косвенность	Неточность	Стальные Мини-импланты	Титановые мини-импланты	Уверенность	Важность
Уровень успешности									
5	Нерандомизированное исследование	Высокий ^a	Серьезная ^b	Не значимая	Не значимая	287/357 (80.4%)	720/838 (85.9%)	Средняя+++	Критичная
1	Рандомизированное исследование	Не значимый	Не значимая	Не значимая	Не значимая	359/386 (93.0%)	364/386 (94.3%)	Высокая+++ +	Критичная

^a Два исследования показали серьезные значения ROBINS.

^b В исследуемых группах присутствовала гетерогенность.

ВЫВОДЫ

- Основываясь на ограниченной доказательной базе, можно предположить, что материал, использованный в производстве МИ – сталь или титан – не является главным фактором для их успешности. Поэтому ортодонт должен контролировать другие факторы для достижения лучшего результата, например, место установки, близость корней, навыки хирурга и гигиену пациента.
- Более качественные исследования необходимы для поиска окончательного ответа на данный вопрос.

- Сталь представляется хорошим материалом для ортодонтических МИ из-за более низкой стоимости, чем титановые МИ, и сопоставимой клинической эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Xu Y, Xie J. Comparison of the effects of mini-implant and traditional anchorage on patients with maxillary dentoalveolar protrusion. *Angle Orthod.* 2017;87(2):320–327.
2. Antoszewska-Smith J, Sarul M, Lyczek J, Konopka T, Kawala B. Effectiveness of orthodontic miniscrew implants in anchorage reinforcement during en-masse retraction: a systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;151(3):440–455.
3. Wu TY, Kuang SH, Wu CH. Factors associated with the stability of mini-implants for orthodontic anchorage: a study of 414 samples in Taiwan. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009;67(8):1595–1599.
4. Almeida MR. Biomechanics of extra-alveolar mini-implants. *Dental Press J Orthod.* 2019;24(4):93–109.
5. Cousley RR, Gibbons AJ. Correction of the occlusal and functional sequelae of mandibular condyle fractures using orthodontic mini-implant molar intrusion. *J Orthod.* 2014; 41(3):245–253.
6. Aras I, Tuncer AV. Comparison of anterior and posterior miniimplant- assisted maxillary incisor intrusion: root resorption and treatment efficiency. *Angle Orthod.* 2016;86(5):746–752.
7. de Lima Araujo LH, Zenobio EG, Pacheco W, Cosso MG, Manzi FR, Shibli JA. Mass retraction movement of the anterior upper teeth using orthodontic mini-implants as anchorage. *Oral Maxillofac Surg.* 2012;16(1):95–99.
8. Brown RN, Sexton BE, Gabriel Chu TM, et al. Comparison of stainless steel and titanium alloy orthodontic miniscrew implants: a mechanical and histologic analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;145(4):496–504.
9. Deguchi T, Takano-Yamamoto T, Kanomi R, Hartsfield JK Jr, Roberts WE, Garetto LP. The use of small titanium screws for orthodontic anchorage. *J Dent Res.* 2003;82(5): 377–381.
10. Francioli D, Ruggiero G, Giorgetti R. Mechanical properties evaluation of an orthodontic miniscrew system for skeletal anchorage. *Prog Orthod.* 2010;11(2):98–104.
11. Lim HJ, Choi YJ, Evans CA, Hwang HS. Predictors of initial stability of orthodontic miniscrew implants. *Eur J Orthod.* 2011;33(5):528–532.
12. Mohammed H, Wafaie K, Rizk MZ, Almuzian M, Sosly R, Bearn DR. Role of anatomical sites and correlated risk factors on the survival of orthodontic miniscrew implants: a systematic review and meta-analysis. *Prog Orthod.* 2018;19(1):36.
13. Papageorgiou SN, Zogakis IP, Papadopoulos MA. Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants: a meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142(5):577–595.e577.
14. Ashith MV, Shetty BK, Shekatkar Y, Mangal U, Mithun K. Assessment of immediate loading with mini-implant anchorage in critical anchorage cases between stainless steel versus titanium miniscrew implants: a controlled clinical trial. *Biomed Pharmacol J.* 2018;11(2):971–977.
15. Bollero P, Di Fazio V, Pavoni C, Cordaro M, Cozza P, Lione R. Titanium alloy vs. stainless steel miniscrews: an in vivo split-mouth study. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2018;22(8): 2191–2198.
16. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *J Clin Epidemiol.* 2009;62(10): 1006–1012.
17. Sterne JA, Hernan MA, Reeves BC, et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ.* 2016;355:i4919.
18. Sterne JAC, Savovic J, Page MJ, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *Bmj.* 2019;366:l4898.

19. Balshem H, Helfand M, Schunemann HJ, et al. GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *J Clin Epidemiol*. 2011;64(4):401–406.
20. Tsai CC, Chang HP, Pan CY, Chou ST, Tseng YC. A prospective study of factors associated with orthodontic mini-implant survival. *J Oral Sci*. 2016;58(4):515–521.
21. Yao CC, Chang HH, Chang JZ, Lai HH, Lu SC, Chen YJ. Revisiting the stability of mini-implants used for orthodontic anchorage. *J Formos Med Assoc*. 2015;114(11):1122–1128.
22. Chang CH, Lin JS, Roberts WE. Failure rates for stainless steel versus titanium alloy infrazygomatic crest bone screws: a single-center, randomized double-blind clinical trial. *Angle Orthod*. 2019;89(1):40–46.
23. Watanabe H, Deguchi T, Hasegawa M, Ito M, Kim S, Takano-Yamamoto T. Orthodontic miniscrew failure rate and root proximity, insertion angle, bone contact length, and bone density. *Orthod Craniofac Res*. 2013;16(1):44–55.
24. Cornelis MA, Scheffler NR, De Clerck HJ, Tulloch JF, Behets CN. Systematic review of the experimental use of temporary skeletal anchorage devices in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;131(4 suppl):S52–S58.
25. Branemark PI, Hansson BO, Adell R, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl*. 1977;16:1–132.
26. Elias CN, Lima JHC, Valiev R, Meyers MA. Biomedical applications of titanium and its alloys. *JOM*. 2008;60(3):46–49.
27. Chen F, Terada K, Hanada K, Saito I. Anchorage effect of osseointegrated vs nonosseointegrated palatal implants. *Angle Orthod*. 2006;76(4):660–665.
28. Hosein YK, Smith A, Dunning CE, Tassi A. Insertion torques of self-drilling mini-implants in simulated mandibular bone: assessment of potential for implant fracture. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2016;31(3):e57–e64.
29. Scribante A, Montasser MA, Radwan ES, et al. Reliability of orthodontic miniscrews: bending and maximum load of different Ti-6Al-4V titanium and stainless steel temporary anchorage devices (TADs). *Materials (Basel)*. 2018;11(7):1138–1148.
30. Alharbi F, Almuzian M, Bearn D. Miniscrews failure rate in orthodontics: systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod*. 2018;40(5):519–530.
31. Yi J, Ge M, Li M, et al. Comparison of the success rate between self-drilling and self-tapping miniscrews: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod*. 2017;39(3): 287–293.

Stainless steel or titanium mini-implants? A systematic review

Paulo Mecenas^a; Daybelis Gonzalez Espinosa^b; Paula Coutinho Cardoso^a; David Normando^c

ABSTRACT

Objectives: To investigate whether there was a difference in success rates when stainless steel (SS) was compared to titanium mini-implants (MIs) in orthodontic patients.

