

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE
ODONTOLOGÍA
SEGUNDA ESPECIALIDAD DE ODONTOPEDIATRIA



**“EFECTO DE LA PÉRDIDA PREMATURA DE MOLARES
PRIMARIOS, SOBRE LA REDUCCIÓN DEL ESPACIO EN
DENTICIÓN MIXTA: REVISIÓN DE LA LITERATURA
CIENTÍFICA”**

TRABAJO ACADÉMICO

Presentado por:

Yudith Ticona Llanos

Asesor:

Dra. Fiorella Andía Martínez

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
SEGUNDA ESPECIALIDAD EN
ODONTOPEDIATRÍA**

TACNA – PERÚ

2026

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Yudith Ticona Llanos en calidad de egresada de la Sección de Segunda Especialidad de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 73051311, declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada:

“EFECTO DE LA PÉRDIDA PREMATURA DE MOLARES PRIMARIOS, SOBRE LA REDUCCIÓN DEL ESPACIO EN DENTICIÓN MIXTA: REVISIÓN DE LA LITERATURA CIENTÍFICA”

Asesorada por la **Dra. Fiorella Andía Martínez**, la cual presente para optar el:

Título Profesional de Segunda Especialidad en **ODONTOPEDIATRIA**.

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, habiéndose respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra los derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a La Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra.

En consecuencia, me hago responsable frente a La Universidad de cualquier responsabilidad que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello a favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.



DNI:73051311

FECHA: 16-06-2026

INDICE

Presentado por:.....	1
Asesor:.....	1
Dra. Fiorella Andía Martínez.....	1
RESUMEN	4
I. INTRODUCCIÓN	6
II. DELIMITACIÓN.....	7
III. JUSTIFICACIÓN	8
IV. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos	9
V. METODOLOGÍA	10
Pregunta de investigación	10
Estrategia de búsqueda.....	10
Población.....	11
Criterios de selección	11
Flujograma de selección	12
Extracción de datos	13
VI. CUERPO DEL TRABAJO.....	13
Prevalencia y etiología de la pérdida prematura de molares primarios	13
Efectos en la reducción del espacio y longitud del arco dentario	14
Alteraciones oclusales y el rol del patrón de crecimiento facial.....	14
Implicancias clínicas y evolución de los mantenedores de espacio.....	15
VII. RESULTADOS	16
Prevalencia, factores sociodemográficos y causas asociadas	16
Alteraciones oclusales, reducción del arco y biomecánica dentaria	17

Nuevos materiales de adhesión y Odontología Digital (CAD/CAM)	19
VIII. DISCUSIÓN.....	20
IX. CONCLUSIÓN	24
Bibliografía.....	25

RESUMEN

Objetivo: Analizar la evidencia científica disponible sobre el efecto de la pérdida prematura de molares primarios en la reducción del espacio en los arcos dentarios durante la dentición mixta y su impacto en la oclusión, con la finalidad de contribuir a la planificación de tratamientos preventivos en odontopediatría.

Metodología: Se ejecutó una búsqueda de artículos científicos en las bases de datos Scopus, Web of Science, ProQuest, Scielo y PubMed. Se aplicó una ecuación de búsqueda enfocada en la pérdida temprana de molares primarios y la reducción del espacio en dentición mixta. La muestra final consistió en 32 artículos científicos publicados entre los años 2020 y 2026, los cuales abarcan estudios observacionales, estudios clínicos y revisiones sistemáticas. Los criterios de inclusión se centraron en publicaciones en idioma inglés con acceso abierto. Se excluyeron estudios con información incompleta o duplicada.

Resultados: La caries dental fue la principal causa de pérdida prematura. Se evidenció una reducción promedio de 1.36 mm en el espacio del arco dentario, asociada a la migración mesial de dientes permanentes y desplazamiento distal de dientes anteriores. La pérdida de espacio fue mayor en pacientes con patrones **leptoprosópico** o hiperdivergente, favoreciendo desviaciones de la línea media y maloclusiones asimétricas.

Conclusiones: La pérdida prematura de molares primarios altera la oclusión, por lo que el diagnóstico temprano y la intervención oportuna son fundamentales. El uso de mantenedores de espacio permite preservar la función y el desarrollo del arco dental. Las alternativas modernas, elaboradas con tecnología digital, ofrecen mejores ventajas mecánicas y estéticas que los dispositivos tradicionales.

Palabras Clave: Odontopediatría, pérdida prematura, molares primarios, reducción de espacio, dentición mixta, mantenedores de espacio.

ABSTRACT

Objective:

To analyze the available scientific evidence on the effect of premature loss of primary molars and its relationship with space reduction in the dental arches during mixed dentition, as well as its impact on occlusion, in order to guide the planning of preventive treatments.

Methods:

A structured search of scientific articles was conducted in the Scopus, Web of Science, ProQuest, SciELO, and PubMed databases. A search strategy focused on early loss of primary molars and space reduction in mixed dentition was applied. The final sample consisted of 32 scientific articles published between 2020 and 2026, including observational studies, clinical studies, and systematic reviews. Inclusion criteria were limited to open-access publications in English. Studies with incomplete or duplicate information were excluded.

Results:

Dental caries was identified as the main cause of premature tooth loss. An average reduction of 1.36 mm in dental arch space was observed, associated with mesial migration of permanent teeth and distal displacement of anterior teeth. Greater space loss was found in patients with leptoprosopic or hypodivergent growth patterns, contributing to midline deviations and asymmetric malocclusions.

Conclusions:

Premature loss of primary molars alters occlusion; therefore, early diagnosis and timely intervention are essential. The use of space maintainers helps preserve function and proper dental arch development. Modern therapeutic alternatives developed with digital technology offer improved mechanical and esthetic advantages over traditional devices.

Keywords: Pediatric dentistry, premature loss, primary molars, space reduction, mixed dentition, space maintainers.

I. INTRODUCCIÓN

La pérdida prematura de dientes primarios constituye un problema frecuente en la salud bucal infantil y puede generar alteraciones en el desarrollo normal del sistema estomatognático. La dentición decidua desempeña un papel fundamental en el establecimiento adecuado de los arcos dentales y en el crecimiento craneofacial del niño. (1) Los dientes temporales participan en funciones esenciales como la masticación, la fonación, la estética y el mantenimiento del espacio necesario para la correcta erupción de los dientes permanentes, además de actuar como guías para la erupción de las piezas sucesoras. Por esta razón, la preservación de los molares temporales resulta especialmente importante para mantener la estabilidad del arco dental durante las primeras etapas del crecimiento y desarrollo infantil (2)

Durante el crecimiento craneofacial existe una estrecha relación entre el desarrollo de los maxilares y la erupción de los dientes temporales y permanentes. Los molares temporales permiten mantener la longitud del arco dental y conservar el espacio necesario para la erupción de los premolares permanentes (3). Cuando estos dientes permanecen en boca hasta su exfoliación fisiológica, favorecen un desarrollo armónico de la dentición permanente y contribuyen al establecimiento de una adecuada relación oclusal (4).

