

Uso de flúor como prevenção e tratamento para a cárie: revisão de literatura

Use of fluoride as prevention and treatment for caries: literature review

Uso de flúor como prevención y tratamiento de caries: revisión de la literatura

Recebido: 12/07/2022 | Revisado: 22/07/2022 | Aceito: 24/07/2022 | Publicado: 01/08/2022

Gabrielle Soares da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1252-2589>

Instituto Nacional de Ensino Superior e Pós-Graduação Padre Gervásio, Brasil

E-mail: g.soaress@gmail.com

Tereza Cristina Rodrigues da Cunha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5542-6517>

Instituto Nacional de Ensino Superior e Pós-Graduação Padre Gervásio, Brasil

E-mail: diretoria@inapos.edu.br

Tatiany Gabrielle Freire Araújo Guimarães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8792-5262>

Instituto Nacional de Ensino Superior e Pós-Graduação Padre Gervásio, Brasil

E-mail: profa.tatiany@inapos.edu.br

Resumo

O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre o uso do flúor como prevenção e tratamento da cárie. Para isso, foi empreendida uma busca no banco de dados científicos PubMed utilizando as seguintes palavras-chave: cárie dentária (*dental carie*), flúor (*fluoride*), prevenção (*prevention*), tratamento (*treatment*) e toxicidade (*toxicity*). Os critérios de inclusão abrangeram: (1) estudos clínicos ou revisões de literatura; (2) publicados entre 2000 e 2022; (3) em idioma português ou inglês; (4) com texto completo disponível. Os critérios de exclusão foram: artigos publicados fora do período de tempo, metodologia, ou idiomas selecionados, bem como artigos com o texto completo indisponível. Ao todo foram selecionados 31 artigos para compor a presente pesquisa. De acordo com os resultados, o uso do flúor na prevenção da cárie se baseia na capacidade desse elemento em restaurar o equilíbrio do processo de desmineralização e remineralização do esmalte dentário. Trata-se de uma alternativa versátil, presente em políticas de saúde pública e que pode ser acessada em diversas formas, tanto em casa como no consultório. Concluiu-se que o uso do flúor é uma alternativa importante para a prevenção da cárie dentária, sendo considerado um método seguro que produz resultados significativos na redução da prevalência desta patologia.

Palavras-chave: Cárie dentária; Flúor; Tratamento; Prevenção.

Abstract

The objective of this work was to carry out a literature review on the use of fluoride for the prevention and treatment of caries. For this, a search was carried out in the PubMed scientific database using the following keywords: dental caries, fluoride (fluoride), prevention, treatment and toxicity. Inclusion criteria included: (1) clinical studies or literature reviews; (2) published between 2000 and 2022; (3) in Portuguese or English; (4) with full text available. Exclusion criteria were: articles published outside the selected time period, methodology, or languages, as well as articles with the full text unavailable. In all, 31 articles were selected to compose this research. According to the results, the use of fluoride in the prevention of caries is based on the ability of this element to restore the balance of the demineralization and remineralization process of dental enamel. It is a versatile alternative, present in public health policies and that can be accessed in different ways, both at home and in the office. It was concluded that the use of fluoride is an important alternative for the prevention of dental caries, being considered a safe method that produces significant results in reducing the prevalence of this pathology.

Keywords: Dental caries; Fluoride; Treatment; Prevention.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue realizar una revisión bibliográfica sobre el uso del flúor para la prevención y tratamiento de la caries. Para ello se realizó una búsqueda en la base de datos científica PubMed utilizando las siguientes palabras clave: caries dental, fluoruro (fluoruro), prevención, tratamiento y toxicidad. Los criterios de inclusión incluyeron: (1) estudios clínicos o revisiones de la literatura; (2) publicado entre 2000 y 2022; (3) en portugués o inglés; (4) con texto completo disponible. Los criterios de exclusión fueron: artículos publicados fuera del período de tiempo, metodología o idiomas seleccionados, así como artículos con el texto completo no disponible. En total, 31 artículos fueron seleccionados para componer esta investigación. Según los resultados, el uso del flúor en la prevención de la caries se basa en la capacidad de este elemento para restablecer el equilibrio del proceso de desmineralización y remineralización del esmalte dental. Es una alternativa versátil, presente en las políticas públicas de salud y a la que se puede acceder de diferentes formas, tanto en casa como en la oficina. Se concluyó que el uso de

flúor es una alternativa importante para la prevención de la caries dental, siendo considerado un método seguro que produce resultados significativos en la reducción de la prevalencia de esta patología.

Palabras clave: Caries dental; Flúor; Tratamiento; Prevención.

1. Introdução

A cárie é definida como uma patologia causada pelo desequilíbrio do processo de desmineralização e remineralização (Des-Re) do esmalte dentário. Esse desequilíbrio é provocado pela manutenção de um pH bucal baixo, causado pela presença de ácidos originados do metabolismo de bactérias presentes no biofilme dental. A desmineralização excessiva leva ao surgimento de lesões que se apresentam inicialmente como manchas brancas, e podem evoluir para a cavitação do esmalte (Baik et al., 2021).

Os principais fatores etiológicos relacionados à cárie são: uma dieta rica em carboidratos e alimentos açucarados; higiene bucal inadequada; presença de bactérias cariogênicas e susceptibilidade do dente e do hospedeiro. Outros fatores incluem hipossalivação; exposição dentinária e baixo nível socioeconômico (Martignon et al., 2021).

É uma das doenças microbiológicas mais comuns a nível mundial, atingindo de 60% a 90% de todas as crianças em idade escolar. Em geral, a superfície oclusal do dente é a mais acometida. Cerca de 80% a 90% dos casos de cárie em crianças ocorrem na face oclusal. Dentre os elementos dentários, os primeiros molares são os dentes mais susceptíveis à cárie, seguidos pelos segundos molares (Baik et al., 2021).

