



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

LUCAS SERAPHIM SOUZA

**Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de resinas
flexíveis sob a influência de termociclagem.**

Araçatuba

2017

LUCAS SERAPHIM SOUZA

**Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de resinas
flexíveis sob a influência de termociclagem.**

Trabalho de conclusão de curso
apresentada à Faculdade de Odontologia de
Araçatuba da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” –
UNESP, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de graduado em
Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Coelho
Goiato

Coorientadora: Prof. Dra. Daniela
Micheline dos Santos

Araçatuba

2017

A Deus, que me deu a vida, saúde e inteligência.

A minha família, que é a minha base de tudo e sempre apoiou minhas decisões, minha mãe Márcia, meu pai Nilton e meu irmão Guilherme. Aos meus avós João e Laura, que sempre estiveram e estão ao meu lado.

Aos meus amigos, irmãos de alma, obrigado por toda a parceria e amizade ao longo desses anos todos!

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Marcelo Goiato, que nos anos de convivência, muito me ensinou, e contribuiu para meu crescimento como profissional e social. É muito mais do que apenas um professor, é um verdadeiro amigo e companheiro.

A Professora Daniela Micheline, pelo apoio e atenção durante toda a graduação.

A Doutoranda Mariana Vilela por toda a ajuda, que foi enorme, e por todo o conhecimento compartilhado.

“A vida é o que acontece enquanto estamos ocupados planejando o futuro”

John Lennon

SOUZA, L.S. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de resinas flexíveis sob influência da termociclagem. 2017. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, 2017.

RESUMO

Novos materiais são desenvolvidos a todo tempo para adequar melhor os materiais utilizados às necessidades dos pacientes, como é o caso das resinas flexíveis termo injetáveis que proporcionam mais estética aos pacientes que utilizam próteses parciais removíveis. Assim o objetivo deste estudo foi avaliar a alteração de cor, microdureza e resistência a flexão de uma resina acrílica flexível experimental sob a influência da termociclagem. Foram confeccionados dois tipos de amostras, 30 em formato circular (3mm x 10mm $\varnothing$) para os testes de cor e microdureza, e 60 em formato retangular (64 x 10 x 3,3 mm) para o teste de resistência a flexão. As amostras foram divididas em três grupos (n = 10), um da resina flexível experimental testada, um com uma resina flexível já comercializada (Sorriflex) e um grupo de controle de uma resina acrílica convencional termopolimerizável (Lucitone). Após a confecção, foram feitas leituras de cor, microdureza e resistência a flexão, inicialmente e após 2000 ciclos de termociclagem. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ANOVA e o pós teste de Tukey quando necessário. Todas as resinas apresentaram uma variação de cor (ΔE) clinicamente aceitável, sem diferença entre o tipo de resina ($p > 0.05$). Houve diferença na dureza das resinas em ordem crescente (Sorriflex, Experimental e Lucitone) e a dureza aumentou após a termociclagem ($p < 0.05$). Para a resistência a flexão, a única diferença foi com relação ao tipo de resina, a resina acrílica apresentou maior valor com relação as resinas termoplásticas. Concluímos que a resina experimental testada apresenta propriedades similares com a encontrada no mercado, apresentando como vantagem a maior dureza superficial.

Palavras-Chave: Resina Acrílica. Cor. Microdureza. Termociclagem.

SOUZA, L.S. Evaluation of the physical and mechanical properties of flexible resins under the influence of thermocycling. 2017. . Trabalho de conclusão de curso (bacharelado) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, 2017.

ABSTRACT

New materials are developed all the time to better suit the materials used to patients' needs, such as flexible injectable thermoplastic resins that provide more esthetics to patients using removable partial dentures. This way, the objective of this study was to evaluate the color change, micro hardness and flexural strength of an experimental flexible acrylic resin under the influence of thermocycling. Two types of samples were made, 30 in circular format (3mm x 10mm $\varnothing$) for color and micro hardness tests, and 60 in rectangular format (64 x 10 x 3,3 mm) for the flexural strength test. The samples were divided into three groups (n = 10) one of the experimental flexible resin tested, one with a flexible resin already marketed (Sorriflex), and a control group of a conventional thermo-polymerizable acrylic resin (Lucitone). After the preparation, color, micro hardness and flexural strength readings were taken, initially and after 2000 thermocycling cycles. The obtained data were submitted to analysis of variance ANOVA and Tukey post test when necessary. All resins presented a clinically acceptable color variation (ΔE), with no difference between resin type ($p > 0.05$). there was a difference in the hardness of resins in ascending order (Sorriflex, Experimental and Lucitone) and the hardness increased after thermocycling ($p < 0.05$). For the flexural strength, the only difference was related to the type of resin, the acrylic resin presented higher value with respect to the thermoplastic resins. We conclude that the tested experimental resin has properties similar to those found in the market, presenting the advantage of greater surface hardness.

