

Lucas Matheus dos Santos Neris

Resistência à compressão de resina acrílica autopolimerizável  
sob influência de radiação ionizante

Brasília  
2019



Lucas Matheus dos Santos Neris

Resistência à compressão de resina acrílica autopolimerizável  
sob influência de radiação ionizante

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Departamento de Odontologia da Faculdade de  
Ciências da Saúde da Universidade de Brasília,  
como requisito parcial para a conclusão do curso  
de Graduação em Odontologia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra Aline Úrsula R. Fernandes

Brasília  
2019



## Dedicatória

Dedico esse trabalho para minha família, em especial aos meus pais, por terem se sacrificado toda a vida para que eu pudesse ter a melhor educação, além de todo o apoio durante o curso, que proporcionou a chance de estar realizando o sonho de me tornar um cirurgião-dentista.



## AGRADECIMENTOS

Não poderia deixar de primeiramente agradecer a Deus, por ter me dado a oportunidade de estar num curso que tanto aprendi a amar e, principalmente, por ter me ajudado a ter coragem para continuar nele, algo que não foi fácil em momento algum.

Além de dedicar esse trabalho a minha família, também tenho que agradecer a ela, destacando meus pais Zaida e Eudes, mas não se limitando a eles, vale também citar minha irmã Thaynara, minha tia avó Lurdes, que ajudou a me criar desde que nasci, meus avós Eugênia, José e Cleonice, meus primos e tios, que seriam muitos para citar todos aqui nesse texto, mas destaco principalmente minhas primas Nayla e Jessica e minha tia Patrícia. Eu tenho muita sorte de ter uma família tão grande, unida e que se ama, com seus altos e baixos, mas o amor supera tudo e não teria de forma alguma conseguido nada sem eles. Mesmo e principalmente nos momentos difíceis, eles sempre estiveram ao meu lado, então serei eternamente grato.

Algumas pessoas têm simples orientadores de TCC, outros tem uma Aline Úrsula na vida, que é muito melhor! Posso dizer que ela não é e não será uma simples professora que passou pela minha vida despercebidamente, levarei ela comigo pelo resto da vida. Tive o privilégio de conviver e aprender com ela desde o início do curso e boa parte do amor que eu encontrei pela profissão se deve a ela e a inspiração que ela é para mim, sempre de bom humor, sempre pronta para ajudar. Jamais esquecerei sua risada contagiante, que se ouve de longe.

Também gostaria de agradecer aos colegas e amigos que acabei fazendo durante o curso, amizades que espero levar para toda a vida e que sempre estiveram ao meu lado, não podendo deixar de citar o Lucas Pirineus, que foi minha dupla durante quase todo o curso, passou por muita coisa junto comigo e hoje posso

dizer que se tornou um dos meus melhores amigos. Além disso, também gostaria de citar outras colegas que se tornaram grandes amigas na minha vida, que foram Amanda Lopes, Brenda e Stella, além de outros amigos que também fiz. Espero que possamos continuar a amizade agora fora do ambiente universitário.

Falando em amigos, não poderia deixar de agradecer também a todos os amigos que tenho fora do curso, Brito, Daiana, Fernando, Isabella Coelho, Isabella Correia, Letícia, Luísa, Marcos Ball, Maria Carolina, Maria Clara, Nara, PH, Tayná, Vic, dentre outros amigos que possa ter esquecido. Posso dizer que me considero privilegiado por ter vários bons amigos que me aceitam e sempre me aceitaram da minha maneira. Quando era mais novo, sempre fui inseguro e introvertido, nunca imaginei que acabaria tendo tantos amigos que amo tanto e tenho muita sorte por fazerem parte da minha vida, que tanto me ajudaram a passar pela dificuldade do final do curso.

Tenho que agradecer também as colaborações que tive dentro da Universidade, que possibilitaram a realização do presente trabalho, elas foram o PROIC, o serviço de radioterapia do UNACON do Hospital Universitário de Brasília (HUB), em especial o Samuel Avelino, que é físico nesse departamento, ao laboratório de engenharia mecânica do campus Darcy Ribeiro da UnB, destacando os engenheiros Pedro e Erick e o prof. Dr. Fábio, além de outros funcionários envolvidos.

Cabe, por fim, mas não menos importante, agradecer à Universidade de Brasília (UnB) como um todo, todos os funcionários do Departamento de Odontologia, todos os funcionários da Clínica Odontológica do HUB, além de todos os professores que me possibilitaram a minha formação, muitos dos quais também servindo de inspiração para o futuro.

## EPÍGRAFE

“Tenho em mim todos os sonhos do mundo”.

