

Os impactos da radioterapia na estrutura dental e suas consequências no tratamento odontológico

The impacts of radiotherapy on tooth structure and its consequences on dental treatment

Los impactos de la radioterapia en la estructura dental y sus consecuencias en el tratamiento dental

Recebido: 15/09/2022 | Revisado: 26/09/2022 | Aceitado: 28/09/2022 | Publicado: 07/10/2022

Amanda Reven Faria

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6263-2885>
Centro Universitário de Patos de Minas, Brasil
E-mail: amandareven@unipam.edu.br

Mariana Tamila Ribeiro Corrêa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1324-2263>
Centro Universitário de Patos de Minas, Brasil
E-mail: marianatrc@unipam.edu.br

Marília Karolyne Soares Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8643-1623>
Centro Universitário de Patos de Minas, Brasil
E-mail: mariliaksp@unipam.edu.br

Victor da Mota Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6631-6161>
Centro Universitário de Patos de Minas, Brasil
E-mail: victor.mota@unipam.edu.br

Tatiana Carvalho Montes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2078-0000>
Centro Universitário de Patos de Minas, Brasil
E-mail: tatianacmontes@unipam.edu.br

Resumo

A radioterapia de cabeça e pescoço afeta negativamente a estrutura dental de dentes permanentes, causando alterações orgânicas e morfológicas em esmalte e dentina. O objetivo deste trabalho foi avaliar quais mudanças acontecem nesses substratos e de que forma essas alterações podem prejudicar o tratamento odontológico reabilitador. Foi realizado uma revisão integrativa da literatura, por meio da qual foram selecionados a partir dos critérios de elegibilidade propostos na estratégia PICO, 20 artigos foram analisados, utilizando os descritores: radioterapia, dente, câncer de cabeça e pescoço e tratamento odontológico, cruzando-os com o operador booleando AND. As bases de dados consultadas foram o National Library of Medicine (PubMed), Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Medical Literature Analysis and Retrieval System online (MEDLINE). Foi verificado uma prevalência de estudos experimentais tratando das alterações observadas, uma revisão sistemática e comparações de materiais e seus desempenhos diante da radioterapia. De acordo com esse estudo, alterações orgânicas e morfológicas são perceptíveis a partir de 30Gy, assim, alguns materiais se mostraram com melhores desempenhos frente a essas limitações encontradas, podendo oferecer melhor adesividade, selamento e uma longevidade maior nos tratamentos reabilitadores.

Palavras-chave: Radioterapia; Dente; Neoplasias de cabeça e pescoço; Assistência odontológica.

Abstract

Head and neck radiotherapy negatively affects the dental structure of permanent teeth, causing organic and morphological changes in enamel and dentin. The aim of this study was to evaluate what changes occur in these substrates and how these changes may affect rehabilitative dental treatment. An integrative literature review was carried out, where 20 articles were selected based on the eligibility criteria proposed in the PICO strategy, using the descriptors: radiotherapy, tooth, head and neck cancer, and dental treatment, crossing them with the boolean operator AND. The databases consulted were the National Library of Medicine (PubMed), Scientific Electronic Library Online (SciELO) and Medical Literature Analysis and Retrieval System online (MEDLINE). A prevalence of experimental studies dealing with the observed changes, a systematic review, and comparisons of materials and their performance under radiotherapy were verified. According to this study, organic and morphological changes are perceptible after 30Gy, so some materials showed better performance in the face of these limitations, and may offer better adhesion, sealing, and greater longevity in rehabilitative treatments.

Keywords: Radiotherapy; Tooth; Head and neck neoplasms; Dental care.

Resumen

La radioterapia de cabeza y cuello afecta negativamente a la estructura dental de los dientes permanentes, provocando cambios orgánicos y morfológicos en el esmalte y la dentina. El objetivo de este estudio fue evaluar qué cambios se producen en estos sustratos y cómo estos cambios pueden perjudicar el tratamiento dental de rehabilitación. Se realizó una revisión bibliográfica integradora. A partir de los criterios de elegibilidad propuestos en la estrategia PICO, se analizaron 20 artículos utilizando los descriptores: radioterapia, diente, cáncer de cabeza y cuello y tratamiento dental, cruzándolos con el operador booleano AND. Las bases de datos consultadas fueron National Library of Medicine (PubMed), Scientific Electronic Library Online (SciELO) y Medical Literature Analysis and Retrieval System online (MEDLINE). Se encontró un predominio de estudios experimentales que tratan de las alteraciones observadas, una revisión sistemática y comparaciones de materiales y su rendimiento con la radioterapia. Según este estudio, las alteraciones orgánicas y morfológicas son perceptibles después de 30 Gy. Así, algunos materiales han mostrado un mejor comportamiento frente a estas limitaciones y pueden ofrecer una mejor adhesión, sellado y mayor longevidad en los tratamientos de rehabilitación.

Palabras clave: Radioterapia; Diente; Neoplasias de cabeza y cuello; Atención odontológica.

1. Introdução

Os cânceres de cabeça e pescoço (CCP) correspondem a 4,8% dos cânceres todo o mundo (Bray *et al.*, 2018). Representam um grupo heterogêneo de neoplasias que afetam o trato aerodigestivo superior (Avelar, 2019), incluindo uma variedade de tumores que acometem a cavidade oral, faringe, laringe, cavidade nasal, seios paranasais, tireoide e glândulas salivares (Campana & Goiato, 2013). O consumo de tabaco e álcool são fatores de risco bem estabelecidos, e de fato, esses agentes causais, consumidos de forma individual ou em combinação, ocasionam um aumento da probabilidade ou risco de ocorrência desses cânceres (Döbrössy, 2005).

As modalidades terapêuticas geralmente incluem procedimentos cirúrgicos, radioterápicos, quimioterápicos e a associação das mesmas (Cacelli & Rapoport, 2008). Para o tratamento dos CCP, frequentemente, a radioterapia (RT) é utilizada. Esta técnica usa a radiação ionizante para danificar de forma semi seletiva as células malignas, de forma direta ou produzindo radicais livres, o que resulta na morte celular (Beech *et al.*, 2013). A dose necessária de radiação para cada paciente e a duração do tratamento, alteram conforme a malignidade e localização do câncer (Jham & Freire, 2006; Freitas *et al.*, 2011).