A prevenção, a detecção precoce da lesão, e o tratamento adequado são as principais diretrizes para o manejo da cárie dentária. Nesse âmbito, o uso do flúor tem sido aplicado com sucesso. O mecanismo de ação do flúor na prevenção e tratamento da cárie se baseia em proporcionar maior resistência ao esmalte dentário através de uma maior formação de fluorapatita na superfície dos dentes, substância capaz de reduzir a desmineralização, promover a remineralização, e inibir o metabolismo bacteriano (Clark et al., 2020).

O flúor está disponível para uso na prevenção e tratamento da cárie em duas formas: sistêmica e tópica. As formas tópicas estão disponíveis para uso doméstico ou profissional. Em sua versão para uso doméstico, possuem baixa concentração de flúor, enquanto na versão profissional possuem alta concentração. O flúor para uso doméstico está disponível em enxaguatórios bucais, géis e dentifrícios, e o flúor de aplicação profissional é usado apenas em consultórios odontológicos na forma de géis, espuma ou verniz. Na sua forma sistêmica, o flúor está disponível através da fluoretação da água ou através da ingestão de suplementos de flúor (Jullien, 2021).

O consumo de flúor em quantidades excessivas e por um período prolongado pode ser tóxico, causar malefícios e levar ao desenvolvimento de doenças. Como o flúor vem sendo adicionado à água potável em muitos países desde a década de 1930 para reduzir a incidência de cárie dentária, os benefícios e riscos do uso preventivo do flúor são temas discutidos no campo da saúde pública global (Johnston & Strobel, 2020).

Dada a alta prevalência de cárie dentária, a importância do uso do flúor para o tratamento e prevenção desta patologia, e os possíveis riscos associados ao seu consumo prolongado e em doses exacerbadas, justifica-se a realização de uma revisão de literatura com o intuito de prover informações úteis à prática clínica, apresentando dados atuais sobre o tema.

O objetivo geral deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre o uso do flúor como prevenção e tratamento da cárie. Os objetivos específicos determinados incluíram o levantamento de informações sobre: o mecanismo de ação flúor e o seu papel na prevenção de cáries; as fontes de flúor sistêmico e tópico; a absorção do flúor sistêmico e tópico; bem como a toxicidade do flúor.

2. Metodologia

A metodologia empregada no presente estudo foi a revisão de literatura narrativa, a qual pode ser definida como uma pesquisa bibliográfica com o intuito de analisar a literatura científica disponível para desenvolver ou discutir um determinado tema, permitindo ao autor adquirir ou atualizar o conhecimento (Rother, 2007).

Para isso, foi empreendida uma busca no banco de dados científicos PubMed utilizando as seguintes palavras-chave: cárie dentária (*dental carie*), flúor (*fluoride*), prevenção (*prevention*), tratamento (*treatment*), toxicidade (*toxicity*).

Os critérios de inclusão abrangeram: (1) estudos clínicos ou revisões de literatura; (2) publicados entre 2002 e 2022; (3) em português ou inglês; (4) com texto completo disponível.

Os critérios de exclusão foram: artigos publicados fora do período de tempo, metodologia, ou idiomas selecionados, bem como artigos com o texto completo indisponível.

A princípio, foi feita uma seleção dos artigos com potencial para inclusão no trabalho a partir da leitura do título e resumo dos mesmos. Em seguida, prosseguiu-se para a leitura completa dos artigos que mais se adequaram a proposta da pesquisa.

Os dados coletados a partir dos artigos selecionados foram organizados em forma narrativa e distribuídos em tópicos.

3. Resultados e Discussão

Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, prosseguiu-se para a leitura dos resumos e em seguida dos textos completos. Ao final do processo, foram selecionados 31 artigos para compor a presente revisão (Tabela 1). As características dos artigos selecionados podem ser observadas no Quadro 1.

Tabela 1. Resultado das buscas no banco de dados PubMed utilizando os descritores selecionados

DESCRITORES	PUBMED	
		Total
(((Dental carie) AND (Fluoride)) AND (prevention)) OR (treatment) OR (toxicity)	Resultado da pesquisa inicial	13.092.198
	Resultado após filtro de tempo (2002-2022)	8.295.073
	Resultado após filtro de metodologia (revisões de literatura e estudos clínicos)	1.741.092
	Resultado após filtro de idiomas (inglês ou português)	1.597.692
	Resultado após filtro de texto completo disponível	1.520.093
	Resultado após leitura de títulos, resumos e textos completos	31

Fonte: Autoria própria

Quadro 1. Sumarização dos artigos selecionados para compor o “Corpus da Pesquisa”