Fernando Pessoa



## RESUMO

NERIS, Lucas. Resistência à compressão de resina acrílica autopolimerizável sob influência de radiação ionizante, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Departamento de Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Resina acrílica é um material dentário altamente utilizado na Odontologia, possuindo diversas aplicações. O objetivo do estudo foi avaliar a resistência à compressão de amostras de resina acrílica autopolimerizável, quando expostas à radiação ionizante (70 Gy) utilizada nos tratamentos de radioterapia. Quarenta amostras de resina acrílica autopolimerizável (Dencrilay Speed, VIPI Produtos Odontológicos Ltda., Brasil) foram confeccionadas em formato de disco rígido, nas dimensões de 6 mm de altura e 4 mm de diâmetro, utilizando uma matriz metálica. Não houve solução de armazenamento. Foram divididas em 2 grupos (n=20), de acordo com o tratamento: G1- irradiado e G2- não irradiado. Em G1, para simular o tratamento radioterápico de pacientes com câncer de cabeça e pescoço, foi utilizado um acelerador linear (Primus, Siemens, Alemanha), com dose de 70Gy, energia de fótons com 6mv. Para o teste de resistência à compressão, foi utilizada uma máquina de ensaios universais (Landmark, MTS, EUA), para ambos os grupos (G1 e G2). Os dados obtidos foram analisados pelos testes estatísticos ANOVA e teste de Tukey, com nível de significância de 5%. Nos resultados, G1 obteve uma média de 924,76N, com desvio padrão de  $\pm 113,76N$ , e, em G2, a média obtida foi de 1198,15N, com desvio de  $\pm 104,91N$ . Foi possível concluir que a propriedade de resistência à compressão da resina acrílica autopolimerizável estudada, quando exposta à radiação ionizante de 70Gy, em dose única, sofreu influência negativa, o que pode ter implicações clínicas indesejáveis, apesar de os valores apresentarem-se dentro dos clinicamente aceitáveis.



## ABSTRACT

NERIS, Lucas. Compressive strength of autopolymerizing acrylic resin under influence of ionizing radiation. 2019. Undergraduate Course Final Monograph (Undergraduate Course in Dentistry) – Department of Dentistry, School of Health Sciences, University of Brasília.

Acrylic resin is a dental material highly used in dentistry, having several applications. The objective of this study was to evaluate the compressive strength of self-curing acrylic resin samples when exposed to ionizing radiation (70 Gy) used in radiotherapy treatments. Forty samples of self-cured acrylic resin (Dencrilay Speed, VIPI Produtos Odontológicos Ltda., Brazil) were made in hard disk format, in dimensions of 6 mm in height and 4 mm in diameter, using a metal matrix. There was no storage solution. They were divided into 2 groups (n = 20), according to the treatment: G1 irradiated and G2- non irradiated. In G1, to simulate the radiotherapy treatment of patients with head and neck cancer, a linear accelerator (Primus, Siemens, Germany) was used, with dose of 70Gy, photon energy with 6mv. For the compressive strength test, a universal test machine (Landmark, MTS, USA) was used for both groups (G1 and G2). The data were analyzed by statistical ANOVA and Tukey test, with a significance level of 5%. In the results, G1 obtained a mean of 924.76N, with a standard deviation of  $\pm 113.76N$ , and in G2 the average obtained was 1198,15N, with a deviation of  $\pm 104,91N$ . It was possible to conclude that the compressive strength property of the self-curing acrylic resin studied, when exposed to ionizing radiation of 70Gy in a single dose, had a negative influence, which may have undesirable clinical implications, although the values presented within the clinically acceptable.



## SUMÁRIO

Artigo Científico .....	17
Folha de Título .....	18
Resumo .....	20
Abstract .....	21
Introdução.....	22
Objetivo .....	24
Materiais e Métodos.....	24
Resultados.....	29
Discussão.....	29
Conclusão.....	33
Referências .....	33
Anexos.....	37
Normas da Revista.....	37



## ARTIGO CIENTÍFICO

Este trabalho de Conclusão de Curso é baseado no artigo científico:

NERIS, Lucas Matheus dos Santos; FERNANDES, Aline Úrsula Rocha. Resistência à compressão de resina acrílica autopolimerizável sob influência de radiação ionizante, 2019.

Apresentado sob as normas de publicação do Brazilian Dental Journal



## FOLHA DE TÍTULO

Resistência à compressão de resina acrílica autopolimerizável sob influência de radiação ionizante

Compressive strength of autopolymerizing acrylic resin under influence of ionizing radiation

Lucas Matheus dos Santos Neris<sup>1</sup>

Aline Úrsula Rocha Fernandes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluno de Graduação em Odontologia da Universidade de Brasília.

<sup>2</sup> Professora Adjunta de Prótese Dentária da Universidade de Brasília.

Correspondência: Profa. Dra. Aline Úrsula Rocha Fernandes  
Campus Universitário Darcy Ribeiro - UnB - Faculdade de Ciências da Saúde - Departamento de Odontologia - 70910-900 - Asa Norte - Brasília - DF

E-mail: [alineursula@gmail.com](mailto:alineursula@gmail.com) / Telefone: (61) 31071802