Key words: Acrylic Resin. Color. Micro hardness. Thermocycling.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resinas acrílica e flexíveis do estudo.....	11
Tabela 2 - Análise de variância ANOVA para a alteração de cor.....	14
Tabela 3 - Valores médios e desvio padrão da alteração de cor (Δe) das amostras para cada tipo de resina.....	14
Tabela 4 - Análise de variância ANOVA para a dureza superficial variando o tipo de resina e o período.....	15
Tabela 5 - Valores médios e desvio padrão de dureza das amostras para o período e tipo de resina.....	15
Tabela 6 - Análise de variância ANOVA para a resistência a flexão variando o tipo de resina e o período.....	16
Tabela 7 - Valores médios e desvio padrão de resistência a flexão das amostras para o período e tipo de resina.....	17

SUMÁRIO

1	Introdução.....	9
2	Objetivo.....	10
3	Materiais e Métodos.....	11
4	Resultados.....	14
5	Discussão.....	17
6	Conclusão.....	20
7	Referências.....	21

1. INTRODUÇÃO

As resinas acrílicas foram introduzidas no mercado a partir da década de 30 e desde então têm sido utilizadas para confeccionar bases de próteses totais e próteses totais removíveis. Dentre suas características principais estão a facilidade de manipulação, boa condutividade térmica, baixa permeabilidade de fluidos orais e estabilidade cromática.¹

Embora a resina acrílica convencional possua características estéticas agradáveis, a associação a grampos para retenção das próteses parciais removíveis (PPR) nem sempre agrada aos pacientes. Portanto foi desenvolvido um material que adequasse a necessidade de retenção das PPRs à estética, a resina termoplástica flexível.²

Apesar de alguns profissionais questionarem o uso dessas resinas na confecção de PPRs devido a sua estrutura básica contrariar os princípios tradicionais de biomecânica, como ausência de apoios e sua flexibilidade estrutural.³ É cada vez mais comum o uso dessas resinas termoplásticas para confecção de PPRs flexíveis.^{4, 5}

Essas próteses são constituídas com dentes de estoque utilizados em PPR e prótese total, associados a uma resina termoplástica que, quando aquecida ao redor de 300°C, entra em estado plástico e é injetada no interior de uma mufla própria do sistema. Em temperatura ambiente a resina torna-se semi-rígida.

Existe um número crescente do emprego desses aparelhos a cada ano, demonstrando a sua popularidade na prática odontológica. Entretanto, no meio acadêmico ainda são vistas com certas restrições, especialmente porque o número de trabalhos avaliando as propriedades físicas e mecânicas desse material ainda é escasso na literatura. Até o momento, os trabalhos existentes exibem resultados promissores indicando que o uso desse material é viável no cotidiano clínico.⁵⁻¹⁸

Alguns trabalhos evidenciam o sucesso das reabilitações com próteses a base de poliamida,^{2, 4} assim como as vantagens de suas propriedades,^{1, 3, 19, 20} mas estudos longitudinais e randomizados ainda são necessários para a consolidação da técnica. Especialmente por se tratar de um material novo e em constante modificação, com fabricantes produzindo novas fórmulas ainda em fase de experimentação.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi testar uma formulação experimental de uma resina flexível termo injetável fornecida pelo fabricante e compará-la a uma resina flexível já comercializada, afim de averiguar se as propriedades físicas e mecânicas melhorariam com as alterações realizadas. As propriedades da resina flexível experimental também foram comparadas a uma resina acrílica termopolimerizável convencional (PMMA), tida como controle.

As propriedades físicas e mecânicas da resina flexível experimental avaliada podem ser diferentes das propriedades da resina (Sorriflex) já comercializada. Como hipótese nula temos que a resina experimental testada não apresentará propriedades diferentes da resina termoplástica encontrada no mercado.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Tabela 1. Resinas acrílicas e flexíveis do estudo.