Os pacientes submetidos a radioterapia de cabeça e pescoço podem apresentar efeitos colaterais sistêmicos e locais (Jawad *et al.*, 2015). Podem ser observados efeitos diretos sobre os dentes após a radioterapia, como a desorganização da estrutura dentária com perda da interação mineral-orgânica, alteração das propriedades mecânicas após o protocolo de irradiação (Rodrigues *et al.*, 2017), além de diferentes efeitos sobre a microestrutura da dentina e esmalte (Gonçalves *et al.*, 2014).

Desse modo, a radioterapia de cabeça e pescoço é capaz de provocar efeitos negativos em dentina e esmalte, provocando desafios no tratamento odontológico desses pacientes, seja na seleção dos materiais ou na abordagem clínica. Portando o objetivo desse estudo foi analisar as modificações estruturais de dentes permanentes em consequência do tratamento radioterápico de cabeça e pescoço, bem como, compreender de que modo tais alterações afetam o tratamento odontológico reabilitador.

2. Metodologia

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, em que a mesma objetivou responder a seguinte pergunta: “De que forma as alterações da estrutura dental de dentes permanentes de pacientes irradiados de cabeça e pescoço podem influenciar no tratamento odontológico?”. A pergunta norteadora do estudo foi desenvolvida através da estratégia PICO (Santos *et al.*, 2007) em que atribuiu-se P (população) aos pacientes irradiados de cabeça e pescoço), I (intervenção) no tratamento

odontológico de dentes permanentes, C (comparação) com os pacientes que não receberam tratamento radioterápico e O (desfecho) de possíveis alterações na estrutura dental e consequências no tratamento odontológico.

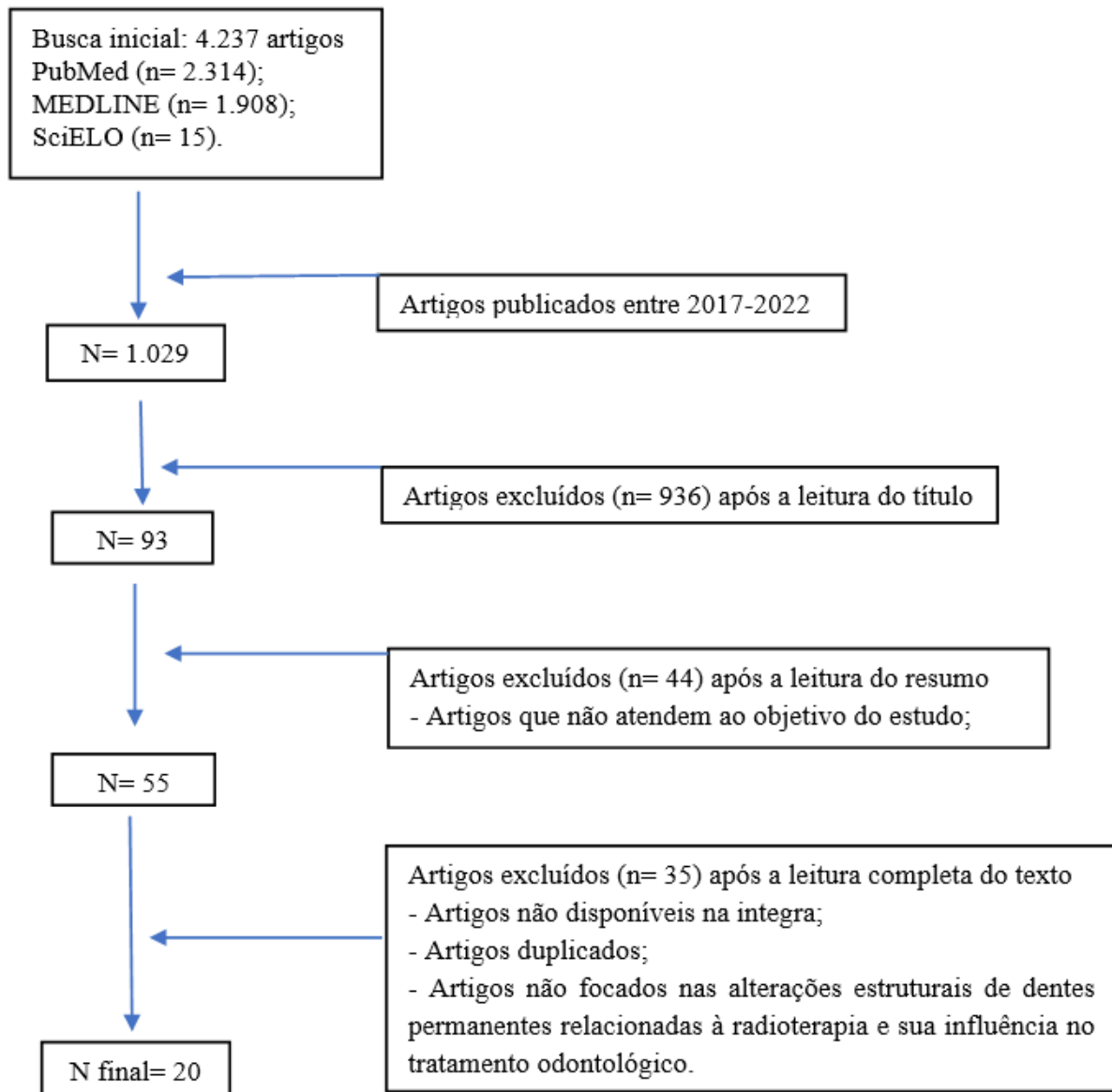
Foi realizada uma busca por meio das bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), National Library of Medicine (PubMed) e Medical Literature Analysis and Retrieval System online (Medline). Para o levantamento dos trabalhos, foram utilizadas estratégias de busca a partir de descritores indexados à base Descritores em Ciências da Saúde (DeCS): “*radiotherapy*”, “*head and neck cancer*”, “*tooth*” e “*dental treatment*”, associados ao operador booleano “AND”.

Os critérios de inclusão definidos para a seleção da amostra foram: artigos completos e disponíveis gratuitamente, publicados no período de 2017 a 2022 em português e/ou inglês e indexados nas bases de dados elencadas. Foram excluídos os trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses, livros e capítulos de livros, além de artigos em duplicata e que não abordaram a temática do estudo.