## RESUMO

Resina acrílica é um material dentário altamente utilizado na Odontologia, possuindo diversas aplicações. O objetivo do estudo foi avaliar a resistência à compressão de amostras de resina acrílica autopolimerizável, quando expostas à radiação ionizante (70 Gy) utilizada nos tratamentos de radioterapia. Quarenta amostras de resina acrílica autopolimerizável (Dencrilay Speed, VIPI Produtos Odontológicos Ltda., Brasil) foram confeccionadas em formato de disco rígido, nas dimensões de 6 mm de altura e 4 mm de diâmetro, utilizando uma matriz metálica. Não houve solução de armazenamento. Foram divididas em 2 grupos (n=20), de acordo com o tratamento: G1- irradiado e G2- não irradiado. Em G1, para simular o tratamento radioterápico de pacientes com câncer de cabeça e pescoço, foi utilizado um acelerador linear (Primus, Siemens, Alemanha), com dose de 70Gy, energia de fótons com 6mv. Para o teste de resistência à compressão, foi utilizada uma máquina de ensaios universais (Landmark, MTS, EUA), para ambos os grupos (G1 e G2). Os dados obtidos foram analisados pelos testes estatísticos ANOVA e teste de Tukey, com nível de significância de 5%. Nos resultados, G1 obteve uma média de 924,76N, com desvio padrão de  $\pm 113,76N$ , e, em G2, a média obtida foi de 1198,15N, com desvio de  $\pm 104,91N$ . Foi possível concluir que a propriedade de resistência à compressão da resina acrílica autopolimerizável estudada, quando exposta à radiação ionizante de 70Gy, em dose única, sofreu influência negativa, o que pode ter implicações clínicas indesejáveis, apesar de os valores apresentarem-se dentro dos clinicamente aceitáveis.

## PALAVRAS-CHAVE

Resina acrílica; PMMA; resistência à compressão; irradiação; efeitos da radiação.

## ABSTRACT

Acrylic resin is a dental material highly used in dentistry, having several applications. The objective of this study was to evaluate the compressive strength of self-curing acrylic resin samples when exposed to ionizing radiation (70 Gy) used in radiotherapy treatments. Forty samples of self-cured acrylic resin (Dencrilay Speed, VIPI Produtos Odontológicos Ltda., Brazil) were made in hard disk format, in dimensions of 6 mm in height and 4 mm in diameter, using a metal matrix. There was no storage solution. They were divided into 2 groups (n = 20), according to the treatment: G1 irradiated and G2- non irradiated. In G1, to simulate the radiotherapy treatment of patients with head and neck cancer, a linear accelerator (Primus, Siemens, Germany) was used, with dose of 70Gy, photon energy with 6mv. For the compressive strength test, a universal test machine (Landmark, MTS, USA) was used for both groups (G1 and G2). The data were analyzed by statistical ANOVA and Tukey test, with a significance level of 5%. In the results, G1 obtained a mean of 924.76N, with a standard deviation of  $\pm 113.76N$ , and in G2 the average obtained was 1198,15N, with a deviation of  $\pm 104,91N$ . It was possible to conclude that the compressive strength property of the self-curing acrylic resin studied, when exposed to ionizing radiation of 70Gy in a single dose, had a negative influence, which may have undesirable clinical implications, although the values presented within the clinically acceptable.

## KEYWORDS

Acrylic resin; PMMA; compressive strength; irradiation; radiation effects.

## INTRODUÇÃO

Desde o seu desenvolvimento, em 1937, as resinas acrílicas vêm sendo amplamente utilizadas como material dentário na Odontologia, em especial na Prótese Dentária, a partir de uma mistura de metilmetacrilato (MMA) com polimetilmetacrilato (PMMA)(1). A reação de polimerização pode ocorrer de forma quimicamente ativada (resinas autopolimerizáveis), termicamente ativada (resinas termopolimerizáveis) e fotoativada (resinas fotopolimerizáveis), possuindo diversos usos de acordo com o tipo (2,3).

As aplicações clínicas das resinas autopolimerizáveis incluem a confecção de restaurações provisórias em prótese fixa, reparos em próteses totais, reembasamentos e ajustes oclusais (1,2). Dessas, as restaurações provisórias são as únicas fixas (cimentadas) sobre a estrutura dentária remanescente, executando importantes funções no período entre o preparo coronário e a instalação da restauração final, em materiais como metal ou cerâmica (1,4).

As propriedades mecânicas e físicas dos materiais restauradores provisórios são de grande relevância, na medida em que esses fatores podem influenciar na integridade da restauração, no seu tempo em boca, que pode variar de uma semana a meses (5). É bastante comum o paciente com câncer de cabeça e pescoço necessitar de reabilitação bucal, envolvendo próteses fixas, antes ou durante o tratamento radioterápico. O período de uso de coroas fixas provisórias pode se estender ao tempo de radioterapia, implicando na necessidade de conhecimento do comportamento do material à radiação ionizante. A resistência à compressão é uma propriedade relacionada à força de mastigação, em que a presença de hábitos parafuncionais, ou o planejamento de uso de uma prótese de longo prazo, está diretamente relacionada com a longevidade da restauração (6). Alguns estudos relacionados a essa propriedade foram

desenvolvidos (6-13). Porém, nenhum correlacionando a resistência à compressão da resina acrílica com a radiação ionizante foi obtido.

A radioterapia é um tipo de tratamento para neoplasias que utiliza feixes de radiação ionizante, direcionados para a região do tumor, exercendo efeito terapêutico ao danificar de forma semi-seletiva o material genético de células malignas, levando à morte celular das mesmas (14). Contudo, o tratamento não provoca danos apenas às células cancerígenas, causando danos também nas estruturas adjacentes, como falha em restaurações, e também podendo causar danos sistêmicos (14-16).