Sin embargo, en la práctica clínica es frecuente observar la pérdida prematura de molares primarios. Esta situación se asocia principalmente a la caries dental, considerada una de las enfermedades crónicas más prevalentes en la población infantil. Asimismo, la pérdida temprana puede ser consecuencia de traumatismos, infecciones o de decisiones terapéuticas en las que se opta por la extracción de piezas dentarias afectadas (5).

La pérdida prematura de molares primarios puede generar modificaciones en la dinámica del arco dental. La presencia de un espacio edéntulo antes del momento fisiológico de exfoliación favorece el desplazamiento de los dientes adyacentes hacia dicho espacio, lo que puede ocasionar reducción de la longitud del arco dental y disminución del espacio disponible para la erupción de los dientes permanentes sucesores (6).

Estas alteraciones son particularmente relevantes durante el período de dentición mixta, etapa caracterizada por la coexistencia de dientes temporales y permanentes. La reducción del espacio en el arco dental puede provocar migraciones dentarias, apiñamiento y el desarrollo

de maloclusiones, lo que resalta la importancia de mantener la integridad del arco dental durante esta fase del desarrollo (7) .

En este contexto, el conocimiento de los efectos que produce la pérdida prematura de molares primarios resulta fundamental para el odontólogo, ya que permite implementar medidas preventivas y terapéuticas oportunas. La evaluación temprana del espacio disponible en el arco dental y la aplicación de tratamientos interceptivos pueden contribuir a preservar el espacio necesario para la erupción de los dientes permanentes. Por ello, la presente revisión de literatura tuvo como objetivo analizar la evidencia científica existente sobre el efecto de la pérdida prematura de molares primarios en la reducción del espacio en dentición mixta y su implicancia en la planificación del tratamiento odontológico en pacientes pediátricos. A pesar de la abundante evidencia científica sobre este tema, aún existen discrepancias respecto a la magnitud de la pérdida de espacio y los factores que influyen en su desarrollo, lo que justifica la realización de la presente revisión de literatura.

II. DELIMITACIÓN

La pérdida prematura de dientes primarios constituye un problema frecuente en la salud bucal infantil y puede provocar alteraciones en el desarrollo normal de la dentición permanente. Se considera pérdida prematura cuando un diente temporal se pierde antes del momento fisiológico en el que debería producirse su exfoliación natural. Esta situación puede afectar el mantenimiento del perímetro o longitud del arco dental e interferir con la erupción normal de los dientes permanentes sucesores, lo que puede generar alteraciones en la oclusión durante la dentición mixta (8).

Los molares primarios desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento del espacio en los arcos dentarios, ya que contribuyen a preservar la longitud del arco dental y actúan como guías para la erupción de los dientes permanentes. Sin embargo, cuando ocurre la pérdida prematura de estas piezas dentarias, los dientes adyacentes tienden a desplazarse hacia el espacio edéntulo generado, lo que disminuye el espacio disponible para la erupción de los dientes permanentes y puede alterar la longitud del arco dental tanto en la arcada superior como en la inferior durante el periodo de dentición mixta (9).

Diversas investigaciones han demostrado que la pérdida prematura de molares primarios puede generar cambios espaciales en los arcos dentarios en periodos relativamente cortos. Estudios longitudinales han reportado reducción del espacio después de la pérdida temprana de molares primarios, con desplazamientos dentarios que pueden presentarse incluso durante los primeros meses posteriores a la extracción de la pieza temporal, favoreciendo el acortamiento del arco dental y la alteración de la posición de los dientes vecinos (9).

Asimismo, la evidencia científica ha señalado que la pérdida prematura de dientes primarios se asocia con un mayor riesgo de alteraciones en la oclusión durante la dentición permanente. Diferentes estudios han encontrado que los niños que presentan pérdida temprana de dientes temporales tienen mayor probabilidad de desarrollar maloclusiones, apiñamiento dental y alteraciones en la relación molar en comparación con aquellos que conservan sus dientes primarios hasta el periodo fisiológico de exfoliación (10).

En este contexto, la pérdida prematura de molares primarios representa un factor relevante en el desarrollo de alteraciones en el espacio del arco dental durante la dentición mixta. El análisis de esta relación resulta fundamental para comprender los cambios que pueden ocurrir en la longitud del arco dental y en la erupción de los dientes permanentes. Por esta razón, resulta necesario analizar la evidencia científica disponible acerca del efecto de la pérdida prematura de molares primarios sobre la reducción del espacio en los arcos dentarios, con el fin de contribuir a una adecuada planificación del tratamiento odontológico en pacientes pediátricos.

III. JUSTIFICACIÓN

La pérdida prematura de molares primarios constituye una situación frecuente en la odontología pediátrica y puede generar alteraciones en el desarrollo normal de la dentición permanente. Estas piezas dentarias cumplen una función importante en el mantenimiento del espacio dentro de los arcos dentarios y en la guía para la erupción de los dientes permanentes (8). Cuando un molar primario se pierde antes del momento fisiológico de exfoliación, puede producirse una reducción del espacio disponible dentro del arco dental, lo que puede afectar la alineación y posición de los dientes permanentes (9).

El conocimiento de los efectos que produce la pérdida prematura de molares primarios sobre la reducción del espacio en dentición mixta resulta relevante para el profesional

odontológico, ya que permite comprender los cambios que pueden presentarse en el desarrollo de los arcos dentarios (11). Analizar la información científica disponible sobre esta temática permitirá identificar los principales hallazgos reportados en la literatura y aportar evidencia que contribuya a una mejor comprensión de esta condición en la práctica odontológica.

IV. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

Objetivo general

Analizar la evidencia científica disponible sobre el efecto de la pérdida prematura de molares primarios en la reducción del espacio en los arcos dentarios durante la dentición mixta y su impacto en la oclusión, con el fin de contribuir a la planificación de tratamientos preventivos en odontopediatría.

Objetivos específicos

1. Identificar los factores clínicos y demográficos asociados a la pérdida prematura de molares primarios y su influencia en la reducción del espacio del arco dental durante la dentición mixta.
2. Describir los cambios que se producen en la longitud del arco dental y en la posición de los dientes adyacentes tras la pérdida prematura de molares primarios.
3. Analizar las implicancias clínicas de la reducción del espacio en los arcos dentarios y su relación con el desarrollo de alteraciones oclusales en pacientes pediátricos.

v. METODOLOGÍA

Pregunta de investigación

En niños con dentición mixta, ¿la pérdida prematura de molares primarios se asocia con la reducción del espacio del arco dentario en comparación con niños sin pérdida prematura, según la evidencia científica disponible?