Materials and Methods: PubMed, Cochrane, Scopus, Web of Science, Lilacs, Google Scholar, Clinical Trials, and OpenGray were searched without restrictions. A manual search was also performed in the references of the included articles. Studies comparing the success rate between SS and titanium MIs were included. Risk of bias (RoB) was assessed using the ROBINS-I (Risk of Bias in Non-randomized Studies-of Interventions) Tool or RoB 2.0 according to the study design. The level of evidence was assessed through GRADE (Grading of Recommendation, Assessment, Development, and Evaluation).

Results: Six studies met the eligibility criteria. One study was a randomized clinical trial that evaluated extraalveolar MIs, and nonrandomized trials examined interradiolar MIs. The RCT presented a low RoB, two nonrandomized trials presented a moderate risk, and three presented a high risk. The quality of the evidence was high for the randomized clinical trial and moderate for the nonrandomized trials. Most studies found no difference between materials, with good success rates for both (SS, 74.6%–100%; titanium: 80.9%–100%) and only one study, with a high RoB, showed a higher success rate with titanium MIs (90%) when compared with SS (50%). A quantitative analysis was not because of the great heterogeneity among the studies.

Conclusions: Although limited, the current evidence seems to show that the material used is not a major factor in the success rate of MIs. Because it has a lower cost than titanium and presents similar clinical efficiency, SS is a great material for orthodontic MIs. (*Angle Orthod.* 2020;90:587–597.)

KEY WORDS: Mini-implant; Stainless steel; Titanium; Success rate; TADs; Review

INTRODUCTION

The development of temporary anchorage devices (TADs) extended the possibility for orthodontic movement. Compared with traditional means of anchorage, TADs provided simpler orthodontic mechanics, greater patient comfort, reduction of treatment time, no

dependence on patient collaboration, and minor anchorage loss.^{1,2}

The most commonly used TADs are miniplates and mini-implants (MIs). MIs are small enough to be placed in different sites, allowing them to be used routinely in daily orthodontic practice. They have a lower cost than miniplates and require simple handling techniques, which allow them to be installed and removed easily. With the advent of extraalveolar MIs, MIs can be also used in cases that require higher forces and large amounts of movement.^{3,4}

MIs are used for various situations from mass retraction and occlusal plane correction to simpler movements such as tooth intrusion or uprighting.^{5–7} Most available MIs are made of titanium, but SS MIs are also commonly found. Despite the distinct characteristics between these two materials, both fulfill the biomechanical prerequisites of devices used for orthodontic anchorage.^{8–10}

^a MSc Student, Post-Graduate Program of Dentistry, Federal University of Pará, Belém, Pará, Brazil.

^b Professor, Universidad Católica Redemptoris Mater, Managua, Managua, Nicaragua.

^c Associate Professor, Federal University of Pará, Faculty of Dentistry, Belém, Pará, Brazil.

Corresponding author: Paulo Mecenas, MSc Student, Post-Graduate Program of Dentistry, Federal University of Pará, Rua Augusto Correa 01, 66075-110, Belém, Pará, Brazil (e-mail: paulomecenas@hotmail.com)

Accepted: December 2019. Submitted: August 2019.

Published Online: February 24, 2020

© 2020 by The EH Angle Education and Research Foundation, Inc.

MIs must remain stable from their installation to the end of the mechanics employed, and factors such as location, surgeon's ability, and patient hygiene can influence their success.^{3,11,12} Although some meta-analyses have evaluated risk factors for MI failure,^{12,13} none investigated how different materials used to manufacture MIs affected their success rate. Recently published studies did not reach consensus about this issue.^{14,15} This systematic review aimed to investigate whether there was a difference in the success rates when SS was compared with titanium MIs in orthodontic patients.

MATERIALS AND METHODS

This work was registered at the PROSPERO database (<http://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO>) under registration code CRD42019129534 and performed according to PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis) guidelines.¹⁶

Eligibility Criteria

The following selection criteria were adopted:

1. Study design: randomized clinical trials (RCTs) or nonrandomized trials (CCT), prospective or retrospective;
2. Population: patients with fixed appliances needing TADs;
3. Intervention: patients in whom stainless steel (SS) MIs were used;
4. Comparison: patients in whom titanium MIs were used;
5. Outcome: success rate of MIs; and
6. Exclusion criteria: Patients with any bone disease or craniofacial syndrome; studies that used other types of TADs; opinion articles, animal or laboratorial studies, case reports, case-series, and literature reviews.

Information Sources

The following databases were searched: PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane, LILACS, Open-Gray, and Google Scholar. A hand search was conducted by reading the references of the included articles for eventual additional relevant studies. The search was extended to the database clinicaltrials.gov. No restriction on language or date of publication was applied. The search was continued until July 2019.

Search Strategy and Study Selection

The databases were searched independently by two reviewers (P.M. and D.G.E.). Disagreements were

settled through discussion and consensus and, when necessary, a third author's opinion (D.N.) was consulted. The search strategy was developed through a combination between MeSH, entry terms, and keywords related to the PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome) strategy using Boolean operators. The full search strategy for each database is illustrated in Table 1.

The citations were saved in a reference manager (EndNote, x9 version; Clarivate Analytics, Philadelphia, Pa) and, at first, titles and abstract were analyzed according to the eligibility criteria. The selected articles were evaluated by full text, and a final selection was determined.

Risk of Bias Assessment

For the CCTs, the risk of bias (RoB) was performed following the ROBINS-I (Risk of Bias in Non-randomized Studies-of Interventions) tool.¹⁷ The checklist included the following three main domains of bias: preintervention, intervention, and postintervention. The RoB was judged for each domain and for overall evaluation as low, moderate, serious, critical, or no information (Table 2).

For the RCTs, the Cochrane RoB 2.0 tool¹⁸ was used. This tool assessed the following five main bias domains: bias arising from the randomization process, bias as a result of deviations from the intended interventions, bias as a result of missing outcome data, bias in the measurement of the outcome, and bias in the selection of the reported results. The RoB was judged for each domain and for overall evaluation as low, some concerns, or high. Each analysis of RoB was made by two researchers (P.M. and D.G.E.) and, in the case of disagreement, a third reviewer (D.N.) was consulted.

Evaluation of Quality of Evidence

The included studies were given a quality grade related to the MI success rate in accordance with the grading of recommendation, assessment, development, and evaluation (GRADEpro Guideline Development Tool, gradepro.org).¹⁹ This tool considered five aspects for rating the quality of evidence as high, moderate, low, or very low.

Data Extraction

Two reviewers collected the data independently (P.M. and D.G.E.), recording the following items: author, year and location, type of study, participants, type of MI and their characteristics, loading force, and healing time, MI location, follow-up period, purpose of installation, statistical analysis, outcome