Pequenas doses de radiação podem induzir mudanças significativas nas propriedades físicas e mecânicas de alguns polímeros, enquanto que em outros, há necessidade de altas doses de radiação para promover algum tipo de mudança, mostrando que as alterações em polímeros são dose dependentes. Na sua grande maioria, na radioterapia, são empregadas doses que variam entre 10Gy e 100Gy (16). Nos tratamentos das lesões em cabeça e pescoço, em tumores extensos de língua e soalho de boca, por exemplo, pacientes podem chegar a ser submetidos a doses de 50Gy a 70Gy (16,17).

O PMMA é conhecido como polímero de degradação de radiação. Se o PMMA for exposto à radiação, como elétrons, íons ou fótons com um comprimento de onda menor que o ultravioleta, ocorrem, principalmente, reações de cisão da cadeia. Como resultado, a solubilidade do polímero no solvente (meio ambiente aquoso) aumenta e suas propriedades mecânicas se deterioram (18).

Apesar da escassez de estudos correlacionando a resina acrílica com a radiação ionizante usada em radioterapia, outros polímeros usados na Odontologia, como resinas compostas e cimentos de ionômero de vidro, não apresentaram alteração significativa das propriedades analisadas, nos poucos estudos encontrados, quando expostos à radiação ionizante (16,19).

## OBJETIVO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a resistência à compressão de amostras de resina acrílica autopolimerizável, quando expostas à radiação ionizante, em dose única de 70 Gy.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo, foram confeccionadas 40 amostras de resina acrílica autopolimerizável (Dencrilay Speed, cor 66, VIPI Produtos Odontológicos Ltda., Brasil, lote 0000096556), (Figura 1). As amostras foram divididas em 2 grupos (n=20), de acordo com o tratamento (Quadro 1).



Figura 1 – Resina acrílica autopolimerizável (Dencrilay Speed, VIPI Produtos Odontológicos Ltda., Brasil)

Fonte: Surya Dental. Acesso em: 03 de janeiro de 2019. Disponível em: <https://www.suryadental.com.br/resina-acrilica-dencrilay-speed-liquido-50ml-dencril.html>

Quadro 1 – Grupos experimentais propostos

Grupos	Tratamento
1	Irradiado
2	Não irradiado

Para a obtenção das amostras em forma de disco rígido, foi utilizada uma matriz de alumínio (Figura 2) de 10 cm (comprimento) X 2,5 cm (largura) X 6 mm de espessura, com 10 orifícios vazados, com 4 mm de diâmetro. A resina acrílica autopolimerizável (Dencrilay Speed, VIPI Produtos Odontológicos Ltda., Brasil) foi manipulada em pote paladon, de acordo com as instruções do fabricante, e inserida nos orifícios da matriz, por meio de uma espátula 24, em sua fase plástica.



Figura 2 – Matriz metálica e placa de vidro, utilizadas durante a confecção das amostras

Uma placa de vidro foi colocada sobre o molde preenchido e deixada em posição, até a completa presa do material. Após remoção das amostras (Figura 3) dos moldes vazados, utilizando uma espátula 7, foram removidos excessos, por meio de broca de tungstênio maxicut (1251, American Burs, E.U.A.) montada em peça reta. Em seguida, foram visualmente analisadas, para que fossem descartadas aquelas com bolhas, excessos (que não pudessem ser removidos sem deformar a amostra), falta de material e outras deformações visíveis.



Figura 3 – Amostras de resina acrílica autopolimerizável (Dencrilay Speed, VIPI, Brasil), após serem retiradas da matriz metálica

As amostras foram armazenadas em recipientes fechados, sem solução de armazenagem, divididas de acordo com o respectivo grupo (Quadro 1). Metade das amostras (Grupo 1) foi

submetida à radiação ionizante de 70Gy, energia de fótons com 6mv, em dose única, em acelerador linear (Primus, Siemens, Alemanha), (Figura 4), simulando a terapia por radiação ionizante para portadores de câncer de cabeça e pescoço.



Figura 4 – Acelerador de linear (Primus, Siemens, Alemanha)

Fonte: Siemens. Acesso em: 03 de janeiro de 2019. Disponível em:

[https://www.siemens.com/press/en/presspicture/?press=/en/presspicture/2013/healthcare/imagi ng-therapy-systems/him201306019-01.htm&content\[\]=HIM&content\[\]=H&content\[\]=HC&content\[\]=HCIM](https://www.siemens.com/press/en/presspicture/?press=/en/presspicture/2013/healthcare/imagi ng-therapy-systems/him201306019-01.htm&content[]=HIM&content[]=H&content[]=HC&content[]=HCIM)

Para o teste de resistência à compressão, as amostras foram posicionadas, com sua maior dimensão no sentido horizontal, na máquina de ensaios universais (Landmark, MTS, Estados Unidos), (Figura 5). A carga aplicada foi aumentada gradativamente (1mm/min), até o limite de carga da máquina em questão, que é de 4.5 kN. Foram anotados os valores de força de

compressão (N) necessários para fazer cada amostra sofrer deformação plástica.