Estrategia de búsqueda

En el año 2026 se realizó una búsqueda de artículos científicos en las bases de datos Scopus, Web of Science, ProQuest, Scielo y Pubmed con el objetivo de recopilar información relacionada con el efecto de la pérdida prematura de molares primarios sobre la reducción del espacio en dentición mixta. En las cinco bases de datos se aplicó la misma estrategia de búsqueda mediante el uso del campo de título, resumen y palabras clave. La ecuación de búsqueda para cada una de las bases esta detallada en la tabla adjunta. Asimismo, se aplicaron filtros relacionados con el periodo de publicación entre los años 2020 y 2026, idioma inglés y disponibilidad de acceso abierto. Estos criterios permitieron identificar estudios científicos relacionados con el tema de investigación. (ver Tabla 1)

Tabla 1. Estrategia de búsqueda de descriptores de las diferentes bases de datos

Motor	Codigo	Resultados
Pro Quest	" (premature loss OR early loss OR premature extraction) AND (primary molars OR deciduous molars) AND (space reduction OR arch length loss) AND (mixed dentition) "	256
Scopus	" (("premature loss" OR "early loss") AND ("primary molars" OR "deciduous molars")) AND ("space loss" OR "space reduction") AND ("mixed dentition")) "	43
Web of science	" (premature loss of primary molars) (All Fields) AND (2020 or 2021 or 2022 or 2024 or 2023 or 2026 or 2025 (Publication Years) and Open Access "	29
Scielo	" (((("premature loss") OR ("early loss") OR ("premature extraction") AND ("primary molars") OR ("deciduous molars") OR ("primary teeth") OR ("deciduous teeth")), filters, ingles, español, 2020, 2021, 2022,2023,2024,2025"	11
pubmed	" ((((((((((premature loss) OR (early loss)) OR (premature extraction)) OR (deciduous molars)) OR (primary teeth)) OR (deciduous teeth)) OR (space reduction)) OR (arch length loss)) OR (dental arch space)) AND (mixed dentition)) Filters: Free full text, English, Spanish, Adult: 19+ years, from 2020 - 2026"	658

Población

Al tratarse de un estudio de carácter bibliográfico, la población corresponde a los 32 artículos científicos que cumplieron con los criterios de selección. Estas unidades de análisis fueron cuidadosamente filtradas para lograr cumplir con los criterios seleccionados.

Criterios de selección

Se incluyeron artículos científicos publicados entre los años 2020 y 2026, disponibles en idioma inglés y relacionados con la pérdida prematura de molares primarios y la reducción del espacio en dentición mixta. Se consideraron estudios publicados en idioma inglés, disponibles en texto completo y dentro del periodo de publicación establecido. Asimismo, se incluyeron diferentes tipos de diseño metodológico, tales como estudios observacionales, ensayos clínicos, estudios experimentales, análisis de elementos finitos, revisiones y reportes de casos clínicos, con el fin de obtener una visión integral del fenómeno estudiado.”

Se excluyeron artículos que no presentaban relación directa con el tema de investigación, publicaciones con información incompleta y estudios que no cumplieran con los criterios establecidos de idioma, acceso o periodo de publicación, con información incompleta, sin acceso a texto completo o con deficiencias metodológicas. También se descartaron estudios duplicados, investigaciones centradas exclusivamente en dentición permanente y aquellas que no evaluaban variables clínicas relevantes como migración dentaria, pérdida de longitud de arco o alteraciones oclusales.

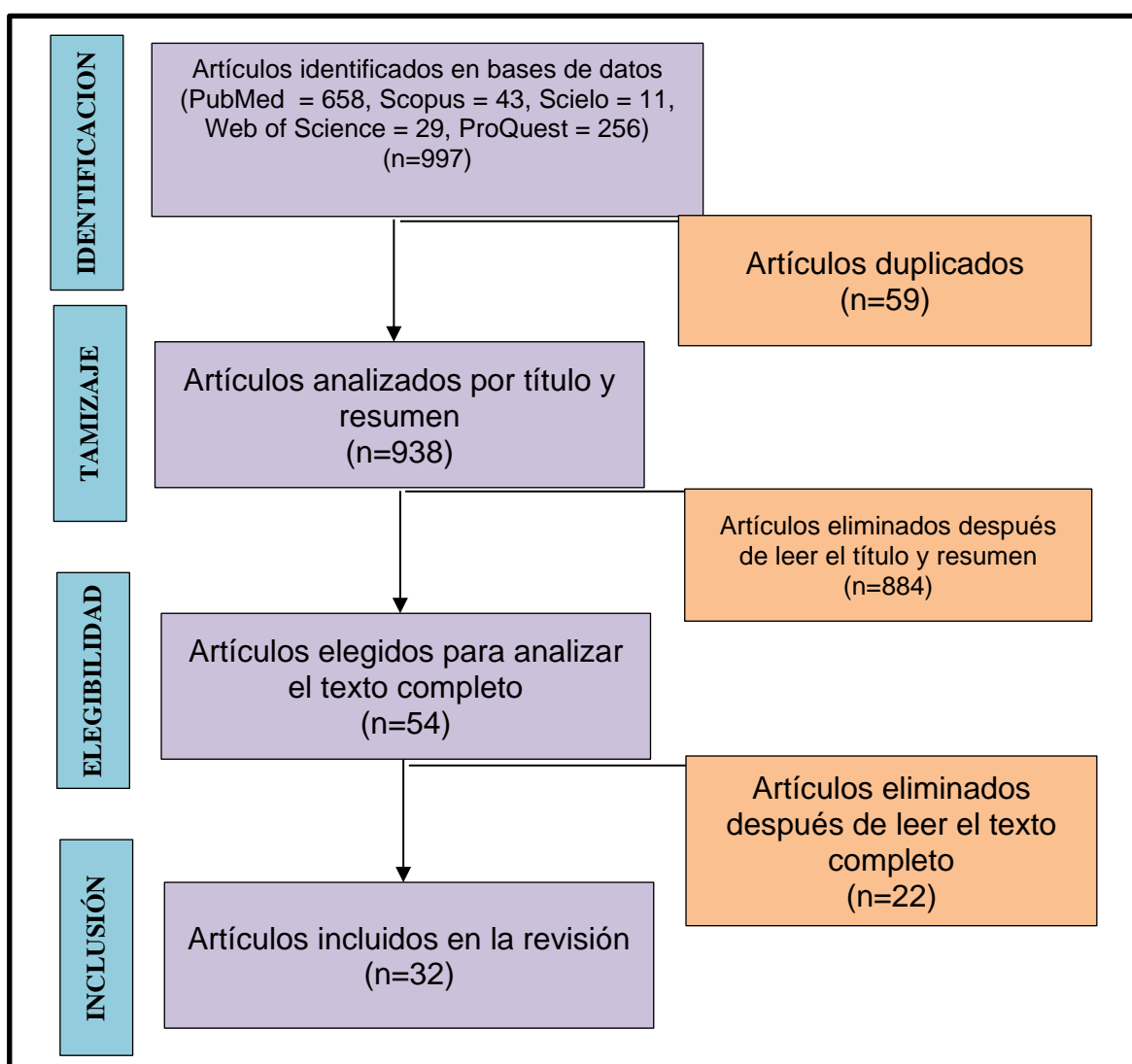
Flujograma de selección

El proceso de filtrado de la evidencia se resume en el siguiente esquema, detallando la transición desde el hallazgo inicial hasta la muestra final (Figura 01).