3. Resultados

Nesta revisão integrativa, levando em consideração a metodologia proposta, foram obtidos 4.237 artigos na busca inicial. Por conseguinte, foram descartados 3.208 artigos que não se encaixavam no período de publicação pré-determinado. Foram previamente selecionados um quantitativo de 93 artigos após a leitura dos títulos. Seguida da leitura dos resumos e aplicando os métodos de inclusão e exclusão, foram eliminados um total de 44 publicações. Ao final da análise alcançou-se a amostra final de 20 estudos científicos que atenderam o propósito da pesquisa. O esquema de busca dos artigos está disposto na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma da estratégia de busca para a seleção dos artigos.



Fonte: Autores (2022).

Com o objetivo de ordenar os dados destes artigos, foi utilizado um instrumento de dados (Quadro 1) contemplando: título, autores, ano e revista de publicação, objetivo, metodologia (tipo de estudo), resultados e o nível de evidência de acordo com o tipo de estudo, segundo JBI (Quadro 2).

Quadro 1 - Descrição dos dados dos estudos incluídos na revisão integrativa.

Título	Autores/ Ano	Objetivo	Metodologia (Tipo de estudo)	Resultados	Nível De Evidência
Efeitos de diferentes doses de radiação na microdureza, morfologia superficial e componentes minerais do esmalte humano.	Cunha et al., 2017.	Avaliar os efeitos de três diferentes doses de radioterapia (20, 40 e 70Gy) na microdureza, morfologia superficial e conteúdo mineral (com base nos valores de Ca e P) de três diferentes profundidades de esmalte humano (cervical, médio e oclusal).	Estudo experimental.	Radioterapia pode afetar os valores de microdureza apenas do esmalte cervical sem comprometer o conteúdo morfológico ou mineral (Ca e P) em qualquer profundidade.	Nível II.
Análise estrutural do esmalte em dentes de pacientes com câncer de cabeça e pescoço submetidos à radioterapia.	Madrid et al., 2017.	Analisar aspectos macroscópicos, microscópicos e ultraestruturais do esmalte de pacientes com câncer de cabeça e pescoço submetidos à radioterapia.	Estudo Experimental.	A radioterapia de cabeça e pescoço <i>in vivo</i> é capaz de alterar a estrutura micromorfológica do esmalte humano, especialmente na região cervical.	Nível III.1
Influência da radioterapia nas propriedades dentinárias e resistência de união	Rodrigues et al., 2017.	Avaliar as propriedades biomecânicas da dentina e a resistência de união à microtração (μ tbs) realizada antes ou após a radioterapia (RT).	Estudo experimental.	A RT altera as bandas de absorção e encontrou-se uma desorganização da estrutura dentinária. As propriedades mecânicas foram alteradas pela radioterapia e o período de restauração (antes ou depois).	Nível II
Análise de estresse de esmalte de dente humano irradiado usando métodos de elementos finitos	Thiagarajana et al., 2017.	Usar métodos de elementos finitos para determinar como as mudanças no módulo de elasticidade devido à radiação terapêutica do câncer bucal alteram a distribuição das tensões mecânicas nos dentes e determinar se as falhas observadas nos dentes irradiados se correlacionam com as mudanças nas tensões mecânicas.	Estudo experimental.	Aumento da tensão de tração associada às mudanças nas propriedades induzidas pela radiação na região cervical interna do esmalte <i>in vivo</i> dentes irradiados podem desestabilizar a interface esmalte-dentina resultando em delaminação do esmalte próximo à jde.	Nível III.1.
Detectando desmineralização de esmalte e cimento após irradiação gama usando densitometria radiográfica.	Abdalla et al., 2018.	Avaliar a capacidade da densitometria radiográfica em detectar a desmineralização precoce do esmalte e cimento humanos em dentes irradiados e não irradiados.	Estudo experimental.	A irradiação gama com doses terapêuticas típicas para carcinoma de cabeça e pescoço é uma causa direta de desmineralização do esmalte e cimento dentário.	Nível II.

Longevidade da resistência de união de cimentos resinosos à dentina radicular após radioterapia.	Pa et al., 2018.	Avaliar a resistência de união e interface adesiva entre vários cimentos resinosos e dentina radicular imediatamente e 6 meses após a radioterapia.	Estudo experimental.	A radiação foi associada a uma diminuição na resistência de união e a uma menor adaptação da interface cimento resinoso/ dentina radicular. O cimento resinoso autoadesivo foi a melhor alternativa para cimentação de pinos de fibra em dentes submetidos à radioterapia. A resistência de união diminuiu após 6 meses.	Nível II.
A radioterapia altera a composição, propriedades estruturais e mecânicas da dentina radicular in vitro.	Velo et al., 2018.	Avaliar os aspectos da dentina radicular humana antes e depois da radiação. Além disso, entender melhor a estrutura da dentina irradiada.	Estudo experimental.	A exposição à radiação altera a composição e estrutura da dentina radicular humana, o que afeta negativamente sua dureza.	Nível II.
Radioterapia prejudica a adesão adesiva em dentes permanentes	Arid et al., 2019.	Avaliar os efeitos in vitro da radioterapia (RT) na superfície morfológica do esmalte e dentina e determinar o melhor sistema adesivo e o momento mais adequado para restaurar dentes em pacientes com câncer de cabeça e pescoço.	Estudo experimental.	A RT altera substancialmente a superfície morfológica do esmalte e da dentina e prejudica a resistência de união. O sistema Clearfill rendeu melhores resultados que o Adper Single Bond 2, e a restauração dos dentes antes da RT resultou nos piores resultados em ambos os substratos.	Nível II.
Efeito da aplicação de flúor durante a radioterapia na desmineralização do esmalte.	Lopes et al., 2019.	Avaliar o efeito da aplicação tópica de flúor durante a irradiação na desmineralização do esmalte dentário.	Estudo experimental.	O flúor reduziu a perda mineral e manteve a morfologia externa do esmalte irradiado e ciclado. No entanto, não foi tão eficaz na preservação das propriedades mecânicas do esmalte. A radioterapia alterou o módulo de elasticidade do esmalte e sua composição química.	Nível II.
Efeito da carbodiimida e da clorexidina na longevidade da resistência de união do cimento resinoso à dentina radicular após radioterapia.	Lopes et al., 2019.	Avaliar o efeito da carbodiimida (EDC) e da clorexidina (CHX) na resistência de união (BS) do cimento resinoso à dentina radicular de dentes submetidos à radioterapia.	Estudo experimental.	A radioterapia foi associada a menor resistência de união e pior adaptação da interface. O tratamento de dentina com EDC contribuiu para a longevidade da interface adesiva durante a cimentação de pinos de fibra de vidro em dentes não irradiados e irradiados.	Nível II.

