

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

ILANA SANTOS RAMALHO

**Influence of abutment fabrication method and fixation mode on the  
three-dimensional fit and reliability of implant-supported  
prostheses**

**Influência do método de fabricação de pilares e modo de fixação na  
adaptação tridimensional e confiabilidade de próteses sobre  
implantes**

BAURU

2019



ILANA SANTOS RAMALHO

**Influence of abutment fabrication method and fixation mode on the  
three-dimensional fit and reliability of implant-supported  
protheses**

**Influência do método de fabricação de pilares e modo de fixação na  
adaptação tridimensional e confiabilidade de próteses sobre  
implantes**

Tese constituída por artigos apresentada a Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências no Programa de Ciências Odontológicas Aplicadas, na área de concentração Reabilitação Oral.

Orientador: Prof. Dr. Estevam Augusto Bonfante

BAURU

2019

Santos Ramalho, Ilana

Influence of abutment fabrication method and  
fixation mode on the three-dimensional fit and  
reliability of implant-supported prostheses / Ilana

Santos Ramalho. – Bauru, 2019

106p. : il. ; 31cm.

Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia  
de Bauru. Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. Estevam A. Bonfante

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a  
reprodução total ou parcial desta dissertação, por processos  
fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura:

Data:

Comitê de Ética da FOB-USP

Protocolo nº:

Data:

**(Cole a cópia de sua folha de aprovação aqui)**



---

---

## DEDICATÓRIA

A **Deus** por ter me dado a permissão de chegar até aqui, e por toda a força concedida na concretização desse sonho. Agradeço a Ele por todas as pessoas especiais que cruzaram meu caminho e que estão aqui citadas.

Aos meus pais, **Nida e Déo**, pelo amor, dedicação e incentivo a tudo que realizo. A vocês, que se doaram inteiros e renunciaram aos seus sonhos, para que, muitas vezes, pudesse realizar os meus. O momento que vivo agora é fascinante e só existe porque vocês se doaram em silêncio e aceitaram viver comigo o meu sonho. Presentearam-me com a riqueza do estudo e isso ninguém pode tirar de mim. A vocês devo tudo o que tenho e sou, pois vocês são minha fonte de inspiração, meus exemplos, minha base de sustentação. Mãe, a sua força me inspira a ser uma mulher melhor, o zelo e a educação que deu aos seus filhos me inspiram a ser uma mãe exemplar, seu cuidado com sua mãe e seus irmãos me inspiram a ser uma filha e irmã amorosa e sua dedicação e amor ao meu pai me inspiram a ser esposa companheira e cuidadosa! Pai, sua responsabilidade, dedicação à família, serenidade, honestidade, inteligência, determinação, vontade de trabalhar, fazem de você o homem que mais admiro nesse mundo. Se eu conseguir ser a metade da pessoa que você é, sentirei que cumpri meu papel nessa vida! Obrigada pela nossa família! Amo muito vocês!

---

---



---

---

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Luiz Fernando Pegoraro e Prof. Dr. Estevam Augusto Bonfante. Quando paro pra pensar sobre a minha jornada na pós graduação vejo o quão privilegiada sou por ter sido orientada por dois grandes mestres. Dizem que os orientados acabam seus cursos parecidos com os orientadores. Confesso que se isso for verdade, me sinto imensamente orgulhosa por herdar alguma característica dos dois. **Professor Pegoraro** será sempre meu exemplo de humildade, amor à profissão, competência e generosidade. Quem me conhece sabe o quanto sou fã e grata por ter convivido e aprendido tanto com ele, a quem devo todo meu conhecimento de prótese e tenho o maior orgulho em dizer que fui escolhida pra ser sua dentista. Palavras nunca serão suficientes para expressar minha gratidão, admiração, carinho e respeito. Meus sinceros agradecimentos por toda confiança em mim depositada, por me fazer acreditar no meu potencial e saber que qualquer dificuldade que eu encontrasse durante o caminho, poderia contar com seu apoio.

**Professor Estevam** será pra mim eternamente um exemplo de dedicação, inteligência, competência, disciplina, e ajuda ao próximo. Ele pode não dimensionar a importância dele em minha vida, mas com certeza sua orientação foi um divisor de águas. Ele me incentivou e abriu oportunidades que me mostraram o quão forte posso ser e foi o grande responsável por uma das mais incríveis experiências da minha vida, o Doutorado Sanduíche. Serei eternamente grata por seu acolhimento, incentivo e apoio.