Figura 5 - Máquina de ensaios universais (Landmark, MTS, E.U.A.)

Fonte: MTS. Acesso em: 03 de janeiro de 2019. Disponível em:

[https://www.mts.com/cs/groups/public/documents/library/dev\\_004324.pdf](https://www.mts.com/cs/groups/public/documents/library/dev_004324.pdf)

Todos os dados tabulados foram utilizados para análise estatística, submetidos à ANOVA e teste de Tukey, considerando o nível de significância de 5%.

## RESULTADOS

Os valores obtidos para o teste de resistência à compressão obtiveram diferença estatística significativa entre os grupos analisados, sugerindo influência da radiação ionizante sobre tal propriedade da resina acrílica autopolimerizável estudada (Tabela 1).

Tabela 1 – Médias e desvio-padrão das amostras de resina acrílica, segundo o teste de resistência à compressão

Grupos	Médias e desvio-padrão (N)
Irradiados	924.76 ± 113.76 A
Não irradiados	1198.15 ± 104.91 B

Letras diferentes entre si, na coluna, indicam diferença estatística significativa em nível de 5%, pelo Teste de Tukey

## DISCUSSÃO

Durante o teste de resistência à compressão, todas as amostras avaliadas sofreram grande distorção, contudo, sem alcançar fratura com a carga máxima do equipamento utilizado no presente estudo (4,5 kN). Por isso, optou-se por analisar o ponto inicial de deformação das amostras, ou seja, o ponto em que a força aplicada deixou de causar deformação elástica, tipo de deformação na qual o material volta ao seu estado original quando a força é removida, para causar deformação plástica, que é irreversível.

As forças mastigatórias máximas de uma pessoa adulta variam de indivíduo para indivíduo, porém, existem diversos estudos que tentam estabelecer um padrão (20-25). A média da força para indivíduos do gênero masculino foi estabelecida como 700N e, para o gênero feminino, 533N (20), havendo variações

nos diferentes estudos (21-25). O menor valor de força mastigatória máxima encontrado foi de 315N para o gênero feminino (25), e o maior valor foi de 909N para o gênero masculino (22).

Visto que a menor média de resistência à compressão encontrada pelo presente estudo foi de 924N, para o grupo irradiado (Tabela 1), pode-se afirmar que nossos valores médios de resistência à compressão se aproximam dos valores máximos de forças mastigatórias referenciadas para o gênero masculino (22). O fato de estarem acima dos valores de referência indica que, apesar de a radiação ionizante promover alteração do comportamento da resina acrílica autopolimerizável estudada, reduzindo sua resistência, não inviabiliza seu uso clinicamente. A deformação apresentada pelo material ocorre em forças acima daquelas que ocorrem na cavidade bucal, estando ele sob efeito da radiação ou não.

Cadeias moleculares em polímeros sofrem tanto reticulação (ligação cruzada) quanto cisão, simultaneamente, se os polímeros forem expostos a radiações. A relação relativa de reticulação para cisão depende da estrutura do polímero, bem como do tipo de radiação.(18) Pode ser inferido que a cisão das moléculas da resina acrílica, aparentemente, prevaleceu nas amostras do presente estudo, pela diminuição da propriedade mecânica estudada (Tabela 1).

Alguns autores (2,18) mostraram que altas doses de radiação de feixe de elétrons são capazes de melhorar as propriedades mecânicas da resina acrílica. Neste caso, a resina acrílica é exposta à radiação apenas com o intuito de melhorar suas propriedades, antes da instalação de próteses, diferentemente do presente estudo, que analisa exposição à radiação do material como um efeito colateral do tratamento de radioterapia. O tipo de radiação usada também é diferente da radiação de feixes de elétrons, na medida em que o acelerador linear (Primus, Siemens, Alemanha) realiza aplicações de fótons e

feixe de energia. Além disso, as doses relacionadas pelos referidos autores são muito superiores aos 70Gy usados neste estudo, sendo, portanto, muito superior também às doses utilizadas nos tratamentos de radioterapia de cabeça e pescoço (entre 10Gy e 100Gy) (16).

O estudo de Ito et. al (2) utilizou doses de radiação, que variam de 25000Gy a 100000Gy, sobre o polímero da resina acrílica previamente à sua mistura com o monômero e consequente polimerização. Como resultado do estudo, houve melhora da resistência à flexão do material, com utilização de doses acima de 50000Gy. Cho et. al (18) demonstraram melhoria de propriedades mecânicas da resina acrílica, neste caso, dureza e módulo de elasticidade, também utilizando doses de radiação fora do espectro terapêutico.

O PMMA é frequentemente descrito na literatura como um polímero termoplástico, que tende a sofrer mais cisão do que reticulação de cadeia durante irradiação (2,18). Uma possível explicação para esse comportamento oposto do material, apresentado nos estudos de Ito et. al (2) e Cho et. al (18) após irradiação, é que, sob a alta transmissão de energia linear, a ligação cruzada provavelmente se tornou dominante em vez da cisão, isso por causa do maior estímulo à sobreposição das moléculas do polímero. Esse estímulo ocorreria porque as entidades de energia, perdidas pela radiação dentro dos materiais, produziram radicais ou íons ativos, que são quimicamente reativos. Quando os polímeros são irradiados com altas doses de radiação, ocorre maior produção desses íons e a distância entre os radicais se torna menor, o suficiente para interagirem uns com os outros, sobrepondo-se e realizando ligações cruzadas. Como resultado, a solubilidade do material diminui, enquanto a dureza aumenta (18). No entanto, quando altas doses são absorvidas, os polímeros tornam-se muito duros e friáveis (16).