El proceso de selección de los artículos incluidos en la revisión se describe mediante un flujograma adaptado de la metodología PRISMA, utilizado como herramienta de apoyo para organizar y transparentar las diferentes etapas de identificación, tamizaje, elegibilidad e inclusión de los estudios, se incluyeron 32 artículos para el análisis final.

FIGURA 01

Flujograma del proceso de selección de artículos.



Extracción de datos

Los estudios fueron seleccionados según palabras claves, criterios de inclusión y exclusión.

Los estudios elegidos fueron evaluados mediante sus títulos, resúmenes y contenido, se excluyeron los que no se relacionaban con el tema o no cumplían con los criterios de inclusión establecidos. Se excluyó los artículos clasificados no relevantes y duplicados.

Después de una búsqueda exhaustiva en las bases de datos mencionadas, se identificaron inicialmente 997 artículos científicos. Tras eliminar las publicaciones duplicadas, se obtuvo un total de 938 artículos. Luego de revisar los títulos y resúmenes se analizó 54 artículos, se excluyeron los otros artículos. Finalmente, se seleccionaron 32 artículos que cumplían con todos los criterios de inclusión y exclusión establecido para el desarrollo del análisis. Adicionalmente, se emplearon otras fuentes bibliográficas con fines de soporte teórico y metodológico, que no formaron parte del análisis principal. En conjunto, el total de referencias citadas en el presente trabajo asciende a 36.

VI. CUERPO DEL TRABAJO

Prevalencia y etiología de la pérdida prematura de molares primarios

La preservación de la dentición decidua es un factor determinante para el correcto desarrollo de la oclusión, sin embargo, la pérdida prematura de los molares primarios sigue siendo un problema de salud pública muy frecuente (3). Estudios recientes han reportado una alta prevalencia de este evento clínico; por ejemplo, en poblaciones escolares de México se ha registrado una prevalencia del 40%, siendo el sexo masculino el que presenta un mayor riesgo de pérdida prematura (12). Respecto al diente más afectado, la literatura muestra que el segundo molar primario mandibular derecho es el órgano dentario que se pierde con mayor frecuencia, representando un 33% de los casos en ciertas poblaciones (12).

La etiología principal detrás de la pérdida prematura de estos molares sigue siendo la caries dental, que en gran parte de las investigaciones representa la causa absoluta de las extracciones tempranas. (12).

La pérdida de estos dientes, responsables de mantener el perímetro del arco, genera rápidamente alteraciones en el sistema estomatognático, que incluyen una función masticatoria reducida, la acumulación de biopelícula y el riesgo inminente de desarrollar maloclusiones (13).

Efectos en la reducción del espacio y longitud del arco dentario

El impacto más significativo de la pérdida temprana de molares temporales es el colapso del espacio en el arco dental, lo cual deteriora la integridad de este (1). La pérdida de espacio ocurre principalmente debido al movimiento mesial de los dientes posteriores localizados distalmente a la pérdida, y al movimiento distal de los dientes anteriores ubicados mesialmente al espacio. En conjunto, la evidencia científica indica que la pérdida prematura de molares primarios puede producir una disminución del espacio disponible en el arco dentario debido a la migración de dientes adyacentes, cuya magnitud depende de factores individuales y del momento en que ocurre la pérdida dentaria, lo que resalta la importancia del diagnóstico temprano y del seguimiento clínico en odontopediatría (1).

La magnitud del espacio perdido es variable, pero se ha cuantificado una reducción aproximada del espacio del arco dental de 1.36 mm a los pocos meses de la extracción, distribuyéndose en 1.32 mm en el maxilar y 1.40 mm en la mandíbula (1). Mediante estudios biomecánicos de análisis de elementos finitos, se ha confirmado que la ausencia de un segundo molar primario promueve el desplazamiento mesial y aumenta la tensión equivalente en el primer molar permanente en desarrollo, validando la necesidad de utilizar mantenedores de espacio (5).

Alteraciones oclusales y el rol del patrón de crecimiento facial

La reducción del espacio en la dentición mixta no solo produce apiñamiento, sino que afecta directamente la relación oclusal y la línea media (14). La pérdida prematura de los molares deciduos se asocia fuertemente con la desviación de la línea media y el establecimiento de

relaciones molares asimétricas, generando frecuentemente inclinaciones hacia maloclusiones de Clase II o Clase III dependiendo del lado afectado (14).

Es fundamental destacar que la severidad de la pérdida de espacio no es igual en todos los pacientes y está intrínsecamente ligada al patrón de crecimiento facial, el cual es un factor predictivo crítico (1). Los estudios demuestran que los pacientes con un patrón de crecimiento facial leptoprosópico presentan la mayor pérdida de espacio, alcanzando promedios de reducción de 2.46 mm (1). Por el contrario, los patrones mesoprosópicos y euriprosópicos presentan menor reducción del espacio, posiblemente debido a una mayor estabilidad estructural del arco dentario y una distribución más favorable de las fuerzas oclusales. Así mismo se ha descrito que en pacientes con patrón hiperdivergente y oclusión Clase I el espacio podría no requerir un mantenedor en la arcada superior (3).

Implicancias clínicas y evolución de los mantenedores de espacio

Ante la evidencia de la alteración del arco, la odontopediatría contemporánea establece que el manejo del espacio es un componente principal de la ortodoncia preventiva (15). Si bien el uso de mantenedores de espacio como el de "banda y ansa" ha sido tradicionalmente empleado, estos diseños presentan desventajas clínicas importantes, como la falta de función masticatoria y la incapacidad de prevenir la supraerupción del diente antagonista (7).

Para superar estas limitaciones, se ha propuesto el uso de mantenedores de espacio funcionales, que incorporan pónicos de acrílico o coronas que no solo preservan la distancia mesiodistal, sino que restablecen la función masticatoria, mejoran la estética y evitan la extrusión del diente opuesto (6). En casos de pérdida prematura bilateral, sistemas innovadores como el mantenedor expansivo telescópico (TEFF) han surgido como excelentes alternativas ya que ofrecen la ventaja biomecánica de permitir el crecimiento fisiológico de los maxilares de manera telescópica (7).