Efeitos induzidos por radiação direta no tecido duro dental.	Lu et al., 2019.	Avaliar os efeitos diretos induzidos pela radiação no tecido duro dental e investigar seu papel na formação de cáries de radiação.	Estudo experimental	A radiação pode alterar diretamente as propriedades mecânicas, micromorfologia, propriedades cristalinas e composição química do tecido dentário duro. A destruição precoce do esmalte adjacente à JDE, combinada com a diminuição da cristalinidade do esmalte sob exposição à radiação, pode estar relacionada à formação de cárie de radiação característica.	Nível II.
Análises espectroscópicas revelam variações induzidas pela radioterapia na composição elementar e nas propriedades cristalinas do esmalte dos dentes permanentes humanos.	Kudkuli et al., 2019.	Estudar o efeito da radioterapia na composição estrutural e elementar do esmalte dos dentes permanentes in vitro.	Estudo experimental.	A radioterapia pode induzir variações significativas nos grupos funcionais inorgânicos e orgânicos que constituem a superfície do esmalte dentário; e essas variações são dependentes da dose.	Nível II.
Efeito de diferentes doses de radiação nas propriedades morfológicas, mecânicas e químicas de dentes decíduos e permanentes - um estudo in vitro	Duruk et al., 2020.	Realizar uma avaliação in vitro dos efeitos da radioterapia nas propriedades morfológicas, mecânicas e químicas de dentes decíduos e permanentes.	Estudo experimental.	A radiação tem efeitos negativos na estrutura dos dentes e estudos adicionais são necessários nesse sentido. Este estudo indica que os pacientes de radioterapia estão em maior risco de cárie dentária.	Nível III.1
O impacto da radioterapia de cabeça e pescoço na junção dentina-esmalte: uma revisão sistemática.	Fonseca et al., 2020.	Investigar a radiação ionizante como um fator independente para alterações físicas e químicas na junção dentina-esmalte (JDE), uma topografia dentária fundamental para o aparecimento e progressão da cárie relacionada à radiação (RRC) e delaminação do esmalte.	Revisão sistemática.	A HNRT pode ter um impacto negativo nos aspectos físicos e químicos da JDE, predispondo pacientes com câncer a RRC e delaminação do esmalte.	Nível II.

Desmineralização do esmalte dentário após radioterapia: uma análise de microestrutura e microdureza in vitro.	Kudkuli et al., 2020.	Avaliar os efeitos das doses de radioterapia na densidade mineral e no volume mineral percentual do esmalte do dente permanente humano.	Estudo experimental.	A perda da superfície dentária pode ser um importante fator contribuinte para a cárie de radiação em pacientes com câncer de cabeça e pescoço prescritos para radioterapia. Esses efeitos diretos da radioterapia causam abrasão do esmalte, delaminação e danos à junção amelodentinária.	Nível II.
Os efeitos adversos da radioterapia na estrutura dos tecidos duros dentários e longevidade da restauração dentária.	Munõz et al., 2020.	Avaliar o impacto de diferentes doses de radiação ionizante nas estruturas mineral (razão carbonato/fosfato, índice de cristalinidade [CI] e orgânica (razão de sub-banda amida III/fosfato, amida D), bem como a microdureza, do esmalte e da dentina, juntamente com sua influência na estabilidade da resistência de união das estratégias adesivas dentais condicionantes (ER) e autocondicionantes (SE).	Estudo experimental.	As alterações estruturais do esmalte e da dentina são geradas por todas as doses de radiação, diminuindo a microdureza dos tecidos duros dentais e influenciando a resistência de união ao longo do tempo, a partir da dose de radiação de 40 Gy. A estratégia ER demonstra melhor desempenho adesivo, mas gera fraturas coesivas no esmalte.	Nível II.
O efeito do tempo de aplicação da radioterapia e dos materiais de obturação na resistência à fratura de pré-molares inferiores.	Türker et al., 2020.	Investigar o efeito do tempo de aplicação da radioterapia (RT) na resistência à fratura de pré-molares inferiores preenchidos com Biodentine ou guta-percha/selante (GPS).	Estudo experimental.	Tanto o tempo de RT quanto os materiais de obturação (Biodentine ou guta-percha/cimento) afetam a resistência à fratura dos dentes tratados endodonticamente.	Nível II.
Efeito da dupla aplicação de adesivos universais na resistência de união à dentina após radioterapia.	Ugurlu M., 2020.	Avaliar o efeito da dupla aplicação de adesivos universais na resistência de união à dentina após radiação ionizante.	Estudo experimental.	A dupla aplicação foi benéfica na melhora da resistência de união em dentina de adesivos universais afetados pela radioterapia após radiação ionizante.	Nível II.

Efeitos induzidos diretos da radioterapia padrão e modificada protocolo sobre estrutura de superfície de tecido dentário duro.	Sever et al., 2021.	Estimar o resultado da irradiação direta nas características físicas e superficiais dos tecidos dentários duros.	Estudo experimental.	O protocolo convencional de irradiação de cabeça e pescoço leva a uma possível quebra de esmalte e dentina com redução da microdureza e aumento da rugosidade da superfície, independentemente do protocolo de irradiação utilizado.	Nível II.
Os efeitos da radioterapia na microdureza e composição mineral das estruturas dentárias	Siripamitkul et al., 2022.	Avaliar as alterações de microdureza e composição mineral em esmalte e dentina após radioterapia.	Estudo experimental.	A radiação fracionada reduziu a microdureza tanto no esmalte quanto na dentina. A dentina cervical exibiu a maior redução de microdureza em comparação com outras localizações de esmalte e dentina.	Nível III.1

Fonte: Autores (2022).

Quadro 2 - Níveis de evidência de acordo com o tipo de estudo, segundo JBI.