E ambos são meus exemplos de equilíbrio entre a vida pessoal e profissional, e de valorização da família. Muito obrigada por tornarem essa jornada muito mais leve e alegre.

---

---



---

---

## AGRADECIMENTOS

A minha irMÃE, **Lauana**, sempre tão presente e dedicada, esteve ao meu lado em cada conquista da minha vida, sempre me incentivando e apoiando. Obrigada por ter ajudado a formar a pessoa que sou, por seus conselhos sempre bem vindos e por todo seu amor! Sinto diariamente a sua presença constante ao meu lado, pois a nossa ligação é muito forte, e por isso, fico tranquila, pois, tenho em você um porto seguro, e sei que você sempre fará o possível e o impossível para me ver feliz. Saiba que a recíproca é verdadeira e eu que eu te amo demais! Agradeço pelo melhor presente que você me deu, meu sobrinho **Leonardo**, que me proporcionou tantas felicidades e que traduz a ligação que temos uma pela outra, meu amor por ele não pode ser medido e nem explicado por palavras. Leco, serei sua eterna “Tia Nana” e não importa o quanto você cresça, terei sempre a imagem daquele meninininho carinhoso e amável que cresceu comigo. Eu tenho muito orgulho do homem íntegro, responsável e trabalhador que você se tornou. Ao meu cunhado, **Lelo**, por quem tenho um amor de irmão, agradeço por todo amor e cuidado comigo.

Ao meu querido e amado irmão, **Vandré**, que muitas vezes, sem perceber, me alegrou e me arrancou um sorriso quando eu mais precisava. Tenho em você um exemplo de generosidade e amor ao próximo, o seu coração gigante me inspira a fazer sempre o bem! Eu te amo demais! Obrigada a você por me fazerem reviver uma das maiores alegrias da vida de alguém, ser tia! Nossa princesa **Lorena** veio trazer mais felicidade pra minha vida e deixar a saudade de casa ainda maior. Lô, quando você crescer e já conseguir entender essa mensagem, queria que você soubesse que o amor que eu tenho por você é imenso e que tudo que eu puder fazer pra te ver feliz, eu farei! Amo vocês!

Durante o meu doutorado tive muitas surpresas, a mais linda delas foi ter conhecido uma pessoa com um dos corações mais lindos que já vi. Meu amor, **Adolfo**, alguém que virou meu companheiro em literalmente todas as horas do dia, alguém que me traz paz, segurança e muita felicidade. Um amor recíproco, cúmplice, companheiro e cheio de respeito e admiração mútua. Agradeço por todo carinho, dedicação ao nosso amor, e incentivo a tudo o que faço. Te amo!

---

---



---

---

Ao meu avô **Hilton Ramalho**, que nos deixou no meio do meu Doutorado, mas deixou as mais importantes lições: união da família e valorização do estudo. Exemplo de dignidade, honestidade, determinação e de uma inteligência sem igual! A minha avó **Ritinha**, meu amor, com sua doçura, me faz sentir a pessoa mais especial do mundo! Uma mulher pequena no tamanho, mas gigante de coração, me inspiro na sua força! Amo muito vocês!

A toda minha família que, sempre que possível, se fazem presentes nas minhas idas e vindas e que me fazem sentir muito amada, sempre vibrando com cada vitória minha. Vocês não sabem o quanto isso torna a minha luta diária contra a saudade mais fácil. Em especial às minhas primas-irmãs e aos meus tios e tias queridos.

Ao **S. Coelho e D. Selma**, por terem me recebido e acolhido tão bem. Por todo cuidado e preocupação, por muitas vezes fazendo diminuir a saudade de casa.

Às minhas amigas da vida inteira, **Mari, Lá e Bi**, por me mostrarem que independente do tempo e da distância, nossos corações estarão sempre ligados por nossa amizade verdadeira!

Aos meus amigos de faculdade, em especial ao **Ana Paula, Johnny, Larissa, Lara e Simone**, por continuarem cruzando meu caminho com sorrisos, abraços e acima de tudo amizade, pelo incentivo e carinho de sempre. Sinto muita falta do nosso convívio diário.