Table 1. Search Strategy for Electronic Databases

Database	Keywords	Results
PubMed	((Orthodontic anchorage procedures[MeSH Terms]) OR Orthodontic anchorage procedures[Title/Abstract]) OR Anchorage Procedure, Orthodontic[Title/Abstract]) OR Anchorage Procedures, Orthodontic[Title/Abstract]) OR Orthodontic Anchorage Procedure[Title/Abstract]) OR Procedure, Orthodontic Anchorage[Title/Abstract]) OR Procedures, Orthodontic Anchorage[Title/Abstract]) OR Orthodontic Anchorage Techniques[Title/Abstract]) OR Anchorage Technique, Orthodontic[Title/Abstract]) OR Anchorage Techniques, Orthodontic[Title/Abstract]) OR Orthodontic Anchorage Technique[Title/Abstract]) OR Technique, Orthodontic Anchorage[Title/Abstract]) OR Techniques, Orthodontic Anchorage[Title/Abstract]) OR Miniimplant*[Title/Abstract]) OR Mini implant*[Title/Abstract]) OR Mini-implant*[Title/Abstract]) OR Orthodontic mini-implant[Title/Abstract]) OR Miniscrew*[Title/Abstract]) OR Orthodontic miniscrew[Title/Abstract]) OR Microscrew*[Title/Abstract]) OR orthodontic Microscrew[Title/Abstract]) OR orthodontic bone screws[Title/Abstract]) OR Micro-implant*[Title/Abstract]) OR Microimplant*[Title/Abstract]) OR Skeletal Anchorage bone screw*[Title/Abstract]) OR TAD*[Title/Abstract]) OR Intraosseous screw*[Title/Abstract]) OR Interradicular screw*[Title/Abstract]) OR Temporary anchorage devices[Title/Abstract])) AND ((Titanium[MeSH Terms]) OR Titanium[Title/Abstract]) OR Titanium alloy[MeSH Terms]) OR Titanium alloy[Title/Abstract]) OR Ti6Al4V[Title/Abstract]) OR Ti-6Al-4V alloy[Title/Abstract]) OR Ti-6Al-V4 alloy[Title/Abstract]) OR titanium 6-aluminum-4-vanadium[Title/Abstract]) OR Tivanium[Title/Abstract]) OR Tytanium R[Title/Abstract]) OR Protasul-64WF alloy[Title/Abstract]) OR TiA[Title/Abstract]) OR Ti-alloy[Title/Abstract])) AND ((Stainless steel[MeSH Terms]) OR Stainless steel[Title/Abstract]) OR Stainless Steels[Title/Abstract]) OR Steel, Stainless[Title/Abstract]) OR Steels, Stainless[Title/Abstract]) OR SS[Title/Abstract]) OR Steel[Title/Abstract]) OR Steels[Title/Abstract]) OR Stainless 316L[Title/Abstract])) OR ((Survival rate[MeSH Terms]) OR Survival rate[Title/Abstract]) OR Rate, Survival[Title/Abstract]) OR Rates, Survival[Title/Abstract]) OR Survival Rates[Title/Abstract]) OR Mean Survival Time[Title/Abstract]) OR Mean Survival Times[Title/Abstract]) OR Survival Time, Mean[Title/Abstract]) OR Survival Times, Mean[Title/Abstract]) OR Time, Mean Survival[Title/Abstract]) OR Times, Mean Survival[Title/Abstract]) OR Cumulative Survival Rate[Title/Abstract]) OR Cumulative Survival Rates[Title/Abstract]) OR Rate, Cumulative Survival[Title/Abstract]) OR Rates, Cumulative Survival[Title/Abstract]) OR Survival Rate, Cumulative[Title/Abstract]) OR Survival Rates, Cumulative[Title/Abstract]))))	327
Scopus	(((TITLE-ABS-KEY ("Orthodontic anchorage procedures") OR TITLE-ABS-KEY ("Anchorage Procedure, Orthodontic") OR TITLE-ABS-KEY ("Anchorage Procedures, Orthodontic") OR TITLE-ABS-KEY ("Orthodontic Anchorage Procedure") OR TITLE-ABS-KEY ("Procedure, Orthodontic Anchorage") OR TITLE-ABS-KEY ("Procedures, Orthodontic Anchorage") OR TITLE-ABS-KEY ("Orthodontic Anchorage Techniques") OR TITLE-ABS-KEY ("Anchorage Technique, Orthodontic") OR TITLE-ABS-KEY ("Anchorage Techniques, Orthodontic") OR TITLE-ABS-KEY ("Orthodontic Anchorage Technique") OR TITLE-ABS-KEY ("Technique, Orthodontic Anchorage") OR TITLE-ABS-KEY ("Techniques, Orthodontic Anchorage") OR TITLE-ABS-KEY (miniimplant) OR TITLE-ABS-KEY ("Mini implant") OR TITLE-ABS-KEY (mini-implant*) OR TITLE-ABS-KEY ("Orthodontic mini-implant") OR TITLE-ABS-KEY (miniscrew*) OR TITLE-ABS-KEY ("Orthodontic miniscrew") OR TITLE-ABS-KEY (microscrew*) OR TITLE-ABS-KEY ("orthodontic Microscrew"))) OR ((TITLE-ABS-KEY ("orthodontic bone screws") OR TITLE-ABS-KEY (micro-implant*) OR TITLE-ABS-KEY (microimplant*) OR TITLE-ABS-KEY ("Skeletal Anchorage bone screw") OR TITLE-ABS-KEY (tad*) OR TITLE-ABS-KEY ("Intraosseous screw") OR TITLE-ABS-KEY ("Interradicular screw") OR TITLE-ABS-KEY ("Temporary anchorage devices")))) AND (((TITLE-ABS-KEY (titanium) OR TITLE-ABS-KEY ("Titanium alloy") OR TITLE-ABS-KEY (ti6al4v) OR TITLE-ABS-KEY ("Ti-6Al-4V alloy") OR TITLE-ABS-KEY ("Ti-6Al-V4 alloy") OR TITLE-ABS-KEY ("titanium 6-aluminum-4-vanadium") OR TITLE-ABS-KEY (tivanium) OR TITLE-ABS-KEY ("Tytanium R") OR TITLE-ABS-KEY ("Protasul-64WF alloy") OR TITLE-ABS-KEY (tia) OR TITLE-ABS-KEY (ti-alloy)))) AND ((TITLE-ABS-KEY ("Stainless steel") OR TITLE-ABS-KEY ("Stainless Steels") OR TITLE-ABS-KEY ("Steel, Stainless") OR TITLE-ABS-KEY ("Steels, Stainless") OR TITLE-ABS-KEY (ss) OR TITLE-ABS-KEY (steel) OR TITLE-ABS-KEY (steels) OR TITLE-ABS-KEY ("Stainless 316L"))))) OR ((TITLE-ABS-KEY ("Survival rate") OR TITLE-ABS-KEY ("Rate, Survival") OR TITLE-ABS-KEY ("Rates, Survival") OR TITLE-ABS-KEY ("Survival Rates") OR TITLE-ABS-KEY ("Mean Survival Time") OR TITLE-ABS-KEY ("Mean Survival Times") OR TITLE-ABS-KEY ("Survival Time, Mean") OR TITLE-ABS-KEY ("Survival Times, Mean") OR TITLE-ABS-KEY ("Time, Mean Survival") OR TITLE-ABS-KEY ("Times, Mean Survival") OR TITLE-ABS-KEY ("Cumulative Survival Rate") OR TITLE-ABS-KEY ("Cumulative Survival Rates") OR TITLE-ABS-KEY ("Rate, Cumulative Survival") OR TITLE-ABS-KEY ("Rates, Cumulative Survival") OR TITLE-ABS-KEY ("Survival Rate, Cumulative") OR TITLE-ABS-KEY ("Survival Rates, Cumulative"))))	512

Downloaded from <http://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/article-pdf/90/4/587/2694006/0003-3219-90-4-587.pdf> by guest on 13 August 2021