AUTOR/DATA	MÉTODO	OBJETIVO	PRINCIPAIS RESULTADOS
Marinho et al., 2003	Revisão de literatura	Determinar a segurança e eficácia do uso de dentifrícios fluoretados para prevenir cáries em crianças	O uso de dentifrícios fluoretados na prevenção de cárie entre crianças foi considerado seguro e eficaz.
Griffin et al., 2007	Revisão de literatura	Avaliar a eficácia do flúor como mecanismo de prevenção contra a cárie	O flúor foi considerado eficaz na prevenção de cáries, tanto na forma sistêmica como tópica.
Robinson, 2009	Revisão de literatura	Revisar os mecanismos de ação do flúor no combate à cárie	O flúor pode reduzir a solubilidade mineral do dente equilibrando o processo Des-Re
Buzalaf et al., 2011	Revisão de literatura	Avaliar os mecanismos de ação do flúor na prevenção da cárie	A principal ação do flúor para o controle da cárie ocorre através de seu efeito tópico.
Rošin-Grget et al., 2013	Revisão de literatura	Discutir os possíveis mecanismos preventivos da ação do flúor na prevenção da cárie	A eficácia do uso preventivo flúor depende da disponibilidade de flúor livre presente placa bacteriana
Rugg-Gun et al., 2013	Revisão de literatura	Revisar as estratégias de controle para a cárie	A cárie pode ser prevenida principalmente através do uso de estratégias como a fluoretação da água
Weyant et al., 2013	Revisão de literatura	Um painel de especialistas revisou o uso tópico do flúor na prevenção da cárie	Recomendou-se que pessoas com alto risco de desenvolver cárie façam uso de métodos tópicos de prevenção como a aplicação de verniz ou géis fluoretados
Carey, 2014	Revisão de literatura	Obter informações sobre o uso do flúor na prevenção de cárie	As terapias com flúor foram consideradas eficazes em reduzir a prevalência de cárie
Iheozor-Ejiofor et al., 2015	Revisão de literatura	Avaliar a eficácia da fluoretação da água como método preventivo contra a cárie	A fluoretação da água reduziu em cerca de 35% a prevalência global de cárie entre crianças
Cury et al., 2016	Revisão de literatura	Descrever o papel do flúor no controle da progressão de lesões de cárie	O flúor disponível no meio bucal pode retardar a taxa de progressão da lesão em todas as superfícies dentárias
O’Mullane et al., 2016	Revisão de literatura	Avaliar o papel do flúor para a saúde bucal	A eficácia do uso do flúor em prevenir cáries é bem documentada pela literatura
Takahashi et al., 2017	Revisão de literatura	Avaliar o uso de suplementos de flúor em mulheres grávidas para prevenir cáries em seus filhos	Não foram encontradas evidências suficientes para comprovar a eficácia do método avaliado
Aoun et al., 2018	Revisão de literatura	Discutir os benefícios e os riscos do uso do flúor na prevenção da cárie	O uso do flúor é seguro e eficaz para a prevenção da cárie, especialmente em sua forma tópica
Horst et al., 2018	Revisão de literatura	Avaliar o uso do flúor em estratégias de saúde pública para prevenir a cárie	A fluoretação da água permite que a população tenha acesso a uma alternativa eficaz de prevenção da cárie
Pollick, 2018	Revisão de literatura	Discutir o uso do flúor na prevenção de cáries em crianças	Recomenda-se que as crianças façam uso de água e dentifrícios fluoretados para prevenir a cárie
Grandjean, 2019	Revisão de literatura	Avaliar os efeitos neurotóxicos do flúor	Mais estudos devem ser feitos para avaliar a existência de possíveis efeitos neurotóxicos
Toumba et al., 2019	Revisão de literatura	Elaborar recomendações sobre o uso do flúor na prevenção de cárie em crianças	Os aspectos básicos da prevenção de cárie em crianças incluem boa higiene oral e uso de dentifrício fluoretado
Walsh et al., 2019	Revisão de literatura	Avaliar os efeitos de dentifrícios fluoretados na prevenção de cárie	Os dentifrícios fluoretados são benéficos para a prevenção da cárie em crianças e adultos
Whelton et al., 2019	Revisão de literatura	Avaliar as políticas de saúde pública no uso de flúor para prevenção da cárie	O flúor é utilizado de maneira eficaz em diversos países em políticas de saúde pública para prevenção da cárie
Clark et al., 2020	Revisão de literatura	Discutir o uso do flúor para prevenção de cárie em crianças	Recomendou-se o uso de dentifrícios fluoretados a partir da erupção dos primeiros dentes
Gao et al., 2020	Estudo clínico	Avaliar a eficácia de dois tipos de tratamento tópico com flúor na prevenção da cárie infantil	A aplicação de solução de nitrato de prata a 25% seguida de verniz de fluoreto de sódio foi tão eficaz quanto a solução de fluoreto de diamina de prata (SDF) a 28%
Gupta et al., 2020	Revisão de literatura	Avaliar o uso de flúor tópico associado a um agente antibacteriano na prevenção da cárie em crianças	A combinação de flúor tópico com agentes antibacterianos foi eficaz em prevenir cárie em crianças
Guth et al., 2020	Revisão de literatura	Avaliar a neurotoxicidade do uso preventivo do flúor	Não houve evidências suficientes para afirmar que o flúor possa gerar efeitos neurotóxicos
Johnston & Strobel, 2020	Revisão de literatura	Revisar os princípios da toxicidade do flúor	O mecanismo de toxicidade do fluoreto pode ser atribuído a inibição de proteínas, pH alterado e desequilíbrio eletrolítico.
Simmel et al., 2020	Revisão de literatura	Descrever o mecanismo de ação do flúor na prevenção de cáries	O flúor age reequilibrando o processo Des-Re ao regular a troca de íons dos cristais de apatita
Srivastava & Flora, 2020	Revisão de literatura	Avaliar a relação entre a incidência de fluorose esquelética e a fluoretação da água	Os níveis de flúor a que uma população está exposta devem ser constantemente avaliados para evitar a fluorose
Zhang et al., 2020	Revisão de literatura	Avaliar a eficácia do uso tópico do flúor na prevenção de cáries	A aplicação anual de SDF a 38% combinada com boa higiene oral foi considerada a terapia mais eficaz
Baik et al., 2020	Revisão de literatura	Verificar a eficácia do uso de verniz fluoretado na prevenção de cáries oclusais	Os vernizes foram considerados eficazes na prevenção de cáries oclusais
Jullien, 2021	Revisão de literatura	Descrever a profilaxia para uso preventivo de flúor em crianças com menos de 5 anos	O uso de alternativas tópicos e acesso à água fluoretada são considerados formas eficazes de prevenir a cárie em crianças
Martignon et al., 2021	Revisão de literatura	Identificar fatores de risco para cárie em crianças da América Latina e Caribe	Fatores socioeconômicos, demográficos e comportamentais foram associados a maior prevalência de cárie
Miranda et al., 2021	Revisão de literatura	Avaliar a associação entre exposição ao flúor e desordens neurológicas	Não houve evidência da relação entre a exposição ao flúor e o desenvolvimento de patologias neurológicas