A minha turma de mestrado **Andréa, Fernanda, Guilherme, Gustavo, Oscar, Patrick, Thereza, Verena e Vinícius** agradeço pelo convívio harmonioso, pelas experiências vividas, pelo apoio e incentivo que sempre me deram. E apesar das obrigações da vida nos afastarem um pouco no Doutorado, levarei pra sempre comigo cada um de vocês no meu coração.

Em especial às amigas **Fernanda e Verena**. Obrigada por se fazerem presentes em tantos momentos importantes desta caminhada, pelos momentos felizes que passamos juntas, por todas as risadas e até pelos momentos difíceis compartilhados. São essas pessoas que nos fazem seguir em busca dos nossos

---

---



---

---

sonhos, pois ajudam a diminuir a saudade de casa e vibram junto com cada conquista! Saibam que estarei aqui pra tudo que precisarem e tenho certeza que nossa amizade se estenderá muito além da nossa pós-graduação. Só desejo coisas boas a vocês, tenho certeza que terão muito sucesso nessa caminhada.

A minha amiga, **Andréa**, pela sintonia, cumplicidade, companheirismo, carinho e amizade. Com certeza você é um presente de Deus na minha vida! Obrigada por todo incentivo em tudo que faço, obrigada pelos momentos de descontração, pelas risadas compartilhadas, por sua amizade tão leve e que me faz sentir tão bem! Desejo a você todo sucesso e felicidade que desejaria a mim mesma, que você siga o melhor caminho sempre e que Deus te ilumine. Muito sucesso na sua vida! Muito obrigada por tudo! Rezo pra que nossa parceria seja pra vida inteira e que nós possamos realizar muitos projetos juntas! E não poderia deixar de agradecer a uma pessoa muito especial, amigo querido, Ricardo. Obrigada por tantas conversas, por seu bom coração, por sua alegria, carinho e incentivo. Nosso quarteto só me traz lembranças boas e o desejo de compartilhar momentos assim pra toda vida.

À família mais linda que se formou nesse doutorado, minha querida amiga **Thereza**, nosso pacotinho de amor **Maitê** e o querido amigo **Patrick**. Agradeço pela amizade valiosa, parceria, incentivo, projetos e por todos os momentos de descontração e felicidade.

Aos maiores presentes que a NYU me deu : **Edmara, Paula, Nathalia e João**. Cada um com seu jeito único fez crescer e fortalecer uma amizade que tempo ou distância alguma irão destruir. Só nós sabemos tudo o que vivemos lá e o quanto a força da amizade tornou aquela experiência inesquecível para todos. Não poderia deixar de agradecer especialmente à Ed, minha amiga, cúmplice e companheira que possui um dos corações mais generosos que eu conheço. À **Marina, Márcia e Anna**, as quais tive o privilégio de conhecer e conviver.

Serei eternamente grata ao **Dr. Paulo Coelho**, pela oportunidade de trabalhar em seu laboratório e por todo conhecimento compartilhado. Ao **Lukasz**, por ter sido chefe, amigo, parceiro, por todo incentivo mesmo com as nossas dificuldades, por

---

---



---

---

cada trabalho que nos foi confiado. Ao Nick **Tovar**, pela amizade, risadas e momentos compartilhados.

A minha amiga, **Laís**, um dos melhores presentes que Bauru me deu! Obrigada por toda alegria que você traz pra minha vida, obrigada por toda preocupação, por toda ajuda e incentivo! Amizades assim, são muito valiosas, pois nos levam sempre à frente e nos impulsionam! Tenho certeza que nossa amizade vai permanecer além do tempo e da distância.

À pessoa mais doce que conheço, **Juliana Hotta**. Obrigada pelos abraços, sorrisos sinceros e aventuras compartilhadas.

A minha “eterna turma de doutorado”, **Max, Vitor, Hugo Vidotti, Luiz, Livia Aguiar, Luana, Carol e Livia Maria**, que me receberam de braços abertos quando iniciei minha caminhada em Bauru, não medindo esforços em transmitir ensinamentos e tornando minha vida aqui mais leve e mais divertida! Com vocês aprendi o que é trabalho em equipe, respeito pelos professores, determinação em alcançar os objetivos, esforço para realizar o melhor trabalho possível! Levarei a amizade de vocês pro resto da vida!