Table 1. Continued

Database	Keywords	Results
Web of Science	(("Orthodontic anchorage procedures") OR TÓPICO: ("Anchorage Procedure, Orthodontic") OR TÓPICO: ("Anchorage Procedures, Orthodontic") OR TÓPICO: ("Orthodontic Anchorage Procedure") OR TÓPICO: ("Procedure, Orthodontic Anchorage") OR TÓPICO: ("Procedures, Orthodontic Anchorage") OR TÓPICO: ("Orthodontic Anchorage Techniques") OR TÓPICO: ("Anchorage Technique, Orthodontic") OR TÓPICO: ("Anchorage Techniques, Orthodontic") OR TÓPICO: ("Orthodontic Anchorage Technique") OR TÓPICO: ("Technique, Orthodontic Anchorage") OR TÓPICO: ("Techniques, Orthodontic Anchorage") OR (Miniimplant*) OR TÓPICO: ("Mini implant*") OR TÓPICO: (Mini-implant*) OR TÓPICO: ("Orthodontic mini-implant") OR TÓPICO: (Miniscrew*) OR TÓPICO: ("Orthodontic miniscrew") OR TÓPICO: (Microscrew*) OR TÓPICO: ("Orthodontic microscrew") OR TÓPICO: ("orthodontic bone screws") OR TÓPICO: (Micro-implant*) OR TÓPICO: (Microimplant*) OR TÓPICO: ("Skeletal Anchorage bone screw*") OR TÓPICO: (TAD*) OR TÓPICO: ("Intraosseous screw*") OR TÓPICO: ("Interradicular screw*") OR TÓPICO: ("Temporary anchorage devices") AND (((Titanium) OR TÓPICO: ("Titanium alloy") OR TÓPICO: (Ti6Al4V) OR TÓPICO: ("Ti-6Al-4V alloy") OR TÓPICO: ("Ti-6Al-V4 alloy") OR TÓPICO: ("titanium 6-aluminum-4-vanadium") OR TÓPICO: (Tivanium) OR TÓPICO: ("Tytanium R") OR TÓPICO: ("Protasul-64WF alloy") OR TÓPICO: (TiA) OR TÓPICO: (Ti-alloy)) AND (("Stainless steel") OR TÓPICO: ("Stainless Steels") OR TÓPICO: ("Steel, Stainless") OR TÓPICO: ("Steels, Stainless") OR TÓPICO: (SS) OR TÓPICO: (Steel) OR TÓPICO: (Steels) OR TÓPICO: ("Stainless 316L")) OR (("Survival rate") OR TÓPICO: ("Rate, Survival") OR TÓPICO: ("Rates, Survival") OR TÓPICO: ("Survival Rates") OR TÓPICO: ("Mean Survival Time") OR TÓPICO: ("Mean Survival Times") OR TÓPICO: ("Survival Time, Mean") OR TÓPICO: ("Survival Times, Mean") OR TÓPICO: ("Time, Mean Survival") OR TÓPICO: ("Times, Mean Survival") OR TÓPICO: ("Cumulative Survival Rate") OR TÓPICO: ("Cumulative Survival Rates") OR TÓPICO: ("Rate, Cumulative Survival") OR TÓPICO: ("Rates, Cumulative Survival") OR TÓPICO: ("Survival Rate, Cumulative") OR TÓPICO: ("Survival Rates, Cumulative"))))	217
Cochrane	#1 ("Orthodontic anchorage procedures"):ti,ab,kw OR ("Anchorage Procedure, Orthodontic"):ti,ab,kw OR ("Anchorage Procedures, Orthodontic"):ti,ab,kw OR ("Orthodontic Anchorage Procedure"):ti,ab,kw OR ("Procedure, Orthodontic Anchorage"):ti,ab,kw (Word variations have been searched) #2 ("Procedures, Orthodontic Anchorage"):ti,ab,kw OR ("Orthodontic Anchorage Techniques"):ti,ab,kw OR ("Anchorage Technique, Orthodontic"):ti,ab,kw OR ("Anchorage Techniques, Orthodontic"):ti,ab,kw OR ("Orthodontic Anchorage Technique"):ti,ab,kw (Word variations have been searched) #3 ("Technique, Orthodontic Anchorage"):ti,ab,kw OR ("Techniques, Orthodontic Anchorage"):ti,ab,kw OR (Miniimplant\$):ti,ab,kw OR ("Mini implant\$"):ti,ab,kw OR (Mini-implant\$):ti,ab,kw (Word variations have been searched) #4 ("Orthodontic mini-implant"):ti,ab,kw OR (Miniscrew\$):ti,ab,kw OR ("Orthodontic miniscrew"):ti,ab,kw OR (Microscrew\$):ti,ab,kw OR ("Orthodontic microscrew"):ti,ab,kw (Word variations have been searched) #5 ("orthodontic bone screws"):ti,ab,kw OR (Micro-implant\$):ti,ab,kw OR (Microimplant\$):ti,ab,kw OR ("Skeletal Anchorage bone screw\$"):ti,ab,kw OR (TAD\$):ti,ab,kw (Word variations have been searched) #6 ("Intraosseous screw\$"):ti,ab,kw OR ("Interradicular screw\$"):ti,ab,kw OR ("Temporary anchorage devices"):ti,ab,kw (Word variations have been searched) #7 #1 or #2 or #3 or #4 or #5 or #6 #8 (Titanium):ti,ab,kw OR ("Titanium alloy"):ti,ab,kw OR (Ti6Al4V):ti,ab,kw OR ("Ti-6Al-4V alloy"):ti,ab,kw OR ("Ti-6Al-V4 alloy"):ti,ab,kw (Word variations have been searched) #9 ("titanium 6-aluminum-4-vanadium"):ti,ab,kw OR (Tivanium):ti,ab,kw OR ("Tytanium R"):ti,ab,kw OR ("Protasul-64WF alloy"):ti,ab,kw OR (TiA):ti,ab,kw (Word variations have been searched) #10 (Ti-alloy):ti,ab,kw (Word variations have been searched) #11 #8 or #9 or #10 #12 ("Stainless steel"):ti,ab,kw OR ("Stainless Steels"):ti,ab,kw OR ("Steel, Stainless"):ti,ab,kw OR ("Steels, Stainless"):ti,ab,kw OR (SS):ti,ab,kw (Word variations have been searched) #13 (Steel):ti,ab,kw OR (Steels):ti,ab,kw OR ("Stainless 316L"):ti,ab,kw (Word variations have been searched) #14 #12 or #13 #15 ("survival rate"):ti,ab,kw OR ("Rate, Survival"):ti,ab,kw OR ("Rates, Survival"):ti,ab,kw OR ("Survival Rates"):ti,ab,kw OR ("Mean Survival Time"):ti,ab,kw (Word variations have been searched) #16 ("Mean Survival Times"):ti,ab,kw OR ("Survival Time, Mean"):ti,ab,kw OR ("Survival Times, Mean"):ti,ab,kw OR ("Time, Mean Survival"):ti,ab,kw OR ("Times, Mean Survival"):ti,ab,kw (Word variations have been searched) #17 ("cumulative survival rate"):ti,ab,kw OR ("Cumulative Survival Rates"):ti,ab,kw OR ("Rate, Cumulative Survival"):ti,ab,kw OR ("Rates, Cumulative Survival"):ti,ab,kw OR ("Survival Rate, Cumulative"):ti,ab,kw (Word variations have been searched) #18 ("Survival Rates, Cumulative"):ti,ab,kw (Word variations have been searched) #19 #15 or #16 #17 or #18 #20 #11 and #14 #21 #20 or #19 #22 #7 and #21	20