Por otro lado, cuando la pérdida involucra al segundo molar primario antes de la erupción del primer molar permanente, el mantenedor tipo "zapato distal" (distal shoe) sigue siendo la indicación principal, gracias a que cuenta con una extensión intra-alveolar que sirve como guía eruptiva para el diente permanente y previene su migración (16)

Finalmente, el advenimiento de la Odontología Digital ha revolucionado el diseño de estas terapias mediante flujos de trabajo CAD/CAM (4). La implementación de la impresión 3D y el fresado han permitido fabricar mantenedores utilizando polímeros avanzados como el poliéter-éter-cetona, el cual supera a los aparatos metálicos al ofrecer una excelente biocompatibilidad, ligereza y estética al ser del color de los dientes (17). La integración de estos nuevos materiales representa el futuro del manejo espacial mínimamente invasivo, restituyendo la función masticatoria idónea a los pacientes pediátricos. El éxito clínico de los mantenedores de espacio fijos también depende del sistema de cementación empleado. La evidencia indica que los cementos de resina autoadhesivos y los sistemas adhesivos contemporáneos presentan mayor resistencia a la fatiga y mejor retención clínica en comparación con los cementos tradicionales de ionómero de vidrio o compómero (18).

VII. RESULTADOS

A partir de la revisión sistemática de la literatura seleccionada, los hallazgos relacionados con la pérdida prematura de molares primarios, su impacto en la reducción del espacio y las diferentes alternativas terapéuticas se han consolidado en las siguientes categorías:

Prevalencia, factores sociodemográficos y causas asociadas

La evidencia actual ratifica que la pérdida prematura de molares primarios sigue siendo un problema prevalente a nivel mundial. Diversos estudios epidemiológicos demuestran una alta incidencia de este problema; por ejemplo, en poblaciones escolares de México se reportó una prevalencia del 40%, identificándose que los pacientes de sexo masculino tienen un riesgo casi tres veces mayor de pérdida dental en comparación con las niñas, siendo la caries dental la causa absoluta en el 84% de los casos (12). Del mismo modo, en regiones de alta endemividad de fluorosis en la India, se observó una alteración temprana significativa en la integridad de la arcada (13), una realidad que también se refleja de manera crítica en estudios realizados en poblaciones del Medio Oriente como Irak (19).

Respecto a los dientes más afectados, un análisis retrospectivo extenso sobre 963 dientes perdidos demostró que el primer molar primario maxilar fue el que se perdió con mayor frecuencia (32.4%), seguido por el primer molar mandibular (31%) (2). Sumado a las causas

por caries infecciosa, condiciones como la Hipomineralización Molar-Incisivo (MIH) conllevan extracciones tempranas de molares severamente comprometidos, exigiendo manejo espacial posterior (20). Asimismo, problemas de índole sistémica que afectan el metabolismo óseo o enfermedades metabólicas pueden influir en el recambio dental y requerir atención odontológica especializada integral (21).

Adicionalmente, se encontró que factores extrínsecos, como el nivel de alfabetización en salud bucal de los padres y las condiciones de hacinamiento (más de 5 residentes en el hogar), están directamente asociados con una mayor necesidad de tratamientos ortodónticos derivados de la pérdida de espacio (22). A pesar de la evidencia, persiste un alarmante desconocimiento clínico; un estudio reveló que el 53.8% de los dentistas presentaba un nivel de conocimiento pobre respecto a las indicaciones exactas de un mantenedor de espacio tras la extracción de un primer molar (23).

Alteraciones oclusales, reducción del arco y biomecánica dentaria

La principal consecuencia de la pérdida prematura es la migración dental. Tras la pérdida unilateral de un primer molar primario, se registró una pérdida media de espacio de 1.36 mm en el arco, produciéndose principalmente por la mesialización de los dientes posteriores y un desplazamiento distal independiente del canino primario adyacente (1). Además, los estudios indican que esta reducción del perímetro ocasiona frecuentemente la desviación de la línea media y el establecimiento de relaciones molares asimétricas con tendencia a Clase II o Clase III en el lado de la extracción (14)

El impacto espacial depende altamente del biotipo facial del paciente. La evidencia demuestra estadísticamente que los pacientes con un patrón de crecimiento facial leptoprosópico o hiperdivergente sufren la mayor cantidad de pérdida de espacio, con promedios que alcanzan los 2.46 mm, lo que vuelve obligatorio el uso de mantenedores (3).

A nivel biomecánico, mediante simulaciones de análisis de elementos finitos (FEA), se demostró que la ausencia de un segundo molar deciduo aumenta la tensión máxima equivalente y causa un desplazamiento hacia mesial descontrolado del primer molar permanente en desarrollo (5).

Sumado a las extracciones por caries, otra causa frecuente de pérdida de espacio y alteración en el sector posterior es la erupción ectópica del primer molar permanente, la cual provoca una resorción severa o "impactación" sobre la raíz del segundo molar temporal (24), y alteraciones ligadas a factores obstructivos locales que alteran la guía eruptiva (25). El fracaso en la conservación del espacio con frecuencia exige posteriores correcciones sagitales maxilomandibulares y tratamientos ortopédicos complejos con aparatología como Herbst o Pendex (26)

Eficacia clínica y evolución de los mantenedores de espacio

El uso de mantenedores de espacio se reafirma como una terapia preventiva imprescindible (27). Sin embargo, los resultados recientes promueven la transición de aparatos inactivos, como el tradicional banda-ansa, hacia mantenedores de espacio funcionales. Estos últimos incorporan pónicos estéticos que logran restablecer la eficiencia masticatoria, previenen la sobreerupción del diente antagonista y evitan el desarrollo de hábitos linguales nocivos (6). Estudios clínicos controlados ratificaron que los mantenedores funcionales fijos tipo cantilever tienen una tasa de aceptación por los pacientes significativamente mayor que los no funcionales (28), y para pérdidas bilaterales han demostrado restaurar la armonía oclusal satisfactoriamente (29)

En innovaciones de aparatología, el mantenedor expansivo telescópico (TEFF) reportó un 70% de supervivencia a 24 meses y aportó la gran ventaja biomecánica de no restringir el crecimiento de los maxilares gracias a su mecanismo telescópico (7). Para pérdidas antes de la erupción del primer molar permanente, las modificaciones del mantenedor de zapato distal persisten como el diseño principal para guiar el diente permanente (Mohapatra et al., 2024), aunque la literatura advierte que su seguimiento debe ser muy riguroso debido a riesgos de retención de placa (15). Asimismo, el uso de resortes de enderezamiento tipo "D-loop" demostró ser una solución clínica altamente efectiva para distalar y enderezar molares permanentes que erupcionan ectópicamente y salvan el espacio del arco (30).

A pesar de sus beneficios, los mantenedores enfrentan desafíos. Análisis de fuerzas (FEA) dictan que el diseño de los brazos rectos vs curvos influye críticamente en la distribución de la carga y el riesgo de fractura del aparato (31). Clínicamente, en reconstrucciones del sector

anterior estético mediante mantenedores, los principales modos de fallo observados en pacientes muy pequeños de 12 a 24 meses fueron las resorciones radiculares y fracturas de las soldaduras (32)

Nuevos materiales de adhesión y Odontología Digital (CAD/CAM)

Los resultados resaltan una revolución en la fabricación de mantenedores de espacio a través de la digitalización. Los escaneos intraorales y flujos CAD/CAM combinados con la impresión 3D y el fresado han optimizado el tiempo de atención y reducido el discomfort pediátrico (18,33).