Apesar dos estudos supracitados (2,18) mostrarem melhora de algumas propriedades mecânicas, isso foi apenas com

doses altas de radiação. A literatura mostrou que, com doses mais baixas, ocorreria piora das propriedades mecânicas da resina acrílica, em concordância com o presente estudo (Tabela 1). Com uma baixa dose de radiação, as alterações na propriedade do polímero irradiado estão relacionadas a reações químicas induzidas pela radiação, como a cisão da cadeia (18).

O presente estudo apresenta como limitação o fato de que as amostras não foram colocadas em nenhuma solução de armazenamento, algo presente em alguns estudos envolvendo resina acrílica, o que poderia alterar os resultados do teste realizado (3,7). A radiação pode aumentar ou diminuir a solubilidade do material no meio aquoso, como saliva, no qual o mesmo encontra-se imerso (18), todavia, a ausência de solução de armazenamento possibilita o estudo do material de forma isolada. O emprego de dose única de radiação ionizante, diferentemente das doses fracionadas, utilizadas nos tratamentos de radioterapia de cabeça e pescoço, foi uma opção para viabilizar o uso do equipamento disponibilizado. Nos tratamentos de radioterapia, são comumente trabalhadas as doses fracionadas, por permitirem a auto recuperação das células expostas à radiação (16). O fracionamento poderia gerar diferentes resultados para o presente estudo, aproximando-o da realidade clínica. Estudos com situações controladas, apesar de muitas vezes não considerarem as diversas variáveis às quais o material estará submetido em boca, são importantes para previsão do seu comportamento clínico, servindo como ponto de partida para outros estudos.

Apesar dos nossos resultados demonstrarem decréscimo nos valores referentes à resistência à compressão da resina acrílica, sob radiação ionizante (70 Gy), os valores estão dentro daqueles clinicamente aceitáveis. Não é conhecido o comportamento do material, quando associados outros fatores presentes na clínica. Portanto, o assunto ainda demanda mais estudos para que seja possível afirmar que a radioterapia provoca

efeitos deletérios sobre a resina acrílica, implicando em prejuízo clínico.

## CONCLUSÃO

Diante do exposto, foi possível concluir que a propriedade de resistência à compressão da resina acrílica autopolimerizável estudada, quando exposta à radiação ionizante de 70Gy, em dose única, sofreu influência negativa, o que pode ter implicações clínicas indesejáveis, apesar de os valores apresentarem-se dentro dos clinicamente aceitáveis.

## REFERÊNCIAS

- (1) Rawls HR. Dental polymers. In: Anusavice KJ, editor. Phillips' science of dental materials. 12th ed. St. Louis: Saunders; 2012.
- (2) Ito K, Nomura A, Nomura S, Watanabe K. Effects of low-energy electron beam irradiation on flexural properties of self-curing acrylic resin. *J Prosthodont Res*, 2014; 58(1): 55–61.
- (3) Burns DR, Beck DA, Nelson SK. A review of selected dental literature on contemporary provisional fixed prosthodontic treatment: report of the Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed Prosthodontics. *J Prosthet Dent*, 2003;90:474–497
- (4) Gough M. A review of temporary crowns and bridges. *Dent Update*, 1994;21:203–207.

- (5) Craig RG. Craig's restorative dental materials. 12th ed. St.Louis: Mosby Elsevier; 2006.
- (6) Haselton DR, Diaz Arnold AM, Vargas MA. Flexural strength of provisional crown and fixed partial denture resins. *J Prosthet Dent*, 2002;87:225–228.
- (7) Osman YI, Owen CP. Flexural strength of provisional restorative materials. *J Prosthet Dent*, 1993;70:94–96.
- (8) Ireland MF, Dixon DL, Breeding LC, Ramp MH. In vitro mechanical property comparison of four resins used for fabrication of provisional fixed restorations. *J Prosthet Dent*, 1998;80:158–162.
- (9) Rosentritt M, Behr M, Lang R, Handel G. Flexural properties of prosthetic provisional polymers. *Eur J Prosthodont Restor Dent*, 2004;12:75–79.
- (10) Moradians S, Fletcher AM, Amin WM, Ritchie GM, Purnaveja J, Dodd AW. Some mechanical properties including the repair strength of two self-curing acrylic resins. *J Dent*, 1982. 10(4), 271–280.
- (11) Lang R, Rosentritt M, Behr M, Handel G. Fracture resistance of PMMA and resin matrix composite-based interim FPD materials. *Int J Prosthodont*, 2003;16:381–384.
- (12) Fehling AW, Hesby RA, Pelleu GB. Dimensional stability of autopolymerizing acrylic resin impression trays. *J Prosthet Dent*, 1986; 55(5), 592–597.