Table 1. Continued

Database	Keywords	Results
LILACS	(tw:((Orthodontic anchorage procedures) OR (Anchorage Procedure, Orthodontic) OR (Anchorage Procedures, Orthodontic) OR (Orthodontic Anchorage Procedure) OR (Procedure, Orthodontic Anchorage) OR (Procedures, Orthodontic Anchorage) OR (Orthodontic Anchorage Techniques) OR (Anchorage Technique, Orthodontic) OR (Anchorage Techniques, Orthodontic) OR (Orthodontic Anchorage Technique) OR (Technique, Orthodontic Anchorage) OR (Techniques, Orthodontic Anchorage) OR (Miniimplant\$) OR (Mini implant\$) OR (Mini-implant\$) OR (Orthodontic mini-implant) OR (Miniscrew\$) OR (Orthodontic miniscrew) OR (Microscrew\$) OR (orthodontic Microscrew) OR (orthodontic bone screws) OR (Micro-implant\$) OR (Microimplant\$) OR (Skeletal Anchorage bone screw\$) OR (TAD\$) OR (Intraosseous screw\$) OR (Interradicular screw\$) OR (Temporary anchorage devices\$))) AND (tw:((tw:((tw:((Titanium) OR (Titanium alloy) OR (Ti6Al4V) OR (Ti-6Al-4V alloy) OR (Ti-6Al-V4 alloy) OR (titanium 6-aluminum-4-vanadium) OR (Tivanium) OR (Tytanium R) OR (Protasul-64WF alloy) OR (TiA) OR (Ti-alloy))) AND (tw:((Stainless steel) OR (Stainless Steels) OR (Steel, Stainless) OR (Steels, Stainless) OR (SS) OR (Steel) OR (Steels) OR (Stainless 316L)))))) OR (tw:((Survival rate) OR (Rate, Survival) OR (Rates, Survival) OR (Survival Rates) OR (Mean Survival Time) OR (Mean Survival Times) OR (Survival Time, Mean) OR (Survival Times, Mean) OR (Time, Mean Survival) OR (Times, Mean Survival) OR (Cumulative Survival Rate) OR (Cumulative Survival Rates) OR (Rate, Cumulative Survival) OR (Rates, Cumulative Survival) OR (Survival Rate, Cumulative) OR (Survival Rates, Cumulative))))))	52
Google Scholar	Humans+(Orthodontic anchorage procedures OR mini implant OR miniscrew)+(Titanium AND Stainless steel OR Survival rate)	540
OpenGray	Orthodontic anchorage procedures AND Stainless Steel AND Titanium	0
Clinical trials	(Mini implant OR Miniscrew OR Micro implant) AND (Steel AND Titanium OR Survival Rate)	12

assessment, and outcomes. The quantitative data analysis was evaluated through risk ratio (RR). A meta-analysis was not performed because of the large methodological heterogeneity among the studies examined, principally because of the different sizes and location of MIs, as well as the amount of force used.

RESULTS

Study Selection

The electronic search revealed a total of 1680 articles: 327 from PubMed, 512 from SCOPUS, 217

from Web of Science, 20 from Cochrane, 52 from LILACS, 540 from Google Scholar, 12 from Clinical Trials, and 0 from OpenGray. After removing duplicates, 1261 studies remained. One article was added for screening after a hand search of the references in the included articles. After reading the titles and abstracts, 20 articles were evaluated by full text, and 14 were excluded. The reasons for exclusion were as follows: in vitro studies (n = 7), evaluation of only one type of MI (n = 3), animal studies (n = 2), and study not related to the research objective (n = 1; Table 3). As a result, six articles were included (Figure 1).

Table 2. Bias and Domains Considered in Risk of Bias Evaluation According to the ROBINS-I (Risk of Bias in Non-randomized Studies-of Interventions) Tool

Domain Bias	Description
Preintervention	
Bias as a result of confounding	Baseline confounding: large discrepancy in the number of participants or mini-implants per group Mini-implant characteristics confounding: differences in mini-implants characteristics and his location
Bias in selection of participants into the study	Absence of clear eligibility criteria Exclusion of some eligible participants or difference between the follow-up period
Intervention	
Bias in classification of interventions	When the intervention status (applied force, healing time, purpose of installation, follow-up period) was not described correctly
Postintervention	
Bias as a result of deviations from intended interventions	In the occurrence of systemic differences between the intervention group (stainless steel mini-implants) and the comparison group (titanium mini-implants)
Bias as a result of missing data	In the event of loss of follow-up, incomplete data collection and exclusion of participants in the analysis
Bias in measurement of the outcomes	When success rates or other parameters of interest were measured with error
Bias in selection of the reported results	Selective reporting of results when the effects of all measurements of results were not fully reported

Table 3. List of Excluded Studies With Reason

Reference	Reason for Exclusion
Antoszewska et al. (2009)	No use of both types of mini-implants
Bourguigui et al. (2014)	No use of both types of mini-implants
Brown et al. (2014)	Animal study
Carano et al. (2005)	In vitro study
Chen et al. (2018)	In vitro study
Gritsch et al. (2013)	Animal study
Khan et al. (2016)	No use of both types of mini-implants
Kliauga et al. (2010)	In vitro study
Natarajan et al. (2017)	Studies not related with the research objective
Pan et al. (2012)	In vitro study
Scribante et al. (2018)	In vitro study
Tseng et al. (2016)	In vitro study
Tseng et al. (2017)	In vitro study
Tseng et al. (2017)	In vitro study

Study Characteristics

The characteristics of the included studies are described in Table 4. Selected articles were published between 2009 and 2019. Five studies were CCTs, four^{3,14,15,20} were prospective and one²¹ retrospective. All CCTs investigated interradicular MIs. Only one²² study was a RCT that investigated extraalveolar MIs.

The mean age of participants ranged from 16.2¹⁵ to 29.6²¹ years. Great differences among the articles were observed regarding the number of MIs used that ranged from 10¹⁴ to 386²² per group. Only one study¹⁴ did not describe the number of male/female subjects and the mean age of patients.

In two articles,^{14,15} the MIs were installed mesially to the molars, whereas one²² used extraalveolar MIs in the infrazygomatic crest. It was observed that the loading forces ranged according to the purpose of installation: for maxillary retraction, the highest load used was 227 to 397 g,²² whereas the canine retraction required the lowest forces, 90 to 100 g.¹⁵ Three studies^{3,20,21} did not report the loading forces applied and did not standardize the installation sites and purposes of MI.

In relation to drill type, three studies^{3,15,21} used different types of drills for the titanium and SS groups. One²¹ article used predrilled titanium MIs and self-drilling SS MIs. In another study, titanium MIs were self-drilling, whereas the SS MIs were predrilled¹⁵ In a third study,³ three groups were used, one composed of self-drilling SS MIs, another composed of self-drilling titanium MIs, and a third composed of predrilled titanium MIs. The greatest follow-up period was 12 months,^{14,20} and the lowest was 160.8 days.¹⁵ Only one study did not report the follow-up period.²¹

RoB Within Studies

Regarding the CCTs, two^{15,20} showed moderate RoB as a result of the differences in treatment between

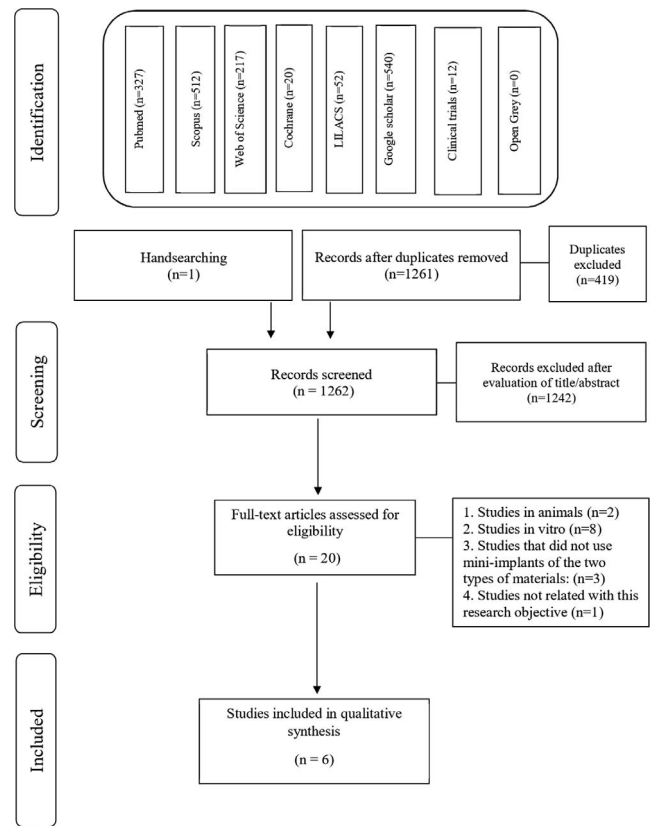


Figure 1. Flow diagram of study identification.