Fonte: Autoria própria

Para organizar os dados coletados a partir dos artigos, dentre as temáticas relevantes para o tema, os seguintes tópicos foram escolhidos:

3.1 Mecanismo de ação do flúor e seu papel na prevenção de cáries

A cárie dentária é uma das doenças bucais mais relevantes para a Odontologia, possuindo uma prevalência global significativa que atinge de 60% a 90% entre crianças (Baik et al., 2021). Dentre os fatores de risco relacionados à cárie, encontram-se aspectos socioeconômicos (classe social e escolaridade), demográficos (idade, sexo e etnia), comportamentais (não uso de dentifrício fluoretado, consumo de açúcar, higiene inadequada) e biológicos (defeitos de desenvolvimento do esmalte, quantidade e qualidade da saliva, biofilme cariogênico) (Martignon et al., 2021).

A cárie ocorre como resultado de um processo bioquímico caracterizado pela dissolução dos minerais que compõe o esmalte dentário, o que expõe a matriz orgânica à degradação por enzimas derivadas de bactérias, bem como pelas enzimas derivadas do hospedeiro, presentes na dentina e na saliva (Rugg-Gunn, 2013).

O esmalte dentário maduro é composto por cerca de 97% de cálcio (Ca) na forma de cristais de hidroxiapatita (HA), 2% de água e 1% de material orgânico. A composição química da HA é expressa pela fórmula: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Os cristais de HA estão dispostos em feixes de prismas de 2 a 5 microns de diâmetro, os quais se estendem da dentina à superfície do esmalte. As junções entre os prismas são caracterizadas por permitir um caminho para entrada e saída de material do esmalte (Robinson, 2009).

Os cristais HA podem incorporar uma ampla gama de íons do ambiente circundante substituindo os grupos Ca, fosfato (PO_4^{3-}) e hidroxila (OH). A incorporação de íons ocorre desde o desenvolvimento do dente e continua após a sua formação completa. Tais substituições desempenham um papel importantíssimo na forma como os cristais de HA se formam e se comportam em relação ao ácido (Robinson, 2009).

No que diz respeito à cárie, alguns dos íons mais determinantes são os de carbonato (CO_3^{2-}), magnésio (Mg) e fluoreto (F^-). Os íons de CO_3^{2-} podem substituir os íons de PO_4^{3-} , e quando grandes concentrações estiverem presentes, também os íons OH; e os íons de Mg podem substituir os íons de Ca, em uma quantidade limitada. Portanto, os íons de CO_3^{2-} e Mg facilitam a desmineralização e dificultam a remineralização, levando formação a cristais menos estáveis e mais solúveis e a uma maior dificuldade em produzir novos cristais (Pollick, 2018).

As concentrações de PO_4^{3-} e OH livres disponíveis na saliva necessárias para manter a preponderância da remineralização no processo Des-Re são alteradas pela mudança do pH fisiológico. A diminuição do pH leva a uma redução das concentrações dos íons de PO_4^{3-} e OH na saliva. Devido a esse fato, considera-se que a solubilidade da apatita aumenta 10 vezes com uma diminuição de 1 unidade de pH. A queda do pH bucal gera uma condição propícia para o desequilíbrio do processo Des-Re (Buzalaf et al., 2011).

Sucessivos ciclos Des-Re com preponderância da desmineralização resultam na formação de lesões irreversíveis no esmalte dentário. A lesão provocada pela cárie se caracteriza inicialmente como uma mancha de aparência esbranquiçada e pode evoluir até grandes cavidades que se estendem até a dentina (Horst et al., 2018).

A queda do pH bucal pode ocorrer devido ao consumo excessivo de alimentos e bebidas ácidos ou açucarados, bem como pela higiene bucal inadequada. Bactérias que se alimentam de açúcares, presentes no biofilme dentário, geram ácido lático como produto final de seu metabolismo. Com o aumento da quantidade de ácido lático, ocorre a queda do pH bucal, que pode atingir níveis entre 4,5 e 5,5, portanto favorecendo a preponderância da desmineralização no processo Des-Re (Simmer et al., 2020).

O papel do flúor na prevenção da cárie se dá através da inibição da desmineralização, aumento da remineralização e a resistência do esmalte ao ataque ácido. Quando os íons de flúor estão presentes durante a remineralização, eles são

incorporados na estrutura da apatita, atraindo íons de Ca e formando cristais mistos de fluor-hidroxiapatita, os quais são mais resistentes a ataques ácidos (Rošin-Grget et al., 2013).

Assim, o flúor interfere no processo de cárie, reduzindo a progressão das lesões e a incidência de formação de novas lesões (Cury et al., 2016). Graças a tais características, o flúor exerce um papel importante na prevenção da cárie, em pessoas de todas as faixas etárias (Griffin et al., 2007). A Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2007, aprovou uma resolução afirmando que o acesso universal ao flúor para a prevenção da cárie deveria ser parte do direito básico à saúde humana (O'Mullane et al., 2016).

3.2 Fontes de flúor sistêmico e tópico

O flúor é considerado o elemento químico mais eletronegativo e reativo, e pode ser encontrado na natureza somente em sua forma iônica, o fluoreto. O fluoreto é um ânion inorgânico que ocorre naturalmente em minerais. Os sais de flúor são altamente solúveis e encontrados na água, variando em concentração a depender da região geográfica (Guth et al., 2020).