El uso del polímero Poliéter-éter-cetona (PEEK) para diseñar mantenedores de espacio tipo puente semi-rígido logró eliminar por completo el uso de bandas metálicas, mejorando dramáticamente la adaptación marginal, impidiendo la caries secundaria, y aportando un color y estética similares al diente natural (17) Al comparar las propiedades físicas del PEEK modificado y el PEEK convencional contra el cromo-cobalto, los resultados de laboratorio evidenciaron que las resinas tipo PEEK y LuxaCrown superan significativamente a los metales en términos estéticos, manteniendo resistencias al cizallamiento idóneas (4).

Finalmente, el éxito de los mantenedores fijos recae en el cemento utilizado. Las investigaciones demuestran que los cementos de resina autoadhesivos y los sistemas de grabado total proveen un tiempo de supervivencia y retención significativamente mayor ante las fuerzas de fatiga que el tradicional ionómero de vidrio o compómero (34). Además, las pruebas in vitro indican que la fuerza de adhesión al cizallamiento incrementa notablemente utilizando composites reforzados con fibra de vidrio (GFRC) en comparación con resinas de nanorelleno o convencionales, postulando a los GFRC como el "estándar de oro" moderno para fijar mantenedores directos (35), mientras que, en la fijación de bandas sobre coronas de acero o zirconio, los cementos de resina continúan brindando valores de resistencia muy superiores al ionómero de vidrio (36).

VIII. DISCUSIÓN

El presente trabajo de revisión tuvo como objetivo principal analizar la evidencia científica contemporánea sobre los efectos de la pérdida prematura de molares primarios en la reducción del espacio, así como las implicancias clínicas y las diferentes opciones terapéuticas en dentición mixta. Al contrastar los diversos estudios epidemiológicos, existe un consenso claro de que este fenómeno sigue siendo un problema de salud pública mundial con altas tasas de prevalencia, alcanzando hasta un 40% en poblaciones latinoamericanas donde el factor etiológico absoluto es la caries dental, afectando predominantemente al sexo masculino (12). Esta tendencia se observa de forma paralela en otras regiones del mundo, reportándose altas tasas de pérdida temprana y extracciones en el Medio Oriente (19) y alteraciones severas del arco en zonas endémicas de fluorosis en la India (13). A nivel global, estudios retrospectivos extensos han confirmado que el primer molar primario maxilar suele ser la pieza dental que se pierde con mayor frecuencia, lo que desestabiliza tempranamente el perímetro y la longitud del arco (2).

Más allá de la etiología infecciosa por caries, la discusión actual resalta la influencia de factores intrínsecos y socioculturales en el fracaso de la dentición. La pérdida de estructura coronaria ha aumentado drásticamente debido a la susceptibilidad generada por condiciones estructurales como la Hipomineralización Molar-Incisivo, la cual exige un manejo clínico mucho más preventivo y de mínima intervención (20). De igual manera, enfermedades de índole sistémica y metabólica que afectan la densidad ósea pueden alterar el recambio dental fisiológico, demostrando que el manejo de las extracciones prematuras no es meramente mecánico sino profundamente biológico (21). Desde un enfoque social, la evidencia demuestra de manera contundente que la baja alfabetización en salud bucal por parte de los padres y las condiciones de hacinamiento en el hogar se correlacionan de forma directa con un fracaso preventivo y una futura necesidad de tratamientos ortodónticos (22). Ante este complejo panorama, resulta verdaderamente preocupante que la literatura reporte un nivel de conocimiento clínico deficiente en más de la mitad de los odontólogos generales respecto a las indicaciones precisas para prescribir un mantenedor de espacio tras una extracción infantil (23).

La consecuencia inmediata y más crítica documentada en la literatura es el colapso biomecánico del arco dental. Tras la pérdida unilateral de un molar primario, se ha llegado a

cuantificar una reducción media del espacio de 1.36 mm, pero lo que resulta revelador de la literatura reciente es la fuerte correlación predictiva entre este colapso y el biotipo facial del paciente (1). Diversas investigaciones coinciden estadísticamente en que los pacientes pediátricos con un patrón de crecimiento leptoprosópico o hiperdivergente sufren las pérdidas de espacio más severas, requiriendo un manejo interceptivo obligatorio (3). Esta alteración tridimensional provoca asimetrías patológicas en la migración dental, causando frecuentemente la desviación de la línea media y predisponiendo al desarrollo de relaciones molares asimétricas con tendencia a Clase II o Clase III (14).

Estos hallazgos clínicos se respaldan firmemente a nivel microscópico a través de simulaciones de análisis de elementos finitos, las cuales corroboran que la ausencia de un molar primario dispara drásticamente la tensión equivalente e induce una mesialización descontrolada del primer molar permanente en desarrollo (5). El escenario espacial se agrava drásticamente cuando el desarrollo oclusal se ve interrumpido por la erupción ectópica del primer molar permanente, la cual provoca un daño y reabsorción severa sobre la raíz del molar temporal adyacente (24). Ante patologías locales o factores obstructivos que causan impactación dental (25), se requiere una intervención rápida mediante mecánicas menores, como el uso de resortes de enderezamiento tipo "D-loop", que han demostrado una gran eficacia para distalizar y enderezar molares ectópicos, logrando recuperar la longitud de la arcada afectada (30). De omitirse el manejo adecuado del espacio temporal, el paciente quedará condicionado invariablemente a requerir mecánicas ortodónticas y ortopédicas avanzadas en la adolescencia, tales como los aparatos de Herbst o Pendex, en un intento por corregir el desfase maxilomandibular sagital tardío (26).

En este contexto de inestabilidad, la colocación de mantenedores de espacio se reafirma en la literatura como una terapia interceptiva indiscutible y de primera línea (27). No obstante, el debate central de la odontopediatría contemporánea gira en torno a la evolución de su diseño. Los clásicos mantenedores inactivos están siendo desplazados de forma justificada por los mantenedores de espacio funcionales, los cuales, además de preservar el diámetro mesiodistal, logran restablecer la eficiencia de la función masticatoria y previenen la extrusión supraeruptiva del diente antagonista (6). En términos de aceptación, comodidad y supervivencia clínica, los diseños funcionales fijos tipo cantilever superan ampliamente a las alternativas tradicionales no funcionales en el paciente infantil (28). Para abordar pérdidas

prematuras de tipo bilateral, se han propuesto alternativas altamente versátiles como las modificaciones del arco de Nance para conservar la armonía en ambos sectores (29), así como el mantenedor expansivo telescópico (TEFF), que destaca notablemente por ofrecer la ventaja biomecánica de permitir el crecimiento fisiológico transversal de los maxilares sin restringir su base ósea (7).