groups and the selection of results presented, whereas the other three articles presented a high RoB.^{3,14,21} One²¹ of those was a retrospective study in which important information was lacking such as the force applied, follow-up period, installation purpose, and eligibility criteria. An error in the statistical analysis was found in one study.¹⁴ When the statistical analysis of this article was reevaluated, no differences were detected in any of the following statistical tests: chi-square, which was used in the article; Fisher exact test; G test; binomial; or RR (BioEstat, version 5.3; Mamirauá Institute, Belém, Pará, Brazil). For this reason, the study¹⁴ received a high RoB. Another study³ received a high RoB as a result of discrepancies between MI numbers by group, differences in MI locations, absence of clear eligibility criteria, and poor description of interventions (applied force, purpose of installation).

The RCT²² exhibited a low RoB as a result of an adequate sample along with standardization of the site of installation, the force used, the follow-up time, and the purpose of use for the two groups. The evaluations of RoB for all included studies are presented in Tables 5 and 6.

Results of Individual Studies

The lowest success rate found for SS MIs was 50%,¹⁴ and the highest was 100%.¹⁵ Regarding

titanium MIs, the lowest success rate found was 84.46%,²⁰ and the highest was 100%.¹⁵

Only one study reported that titanium MIs showed higher success rates than SS MIs and that a higher implant failure was found in the upper jaw when compared with the lower jaw.¹⁴ The other five studies—one RCT²² and four CCTs^{3,15,20,21}—did not report statistical differences between the success rates of the two materials. One article did not report MI losses in either group.¹⁵

Age was a determinant factor for MI failures in two studies,^{20,21} but divergent results were found. In one article,²⁰ older patients were more susceptible to MI failures, resulting in a 5% increase in failure risk for every 1-year increase in age among participants older than 30 years, whereas in another²¹ study, patients younger than 35 years presented a higher risk of MI failure than those older than 35 years. In two other studies,^{3,22} age was not a determinant factor. A MI with a longer length²⁰ was cited as more prone to success, whereas another article³ found that diameter and length were not factors associated with MI failure. Installation in the attached gingiva²¹ was also cited as a major factor for MI stability.

Synthesis of Results

A meta-analysis was not performed because of the heterogeneity of methodologies, mainly because of the different sizes and locations of MIs, as well as the amount of force used. The RR for each study was analyzed, and no differences between the groups were found (Table 7).

Assessment of the Quality of Evidence

The evaluation of the evidence according to GRADE is described in Table 8. The quality of evidence was rated as high for the RCT as this work had excellent control of confounding factors, an adequate sample size, and few limitations. For the CCTs, the quality of evidence was rated as moderate because of the limitations of the study designs and differences between the intervention of groups.

DISCUSSION

With the increasing use of MIs in orthodontics, major factors for their stability began to be investigated to decrease the failure rate. It was reported that success rates could be affected by factors such as installation site,¹² root proximity,²³ and surgeon ability¹¹ among others.^{3,20} Nevertheless, the influence of different materials used to manufacture MIs on their stability was not clear.

The most commonly used material for the manufacturing of MIs is titanium,²⁴ which presents better biocompatibility than SS,²⁵ good resistance to corrosion and provide direct contact between the MI surface and the patient's bone (osseointegration).²⁶ It is noteworthy that the degree of osseointegration achieved in orthodontic MIs is lower when compared with dental implants.^{9,27} Among the disadvantages for titanium MIs are the higher price when compared with SS and the need for prior drilling in very dense bone.^{26,28}

SS MIs are also used in orthodontics and present great mechanical properties and better resistance to breakage and penetration capability.^{9,10,26} Some in vitro and animal studies have shown that the two materials present similar results with respect to fracture strength and torsion,²⁹ mechanical stability, and histological responses.⁸

Summary of Evidence

Most of the articles included^{3,15,20–22} found no difference between the two materials. In these studies, the success rate for SS MIs ranged from 74.6%²¹ to 100%¹⁵ and for titanium ranged from 80.9%²¹ to 100%.¹⁵ Only one CCT reported a statistical difference between the groups.¹⁴ Nevertheless, statistical analysis was reevaluated, and no significant difference was detected. Because of this, this study showed a high RoB, and its conclusions should be analyzed with caution.

It is important to emphasize that some studies did not standardize the installation sites and purpose of MIs,^{3,20,21} did not specify the time of follow-up,²¹ and did not measure the forces used.^{3,20,21} If these factors might influence the stability of the MIs, it is essential that they be controlled and standardized between the two groups. Some studies that did not control the confounding factors obtained high rates of failure,^{20,21} whereas those that controlled these factors had success rates above 90%,^{15,22} and in one article there was no loss of MIs in any group.¹⁵ The high success rate found in that study¹⁵ may have been the result of the purpose of the MIs because canine distalization required the use of a lighter force. In addition, the installation occurred in the attached gingiva in patients with good oral health, characteristics that are predisposed to a higher success rate. Some included articles reported that the installation site,²¹ patient age,^{20,21} jaw of insertion,¹⁴ and MI length²⁰ were factors associated with stability. A recent meta-analysis,³⁰ however, showed that MI diameter, length and design, patient age, and jaw of insertion had little effect on the failure rate. Insertion into attached gingiva was strongly related to higher success rates, whereas

Table 4. Summary of the Data From the Studies Included in This Review^a

Author, Year, and Location	Type of Study	Participants (n), M/F (n), and Age (Years)	MIs (n)	Characteristics of MIs (Length, Material)	Loading Force and Healing Time
Chang et al. (2019), Taiwan ²²	RCT	386 76/310 24.3 10.3–59.4	772 386 – SS 386 – Ti	Self-drilling OrthoBoneScrew (Newton's A Ltd, Taiwan). TADs 2 mm × 12 mm	227–397 g; immediate loading
Ashith et al. (2018), India ¹⁴	Split mouth CCT	10 – – 15–25 years	20 10 – SS 10 – Ti	Self-drilling SS MI: (S.K. Surgicals, India) 1.3 mm × 8 mm Self-drilling Ti MI: (Dentos, Korea) 1.3 mm × 8 mm	Initial 50–70 g until 150 g; immediate loading
Bollero et al. (2018), Italy ¹⁵	Split mouth CCT	15 6/9 16.2 ± 4.6	30 15 – SS 15 – Ti	Pre-drilling SS MI: (Leone, Italy) 1.5 mm × 8 mm; Self-drilling Ti MI: (Spider Screw, Italy) 1.5 mm × 8 mm	90–100 g; immediate loading
Tsai et al. (2016), China ²⁰	Prospective CCT	139 25/114 25.7 ± 7.5 12–56	254 151 – SS 103 – Ti	Self-drilling SS MI: (Syntec Scientific Corp, Taiwan) 2 mm x 12 mm; 2 mm x 10 mm; 2 mm x 8 mm. Self-drilling Ti MI: (Huang-Liang Bio-medical Technology, Taiwan) 2 mm x 11 mm, 2 mm x 9 mm; 1.5 mm x 9 mm.	–; early and late loading
Yao et al. (2015), Taiwan ²¹	Retrospective CCT	220 66/154 29.3 –	496 161 – SS 335 – Ti	Self-drilling SS MI: (Kwung-Jer, Taiwan) - Pre-drilling Ti MI: (Leibinger, Germany) -	–; early and late loading
Wu et al. (2009), Taiwan ³	Prospective CCT	166 35/131 26.5 ± 8.9 –	395 20 – SS 375 – Ti	Self-drilling SS MI: (Syntec Scientific Co., Taiwan) 1.5 or 2.0 mm × 10 or 12 mm Pre-drilling Ti MI: (Dentos, Korea) 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, or 1.7 mm × 7, 8, or 10 mm Self-drilling Ti MI: (Mondel Medical System, Germany) 1.5 or 2.0 mm × of 11 or 13 mm	–; late loading

^a CCT indicates controlled clinical trial; F, female; M, male; MI, mini-implant; NS, not specified; RCT, randomized clinical trial; SS, stainless steel; TAD, temporary anchorage devices; Ti, titanium.

smoking was related to failure. Another meta-analysis¹² concluded that insertion in palatal sites and mainly no contact with roots were both associated with great success rates.