Níveis de Evidência de acordo com o tipo de estudo, segundo JBI
NÍVEL I. Evidência obtida a partir de revisão sistemática contendo apenas ensaios clínicos controlados randomizados.
NÍVEL II. Evidência obtida a partir de pelo menos um ensaio clínico controlado randomizado.
Nível III. 1 Evidência obtida de ensaios clínicos controlados bem delineados, sem randomização.
Nível III. 2 Evidência obtida de estudos de coorte bem delineados ou caso-controle, estudos analíticos, preferencialmente de mais de um centro ou grupo de pesquisa.
Nível III. 3 Evidência obtida a partir de séries temporais múltiplas, com ou sem intervenção e resultados dramáticos em experimentos não controlados.
Nível IV. Parecer de autoridades respeitadas, baseadas em critérios clínicos e experiência, estudos descritivos ou relatórios de comitês de especialistas (National Health & Medical Research Council, 1995).

Fonte: Karino & Felli (2012).

No resultado desta busca, constatou-se uma prevalência não só de estudos experimentais direcionados ao entendimento de como a radioterapia causa danos no esmalte, mas, principalmente em dentina e de que forma alguns manejos podem auxiliar na diminuição desses impactos no tratamento odontológico.

4. Discussão

Este trabalho teve como propósito avaliar os impactos que a radioterapia provocara na estrutura dental de dentes permanentes e de que forma o tratamento odontológico poderia ser afetado. Verificou-se que a maioria dos pacientes são tratados com a dose total curativa entre 50 e 70 Grays (Gy) sendo fracionada num período determinado (Freitas *et al.*, 2011). Após a análise dos vinte artigos, amplas mudanças podem ser observadas na estrutura dental, Lu *et al.*, (2019) relata que degenerações no tecido duro podem ser observadas a partir de 30Gy de radiação, sendo que, quando a dose é acumulada de 60Gy, mais destruição nesses tecidos serão observados. Para Duruk *et al.*, (2020) as mudanças significativas no esmalte começam geralmente após 30Gy, sendo também observadas após 40, 50 e 60Gy. O achado de Sever *et al.*, (2021) foi o oposto, na qual concluiu que o aumento da dose de radiação não resultou em maiores alterações do esmalte. Um aspecto importante da radioterapia é a radiólise, em que a radiação interage com a água, e apesar de o esmalte ser composto majoritariamente por fase mineral, ainda possui constituintes orgânicos, como proteínas, peptídeos e água. Quando ocorre a radiólise, radicais livres são liberados, podendo interagir com outros novos, desse modo, isso pode explicar o aumento do teor de amida I, fosfato e carbonato após a exposição à radiação, contribuindo para as propriedades mecânicas alteradas do esmalte (Lopes *et al.*, 2019).

Cunha *et al.*, (2017) em seu estudo, notou que nas regiões de terços médio e oclusal do esmalte, a radiação não afetou a microdureza. Porém na região do esmalte cervical, foi observada uma diminuição da microdureza e isso poderia ser explicado pela maior porosidade em decorrência da menor espessura da estrutura nessa região, fato também notado por Madrid *et al.*, (2017), o que indica um esmalte com alteração morfológica. Dessa forma, a região cervical de dentes irradiados foi a área mais afetada pela radioterapia. Além disso, os espaços interprismáticos do esmalte cervical tornaram-se mais evidentes possivelmente devido à sua espessura reduzida em comparação com outras áreas anatómicas do esmalte, como cúspides e

fossos oclusais. Portanto o esmalte cervical pode se tornar uma área mais propensa a ser afetada pelos efeitos diretos e indiretos da ionização (Cunha *et al.*, 2017).

Thiagarajana *et al.*, (2017) procurou avaliar as mudanças no módulo de elasticidade de dentes molares irradiados submetidos a carga oclusal. A comparação foi entre dentes extraídos de pacientes que passaram por tratamento radioterápico (*in vivo*) e dentes extraídos de pacientes que não receberam tratamento radioterápico, porém foi simulado a radiação em condições laboratoriais (*in vitro*). Dessa forma, nos dentes *in vitro*, obteve um aumento no módulo de elasticidade em todas as regiões do esmalte, no entanto, os dentes *in vivo*, o seu módulo de elasticidade foi diminuído na região externa do esmalte, enquanto a região média e interna do esmalte tiveram um valor de módulo superior ao dos dentes irradiados *in vitro*. Segundo Kudkuli *et al.*, (2019), a densidade do esmalte aumentou com a dose de radiação, o que indica mudanças na integridade estrutural da rede cristalina de hidroxiapatita que abrange cerca de 97% da composição do esmalte. Microporosidades nas estruturas do prisma do esmalte, foram observados após exposição à radiação de 20Gy. A porcentagem do volume mineral do esmalte foi dependente das doses de radiação mostrando desmineralização gradual com um aumento na exposição à radiação de 20 para 80Gy. Essa desmineralização pode ser explicada pelo processo de descarboxilação e a perda de fosfatos ácidos quando o esmalte é irradiado (Abdalla *et al.*, 2018). A exposição do esmalte a 80Gy causou uma diminuição da microdureza do esmalte que está relacionada à perda percentual de volume mineral e um aumento simultâneo na densidade mineral, qual se deve à variação na matriz cristalina de hidroxiapatita (Kudkuli *et al.*, 2020). Além disso, a interação entre apatita e a matéria orgânica é, portanto, reduzida e pode induzir micro fissuras no mineral hidroxiapatita, resultando também em uma superfície rugosa (Kudkuli *et al.*, 2019).

Velo *et al.*, (2018) explica que a dentina é a estrutura que mais sofre com os efeitos da irradiação, isso ocorre pois o conteúdo orgânico da dentina é maior, assim, ocorreu uma desidratação da dentina indicada pela presença de trincas e fissuras ao redor dos túbulos dentinários de dentes irradiados. Após 55Gy, os túbulos dentinários foram parcialmente obliterados e após 70Gy, foram totalmente obliterados. O estudo também indica que a exposição à radiação altera a composição e a estrutura da dentina radicular o que pode contribuir para alterações deletérias em suas propriedades mecânicas.