Existem dois métodos básicos de uso do flúor para a prevenção da cárie dentária: tópico e sistêmico. O flúor sistêmico pode ser administrado através da fluoretação da água, sal e leite. O flúor tópico pode ser administrado profissionalmente (géis de flúor, vernizes) ou autoadministrado (cremes dentais e enxaguantes bucais) (Carey, 2014).

No que se refere às fontes para absorção sistêmica de flúor, a fluoretação da água é a mais empregada. Desde a década de 1930, a fluoretação da água começou a ser feita em países com alta incidência de cárie, causando uma redução significativa na prevalência desta patologia. A introdução fluoretação da água reduziu em aproximadamente 35% a prevalência de cáries em dentes de leite, e reduziu em 26% a perda e restauração de dentes permanentes devidos á cárie (Iheozor-Ejiofor et al., 2015). Em 2012, 370 milhões de pessoas em 27 países receberam água potável fluoretada. Graças a sua eficácia, a fluoretação da água é considerada um marco no combate à cárie no âmbito da saúde pública, e a concentração ideal recomendada atualmente é de 0,7 mg/l (Whelton et al., 2019).

A fluoretação do leite é aplicada em diversos países ao redor do mundo através da integração de programas de saúde pública e nutrição escolar. O leite fluoretado é ingerido pelas crianças apenas nos dias em que frequentam a escola, portanto não é consumido nos períodos de recesso escolar, como fins de semana e férias. São relatados resultados bem-sucedidos na prevenção da cárie, com redução da incidência de cáries na dentição primária e permanente (Toumba et al., 2019).

Com base no uso bem-sucedido do sal iodado na prevenção do bócio, o sal fluoretado foi iniciado em 1955 na Suíça para diminuir o risco de cárie. A fluoretação do sal pode ser considerada uma boa estratégia na prevenção ou redução dos níveis de cárie principalmente onde a fluoretação da água não é viável. Existem regulamentações ou autorizações para a produção e comercialização de sal fluoretado em vários países da Europa, como Áustria, República Tcheca, França, Alemanha, Romênia, Eslováquia e Espanha. O uso mais extensivo de sal fluoretado é feito na Jamaica, onde ocorreu a proibição da importação e venda de todo sal não fluoretado para consumo humano, o que gerou uma redução de até 82% na prevalência de cárie em crianças de 12 anos (Aoun et al., 2018).

Existem ainda os suplementos dietéticos de flúor, os quais são recomendados para crianças que vivem em comunidades sem acesso a água fluoretada. Como há muitas fontes de flúor disponíveis em suprimentos, bebidas e alimentos processados, é essencial que todas as fontes potenciais sejam avaliadas antes de prescrever um suplemento dietético (Clark et al., 2020). Foi sugerido que em regiões sem fluoretação da água, a suplementação de flúor para gestantes poderia ser uma forma eficaz de prevenir o surgimento de cáries em seus filhos, no entanto não foram encontradas evidências que comprovassem a eficácia desse método (Takahashi et al., 2017).

Em relação às fontes tópicas de flúor, a principal fonte autoadministrada é o creme dental, que foi introduzido em meados da década de 1970. Desde então, os cremes dentais fluoretados tornaram-se comuns em todo o mundo. Em 2000,

estimava-se que pelo menos 1,5 bilhões de pessoas em todo o mundo usavam creme dental contendo flúor. Os creme dentais fluoretados são considerados métodos importantes de prevenção de cárie, especialmente em crianças de até 8 anos de idade (Whelton et al., 2019; Walsh et al., 2019). As crianças que escovam os dentes pelo menos uma vez ao dia com creme dental fluoretado terão uma redução significativa na incidência de cáries (Marinho et al., 2003).

O enxaguante bucal com flúor é uma alternativa para a absorção tópica, embora seu uso seja menos comum do que o do creme dental fluoretado. O enxaguante bucal fluoretado foi desenvolvido na década de 1960 e é considerado uma alternativa efetiva para prevenir cáries, principalmente cáries oclusais em dentes posteriores (Baik et al., 2021). Possuem uma concentração mais baixa de fluoreto de sódio do que creme dental e são recomendados para crianças com mais de 6 anos como uma fonte adicional de flúor tópico (Zhang et al., 2020).

Dentre as fontes tópicas de flúor administradas por profissionais em consultório, encontram-se o verniz fluoretado, que consiste na aplicação de flúor concentrado na superfície dos dentes. Essa modalidade é bem tolerada por bebês e crianças pequenas e possui um efeito terapêutico prolongado (Jullien, 2021). A aplicação de verniz fluoretado é benéfica especialmente para crianças com acesso limitado ao atendimento odontológico. Em crianças com alto risco de cárie o verniz fluoretado pode ser aplicado nos dentes a cada 3 ou 6 meses (Gao et al., 2020). A aplicação tópica de flúor associada ao uso de agentes antibacterianos pode aumentar o potencial preventivo contra a cárie (Gupta et al., 2020).

A aplicação tópica também pode ser feita pelo gel de flúor, o qual está disponível para uso profissional ou doméstico. Consiste em um produto com textura viscosa, e sua concentração de flúor varia de 5.000 ppm a 12.300 ppm. Está disponível em formulações com pH baixo (gel de fluoreto de fosfato acidulado - APF) ou neutro (fluoreto de sódio). Sua aplicação é recomendada para crianças e adultos com alto risco de desenvolver cárie. O tempo de aplicação para géis administrados profissionalmente é de 4 minutos e a frequência de aplicação é de até 4 vezes por ano. O gel de flúor para aplicação doméstica em geral é usado em programas de prevenção de cárie nas escolas, nos quais é aplicado de 2 a 6 vezes por ano. Devido à possibilidade de ingestão, recomenda-se a aplicação em crianças acima de 6 anos de idade (O'Mullane et al., 2016; Weyant et al., 2013).