Em especial, às minhas grandes amigas **Livia Aguiar, Luaninha e Carol**, cada uma com sua particularidade, conseguiram conquistar meu coração de um modo singular. Livia, obrigada por você existir em minha vida, obrigada por todos os conselhos sábios e por toda ajuda, sua luz irradia a todas as pessoas que estão a sua volta! Luaninha, acho que independente do que eu fale aqui, você não vai acreditar no quanto eu gosto de você! Você é minha ciumentinha predileta, estar com você é sinônimo de diversão e boas risadas, sua amizade e companhia são muito valiosas pra mim! Admiro sua inteligência, competência e responsabilidade, saiba que aprendi muitas coisas com você! Carol, muito obrigada por todos os seus abraços carinhosos, por todas as conversas prazerosas e por todos os momentos bons que passamos! Você é uma pessoa única e maravilhosa! E principalmente obrigada por todo incentivo e oportunidades nesse fim da jornada de pós-graduação. Vou te levar pra sempre em meu coração.

---

---



---

---

Aos meus colegas pós-graduandos por todo conhecimento compartilhado e disponibilidade em ajudar sempre.

À amiga **Camila Libardi**, por toda ajuda nos momentos em que mais precisei! Obrigada por ser tão generosa e prestativa! Você tem um lugar especial no meu coração!

À amiga **Polly** que foi contagiada pelo clima de Bauru e decidiu se aventurar conosco nessa caminhada. Com quem compartilhei todas as mudanças da vida. Obrigada por sua amizade, serenidade e palavras sensatas.

Ao **Meneguel**, que com seu jeito único e espontâneo e seu coração gigante traz tanta alegria as nossas vidas.

À minha eterna **Turma LII**, por terem me proporcionado um dos momentos mais importantes e felizes da minha pós-graduação. Ouvir vocês batucando e gritando meu nome me proporcionou uma alegria imensurável. Jamais esquecerei vocês!

Ao **Prof. José Maurício e Profa. Lígia** da FOAR-UNESP, por terem me acolhido tão bem nessa instituição e por tornarem minha primeira experiência docente muito mais leve e que com certeza será marcante em minha vida.

A todos os professores do departamento de prótese: Prof. Dr. José Henrique Rubo, Prof. Dr. Paulo César Rodrigues Conti; Prof. Dr. Carlos dos Reis Pereira de Araújo, Profa. Dra. Karin Hermana Neppelenbroek, Prof. Dr. Renato de Freitas, Prof. Dr. Vinícius Carvalho Porto, Prof. Dr. Wellington Cardoso Bonachela, Profa. Dra. Lucimar Falavinha Vieira, Profa. Dra. Simone Soares por todo conhecimento transmitido.

De maneira especial, agradeço àqueles com os quais eu tive uma convivência maior, Profa. Dra. Ana Lúcia Pompéia Fraga de Almeida, Prof. Dr. Accácio Lins do Valle, Prof. Dr. Pedro César Garcia de Oliveira por todos os ensinamentos. Por serem exemplos de simplicidade e humildade. Por me tratarem sempre com tanto carinho e amizade.

---

---



---

---

Ao querido professor, Prof. Dr. Gerson Bonfante por todo carinho e por me ser exemplo de que a busca pelo conhecimento deve ser uma constante em nossa vida profissional.

Às funcionárias da clínica de pós-graduação, Cleusa e Hebe, pela convivência leve e pelo apoio de sempre. Muito obrigada pelo carinho com que sempre me trataram e por terem me recebido tão bem desde o primeiro dia em que cheguei na clínica, ainda como estagiária. Vou levar a lembrança de vocês pro resto da minha vida!

À equipe de funcionários da comissão de pós-graduação pelo trabalho árduo e silencioso que realizam todos os dias em prol de nossa universidade.

Aos queridos funcionários do departamento de prótese, Cleide, Cláudia, Déborah, Valquíria, Marcelo e Reivanildo, pelo esforço em me ajudar sempre e pelo carinho com que sempre me trataram.