Marca Comercial	Processo de Polimerização	Composição Química Básica	Fabricante
Sorriflex (Resina Flexível)	Moldagem por Injeção	Isopropileno	Peramical Com. e Ind. D e Produtos Médicos e Odontológicos e Ltda - ME
Marca Experimental (Resina Flexível)	Moldagem por Injeção.	Isopropileno	-
Lucitone 550 (Resina Acrílica)	Imersão da mufla em água a 73°C por 90 minutos e então a 100°C por 30 minutos.	Líquido: Metacrilato de Metila, Etileno Clícol Dimetacrilato e Hidroquinona. Pó: Copolímero (metil-n-butil), Metacrilato, Peróxido de Benzoíla e Corantes Minerais.	Artigos Odontológicos Clássico Ltda., São Paulo, Brasil

Foram confeccionadas um total de 30 amostras (n=10) para os testes de cor e dureza e 60 amostras (n=10) para o teste de resistência a flexão. As amostras foram construídas em duplicata para o teste de resistência a flexão pois as amostras são perdidas devido a fratura/deflexão após os testes iniciais.

Para a confecção das amostras das resinas flexíveis foram obtidos espécimes em silicone extra duro (Zetalabor, Zhermack, Badia Polesine, Rovigo, Itália) com 10 mm de diâmetro e 3 mm de espessura para os testes de cor e dureza e com 64 x 10 x 3,3 mm para o teste de resistência a flexão, por meio de uma matriz metálica²¹⁻²³.

Esses espécimes serviram de molde ao laboratório protético onde as amostras foram confeccionadas.

As resinas flexíveis (sorriflex e experimental) utilizadas nesse estudo são termoplásticas a base de isopropileno. Foram confeccionadas por um sistema termoinjetável no qual as amostras enviadas foram preparadas em mufla apropriada com sistema de sprus para injeção da resina termoplástica.

Esses mesmos espécimes foram utilizados como molde e incluídos em muflas convencionais, nas quais foi vertida a resina acrílica Lucitone (Artigos Odontológicos Clássico, São Paulo, SP, Brasil) proporcionada e misturada de acordo com as recomendações do fabricante e realizada sua polimerização em banho de água quente.

Todas as amostras obtidas foram então polidas em uma sequência de lixas metalográficas com granulações de 600, 800 e 1200 (Buehler, Illinois, EUA) em politriz universal automática (Ecomet 300PRO; Buehler, Illinois, EUA) sob irrigação contínua de água por um minuto cada lixa, na velocidade de 300 RPM. Cada disco teve sua espessura aferida com o auxílio de um paquímetro digital (500-171-20B, Mitutoyo, Tóquio, Japão), de forma a obter as dimensões propostas. Após o polimento, as amostras foram submetidas à limpeza em ultrassom (Arotec, Odontobrás, São Paulo, SP) por 20 minutos em água destilada, para remoção de possíveis debris na superfície da resina, e então foram deixadas ao ar livre para secagem.

Após esse procedimento, foram realizadas leituras de cor, microdureza superficial e resistência a flexão. Logo em seguida as amostras foram submetidas ao ensaio de termociclagem por 2000 ciclos, simulando 2 anos clínicos^{11,14} de uso desses materiais. As amostras foram imersas em água destilada, sofrendo banhos alternados de 60 segundos à temperatura de $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $55\pm 1^{\circ}\text{C}$. Ao final do procedimento, as amostras foram submetidas novamente a leituras de cor, microdureza; e resistência a flexão.

As alterações de croma e luminosidade foram avaliadas com auxílio do espectrofotômetro de reflexão (UV-2450, Shimadzu Corp, Kyoto, Japão), com as alterações de cor calculadas através da Comissão Internacional de Iluminação (CIE) pelo sistema $L^*a^*b^*$ com iluminação padrão D65.

A leitura da microdureza (Knoop) foi realizada por meio de um microdurômetro (HNV-2T, Shimadzu Corp., Kyoto, Japão), calibrado com carga de 25g por 10

segundos^{14,16}. Três leituras foram realizadas sobre cada superfície da amostra, sendo essas 500µm distantes da margem da amostra e, ao mesmo tempo, 500µm distantes de uma penetração a outra.