3.3 Como o flúor sistêmico é absorvido

Ao serem ingeridos, os fluoretos solúveis sofrem dissociação iônica pelo ácido clorídrico presente no estômago, e são em sua maior parte absorvidos pela mucosa estomacal. Os íons de fluoreto são transmitidos ao plasma sanguíneo, a partir do qual circulam pelo organismo. A maior parte do flúor absorvido é excretada pelos rins, e apenas uma pequena fração pelas fezes e pelo suor. Cerca de 10% do flúor ingerido é assimilado e retido nos tecidos duros (ossos e dentes), estruturas nas quais se pode encontrar cerca de 99% do flúor total presente em um organismo (Guth et al., 2020).

Nos métodos sistêmicos de uso do flúor como estratégia preventiva contra a cárie, pode-se considerar que a absorção do flúor é feita não apenas de maneira sistêmica, mas também de forma tópica. Quando ingerida, a água fluoretada entra em contato com a cavidade oral, e atinge os dentes e a saliva. Como a água é consumida várias vezes ao dia, há uma alta frequência de contato do flúor presente na água com a estrutura dentária (Buzalaf et al., 2011).

A grande vantagem dos métodos sistêmicos é beneficiar todos os moradores de uma comunidade, independentemente da idade, nível socioeconômico, escolaridade, práticas de higiene bucal, emprego ou acesso a cuidados odontológicos. Portanto, os métodos sistêmicos possuem um bom custo-benefício, e podem fornecer prevenção de cárie para uma grande população (Toumba et al., 2019).

3.4 Como o flúor tópico é absorvido

Para que o flúor possa exercer seu efeito preventivo contra a cárie é necessário que esteja presente na cavidade oral,

em contato com os dentes. Devido a esse fator, a aplicação tópica do flúor é a mais efetiva para atingir o objetivo de manter níveis adequados e sustentados de flúor nos fluidos orais (Buzalaf et al., 2011).

Além de interferir nos processos de desmineralização e remineralização, juntamente com efeitos nas bactérias orais, o flúor é retido em reservatórios intraorais, pois pode ser depositado nos tecidos duros dentários como CaF_2 , ligado à mucosa oral e aos componentes da placa dentária. O flúor retido na placa dentária é especialmente relevante, visto que é área em que ocorre o processo Des-Re.

Após a aplicação tópica de flúor ocorre uma diminuição rápida dos níveis de flúor presentes na saliva e na placa, seguida por um aumento significativo em relação aos níveis basais. Esse aumento nos níveis de flúor permanece por muitas horas após a exposição, o que demonstra a capacidade do flúor de ser armazenado nos reservatórios intraorais e liberado na saliva quando é mais necessário para reduzir a desmineralização ou aumentar a remineralização de lesões iniciais (Buzalaf et al., 2011).

3.5 Toxicidade

No que se refere à toxicidade do flúor, a dose tóxica elementar é estabelecida em de 5 a 10 mg/kg de peso corporal, e doses letais em de 8 a 16 mg/kg (Jullien, 2021). Os efeitos tóxicos do flúor incluem a interrupção da fosforilação oxidativa, glicólise, coagulação e neurotransmissão (Srivastava & Flora, 2020).

Considera-se que a segurança no uso do flúor depende da sensibilidade do organismo, da concentração de flúor, e das condições pelas quais é administrado. A questão principal é a quantidade de flúor que um organismo encontrará durante sua vida (Johnston & Strobel, 2020).

Vários fatores, como o aumento da idade, a baixa ingestão de cálcio e o mau estado nutricional, juntamente com a extensão e a duração da exposição ao flúor, influenciam a quantidade de deposição de flúor no organismo, e consequentemente, o possível efeito tóxico em longo prazo (Srivastava & Flora, 2020).

Altas concentrações de flúor naturalmente presentes na água potável e o uso inadvertido de suplementos de flúor são os maiores responsáveis pela manifestação de efeitos tóxicos. As manifestações da toxicidade do flúor são consideradas raras em adultos, e a maior parte dos casos (80%) ocorre em crianças com até 6 anos de idade (Aoun et al., 2018).

Atualmente, o único risco cientificamente comprovado associado ao uso preventivo do flúor é o de fluorose. A fluorose dentária geralmente atinge crianças com menos de 8 anos de idade e é causada pela exposição à doses excessivas de flúor durante o desenvolvimento dentário, levando a hipomineralização subsuperficial e porosidade do esmalte (Jullien, 2021).

A fluorose esquelética é causada por altos níveis de acúmulo de flúor nos ossos e articulações. A alta deposição de flúor causa um desequilíbrio no metabolismo ósseo, gerando alterações nos níveis de cálcio e reabsorção. Os principais sintomas associados à fluorose esquelética são dor articular crônica, rigidez articular, dor esporádica, calcificação de ligamentos e osteosclerose. Em geral está associada a pacientes acima de 30 anos de idade, em situação de vulnerabilidade nutricional, e expostos ao consumo prolongado de água com alta concentração de flúor (Srivastava & Flora, 2020).

Estudos têm sido feitos para analisar o potencial tóxico do flúor e identificar outros possíveis riscos ligados ao consumo excessivo e prolongado. São levantadas hipóteses sobre a influência do consumo de flúor no desenvolvimento de diabetes e possíveis danos neurológicos, associados a doenças como Parkinson e Alzheimer (Johnston & Strobel, 2020). Porém, não há evidências consistentes que suportem a associação do uso preventivo do flúor a danos neurológicos. Na maioria dos países desenvolvidos, a margem de exposição dos indivíduos ao flúor é incompatível com a quantidade necessária para produzir efeitos neurotóxicos (Guth et al., 2020; Miranda et al., 2021).