A todos os pacientes que atendi ou acompanhei durante essa jornada. A essas pessoas que não fazem ideia do quanto nos ensinam a cada dia com suas histórias e suas vidas.

À Universidade Federal de Alagoas, instituição onde me graduei, a qual sempre levarei em memória e meu coração. Não poderia deixar de agradecer ao meu orientador de TCC, Prof. Dr. Natanael Barbosa dos Santos, por tantos ensinamentos e por me mostrado o gosto pela carreira acadêmica.

À Faculdade de Odontologia de Bauru – Universidade de São Paulo, na pessoa do excelentíssimo diretor Prof. Dr. Carlos Ferreira do Santos, pelo apoio institucional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela bolsa de doutorado e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por minha bolsa de doutorado sanduíche, auxílios indispensáveis para realização deste trabalho.

---

---



---

---

Aos professores integrantes da banca examinadora, por terem analisado, arguido e contribuído para a otimização deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente, ajudaram na realização desta pesquisa.

---

---



---

---

*“Se você pode sonhar, você pode fazer.”*

***Walt Disney***

---

---



---

---

## ABSTRACT

### **Influence of abutment fabrication method and fixation mode on the three-dimensional fit and reliability of implant-supported prostheses**

**Objectives.** To evaluate the effect of abutment fabrication method on the three-dimensional fit at the implant-abutment interface and its correlation with stress at fatigue failure of prostheses. Probability of survival (reliability) and fractography to characterize failure modes were also performed for cemented and screw-retained prostheses.

**Methods.** Central incisor crowns were milled to restore implants and divided in 3 cemented and 3 screwed-retained groups, as follows (n=21/group): [Digital-Sc]: milled one-piece monolithic abutment/crown; [TiB-Sc]: milled crowns cemented onto Ti-base abutments; [UCLA]: screw-retained crown using UCLA abutments; [Digital-Ce]: milled two-piece assembly comprised by screwed monolithic abutment and a cemented crown; [TiB-Ce]: milled coping cemented onto Ti-base abutments to receive a cemented crown; [UCLA-Ce]: UCLA abutments that received an overcast coping and a cemented crown. Volume measurements were performed to assess the internal misfit using silicone replica of the implant/abutment interface area three-dimensionally reconstructed after microcomputed tomography ( $\mu$ CT). Implant/crown systems were subjected to step-stress accelerated life testing (SSALT) in water. The use-level probability Weibull curves and reliability for a mission of 50,000 cycles at calculated stress at failure of 2,300, 3,300 and 4,300 MPa were plotted. Fractographic analysis was performed with scanning electron microscopy. Internal misfit was analyzed through one-way ANOVA following post-hoc comparisons by Tukey test ( $P<0.05$ ). Correlation between misfit volume and the stress at fatigue failure was assessed by Pearson test.

**Results.** Similar misfit volumes were observed for TiB-Sc ( $0.458 \text{ mm}^3$ ), TiB-Ce ( $0.461 \text{ mm}^3$ ), UCLA ( $0.471 \text{ mm}^3$ ) and UCLA-Ce ( $0.480 \text{ mm}^3$ ), which were significantly lower than Digital-Sc ( $0.676 \text{ mm}^3$ ) and Digital-Ce ( $0.633 \text{ mm}^3$ ). The mean  $\beta$  values were: 1.68, 1.39, 1.48, 2.41, 2.27 and 0.71 for Digital-Sc, TiB-Sc, UCLA, Digital-Ce, TiB-Ce and UCLA-Ce, respectively, indicating that fatigue was an accelerating factor for failure of all groups, except for UCLA-Ce. Higher stress at failure decreased the

---

---



---

---

reliability of all groups, more significantly for screw compared to cement-retained groups, especially for Digital-Sc that demonstrated the lowest reliability. The failure mode was restricted to abutment screw fracture. A negative correlation was observed between misfit values and stress at failure ( $r = -0.302$ ,  $P=0.01$ ).

**Conclusions.** Ti-Base and UCLA abutments exhibited better internal fit at the implant/abutment interfaces compared to full commercial lab fabrication process (CAD-CAM custom abutments). An impairment of the mechanical resistance according to different levels of internal misfit was observed, since the higher the volume of misfit, the lower the stress at failure during fatigue. Probability of survival decreased at higher stress, especially for screw compared to cement-retained groups, and failures were confined to abutment screws.