The literature reported that titanium MIs need prior drilling in higher density bones^{26,28} to avoid fractures. However, a meta-analysis³¹ showed no difference in failure rates whether the MIs were self-drilling or

Table 5. Risk of Bias in Nonrandomized Studies Selected

Author	Domains/ROBINS-I Tool							
	Preintervention		Intervention			Postintervention		
	Risk of Bias of Confusion	Risk of Bias in the Selection of Participants	Risk of Bias in the Intervention Classification	Risk of Bias as a Result of Deviation From Planned Intervention	Risk of Bias as a Result of Missing Data	Risk of Bias in the Measurement of Results	Risk of Bias in the Selection of Reported Results	General Judgment of Risk of Bias
Ashith et al. (2018) ¹⁴	Low	Low	Low	Low	Low	High	Low	High
Bollero et al. (2018) ¹⁵	Moderate	Low	Low	Moderate	Low	Low	Low	Moderate
Tsai et al. (2016) ²⁰	Low	Low	Moderate	Moderate	Moderate	Low	Moderate	Moderate
Wu et al. (2009) ³	High	High	High	Moderate	Low	Low	Low	High
Yao et al. (2015) ²¹	Moderate	High	High	Moderate	Moderate	Moderate	Low	High

Table 4. Extended

Location of MI	Follow-Up Period	Purpose of Installation	Statistical Analysis	Methods of Outcome Assessment	Outcomes
Infrazigo-matic crest	6 months	Retraction of entire maxillary arch	χ^2 test	Mobility	Success rate: Overall: 93,7% SS: 93% Ti: 94.3%
Between premolar and molar in maxillary and mandibular arches	12 months or treatment conclusion whichever is earlier	Direct anchorage for en masse anterior retraction	Mann-Whitney test and χ^2 test	Mobility	Success rate: Overall: 70% SS: 50% Ti: 90%
Attached gingiva, mesial to maxillary molars	160.8 ± 23 days	Direct anchorage for canine distalization	–	Mobility	Success rate: Overall: 100% SS: 100% Ti: 100%
Various sites of mandible and maxilla	12 months	Retraction - 152 (61.8%) Protraction - 8 (2.8%) Intrusion - 52 (19.7%) Upright - 26 (10.2%) Reinforced anchorages - 10 (3.1%) BAMP - 6 (2.4%)	Kaplan-Meier survival analyses with log-rank tests and Cox proportional-hazards model	Loosening, pain, infection, or pathologic changes in surrounding soft tissues	Success rate: Overall: 85.82% SS: 86.75%; Ti: 84.46%; Survival rate: Overall: 81.6% SS: 79% Ti: 84.2%
Various sites of mandible and maxilla	NS	NS	X2 test, GEE model and Odds Ratio	Loosening or mobility that could not withstand orthodontic loading	Success rate: Overall: 78,83% First implantation: SS: 74.6% Ti: 80.9%
Various sites of mandible and maxilla	6 months	NS	χ^2 test or Fisher exact test	Mobility	Success rate: Overall: 89.9% SS: 80% Ti: 90.2%

predrilled. Three studies^{3,15,21} included in this review did not use the same type of drilling for both groups. One article,¹⁵ which used self-drilling titanium MIs, obtained a success rate of 100%, the same rate found for predrilled SS MIs. In another article,²¹ titanium MIs were predrilled and SS MIs were self-drilling, and the success rates were the lowest for both materials among the articles included in this review; nonetheless, no differences were found between the groups. A third study used self-drilling SS MIs and both predrilled and

self-drilling titanium MIs and, despite the differences among success rates (80% for SS MIs, 97.2% for self-drilling titanium MIs, 89.4% for predrilled titanium MIs), they were not statistically significant. Therefore, the type of drilling did not seem to be an important factor for the stability of the MIs.

The ROBINS-I tool evaluated the RoB in two studies as moderate^{15,20} and as high in three others^{3,14,21} as a result of limitations such as differences in treatment of groups, selection of reported results, and incorrect

Table 6. Risk of Bias in the Randomized Study

Author	Domains/RoB 2.0					Overall Bias
	Bias Arising From the Randomization Process	Bias as a Result of Deviation From Intended Interventions	Bias as a Result of Missing Outcome Data	Bias in Measurement of the Outcome	Bias in Selection of the Reported Result	
Chang et al. (2019) ²²	Low	Low	Low	Low	Low	Low

Table 7. RR of the Studies^a

Study	MI Type	Failure	Success	Total	RR/CI	P Value
Ashith et al. (2018) ¹⁴	SS	5	5	10	5/0.70–35.50	.0716
	TI	1	9	10		
Bollero et al. (2018) ¹⁵	SS	0	15	15	–	–
	TI	0	15	15		
Tsai et al. (2016) ²⁰	SS	20	131	151	0.85/0.46–1.57	.3706
	TI	16	87	103		
Wu et al. (2009) ³	SS	4	16	20	2.03/0.80–5.13	.1420
	TI	37	338	375		
Yao et al. (2015) ²¹	SS	41	120	161	1.33/0.94–1.88	.0660
	TI	64	271	335		
Chang et al. (2015) ²²	SS	27	359	386	1.23/0.47–1.41	.2774
	TI	22	364	386		

^a CI indicates confidence interval; MI, mini-implant; RR, risk ratio; SS, stainless steel; TI, titanium.

statistical analysis. The RCT²² presented a low RoB mainly because it used an adequate sample size and standardized the site of installation, the force used, the time of follow-up, and the purpose of use for both groups.

The quality of evidence of MI success rate was measured using the GRADE tool and presented results consistent with the assessment of RoB. The quality of evidence was high for the RCT once this article satisfactorily controlled confounding factors and possible bias. This was not seen in most CCTs, generating a moderate quality of evidence. Even with the need for better designed studies, the available evidence indicated that the material used to manufacture MIs appeared not to be an important variable for stability. The RR of included studies ranged from 0.85 to 5, but no statistical difference was found in any article (Table 7), demonstrating that the MI material was not a risk factor for failure.

Limitations

The CCTs^{3,14,15,20,21} included in this review had some limitations in their methodologies and study designs, which impacted their RoB assessment. Factors such as patient hygiene, installation site, and surgeon ability influenced the stability of the MI. Consequently, these factors should be controlled in all studies comparing SS and titanium MIs. Although not all studies did this, the success rates between groups were always close

in almost all of the articles, with the exception of one,¹⁴ which did not present reliable evidence.