No que tange à influência dos efeitos tóxicos do flúor no desenvolvimento de diabetes, tal hipótese se baseia no fato de que a exposição prolongada a um alto teor de flúor pode inibir a glicólise e a produção de ATP, o que poderia levar a

alterações na homeostase do açúcar e na concentração de insulina no sangue. Dessa forma, supõe-se que a exposição crônica a uma grande concentração de flúor poderia contribuir parcialmente para o diabetes. Contudo, ainda não há consenso científico sobre o tema e mais estudos devem ser feitos para verificar essa possível relação (Johnston & Strobel, 2020).

Portanto, em termos de saúde pública, é importante uma avaliação constante dos riscos de toxicidade associados à ingestão elevada de flúor através de estudos epidemiológicos e ecológicos que analisem os níveis de flúor aos quais a população está submetida através da fluoretação da água, da liberação natural de flúor de minerais do solo e do consumo de formas autoadministradas de aplicação (Grandjean, 2019).

4. Considerações Finais

A cárie dentária é uma patologia que possui uma alta prevalência global, principalmente em crianças em situação de vulnerabilidade socioeconômica. As consequências das lesões provocadas pela cárie podem ser graves e incluem comprometimento estético, dores, e até mesmo a perda dos dentes. Sabe-se que o comprometimento da saúde bucal interfere na qualidade de vida e pode causar impactos psicossociais, atingindo a auto-estima e a sociabilidade do indivíduo. Nesse sentido, destaca-se a importância de alternativas preventivas que possam reduzir a incidência da cárie dentária e evitar os malefícios que essa patologia pode trazer à saúde bucal.

Dentre as ações preventivas, encontram-se abordagens educativas baseadas na orientação sobre a importância da higiene bucal e da manutenção de uma dieta sem o excesso de alimentos ricos em açúcares, e também abordagens profiláticas, como o uso do flúor. O uso do flúor na prevenção da cárie se baseia na capacidade desse elemento em restaurar o equilíbrio do processo Des-Re, estabelecendo a preponderância do processo de remineralização.

O flúor tem sido usado na prevenção de cáries desde meados do século passado, e pode ser aplicado de forma sistêmica ou tópica. Trata-se de uma alternativa versátil, presente em políticas de saúde pública e que pode ser acessada em diversas formas, tanto em casa como no consultório. Graças ao uso do flúor, houve uma redução significativa na prevalência de cárie em nível mundial, beneficiando milhões de pessoas ao longo do tempo. Atualmente, o uso do flúor é considerado um método relevante na prevenção de cáries.

É necessário ressaltar que o flúor possui efeitos tóxicos quando ingerido além das quantidades recomendadas e por um tempo prolongado. Por isso, é importante que haja um monitoramento governamental acerca das fontes sistêmicas de flúor as quais os indivíduos têm acesso. Além disso, a população deve ser orientada sobre a utilização das formas autoadministradas. Em geral, o uso do flúor é considerado seguro, pois seus efeitos tóxicos podem ser evitados e ocorrem em situações específicas.

Concluiu-se que o uso do flúor representa uma alternativa importante para a prevenção da cárie dentária, sendo considerado um método seguro que produz resultados significativos na redução da prevalência desta patologia.

Estudos futuros sobre o tema devem avaliar a prevalência de cárie em populações específicas, com o intuito de proporcionar informações úteis para a organização das políticas públicas de saúde. Outro aspecto a ser explorado são os possíveis riscos relacionados ao uso preventivo do flúor, pois ainda existem poucos estudos desenvolvidos sobre o tema.

Referências

- Aoun, A., Darwiche, F., Al Hayek, S., & Doumit, J. (2018). The Fluoride Debate: The Pros and Cons of Fluoridation. *Preventive nutrition and food science*, 23(3), 171–180.
- Baik, A., Alamoudi, N., El-Housseiny, A., & Altuwirqi, A. (2021). Fluoride Varnishes for Preventing Occlusal Dental Caries: A Review. *Dentistry journal*, 9(6), 64.
- Buzalaf, M., Pessan, J. P., Honório, H. M., & TenCate, J. M. (2011). Mechanisms of action of fluoride for caries control. *Monographs in oral science*, 22, 97–114.