Cuando la extracción atañe específicamente al segundo molar primario previo a la erupción de su sucesor permanente, el aparato tipo "zapato distal" sigue posicionado como la elección clínica ideal de guía eruptiva intra-alveolar (16), sin embargo, revisiones recientes advierten de manera reiterada que las modificaciones en su extensión deben monitorearse minuciosamente debido al alto riesgo de retención de placa y patología gingival (15). El éxito mecánico de todas estas configuraciones depende enormemente de la distribución del estrés oclusal, ya que se ha comprobado mediante ensayos de elementos finitos que variaciones sutiles en el diseño, como la curvatura anatómica de los brazos del mantenedor, determinan drásticamente su resistencia general a la fractura (31). En reconstrucciones de la zona anterior, los modos de fallo representan un desafío similar, donde los fracasos más observados en niños pequeños se atribuyen a la fractura de uniones soldadas o a la resorción radicular prematura de los dientes temporales que actúan como pilares (32).

El punto de inflexión definitivo para superar estas limitaciones mecánicas de los diseños clásicos es la consolidación y masificación de la Odontología Digital. La integración del escaneo intraoral en combinación con flujos CAD/CAM y la impresión 3D ha revolucionado por completo la experiencia clínica del paciente pediátrico, erradicando la ansiedad de las impresiones tradicionales y garantizando una precisión estructural superior (33). Este flujo tecnológico avanzado ha permitido la elaboración rápida de mantenedores funcionales altamente personalizados, los cuales se adaptan a las necesidades anatómicas exactas del arco sin requerir múltiples citas (18). Particularmente destacable en la literatura reciente es la introducción del polímero de poliéter-éter-cetona (PEEK), el cual, al ser fresado o impreso digitalmente, permite diseñar mantenedores que eliminan la necesidad de bandas metálicas, optimizando dramáticamente la adaptación marginal y evitando así microfiltraciones o caries secundaria subyacente (17). Las propiedades físicas, biomecánicas y ópticas del PEEK convencional y modificado superan ampliamente a las clásicas aleaciones de cromo-cobalto, proporcionando una estética natural que imita a la dentina infantil mientras soporta altos

niveles de fuerzas de cizallamiento en el sector posterior (4).

Finalmente, los resultados analizados convergen en la premisa de que el diseño estructural más innovador fracasará si el protocolo de adhesión es deficiente. La cementación del mantenedor es el pilar absoluto de su supervivencia en la cavidad oral infantil. Estudios de fatiga demuestran que el uso de cementos de resina autoadhesivos proporciona tiempos de retención significativamente superiores frente a las cargas masticatorias repetitivas, en comparación directa con el ionómero de vidrio o los compómeros convencionales (34). Del mismo modo, al momento de fijar bandas de acero inoxidable sobre coronas preformadas o coronas de zirconio, los cementos a base de resina ratifican su superioridad brindando los mayores valores de resistencia a la remoción (36). Más aún, para los protocolos de mantenedores adheridos directamente al esmalte sin la incorporación de elementos retentivos como bandas, los composites reforzados con fibra de vidrio (GFRC) han evidenciado una fuerza de unión al cizallamiento muy por encima de las resinas de nanorelleno o las ormoceras, consolidándose indudablemente como el material bio-adhesivo definitivo (35). Toda esta evidencia científica en conjunto dicta que el éxito terapéutico moderno en el mantenimiento del espacio radica en una transición sistemática hacia la planificación digital, la restauración funcional de la masticación y los protocolos de adhesión de alto rendimiento.

IX. CONCLUSIÓN

La caries dental es la etiología principal de la pérdida prematura de molares primarios. Esta condición afecta en mayor medida a los pacientes de sexo masculino. La gravedad de la pérdida de espacio en el arco dental se relaciona directamente con el biotipo facial del paciente. Los individuos con un patrón de crecimiento leptoprosópico o hiperdivergente presentan las disminuciones de espacio más severas.

La extracción temprana de un molar primario causa una reducción promedio de 1.36 milímetros en el arco dentario. Esta alteración dimensional ocurre a causa de la migración mesial de los molares permanentes y el movimiento distal de los dientes anteriores. Estos desplazamientos dentales disminuyen significativamente la longitud disponible para la erupción de las piezas permanentes sucesoras.

La reducción del perímetro del arco desencadena alteraciones oclusales notables durante la dentición mixta. La asimetría en la posición de los dientes origina la desviación de la línea media y predispone al paciente al desarrollo de relaciones molares asimétricas, con inclinación hacia maloclusiones de Clase II o Clase III. La ausencia de un manejo preventivo determina que el paciente requiera tratamientos ortodónticos correctivos complejos en etapas posteriores.

El uso de mantenedores de espacio representa una intervención clínica fundamental para preservar la integridad de las arcadas dentarias. Los mantenedores funcionales elaborados mediante tecnología digital e impresos con polímeros avanzados como el PEEK muestran resultados mecánicos superiores frente a los aparatos metálicos tradicionales. Estas opciones terapéuticas modernas restituyen la eficiencia masticatoria y otorgan un resultado estético favorable.

Bibliografia

1. Mosharrafian S, Baghalian A, Hamrah MH, Kargar M. Clinical Evaluation for Space Maintainer after Unilateral Loss of Primary First Molar in the Early Mixed Dentition Stage. 2021;; p. 2021.
2. Lakshmanan L, Jeevanandan G, Subramanian E. Prevalence on the Early Loss of Primary Molars and Indication for Space Maintainers. 2021; 14(10): p. 58-64.
3. Heidari A, Mokhtari S, Hamrah MH, Tavana Z, Heydarigoojani M, Tavana N. Investigating the Factors Affecting the Need for Unilateral Space Maintainer for First Primary Molars in Late Mixed Dentition. BioMed. 2022;; p. 8.
4. Zhen ZH, Xiong HC, Chen K. Comparative evaluation of esthetic and physical properties of CAD/CAM PEEK oral space maintainers. Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials. 2025.
5. Kamali Sabeti A, Karimizadeh Z, Rafatjou R. Maximum equivalent stress induced and the displacement of the developing permanent first molars after the premature loss of primary second molars: A finite element analysis. Dent Med Probl. 2020; 57(4): p. 401-409.
6. Aravinda VSS, Krishna MM, Nikitha B, Malathi Y, Jayanth C. Innovative Clinical Technique of Space Maintenance using Customised Functional Space Maintainer: A Case Series. Journal of clinical and diagnostic research. 2021; 15(11): p. 07 - 10.
7. Raviteja NVK PM. Clinical Evaluation of Ghana Shyam's TEFF (Telescopically Expanding Fixed Functional) Space Maintainer Versus Conventional Band and Loop Space Maintainer. Pesqui. Bras. Odontopediatria Clín. Integr. 2020.
8. Gandhi JM, Gurunathan D. Short- and long-term dental arch spatial changes following premature loss of primary molars: A systematic review. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2022; 40(3): p. 239-245.
9. Zhao J, Jin H, Li X, Qin X. Dental arch spatial changes after premature loss of first primary molars: a systematic review and meta-analysis of split-mouth studies. 2023; 23.
10. Shakti P, Singh A, Purohit BM, Purohit A, Taneja S. Effect of premature loss of primary teeth on prevalence of malocclusion in permanent dentition: A systematic review and meta-analysis. Int Orthod. 2024; 21(4).