Another possible limitation was that the best available article, a RCT,²² evaluated extraalveolar MIs, which were used for different purposes and had different sizes than the interradicular MIs. Therefore, a RCT evaluating interradicular MI is necessary mainly because of the limited quality of the existing CCTs. Nonetheless, the aim of this review was to assess the influence of the material used to manufacturing the MI on its success rate, no matter if it was installed between the roots or in the infrazygomatic crest. In the RCT, there was control of possible confounding factors and randomization of the samples, so any possible difference between the groups would have been a result of the material rather than to other factors.

Clinical Considerations

Considering the available limited evidence, the results showed that the material used, titanium or SS, was not relevant to the stability of MIs. Accordingly, SS MIs are a good option because they have a lower cost and have shown clinical results similar to those made of titanium.

CONCLUSIONS

- Based on the limited scientific evidence, it appears that the material used to manufacture MIs—steel or

Table 8. GRADE Evidence Profile Table

No. of Studies	Study Design	Certainty Assessment				No. of Mini-implants		Certainty	Importance
		Risk of Bias	Inconsistency	Indirectness	Imprecision	Stainless Steel Mini-Implant	Titanium Mini-Implant		
Success rate									
5	Nonrandomized studies	Serious ^a	Serious ^b	Not serious	Not serious	287/357 (80.4%)	720/838 (85.9%)	⊕⊕⊕○ Moderate	Critical
1	Randomized trial	Not serious	Not serious	Not serious	Not serious	359/386 (93.0%)	364/386 (94.3%)	⊕⊕⊕⊕ High	Critical

^a Two studies showed serious ROBINS.
^b There are some heterogeneity in the study sample.

titanium—is not a major factor for their success rate. Therefore, orthodontists must control other factors to achieve better success rates, such as installation site, root proximity, surgeon ability, and patient hygiene.

- High-quality studies are needed to find a definitive answer on this issue.
- With a lower cost than titanium and similar clinical efficiency, SS seems to be a great material for orthodontic MIs.

REFERENCES

- Xu Y, Xie J. Comparison of the effects of mini-implant and traditional anchorage on patients with maxillary dentoalveolar protrusion. *Angle Orthod.* 2017;87(2):320–327.
- Antoszewska-Smith J, Sarul M, Lyczek J, Konopka T, Kawala B. Effectiveness of orthodontic miniscrew implants in anchorage reinforcement during en-masse retraction: a systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;151(3):440–455.
- Wu TY, Kuang SH, Wu CH. Factors associated with the stability of mini-implants for orthodontic anchorage: a study of 414 samples in Taiwan. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009;67(8):1595–1599.
- Almeida MR. Biomechanics of extra-alveolar mini-implants. *Dental Press J Orthod.* 2019;24(4):93–109.
- Cousley RR, Gibbons AJ. Correction of the occlusal and functional sequelae of mandibular condyle fractures using orthodontic mini-implant molar intrusion. *J Orthod.* 2014;41(3):245–253.
- Aras I, Tuncer AV. Comparison of anterior and posterior mini-implant-assisted maxillary incisor intrusion: root resorption and treatment efficiency. *Angle Orthod.* 2016;86(5):746–752.
- de Lima Araujo LH, Zenobio EG, Pacheco W, Cosso MG, Manzi FR, Shibli JA. Mass retraction movement of the anterior upper teeth using orthodontic mini-implants as anchorage. *Oral Maxillofac Surg.* 2012;16(1):95–99.
- Brown RN, Sexton BE, Gabriel Chu TM, et al. Comparison of stainless steel and titanium alloy orthodontic miniscrew implants: a mechanical and histologic analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;145(4):496–504.
- Deguchi T, Takano-Yamamoto T, Kanomi R, Hartsfield JK Jr, Roberts WE, Garetto LP. The use of small titanium screws for orthodontic anchorage. *J Dent Res.* 2003;82(5):377–381.
- Francioli D, Ruggiero G, Giorgetti R. Mechanical properties evaluation of an orthodontic miniscrew system for skeletal anchorage. *Prog Orthod.* 2010;11(2):98–104.
- Lim HJ, Choi YJ, Evans CA, Hwang HS. Predictors of initial stability of orthodontic miniscrew implants. *Eur J Orthod.* 2011;33(5):528–532.
- Mohammed H, Wafaie K, Rizk MZ, Almuzian M, Sosly R, Bearn DR. Role of anatomical sites and correlated risk factors on the survival of orthodontic miniscrew implants: a systematic review and meta-analysis. *Prog Orthod.* 2018;19(1):36.
- Papageorgiou SN, Zogakis IP, Papadopoulos MA. Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants: a meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142(5):577–595.e577.
- Ashith MV, Shetty BK, Shekatkar Y, Mangal U, Mithun K. Assessment of immediate loading with mini-implant anchorage in critical anchorage cases between stainless steel versus titanium miniscrew implants: a controlled clinical trial. *Biomed Pharmacol J.* 2018;11(2):971–977.
- Bollero P, Di Fazio V, Pavoni C, Cordaro M, Cozza P, Lione R. Titanium alloy vs. stainless steel miniscrews: an in vivo split-mouth study. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2018;22(8):2191–2198.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *J Clin Epidemiol.* 2009;62(10):1006–1012.
- Sterne JA, Hernan MA, Reeves BC, et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ.* 2016;355:i4919.
- Sterne JAC, Savovic J, Page MJ, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *Bmj.* 2019;366:l4898.
- Balshem H, Helfand M, Schunemann HJ, et al. GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *J Clin Epidemiol.* 2011;64(4):401–406.
- Tsai CC, Chang HP, Pan CY, Chou ST, Tseng YC. A prospective study of factors associated with orthodontic mini-implant survival. *J Oral Sci.* 2016;58(4):515–521.
- Yao CC, Chang HH, Chang JZ, Lai HH, Lu SC, Chen YJ. Revisiting the stability of mini-implants used for orthodontic anchorage. *J Formos Med Assoc.* 2015;114(11):1122–1128.
- Chang CH, Lin JS, Roberts WE. Failure rates for stainless steel versus titanium alloy infrazygomatic crest bone screws: a single-center, randomized double-blind clinical trial. *Angle Orthod.* 2019;89(1):40–46.
- Watanabe H, Deguchi T, Hasegawa M, Ito M, Kim S, Takano-Yamamoto T. Orthodontic miniscrew failure rate and root proximity, insertion angle, bone contact length, and bone density. *Orthod Craniofac Res.* 2013;16(1):44–55.
- Cornelis MA, Scheffler NR, De Clerck HJ, Tulloch JF, Behets CN. Systematic review of the experimental use of temporary skeletal anchorage devices in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131(4 suppl):S52–S58.
- Branemark PI, Hansson BO, Adell R, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 1977;16:1–132.
- Elias CN, Lima JHC, Valiev R, Meyers MA. Biomedical applications of titanium and its alloys. *JOM.* 2008;60(3):46–49.
- Chen F, Terada K, Hanada K, Saito I. Anchorage effect of osseointegrated vs nonosseointegrated palatal implants. *Angle Orthod.* 2006;76(4):660–665.
- Hosein YK, Smith A, Dunning CE, Tassi A. Insertion torques of self-drilling mini-implants in simulated mandibular bone: assessment of potential for implant fracture. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2016;31(3):e57–e64.
- Scribante A, Montasser MA, Radwan ES, et al. Reliability of orthodontic miniscrews: bending and maximum load of different Ti-6Al-4V titanium and stainless steel temporary anchorage devices (TADs). *Materials (Basel).* 2018;11(7):1138–1148.
- Alharbi F, Almuzian M, Bearn D. Miniscrews failure rate in orthodontics: systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2018;40(5):519–530.
- Yi J, Ge M, Li M, et al. Comparison of the success rate between self-drilling and self-tapping miniscrews: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2017;39(3):287–293.