O ensaio da resistência à flexão foi realizado em uma máquina de ensaio universal (EMIC, São José dos Pinhais, SP, Brasil) por meio do ensaio de módulo de ruptura, segundo a técnica dos três pontos. As amostras foram posicionadas na máquina em um suporte com distância de 50 mm entre suas margens, com célula de carga de 100 kg e velocidade constante de 5mm/min., até ocorrer sua fratura.

A resistência de cada amostra foi registrada graficamente e a força flexural foi medida a partir da curva de carga-deflexão obtida. O valor da resistência à flexão, em MPa, foi calculado usando a seguinte equação:

$$S = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Na qual- P é a carga de ruptura, L é o comprimento entre os apoios (50 mm), b representa a largura e d é a espessura da amostra.

Os valores numéricos obtidos da análise da alteração de cor, microdureza e resistência a flexão dos corpos-de-prova acima mencionados foram avaliados com análise estatística descritiva (média e desvio padrão). Então, estes valores foram submetidos ao teste de aderência à curva normal, seguida da análise de variância (ANOVA) e pós teste de Tukey quando necessário.

4. RESULTADOS

4.1 Alteração de cor

Não encontramos nenhuma diferença estatisticamente significativa (Tabela 2), observamos que o ΔE nessa etapa foi equivalente para todos os grupos. Na tabela 3 estão descritos os valores médios e o desvio padrão da alteração para cada resina testada.

Tabela 2. Análise de variância ANOVA para a alteração de cor.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.666 ^a	2	.333	.396	.677
Intercept	57.713	1	57.713	68.620	.000
Resina	.666	2	.333	.396	.677
Error	22.708	27	.841		
Total	81.088	30			
Corrected Total	23.374	29			

a. R Squared = .028 (Adjusted R Squared = -.043)

Tabela 3. Valores médios e desvio padrão da alteração de cor (ΔE) das amostras para cada tipo de resina.

	ΔE Média (DP)
Lucitone	1.17 (1.1) A
Sorriflex	1.47 (0.8) A
Experimental	1.50 (0.7) A

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ($p < 0.05$) pelo teste de tukey.

4.2 Dureza superficial

Nos dados de dureza encontramos que o tempo ($p < 0.001$) e a resina ($p < 0.001$) influenciaram as características dos materiais avaliados (Tabela 4). No caso observamos um aumento da dureza após o período de termociclagem. E

observamos que a resina testada apresentou maiores de dureza quando comparada a resina Sorriflex e ambas apresentaram menores valores de dureza do que a resina convencional (Tabela 5). Nos resultados de dureza a resina testada apresentou maiores valores do que a resina flexível encontrada no mercado.

Tabela 4. Análise de variância ANOVA para a dureza superficial variando o tipo de resina e o período.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1592.891 ^a	5	318.578	224.842	.000
Intercept	7641.976	1	7641.976	5393.451	.000
Resina	1554.971	2	777.486	548.723	.000
Tempo	33.093	1	33.093	23.356	.000
Resina * Tempo	4.827	2	2.413	1.703	.192
Error	76.513	54	1.417		
Total	9311.380	60			
Corrected Total	1669.404	59			

a. R Squared = .954 (Adjusted R Squared = .950)

Tabela 5. Valores médios e desvio padrão de dureza das amostras para o período e tipo de resina.

	Inicial	Termociclagem
Lucitone	17.32 (1.3) A,a	19.6 (1.8) A,b
Sorriflex	6.69 (1.2) B,a	7.75 (0.6) B,b
Experimental	7.71 (0.6) C,a	8.72 (1.1) C,b

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ($p < 0.05$) pelo teste de tukey.

4.3 Resistência a Flexão

Apenas o tipo de resina influenciou os resultados de resistência a flexão, a termociclagem não surtiu efeito nas amostras (Tabela 6). Encontramos que não houve diferença entre as resinas flexíveis, a resina testada se comportou de maneira semelhante a resina encontrada no mercado. Apenas o grupo controle (Lucitone) apresentou diferença com os demais (Tabela 7).

Tabela 6. Análise de variância ANOVA para a resistência a flexão variando o tipo de resina e o período.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	95601.321 ^a	5	19120.264	112.817	.000
Intercept	1234218.021	1	1234218.021	7282.353	.000
Resina	95133.944	2	47566.972	280.663	.000
Tempo	413.385	1	413.385	2.439	.124
Resina * Tempo	53.992	2	26.996	.159	.853
Error	9151.956	54	169.481		
Total	1338971.299	60			
Corrected Total	104753.277	59			

a. R Squared = .913 (Adjusted R Squared = .905)

Tabela 7. Valores médios e desvio padrão de resistência a flexão das amostras para o período e tipo de resina.