- (13) Skinner EW, Jones PM. Dimensional stability of self-curing denture base acrylic resin. *J Am Dent Assoc*, 1955; 51(4), 426–431.
- (14) Beech N, Robinson S, Porceddu S, Batstone M. Dental management of patients irradiated for head and neck cancer. *Aust Dent J*, 2014; 59(1), 20–28.
- (15) Jawad H, Hodson NA, Nixon PJ. A review of dental treatment of head and neck cancer patients, before, during and after radiotherapy: part 1. *Br Dent J*, 2015; 218(2), 65–68.
- (16) Costa APC. Microhardness and infrared espectroscopy evaluation of dental restorative materials submitted to gamma radiation. Dissertation (Master of Science) presented to UTFPR, 2008.
- (17) Amar A. Surgical treatment of locally advanced tongue and floor epidermoid carcinoma: Effect of postoperative radiotherapy. *Braz J Otorhinolaryngol*, 2003; 69(4), 480-483
- (18) Maio MF. Evaluation of the effects of ionizing radiation on materials used in dental restorations. Dissertation (Master in Science in the Nuclear Technology Area) presented to USP, 2009.
- (19) Cho SO, Jun HY. Surface hardening of poly(methyl methacrylate) by electron irradiation. *Nucl Instrum Methods Phys Res*, 2005, 237(3-4), 525–532.
- (20) Rane V, Hamde S, Agrawal A. Development of computerized masticatory force measurement system. *J Med Eng Technol*, 2016; 41(1), 65–71.

- (21) Waltimo A, Könönen M. A novel bite force recorder and maximal isometric bite force values for healthy young adults. *Eur J Oral Sci.* 1993;101:171–175.
- (22) Waltimo A, Könönen M. Maximal bite force and its association with signs and symptoms of craniomandibular disorders in young Finnish non-patients. *Acta Odontol Scand.* 1995;53:254–258.
- (23) Van Der Bilt A, Tekamp A, Van Der Glas H, Abbink J. Bite force and electromyography during maximum unilateral and bilateral clenching. *Eur J Oral Sci.* 2008;116:217–222.
- (24) Kogawa EM, Calderon PS, Lauris JRP, Araujo CRP et al. Evaluation of maximal bite force in temporomandibular disorders patients. *J Oral Rehabil.* 2006;33:559–565.
- (25) Regalo SCH, Santos CM, Vitti M, Regalo CA, de Vasconcelos PB, Mestriner W et. al. Evaluation of molar and incisor bite force in indigenous compared with white population in Brazil. *Arch Oral Biol.* 2008;53:282–286.

## ANEXOS

### Normas da revista Brazilian Dental Journal

#### GERAL

- Submeter o manuscrito em Word e em PDF, composto pela página de rosto, texto, tabelas, legendas das figuras e figuras (fotografias, micrografias, desenhos esquemáticos, gráficos e imagens geradas em computador, etc).
- O manuscrito deve ser digitado usando fonte Times New Roman 12, espaço entrelinhas de 1,5 e margens de 2,5 cm em todos os lados. **NÃO UTILIZAR** negrito, marcas d'água ou outros recursos para tornar o texto visualmente atrativo.
- As páginas devem ser numeradas seqüencialmente, começando no *Summary*.
- Trabalhos completos devem estar divididos seqüencialmente conforme os itens abaixo:

1. Página de Rosto
2. Summary e Key Words
3. Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão
4. Resumo em Português (obrigatório apenas para os autores nacionais)
5. Agradecimentos (se houver)
6. Referências
7. Tabelas
8. Legendas das figuras
9. Figuras

- Todos os títulos dos capítulos (Introdução, Material e Métodos, etc) em letras maiúsculas e sem negrito.
- Resultados e Discussão **NÃO** podem ser apresentados conjuntamente.
- Comunicações rápidas e relatos de casos devem ser divididos em itens apropriados.

- Produtos, equipamentos e materiais: na primeira citação mencionar o nome do fabricante e o local de fabricação completo (cidade, estado e país). Nas demais citações, incluir apenas o nome do fabricante.
- Todas as abreviações devem ter sua descrição por extenso, entre parênteses, na primeira vez em que são mencionadas.

## PÁGINA DE ROSTO

- A primeira página deve conter: título do trabalho, título resumido (*short title*) com no máximo 40 caracteres, nome dos autores (máximo 6), Departamento, Faculdade e/ou Universidade/Instituição a que pertencem (incluindo cidade, estado e país). **NÃO INCLUIR** titulação (DDS, MSc, PhD etc) e/ou cargos dos autores (Professor, Aluno de Pós-Graduação, etc).
- Incluir o nome e endereço **completo** do autor para correspondência (**informar e-mail, telefone e fax**).
- A página de rosto deve ser incluída em arquivo separado do manuscrito.

## MANUSCRITO

- **O manuscrito deve conter:**  
A primeira página do manuscrito deve conter: título do trabalho, título resumido (*short title*) com no máximo 40 caracteres, sem o nome dos autores.