11. Mihajlovic F, Milutinovic F, Djordjevic D, Mijailovic S, Vukojcic S, Milovanovic D. Analysis of Risk Factors for Inappropriate Prescribing of Psychotropic Drugs in Primary Health Care in Elderly Patients. *Sciendo*. 2025; 26(2): p. 137 - 144.
12. Hernández-Palacios JJ, Castañeda-Ayala JJ, Juárez-Medel CA. Prevalence of premature loss of deciduous teeth and its relationship with gender among children from Acapulco, Guerrero: a cross-sectional study. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*. 2022; 79(5): p. 293-299.
13. Raju SS, Majhi S, Merum K, Palicarp SM, Reddy ER. Premature Loss of Primary Molars in Children from Highly Endemic Fluoride District of Telangana, India: A Cross-sectional Study. *World Journal of Dentistry*. 2021.
14. Warkhandkar A, Habib L. Effects of Premature Primary Tooth Loss on Midline Deviation and Asymmetric Molar Relationship in the Context of Orthodontic Treatment. *Caerus*. 2023.
15. Soman M, Jawdekar A. Modifications of a Distal Shoe Space Maintainer for Preserving Arch Integrity in Children: A Review of Published Literature. *Journal of South Asian Association of Pediatric Dentistry*. 2025.
16. Mohapatra A, Dutta S, Dutta B, Gupta A. Operational Distal Shoe Appliance for Harmonious Occlusion: A Case Report. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2024; 17(10): p. 1172-1175.
17. Wang Q, Zhang Z, Zhong S, Liu J, Hu Y, Zhou Z, et al. Clinical application of a digital semi-rigid bridge space maintainer fabricated from polyetheretherketone for premature loss of primary molars. *BMC Oral Health*. 2023.
18. Mladenovic R, Nedeljkovic A, Vujacic L, Stevanovic M, Djordjevic V. A Personalized 3D-Printed CAD/CAM Functional Space Maintainer Following the Premature Loss of a Primary First Molar in a Five-Year-Old Child. *Repost*. 2025; 8(3): p. 125.
19. Al Khafaji SY, Wais ZMH, Salman OL. The Prevalence of Premature Loss of Primary Molars Among Children Who Attended College of Dentistry/Hillah City, Iraq. *Medical Journal of Babylon*. 2024; 21(4): p. 812-815.
20. Lygidakis NA, Garot E, Somani C, Taylor GD, Rouas P, Wong FSL. Best clinical practice guidance for clinicians dealing with children presenting with molar-incisor-hypomineralisation (MIH): an updated European Academy of Paediatric

- Dentistry policy document. *European Archives of Paediatric Dentistry*. 2022; 23: p. 3–21.
21. Basilicata M, Marrone G, Lauro MD, Sargentini E, Paolino V, Hassan R, et al. Gaucher Disease in Internal Medicine and Dentistry. *applied sciences*. 2023; 13(6).
 22. GRANJA GL, LIMA LCMd, LEAL TR, BERNARDINO VMM, NEVES ÉTB, PAIVA SM, et al. Impact of parental oral health literacy on orthodontic treatment need in schoolchildren. *Dental Press J Orthod*. 2025; 30(2).
 23. Babakurd F, Shammery NHA, Azrak L, Al-Nerabieah Z, Alkhouli M. Assessment of Dentists' Knowledge of Space Maintainer Indications After Primary First Molar Extraction: A Cross-Sectional Study. *Cureus*. 2024; 16(6): p. 1-8.
 24. Alshawy ES, Alrashidi AS. Ectopic Eruption of the First Permanent Molars: Prevalence and Severity of Resorption. *World Journal of Dentistry*. 2023; 14(9): p. 752-754.
 25. Limongelli L, Barile G, Fanelli G, Corsalini T, Capodiferro S, Corsalini M. Impaction of Deciduous and Permanent Teeth Related to Local Obstacles: A Retrospective Study of 10 Years of Institutional Experience. *Children*. 2025; 12(7): p. 929.
 26. Brianna T, Kang J, Hudson-Boyd C, Kadan S, Saconi B, Keenan BT, et al. Skeletodental and soft tissue changes following treatment with herbst and pendex appliances: a retrospective CBCT study. *Clinical Oral Investigations*. 2026; 30(48).
 27. Nedeljkovic A, Petrovic M, Andjelic B. SPACE MAINTENANCE OF PREMATURE PRIMARY TOOTH LOSS - AN OVERVIEW. *sciendo*. 2022.
 28. Sathyaprasad S, Krishnareddy MG, Vinod V, Das N, R R, Ilyas I. Comparative Evaluation of Fixed Functional Cantilever Space Maintainer and Fixed Nonfunctional Space Maintainer: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2022.
 29. Gupta A, Mohapatra A, Dutta B, Dhull KS. Functional Space Maintainer with Bilateral Early Loss of Primary Maxillary First Molars: NAFC. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2024; 17(5): p. 612-615.
 30. Deng Q, Chen Z, Meng Y. Treatment of the Ectopic Eruption of the Mandibular First Permanent Molar With D- Loop: A Case Report. *Clinical Case Reports*. 2025; 13(10): p. e71162.
 31. Doğan Ö, Doğan SSA. Arm design of band and loop space maintainer affects its longevity:

- a patient-specific finite element study. *J Clin Pediatr Dent.* 2024; 48(1): p. 171-183.
32. Biedma-Perea M, Caleza-Jiménez C, Mendoza-Mendoza A, Ribas-Pérez D. Longevity of Aesthetic Fixed Space Maintainers in the Anterior Area of the Pediatric Dental Patient. *children.* 2023; 10(11).
 33. Almarshadi R, Hamdi S, Hadi F, Alshehri A, Alsaifi R, Aljohani N, et al. Redefining Digital Dentistry: Multidisciplinary Applications of 3D Printing for Personalized Dental Care. *cureus.* 2025; 17(6): p. 1-16.
 34. Zaidan SM, Rafeeq RA, Başaran B. Comparison of survival time of three adhesive materials used in fixed space maintainer cementation by using ball milling machine: An in vitro study. *Journal of Baghdad College of Dentistry.* 2024; 36(4).
 35. Barathi D, Jampanapalli SR, Patloth T, Konda S, Inguva H, Shaik H. Comparative Evaluation of Shear Bond Strength of Bonded Space Maintainers UsingOrmocers, Nanofilled and Glass Fiber-reinforced Adhesive Composites. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry.* 2024; 17(6): p. 695-701.
 36. Kalaskar R, Ijalkar R, Kalaskar A, Balasubramanian S. Comparative Evaluation of Bond Strength of Different Luting Cements for Cementation of Stainless Steel Bands on Primary Molar Crowns (Stainless Steel and Zirconia Crowns): An In Vitro Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry.* 2021; 14(6): p. 762-767.