Lu *et al.*, (2019) descreve que na junção dentina-esmalte (JDE) as fissuras ficaram evidentes com o aumento das doses e que na exposição de 30Gy alterações na microdureza e módulo de elasticidade puderam ser observadas próxima a região JDE. Não houve diferenças aparentes nas tensões de tração e cisalhamento entre o grupo controle e radiação *in vitro*, provavelmente devido à observação de que a radiação *in vitro* aumentou o módulo de elasticidade de todas as regiões de esmalte incluindo o JDE (Fonseca *et al.*, 2020)

Siripamidul *et al.*, (2022) explica que a diferença entre a microdureza na junção cimento-esmalte (JCE) foi maior do que na região da JDE. Isso porque a quantidade e o diâmetro dos túbulos dentinários no nível da JCE são maiores e mais largos, em comparação com os da junção dentina-esmalte. Assim, a reação oxidativa da água pode afetar a microdureza da dentina ao redor da junção cimento-esmalte, mais do que na junção dentina-esmalte.

É possível observar alterações durante e após a irradiação em ambos os substratos, principalmente na porção orgânica. Antes da RT, o esmalte se mostrou normal e aos 60Gy se apresentou levemente desgastado, na dentina, antes da RT os túbulos dentinários se mostraram abertos e após a mesma quantidade de Gy, muitos túbulos foram obliterados (Munõz *et al.*, 2020). Após avaliar a relação entre a longevidade das restaurações com as alterações químicas e de microdureza nos substratos irradiados, notou-se uma diminuição significativa na microdureza para todas as doses de radiação em esmalte e dentina, além da maioria das amostras apresentarem falhas adesivas (Munõz *et al.*, 2020).

Rodrigues *et al.*, (2017), avaliou as propriedades da dentina após a irradiação e sua adesividade. Foi observado uma desorganização da estrutura dentária e uma reorganização das estruturas de colágeno, o que impactaria as propriedades mecânicas e adesivas da dentina, já que, o colágeno é a proteína mais abundante (90%) e sua proteólise tem um impacto sobre a integridade estrutural deste tecido. Devido as alterações na estrutura orgânica dentinária causadas pela irradiação, o resultado é a decomposição das fibras de colágeno, apresentando uma ameaça à integridade da camada híbrida. O estudo sugere que é melhor realizar restaurações nesses pacientes antes da radioterapia, pois quando a restauração foi realizada após as radiações, se obteve a formação de uma interface adesiva com uma menor característica de permeabilidade devido à porosidade da superfície, resultando em uma camada mais espessa do primer. Reconhecendo que a qualidade de adesão está diretamente relacionada com a eficiência de penetração de monômeros em espaços interfibrilares (Rodrigues *et al.*, 2017).

Já para Arid *et al.*, (2019), restaurações realizadas antes da RT em esmalte e dentina afetaram negativamente a resistência de união ao cisalhamento, resultando na pior adesão. As restaurações em dentina efetuadas antes da RT apresentaram os piores resultados, quase equivalentes quando comparada com as restaurações realizadas imediatamente após a RT. Neste mesmo estudo, se realizou a comparação de dois adesivos, um autocondicionante e outro convencional de dois passos e seus desempenhos nos dois substratos. Após a avaliação, o autocondicionante apresentou melhores resultados do que o adesivo convencional, em dentina e esmalte. Isso pode ser atribuído à forma como a ligação ocorre em sistemas adesivos autocondicionante. Além disso, a utilização de ácido no esmalte danificado após a RT pode causar um condicionamento excessivo. Portanto, a falta do ácido em adesivos autocondicionantes pode ser uma hipótese para melhores resultados. Ugurlu *et al.*, (2020) sugere que a dupla aplicação do adesivo universal leva a uma melhora na resistência de união da dentina após a radiação ionizante, isso ocorre porque a resistência pode melhorar, aumentando a qualidade da hibridização ou a espessura da camada adesiva com a dupla aplicação. Além disso, o aumento da espessura do adesivo pode compensar a integridade da camada híbrida que pode ser danificada pela irradiação, além de proporcionar uma camada adesiva mais uniforme e compensar possíveis defeitos da aplicação.

Pa *et al.*, (2018), realizou um estudo sobre a adesão dos cimentos resinosos na dentina radicular irradiada, que também podem ter sua adesividade comprometida, bem como uma diminuição na resistência de união, sendo explicada pela desorganização das fibras colágenas encontradas após os protocolos ionizantes. O comparou a utilização de três cimentos resinosos e seus desempenhos de ligação na dentina. O cimento autoadesivo se mostrou-se com o melhor comportamento, sendo um cimento que se liga a dentina por meio de monômeros ácidos que desmineralizam e penetram na dentina criando retenção micromecânica e ligação química na hidroxiapatita, não dependendo da formação de camada híbrida, reduzindo os passos clínicos e diminuindo o stress de polimerização. Associado a isso, o estudo realizado por Lopes *et al.*, (2019), propõe que a aplicação de Carbodiimida (1-etil-3-[3-dimetilaminopropil] cloridrato de carbodiimida) ou EDC e digluconato de clorexidina no substrato dental seria capaz de melhorar a resistência de união de cimentos resinosos à dentina radicular. A capacidade da EDC de estimular a formação de ligações cruzadas provavelmente aumentou a resistência à degradação do colágeno, o que resultou na capacidade de inibição das metaloproteinases, culminando na manutenção de valores de força de ligação após dez meses. Já o tratamento da superfície com clorexidina mostrou uma adaptação adesiva intermediária comparada ao EDC, além disso, após dez meses, a clorexidina não foi capaz de manter a ligação de valores de força, não sendo capaz de inverter os danos causados nas fibras colágenas pós radiação. Portanto, o tratamento da superfície dentária com EDC seria uma alternativa promissora para os autores, já que, essa solução foi capaz de melhorar a longevidade de resistência de união do cimento resinoso à dentina radicular.