	Inicial	Termociclagem
Lucitone	90.74 (4.5) A,a	83.53 (5.5) A,a
Sorriflex	70.71 (6.7) B,a	68.05 (5.8) B,a
Experimental	76.68 (7.7) B,a	70.75 (5.9) B,a

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem ao nível de 5% de significância ($p < 0.05$) pelo teste de tukey.

5. DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos, a hipótese nula do estudo foi negada, visto que a resina testada apresentou uma dureza superficial superior à resina já comercializada. As outras propriedades, como alteração de cor e resistência a flexão se mostraram similares entre os materiais avaliados.

Com relação aos resultados de alteração de cor, todas as resinas se comportaram de maneira semelhante e adequada, todas apresentaram uma variação de cor inferior a 3,3, que segundo alguns autores é considerado o limite perceptível a olho nu^{1, 21}. Alterações maiores do que 3,3 são tidas como clinicamente inaceitáveis. Goiato et al.¹ encontraram resultados semelhantes (ΔE variou de 1,62 a 5,75) com relação a alteração de cor de resinas flexíveis submetidas a envelhecimento acelerado, apenas uma resina flexível avaliada (Valplast) apresentou resultados clinicamente desfavoráveis ($\Delta E \geq 3,3$).¹

Hatin et al.²⁴ encontraram também valores aceitáveis para as resinas flexíveis e termopolimerizáveis testadas quando submetidas a imersão em saliva artificial por até 12 semanas (ΔE 1,31), mas quando as amostras foram submersas em soluções pigmentadas como café e chá as resinas termoplásticas apresentaram resultados inaceitáveis, com um ΔE de 4,04 para o café e 26,03 para o chá.²⁴

Em outro estudo, duas resinas acrílicas (Vipi Cril e Lucitone) e uma termoplástica a base de nylon (Transflex) foram submersas em soluções com alto teor de pigmentos, como vinho tinto, café, coca-cola e água destilada para controle. Todas foram influenciadas pelo vinho tinto, mas apenas a resina flexível também sofreu alteração de cor também pela Coca-Cola. Semelhante aos nossos resultados, a imersão em água destilada (controle) apresentou um ΔE por volta de 1,2.¹⁰

As alterações cromáticas das resinas podem ocorrer de maneira extrínseca e intrínseca, as alterações intrínsecas estão mais relacionadas ao envelhecimento e a mudanças de temperatura e umidade, levando a perda do brilho superficial e descoloração do material.¹ Normalmente as resinas termoplásticas são mais hidrofílicas do que as resinas acrílicas, fato que explica a maior facilidade de sofrer pigmentação, como apontado em diferentes estudos.^{10,14, 24}

Com relação a dureza verificamos que a termociclagem influenciou a dureza, visto que os valores de dureza foram maiores para todos os grupos após o ensaio. Com relação as resinas observamos que a marca testada apresentou maiores valores de dureza em relação a resina Sorriflex, e ambas resinas flexíveis apresentaram menores valores de dureza em relação a resina acrílica convencional. Esses resultados estão de acordo com outros estudos, nos quais obteve-se maiores valores de microdureza para resinas de metil-meta-crilato em relação às resinas a base de poliamida.^{1, 25}

Essa diferença se dá pela maior presença de agentes com cross-link e presença de plastificantes nas resinas acrílicas do que na de poliamida.²⁵ O aumento na dureza após a termociclagem pode ser atribuída a polimerização completa do material e também a mudança de temperatura contínua, que pode causar uma contração no material.^{1, 23} Maiores valores de microdureza superficial são positivos para esses materiais, pois quanto maior a dureza menor a incidência de riscos e possíveis fraturas do material.²³

Ao contrário da microdureza, a resistência a flexão não foi influenciada pelo processo de termociclagem, a única diferença foi com relação ao tipo de resina. No caso a resina acrílica termopolimerizável apresentou uma maior resistência em relação às termoplásticas, como reportado em outros estudos.^{8,14,18,26-30} Iwata em 2016, encontrou resultados semelhantes ao comparar características de flexão de diferentes resinas utilizadas para confecção de bases de dentaduras, as resinas a base de poliamida apresentaram os menores valores de resistência a flexão (45,3 a 55,5 MPa) e as resinas acrílicas (90,1 a 95,8 MPa), os maiores.¹⁸