**Keywords:** Dental Implant-Abutment Designs. Dental Implant-Abutment Interface. Dental Implants. MicroCT. Reliability. Computer-Aided Design.

---

---



---

---

## RESUMO

### **Influência do método de fabricação de pilares e modo de fixação na adaptação tridimensional e confiabilidade de próteses sobre implantes**

**Objetivos.** Avaliar o efeito do método de fabricação de pilares sobre a adaptação tridimensional na interface implante-pilar e sua correlação com o estresse à fratura por fadiga das próteses. Probabilidade de sobrevivência (confiabilidade) e fractografia para caracterizar modos de falha também foram realizadas para próteses cimentadas e parafusadas.

**Métodos.** Coroas de incisivos centrais foram confeccionadas para restaurar implantes e divididas em seis grupos, sendo 3 grupos parafusados e 3 cimentados (n=21/grupo): [Dig-Par] – coroa fresada monolítica parafusada; [TiB-Par] – coroa fresada cimentada sobre pilar Ti-Base e parafusados ao implante; [UCLA] – coroa fundida sobre UCLA parafusada; [Dig-Cim] – pilar fresado parafusado para receber coroa fresada cimentada; [TiB-Cim] – pilar fresado e cimentado sobre Ti-Base para receber coroa cimentada; [UCLA-Cim] – pilar fundido sobre UCLA parafusado para receber coroa cimentada. Mensurações de volume foram realizadas para avaliar o desajuste interno usando réplica de silicone na área da interface implante/pilar reconstruída tridimensionalmente após a microtomografia computadorizada ( $\mu$ CT). Os espécimes foram submetidos ao teste de fadiga acelerada progressiva na presença de água. As curvas de probabilidade de Weibull e a confiabilidade para missões de 50.000 ciclos a 2.300, 3.300 e 4.300 Mpa foram plotadas e calculadas em função do estresse. A análise fractográfica foi realizada com microscopia eletrônica de varredura. O desajuste interno foi analisado através de ANOVA seguida de comparações múltiplas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). A correlação entre o volume de desajuste e o estresse à fratura por fadiga foi avaliada pelo teste de correlação de Pearson.

**Resultados.** Volumes de desajuste semelhantes foram observados para TiB-Par (0,458 mm<sup>3</sup>), TiB-Cim (0,461 mm<sup>3</sup>), UCLA (0,471 mm<sup>3</sup>) e UCLA-Cim (0,480 mm<sup>3</sup>), que foram significativamente menores que Dig-Par (0,676 mm<sup>3</sup>) e Dig-Cim (0,633 mm<sup>3</sup>). Os valores médios de  $\beta$  foram: 1,68, 1,39, 1,48, 2,41, 2,27 e 0,71 para Dig-Par, TiB-Par, UCLA, Dig-Cim, TiB-Cim e UCLA-Cim, respectivamente, indicando que

---

---



---

---

o acúmulo de danos em função da fadiga foi um fator de aceleração para as falhas em todos os grupos, exceto para UCLA-Cim. Maior estresse à fratura diminuiu a confiabilidade de todos os grupos, mais significativamente para os grupos parafusados comparado aos cimentados, especialmente para o Dig-Par, que demonstrou a menor confiabilidade. O modo de falha predominante foi a fratura do parafuso do pilar. Uma correlação negativa foi observada entre os valores de desajuste e estresse à fratura ( $r = -0,302$ ,  $P = 0,01$ ).

**Conclusões.** Os pilares do tipo Ti-Base e UCLA exibiram melhor ajuste interno na interface implante/pilar comparado com os pilares fresados em laboratório comercial (customizados CAD-CAM). Observou-se um comprometimento da resistência mecânica de acordo com os diferentes níveis de desajuste interno, visto que quanto maior o volume de desajuste, menor o estresse à fratura durante a fadiga. Probabilidade de sobrevivência diminuiu em nível maior de estresse, especialmente para os grupos parafusados em comparação com os cimentados, e as falhas foram confinadas aos parafusos do pilar.