Segundo Turker *et al.*, (2020) alterações químicas, mecânicas, e estruturais são observadas na dentina irradiada. O desenvolvimento e progressão da cárie induzida por radiação pode levar à destruição grave do dente e a alterações pulpares, e como resultado, o dente pode requerer um tratamento de canal radicular. Em seu estudo, comparou-se a resistência à fratura entre os tratamentos endodônticos preenchidos com Biodentine e Guta-percha/cimento. O estudo foi realizado com seis grupos: dentes intactos que não receberam irradiação; dentes intactos que receberam irradiação; grupo RT + GPS: as raízes foram irradiadas antes do tratamento endodôntico e foram obturadas com gutta-percha/cimento; Grupo RT + Biodentina: as raízes foram irradiadas antes do tratamento endodôntico e depois, obturadas com Biodentina; Grupo GPS + RT: os canais foram obturados com gutapercha/cimento e depois foram irradiados; Grupo Biodentina + RT: os canais foram obturados com Biodentine e então foram irradiados. O estudo concluiu que a gutta-percha/cimento foi o material preferível entre os grupos que receberam RT antes e depois do material preenchedor em comparação com o material Biodentine, já que ele se apresentou com menores resultados, apresentando menor resistência de fratura.

Diante do exposto, o cirurgião-dentista tem papel fundamental junto à equipe multidisciplinar no atendimento de pacientes oncológicos, sendo necessário o entendimento de todos os efeitos colaterais que eventualmente possam acometer a cavidade bucal (Fernandes & Fraga 2019). Desse modo, é importante que o cirurgião-dentista conheça como os substratos dentais podem ser afetados após a radioterapia, compreendendo como essas alterações acontecem em cada estrutura e selecionando os materiais e técnicas para uma melhor conduta diante de um paciente que foi submetido ao tratamento radioterápico, oferecendo uma melhor qualidade de vida e objetivando seu bem-estar.

5. Conclusão

Após a análise dos estudos selecionados, é fato que a estrutura dental após a radioterapia é alterada. De acordo com esse estudo, alterações orgânicas e morfológicas são perceptíveis a partir de 30Gy, sendo principalmente observadas na região cervical dos dentes.

Ao passo que, modificações químicas na dentina podem prejudicar a adesividade das restaurações, já que a radiação causa uma perturbação das fibras colágenas, prejudicando a formação da camada híbrida. O tratamento endodôntico não poderia ser diferente, pois a dentina radicular após RT se encontra com as propriedades mecânicas alteradas. Portanto, alguns materiais se mostraram com melhores desempenhos frente a essas limitações encontradas, podendo oferecer melhor adesividade, selamento e uma longevidade maior nos tratamentos.

Para trabalhos futuros sugere-se analisar de que forma essas alterações podem ser minimizadas após a radioterapia, objetivando alcançar um melhor manejo odontológico de pacientes oncológicos.

Referências

- Abdalla, R., Omar, A., & Eid, K. (2018). Detecting demineralization of enamel and cementum after gamma irradiation using radiographic densitometry. *Radiation and environmental biophysics*, 57(3), 293–299. <https://doi.org/10.1007/s00411-018-0749-2>
- Aktemur Türker, S., Kaşıkçı, S., Uzunoğlu Özyürek, E., Olcay, K., & Elmas, Ö. (2021). The effect of radiotherapy delivery time and obturation materials on the fracture resistance of mandibular premolars. *Clinical oral investigations*, 25(3), 901–905. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03378-2>
- Arid, J., Palma-Dibb, R. G., de Oliveira, H. F., Nelson-Filho, P., de Carvalho, F. K., da Silva, L., de Siqueira Mellara, T., da Silva, R., Faraoni, J. J., & de Queiroz, A. M. (2020). Radiotherapy impairs adhesive bonding in permanent teeth. Supportive care in cancer. *Official journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer*, 28(1), 239–247. <https://doi.org/10.1007/s00520-019-04782-5>
- Avelar, J., Nicolussi, A. C., Toneti, B. F., Sonobe, H. M., & Sawada, N. O. (2019). Fatigue in patients with head and neck cancer undergoing radiation therapy: a prospective study. Fadiga em pacientes com câncer de cabeça e pescoço em tratamento radioterápico: estudo prospectivo. *Revista latino-americana de enfermagem*, 27, e3168. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.2813-3168>