Shah et al.¹⁴ encontraram menores valores de resistência a flexão para o grupo a base de nylon (39,6 MPa) e essa medida diminuiu após a imersão desses espécimes em soluções desinfectantes (28 A 38 MPa).¹⁴ Como descrito por outros autores,^{8,14,18,26-30} observamos que as amostras de resina termoplástica não sofrem ruptura como as resinas acrílicas termopolimerizadas, sua alta flexibilidade faz com que as amostras sofram uma deflexão irreversível ao invés.^{8,14,18,26-30}

De uma maneira geral a resina testada apresentou boas propriedades físicas e mecânicas, a maior dureza dessa resina, sem alteração de sua flexibilidade, faz com que a mesma seja mais resistente a riscos e abrasão provocada durante a higienização. O que poderia prolongar a longevidade da mesma, assim diminuir a proliferação de microrganismos em sua superfície.¹

As resinas acrílicas termoinjetáveis estão começando a serem utilizadas em larga escala, por isso ainda não há na literatura muitos estudos que avaliem suas propriedades. Mas há alguns relatos de seu uso clínico com sucesso, não só para a fabricação de próteses parciais removíveis, mas também em próteses totais e obturadoras.^{4, 6, 15} É possível observar grande variedade de formulações para essas resinas, elas podem ser fabricadas a base de nylon, poliamida, poliuretano, poliéster, policarbonato e também a base metil-meta-crilato.^{6, 16, 18}

A limitação de nosso estudo foi avaliar apenas um tipo de formulação das resinas termoplásticas e não submetemos as resinas a situações de uso clínico como imersão em soluções pigmentantes ou desinfecção. Portanto novos estudos são necessários para avaliar não somente essas, mas como também outras propriedades das resinas termoplásticas, afim de consolidar sua utilização clínica.

6. CONCLUSÃO

Concluimos que a resina experimental apresentou características aceitáveis clinicamente, suas propriedades físicas e mecânicas são similares a resina já comercializada.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Goiato MC, Santos DM, Haddad MF, Pesqueira AA. Effect of accelerated aging on the microhardness and color stability of flexible resins for dentures. *Brazilian oral research*. 2010;24:114-9.
- [2] Fueki K, Ohkubo C, Yatabe M, Arakawa I, Arita M, Ino S et al. Clinical application of removable partial dentures using thermoplastic resin-part I: definition and indication of non-metal clasp dentures. *Journal of prosthodontic research*. 2014;58:3-10.
- [3] Kaplan P. Flexible partial denture variations. The use of circumferential, combination, and continuous clasp designs. *Dentistry today*. 2012;31:138-41.
- [4] Goiato MC, Panzarini SR, Tomiko C, Luvizuto ER. Temporary flexible immediately removable partial denture: a case report. *Dentistry today*. 2008;27:114, 6.
- [5] Tannamala PK, Pulagam M, Pottem SR, Karnam S. Flexible resins in the rehabilitation of maxillectomy patient. *Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research*. 2012;23:97-100.
- [6] Ito M, Wee AG, Miyamoto T, Kawai Y. The combination of a nylon and traditional partial removable dental prosthesis for improved esthetics: a clinical report. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2013;109:5-8.
- [7] Kawara M, Iwata Y, Iwasaki M, Komoda Y, Iida T, Asano T et al. Scratch test of thermoplastic denture base resins for non-metal clasp dentures. *Journal of prosthodontic research*. 2014;58:35-40.
- [8] Ladha K, Shah D. An in-vitro evaluation of the flexural strength of heat-polymerized poly (methyl methacrylate) denture resin reinforced with fibers. *Journal of Indian Prosthodontic Society*. 2011;11:215-20.
- [9] Osada H, Shimpo H, Hayakawa T, Ohkubo C. Influence of thickness and undercut of thermoplastic resin clasps on retentive force. *Dental materials journal*. 2013;32:381-9.