## SUMMARY

- A segunda página deve conter o *Summary* (resumo em Inglês; máximo 250 palavras), em redação contínua, descrevendo o objetivo, material e métodos, resultados e conclusões. Não dividir em tópicos e não citar referências.
- Abaixo do *Summary* deve ser incluída uma lista de Key Words (5 no máximo), em letras minúsculas, separadas por vírgulas.

## INTRODUÇÃO

- Breve descrição dos objetivos do estudo, apresentando somente as referências pertinentes. Não deve ser feita uma extensa revisão da literatura existente. As hipóteses do trabalho devem ser claramente apresentadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

- A metodologia, bem como os materiais, técnicas e equipamentos utilizados devem ser apresentados de forma detalhada. **Indicar os testes estatísticos utilizados neste capítulo.**

## RESULTADOS

- Apresentar os resultados em uma seqüência lógica no texto, tabelas e figuras, enfatizando as informações importantes.
- Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto.
- Tabelas e figuras devem trazer informações distintas ou complementares entre si.
- Os dados estatísticos devem ser descritos neste capítulo.

## DISCUSSÃO

- Resumir os fatos encontrados sem repetir em detalhes os dados fornecidos nos Resultados.
- Comparar as observações do trabalho com as de outros estudos relevantes, indicando as implicações dos achados e suas limitações. Citar outros estudos pertinentes.
- Apresentar as conclusões no final deste capítulo. Preferencialmente, as conclusões devem ser dispostas de forma corrida, isto é, evitar citá-las em tópicos.

## RESUMO (em Português) - Somente para autores nacionais

O resumo em Português deve ser **IDÊNTICO** ao resumo em Inglês (Summary). OBS: **NÃO COLOCAR** título e palavras-chave em Português.

## AGRADECIMENTOS

O Apoio financeiro de agências governamentais deve ser mencionado. Agradecimentos a auxílio técnico e assistência de colaboradores podem ser feitos neste capítulo.

## REFERÊNCIAS

- As referências devem ser apresentadas de acordo com o estilo do **Brazilian Dental Journal**. É recomendado aos autores consultar números recentes do BDJ para se familiarizar com a forma de citação das referências.
- As referências devem ser numeradas por ordem de aparecimento no texto e citadas entre parênteses, sem espaço entre os números: (1), (3,5,8), (10-15). **NÃO USAR SOBRESCRITO.**
- Para artigos com dois autores deve-se citar os dois nomes sempre que o artigo for referido. Ex: "According to Santos **and** Silva (1)...". Para artigos com três ou mais autores, citar apenas o primeiro autor, seguido de "et al.". Ex: "Pécora et al. (2) reported that..."
- Na lista de referências, os nomes de **TODOS OS AUTORES** de cada artigo devem ser relacionados. Para trabalhos com 7 ou mais autores, os 6 primeiros autores devem ser listados seguido de "et al."
- A lista de referências deve ser digitada no final do manuscrito, em seqüência numérica. Citar **NO MÁXIMO** 25 referências.
- A citação de abstracts e livros, bem como de artigos publicados em revistas não indexadas deve ser evitada, a menos que seja absolutamente necessário. **Não citar referências em Português.**
- Os títulos dos periódicos devem estar abreviados de acordo com o Dental Index. O estilo e pontuação das referências devem seguir o formato indicado abaixo:

### *Periódico*

1. Lea SC, Landini G, Walmsley AD. A novel method for the evaluation of powered toothbrush oscillation characteristics. *Am J Dent* 2004;17:307-309.

### *Livro*

2. Shafer WG, Hine MK, Levy BM. A textbook of oral pathology. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders; 1983.

### *Capítulo de Livro*

3. Walton RE, Rotstein I. Bleaching discolored teeth: internal and external. In: Principles and Practice of Endodontics. Walton RE (Editor). 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders; 1996. p 385-400.

## TABELAS

- As tabelas com seus respectivos títulos devem ser inseridas após o texto, numeradas com algarismos arábicos; **NÃO UTILIZAR** linhas verticais, negrito e letras maiúsculas (exceto as iniciais).
- O título de cada tabela deve ser colocado na parte superior.
- Cada tabela deve conter toda a informação necessária, de modo a ser compreendida independentemente do texto.

## FIGURAS

- **NÃO SERÃO ACEITAS FIGURAS INSERIDAS EM ARQUIVOS ORIGINADOS EM EDITORES DE TEXTO COMO O WORD E NEM FIGURAS EM POWER POINT;**
- Os arquivos digitais das imagens devem ser gerados em Photoshop, Corel ou outro software similar, com extensão TIFF e resolução mínima de 300 dpi. Apenas figuras em **PRETO E BRANCO** são publicadas. Salvar as figuras no CD-ROM.
- Letras e marcas de identificação devem ser claras e definidas. Áreas críticas de radiografias e fotomicrografias devem estar isoladas e/ou demarcadas.
- Partes separadas de uma mesma figura devem ser legendadas com letras **maiúsculas** (A, B, C, etc). Figuras

simples e pranchas de figuras devem ter largura mínima de 8 cm e 16 cm, respectivamente.

As legendas das figuras devem ser numeradas com algarismos arábicos e apresentadas em uma página separada, após a lista de referências (ou após as tabelas, quando houver).