- Beech, N., Robinson, S., Porceddu, S., & Batstone, M. (2014). Dental management of patients irradiated for head and neck cancer. *Australian dental journal*, 59(1), 20–28. <https://doi.org/10.1111/adj.12134>
- Bray, F., Ferlay, J., Soerjomataram, I., Siegel, R. L., Torre, L. A., & Jemal, A. (2018). Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: a cancer journal for clinicians*, 68(6), 394–424. <https://doi.org/10.3322/caac.21492>
- Cacelli, E. M. N., & Rapoport, A. (2008). Complications of irradiation in mouth and oropharyngeal cancer. *Revista Brasileira Cirurgia Cabeça Pescoço*, 37(4), 198-201. http://www.sbccp.org.br/wp-content/uploads/2014/11/artigo_04.pdf
- Campana, I. G., & Goiato, M. C. Head and neck tumors: epidemiology, risk factors, diagnosis and treatment. *Revista Odontológica de Araçatuba*, 34(1), 20-31, 2013. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/133244>
- da Costa Santos, C. M., de Mattos Pimenta, C. A., & Nobre, M. R. (2007). The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Revista latino-americana de enfermagem*, 15(3), 508–511. <https://doi.org/10.1590/S0104-11692007000300023>
- de Barros da Cunha, S. R., Fonseca, F. P., Ramos, P., Haddad, C., Fregnani, E. R., & Aranha, A. (2017). Effects of different radiation doses on the microhardness, superficial morphology, and mineral components of human enamel. *Archives of oral biology*, 80, 130–135. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.archoralbio.2017.04.007>
- Döbrossy L. (2005). Epidemiology of head and neck cancer: magnitude of the problem. *Cancer metastasis reviews*, 24(1), 9–17. <https://doi.org/10.1007/s10555-005-5044-4>
- Duruk, G., Acar, B., & Temelli, Ö. (2020). Effect of different doses of radiation on morphological, mechanical and chemical properties of primary and permanent teeth-an in vitro study. *BMC oral health*, 20(1), 242. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01222-3>
- Fonseca, J. M., Troconis, C. C., Palmier, N. R., Gomes-Silva, W., Paglioni, M. D., Araújo, A. L., Arboleda, L. P., Filho, A. J., González-Arriagada, W. A., Goes, M. F., Lopes, M. A., Brandão, T. B., Vargas, P. A., Ribeiro, A. C., & Santos-Silva, A. R. (2020). The impact of head and neck radiotherapy on the dentine-enamel junction: a systematic review. *Medicina oral, patologia oral y cirugía bucal*, 25(1), e96–e105. <http://dx.doi.org/doi:10.4317/medoral.23212>
- Freitas, D. A., et al.(2011). Oral sequelae of head and neck radiotherapy. *Revista CEFAC*, 13(6), 1103-1108. <https://doi.org/10.1590/S1516-18462011005000071>
- Gonçalves, L. M., Palma-Dibb, R. G., Paula-Silva, F. W., Oliveira, H. F., Nelson-Filho, P., Silva, L. A., & Queiroz, A. M. (2014). Radiation therapy alters microhardness and microstructure of enamel and dentin of permanent human teeth. *Journal of dentistry*, 42(8), 986–992. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.05.011>
- Jawad, H., Hodson, N. A., & Nixon, P. J. (2015). A review of dental treatment of head and neck cancer patients, before, during and after radiotherapy: part 1. *British dental journal*, 218(2), 65–68. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2015.28>
- Jham, B. C., & Freire, A. R.(2006). Complicações bucais da radioterapia em cabeça e pescoço. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 72(5), 704-708. <https://doi.org/10.1590/S0034-72992006000500019>
- Karino, M. E., & Felli, V. E. A. (2012). Enfermagem baseada em evidências: avanços e inovações em revisões sistemáticas; - 10.4025/ciencuidsaude.v11i5.17048. *Ciência, Cuidado E Saúde*, 11(5), 011-015. <https://doi.org/10.4025/ciencuidsaude.v11i5.17048>
- Klarić Sever, E., Tarle, A., Vukelja, J., Soče, M., & Grego, T. (2021). Direct Induced Effects of Standard and Modified Radiotherapy Protocol on Surface Structure of Hard Dental Tissue. *Acta stomatologica Croatica*, 55(4), 334–345. <https://doi.org/10.15644/asc55/4/1>
- Kudkuli, J., Abdulla, R., Rekha, P. D., Sharma, S. D., & Gurjar, O. (2019). Spectroscopic analyses reveal radiotherapy-induced variations in elemental composition and crystallite properties of human permanent teeth enamel. *Journal of oral biosciences*, 61(4), 207–214. <https://doi.org/10.1016/j.job.2019.10.002>
- Kudkuli, J., Agrawal, A., Gurjar, O. P., Sharma, S. D., Rekha, P. D., Manzoor, M., Singh, B., Rao, B. S., & Abdulla, R. (2020). Demineralization of tooth enamel following radiation therapy; An in vitro microstructure and microhardness analysis. *Journal of cancer research and therapeutics*, 16(3), 612–618. https://doi.org/10.4103/jcrt.JCRT_8_19
- Lopes, C., Soares, C. J., Lara, V. C., Arana-Chavez, V. E., Soares, P. B., & Novais, V. R. (2018). Effect of fluoride application during radiotherapy on enamel demineralization. *Journal of applied oral science : revista FOB*, 27, e20180044. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-7757-2018-0044>
- Lopes, F. C., Roperto, R., Akkus, A., de Queiroz, A. M., Francisco de Oliveira, H., & Sousa-Neto, M. D. (2020). Effect of carbodiimide and chlorhexidine on the bond strength longevity of resin cement to root dentine after radiation therapy. *International endodontic journal*, 53(4), 539–552. <https://doi.org/10.1111/iej.13252>
- Lu, H., Zhao, Q., Guo, J., Zeng, B., Yu, X., Yu, D., & Zhao, W. (2019). Direct radiation-induced effects on dental hard tissue. *Radiation oncology* (London, England), 14(1),5.<https://doi.org/10.1186/s13014-019-1208-1>
- Madrid, C. C., de Pauli Paglioni, M., Line, S. R., Vasconcelos, K. G., Brandão, T. B., Lopes, M. A., Santos-Silva, A. R., & De Goes, M. F. (2017). Structural Analysis of Enamel in Teeth from Head-and-Neck Cancer Patients Who Underwent Radiotherapy. *Caries research*, 51(2), 119–128. <https://doi.org/10.1159/000452866>
- Muñoz, M. A., Garín-Correa, C., González-Arriagada, W., Quintela Davila, X., Häberle, P., Bedran-Russo, A., & Luque-Martínez, I. (2020). The adverse effects of radiotherapy on the structure of dental hard tissues and longevity of dental restoration. *International journal of radiation biology*, 96(7), 910–918. <https://doi.org/10.1080/09553002.2020.1741718>

Rodrigues, R. B., Soares, C. J., Junior, P., Lara, V. C., Arana-Chavez, V. E., & Novais, V. R. (2017). Influence of radiotherapy on the dentin properties and bond strength. *Clinical oral investigations*, 22(2), 875–883. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2165-4>

Siripamitdul, P., Sivavong, P., Osathanon, T., Pianmee, C., Sangsawatpong, W., Bunsong, C., & Nantanapiboon, D. (2022). The Effects of Radiotherapy on Microhardness and Mineral Composition of Tooth Structures. *European journal of dentistry*, <https://doi.org/10.1055/s-0042-1746414>

Thiagarajan, G., Vizcarra, B., Bodapudi, V., Reed, R., Seyedmahmoud, R., Wang, Y., Gorski, J. P., & Walker, M. P. (2017). Stress analysis of irradiated human tooth enamel using finite element methods. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, 20(14), 1533–1542. <https://doi.org/10.1080/10255842.2017.1383401>

Ugurlu M. (2020). Effect of the double application of universal adhesives on the dentine bond strength after radiotherapy. *Australian dental journal*, 65(3), 181–188. <https://doi.org/10.1111/adj.12744>

Velo, M., Farha, A., da Silva Santos, P. S., Shiota, A., Sansavino, S. Z., Souza, A. T., Honório, H. M., & Wang, L. (2018). Radiotherapy alters the composition, structural and mechanical properties of root dentin in vitro. *Clinical oral investigations*, 22(8), 2871–2878. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2373-6>

Yamin, P. A., Pereira, R. D., Lopes, F. C., Queiroz, A. M., Oliveira, H. F., Saquy, P. C., & Sousa-Neto, M. D. (2018). Longevity of bond strength of resin cements to root dentine after radiation therapy. *International endodontic journal*, 51(11), 1301–1312. <https://doi.org/10.1111/iej.12945>