- [10] Sepulveda-Navarro WF, Arana-Correa BE, Borges CP, Jorge JH, Urban VM, Campanha NH. Color stability of resins and nylon as denture base material in beverages. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*. 2011;20:632-8.
- [11] Soygun K, Bolayir G, Boztug A. Mechanical and thermal properties of polyamide versus reinforced PMMA denture base materials. *The journal of advanced prosthodontics*. 2013;5:153-60.
- [12] Wadachi J, Sato M, Igarashi Y. Evaluation of the rigidity of dentures made of injection-molded materials. *Dental materials journal*. 2013;32:508-11.
- [13] Yu SH, Lee Y, Oh S, Cho HW, Oda Y, Bae JM. Reinforcing effects of different fibers on denture base resin based on the fiber type, concentration, and combination. *Dental materials journal*. 2012;31:1039-46.
- [14] Shah VR, Shah DN, Chauhan CJ, Doshi PJ, Kumar A. Evaluation of flexural strength and color stability of different denture base materials including flexible material after using different denture cleansers. *Journal of Indian Prosthodontic Society*. 2015;15:367-73.
- [15] Shrestha B, Hughes ER, Kumar Singh R, Suwal P, Parajuli PK, Shrestha P et al. Fabrication of Closed Hollow Bulb Obturator Using Thermoplastic Resin Material. *Case reports in dentistry*. 2015;2015:504561.
- [16] Hamanaka I, Shimizu H, Takahashi Y. Bond strength of a chairside autopolymerizing reline resin to injection-molded thermoplastic denture base resins. *Journal of prosthodontic research*. 2016.
- [17] Ibraheem EM, Nassani MZ. The effect of flexible acrylic resin on masticatory muscle activity in implant-supported mandibular overdentures: a controlled clinical trial. *Electronic physician*. 2016;8:1752-8.
- [18] Iwata Y. Assessment of clasp design and flexural properties of acrylic denture base materials for use in non-metal clasp dentures. *Journal of prosthodontic research*. 2016;60:114-22.
- [19] Kaplan P. Flexible removable partial dentures: design and clasp concepts. *Dentistry today*. 2008;27:120, 2-3.

- [20] Singh K, Aeran H, Kumar N, Gupta N. Flexible thermoplastic denture base materials for aesthetical removable partial denture framework. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*. 2013;7:2372-3.
- [21] Goiato MC, Zuccolotti BC, dos Santos DM, Sinhoreti MA, Moreno A. Effect of intrinsic nanoparticle pigmentation on the color stability of denture base acrylic resins. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2013;110:101-6.
- [22] Goiato MC, Dos Santos DM, Baptista GT, Moreno A, Andreotti AM, Bannwart LC et al. Effect of thermal cycling and disinfection on colour stability of denture base acrylic resin. *Gerodontology*. 2013;30:276-82.
- [23] Goiato MC, Dos Santos DM, Baptista GT, Moreno A, Andreotti AM, Dekon SF. Effect of thermal cycling and disinfection on microhardness of acrylic resin denture base. *Journal of medical engineering & technology*. 2013;37:203-7.
- [24] Hatim NA, Al-Tahho OZ. Comparative evaluation of color change between two types of acrylic resin and flexible resin after thermo cycling. An in vitro study. *Journal of Indian Prosthodontic Society*. 2013;13:327-37.
- [25] Shah J, Bulbule N, Kulkarni S, Shah R, Kakade D. Comparative evaluation of sorption, solubility and microhardness of heat cure polymethylmethacrylate denture base resin & flexible denture base resin. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*. 2014;8:ZF01-4.
- [26] Hamanaka I, Takahashi Y, Shimizu H. Mechanical properties of injection-molded thermoplastic denture base resins. *Acta odontologica Scandinavica*. 2011;69:75-9.
- [27] Abhay PN, Karishma S. Comparative evaluation of impact and flexural strength of four commercially available flexible denture base materials: an in vitro study. *Journal of Indian Prosthodontic Society*. 2013;13:499-508.
- [28] Hemmati MA, Vafaei F, Allahbakhshi H. Water Sorption and Flexural Strength of Thermoplastic and Conventional Heat-Polymerized Acrylic Resins. *Journal of dentistry (Tehran, Iran)*. 2015;12:478-84.
- [29] Sasaki H, Hamanaka I, Takahashi Y, Kawaguchi T. Effect of Reinforcement on the Flexural Properties of Injection-Molded Thermoplastic Denture Base Resins. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*. 2015.

[30] Yunus N, Rashid AA, Azmi LL, Abu-Hassan MI. Some flexural properties of a nylon denture base polymer. *Journal of oral rehabilitation*. 2005;32:65-71.