- Carey C. M. (2014). Focus on fluorides: update on the use of fluoride for the prevention of dental caries. *The journal of evidence-based dental practice*, 14 Suppl, 95–102.
- Clark, M. B., Slayton, R. L., & Section on Oral Health (2020). Fluoride use in caries prevention in the primary care setting. *Pediatrics*, 134(3), 626–633
- Cury, J. A., de Oliveira, B. H., dos Santos, A. P., & Tenuta, L. M. (2016). Are fluoride releasing dental materials clinically effective on caries control?. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*, 32(3), 323–333.
- Gao, S. S., Chen, K. J., Duangthip, D., Wong, M., Lo, E., & Chu, C. H. (2020). Arresting early childhood caries using silver and fluoride products - A randomised trial. *Journal of dentistry*, 103, 103522.
- Grandjean P. (2019). Developmental fluoride neurotoxicity: an updated review. *Environmental health: a global access science source*, 18(1), 110.
- Griffin, S. O., Regnier, E., Griffin, P. M., & Huntley, V. (2007). Effectiveness of fluoride in preventing caries in adults. *Journal of dental research*, 86(5), 410–415.
- Gupta, A., Sharda, S., Nishant, Shafiq, N., Kumar, A., & Goyal, A. (2020). Topical fluoride-antibacterial agent combined therapy versus topical fluoride monotherapy in preventing dental caries: a systematic review and meta-analysis. *European archives of paediatric dentistry: official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*, 21(6), 629–646.
- Guth, S., Hüser, S., Roth, A., et al. (2020). Toxicity of fluoride: critical evaluation of evidence for human developmental neurotoxicity in epidemiological studies, animal experiments and in vitro analyses. *Archives of toxicology*, 94(5), 1375–1415.
- Horst, J. A., Tanzer, J. M., & Milgrom, P. M. (2018). Fluorides and Other Preventive Strategies for Tooth Decay. *Dental clinics of North America*, 62(2), 207–234.
- Iheozor-Ejiofor, Z., Worthington, H. V., Walsh, T., O'Malley, L., Clarkson, J. E., Macey, R., Alam, R., Tugwell, P., Welch, V., & Glenny, A. M. (2015). Water fluoridation for the prevention of dental caries. *The Cochrane database of systematic reviews*, 2015(6), CD010856.
- Johnston, N. R., & Strobel, S. A. (2020). Principles of fluoride toxicity and the cellular response: a review. *Archives of toxicology*, 94(4), 1051–1069.
- Jullien S. (2021). Prophylaxis of caries with fluoride for children under five years. *BMC pediatrics*, 21(Suppl 1), 351.
- Marinho, V. C., Higgins, J. P., Sheiham, A., & Logan, S. (2003). Fluoride toothpastes for preventing dental caries in children and adolescents. *The Cochrane database of systematic reviews*, 2003(1), CD002278.
- Martignon, S., Roncalli, A. G., Alvarez, E., Aránguiz, V., Feldens, C. A., & Buzalaf, M. (2021). Risk factors for dental caries in Latin American and Caribbean countries. *Brazilian oral research*, 35(suppl 01), e053.
- Miranda, G., Alvarenga, M., Ferreira, M., Puty, B., Bittencourt, L. O., Fagundes, N., Pessan, J. P., Buzalaf, M., & Lima, R. R. (2021). A systematic review and meta-analysis of the association between fluoride exposure and neurological disorders. *Scientific reports*, 11(1), 22659.
- O'Mullane, D. M., Baez, R. J., Jones, S., Lennon, M. A., Petersen, P. E., Rugg-Gunn, A. J., Whelton, H., & Whitford, G. M. (2016). Fluoride and Oral Health. *Community dental health*, 33(2), 69–99.
- Pollick H. (2018). The Role of Fluoride in the Prevention of Tooth Decay. *Pediatric clinics of North America*, 65(5), 923–940.
- Robinson C. (2009). Fluoride and the caries lesion: interactions and mechanism of action. *European archives of paediatric dentistry : official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*, 10(3), 136–140.
- Rošin-Grget, K., Peroš, K., Sutej, I., & Bašić, K. (2013). The cariostatic mechanisms of fluoride. *Acta medica academica*, 42(2), 179–188.
- Rother, E.T. (2007). Revisão sistemática X revisão narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*. 20 (2), 5-6.
- Rugg-Gunn A. (2013). Dental caries: strategies to control this preventable disease. *Acta medica academica*, 42(2), 117–130.
- Simmer, J. P., Hardy, N. C., Chinoy, A. F., Bartlett, J. D., & Hu, J. C. (2020). How Fluoride Protects Dental Enamel from Demineralization. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 10(2), 134–141.
- Srivastava, S., & Flora, S. (2020). Fluoride in Drinking Water and Skeletal Fluorosis: a Review of the Global Impact. *Current environmental health reports*, 7(2), 140–146.
- Takahashi, R., Ota, E., Hoshi, K., Naito, T., Toyoshima, Y., Yuasa, H., Mori, R., & Nango, E. (2017). Fluoride supplementation (with tablets, drops, lozenges or chewing gum) in pregnant women for preventing dental caries in the primary teeth of their children. *The Cochrane database of systematic reviews*, 10(10), CD011850.
- Toumba, K. J., Twetman, S., Splieth, C., Parnell, C., van Loveren, C., & Lygidakis, N. A. (2019). Guidelines on the use of fluoride for caries prevention in children: an updated EAPD policy document. *European archives of paediatric dentistry: official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*, 20(6), 507–516.
- Walsh, T., Worthington, H. V., Glenny, A. M., Marinho, V. C., & Jeroncic, A. (2019). Fluoride toothpastes of different concentrations for preventing dental caries. *The Cochrane database of systematic reviews*, 3(3), CD007868.
- Weyant, R. J., Tracy, S. L., Anselmo, T. T., Beltrán-Aguilar, E. D., Donly, K. J., Frese, W. A., Hujoel, P. P., Iafolla, T., Kohn, W., Kumar, J., Levy, S. M., Tinanoff, N., Wright, J. T., Zero, D., Aravamudhan, K., Frantsve-Hawley, J., Meyer, D. M., & American Dental Association Council on Scientific Affairs

Expert Panel on Topical Fluoride Caries Preventive Agents (2013). Topical fluoride for caries prevention: executive summary of the updated clinical recommendations and supporting systematic review. *Journal of the American Dental Association* (1939), 144(11), 1279–1291.

Whelton, H. P., Spencer, A. J., Do, L. G., & Rugg-Gunn, A. J. (2019). Fluoride Revolution and Dental Caries: Evolution of Policies for Global Use. *Journal of dental research*, 98(8), 837–846.

Zhang, J., Sardana, D., Li, K. Y., Leung, K., & Lo, E. (2020). Topical Fluoride to Prevent Root Caries: Systematic Review with Network Meta-analysis. *Journal of dental research*, 99(5), 506–513.