**Palavras-chave:** Implantes dentários. MicroCT. Confiabilidade. Projeto Auxiliado por Computador.

---

---



---

---

## TABLE OF CONTENTS

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>ARTICLE(S).....</b>	<b>27</b>
2.1	ARTICLE 1 - Abutment fabrication method affects the three-dimensional fit of the implant-abutment connection .....	28
2.2	ARTICLE 2 - Implant-abutment fit influences the mechanical performance of single-crown prostheses .....	52
<b>3</b>	<b>DISCUSSION.....</b>	<b>87</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>95</b>
	<b>REFERENCES .....</b>	<b>99</b>

---

---



# **1 INTRODUCTION**

---

---



## 1 INTRODUCTION

Implant-based therapy is a predictable and reliable treatment modality in the rehabilitation of missing or lost teeth <sup>1, 2</sup>. The literature on dental implants has advanced remarkably over the last decade, and recent reports have been shown success rates upwards of 95% <sup>3</sup>. Although high success rates are commonly reported for such treatment <sup>1, 4</sup>, the less common report of cumulative survival rates suggests that the actual failure rates of dental implants are likely to be higher than the rates published in the clinical literature and therefore success may be inflated <sup>3</sup>.

According to a recent systematic review <sup>4</sup>, the total number of technical complications was statistically similar for internal and external connections, with a 5-year complication rate of 10.1% and 12.4%, respectively. Also, it has been reported that the most common complication is abutment screw fracture, with a cumulative rate of 10.4% in 5 years and a twofold increase to 20.4% in 10 years <sup>5</sup>. Such findings emphasize that treatment with implants, despite its advantages, should predict complications, time, and additional cost for maintenance <sup>1</sup>.

Considering that complication rates increase over time <sup>6</sup>, indicating that the fatigue damage accumulation degrades prostheses strength, it is essential to acknowledge that technical complications in implant dentistry are prevalent, and the importance of their characterization in preclinical studies has been increasingly valued <sup>7, 8</sup>. In this context, the use of *in vitro* mechanical testing methods to characterize the implant-prostheses complex becomes paramount, since clinical studies demand proper design, long-term follow-up, and robust data from many volunteers would need to be statistically addressed to provide meaningful results <sup>8</sup>. The use of *Step-stress Accelerated Life Testing* (SSALT) for reliability and failure mode analysis of several implant restorative scenarios has been widely reported <sup>9-13</sup>.

Given the vast possibility of a combination between variables in an implant-supported rehabilitation, the selection of restorative components and crown fixation mode must be considered as a factor for long-term clinical success <sup>14,2</sup>. For improved performance, abutments should present the best fit at the implant connection <sup>15</sup>, since higher values of misfit between components may increase microleakage and

---

mechanical stress on connection structures and surrounding tissues <sup>16-18</sup>. Depending on the level of misfit, it may lead to mechanical problems, such as damage to the internal threads, screw preload loss or screw fracture <sup>16, 19</sup>. Additionally, biologic complications due to the microorganism colonization of the implant well may eventually participate in the multifactorial role of peri-implant tissue inflammation, which can cause pain, bone strain, marginal bone loss, and in the worst scenario the loss of osseointegration <sup>17, 18, 20, 21</sup>.

There has been little information presented on the three-dimensional internal gap misfit between abutments fabricated through different techniques connected to implants with internal connection. The methods commonly used to measure marginal and internal discrepancies of restorations involve direct visualization or sectioning of the specimens, followed by measurement of the interface using scanning electron microscopy (SEM) <sup>22, 23</sup>, optical microscopy <sup>24</sup>, travelling microscope <sup>25, 26</sup> among others. These measurements commonly involve human error that, along with the non-standardized evaluation sites make interpretation and comparison between studies a challenge <sup>27, 28</sup>. In recent years, micro-computed ( $\mu$ CT) tomography has gained popularity in implantology <sup>29-31</sup> because it allows the non-destructive and three-dimensional (3D) evaluation of the materials, promoting a feasible quantitative and qualitative analysis of marginal or internal misfit <sup>32</sup>. Additionally, 3D reconstruction software may be used for the volumetric quantification of the misfit and internal/marginal gaps at the implant–abutment interface.

The selection of the implant abutment for each patient case is an essential part of the implant-prosthetic treatment phase. Firstly, a fundamental distinction needs to be made between ‘prefabricated’ or ‘stock’ and ‘custom-made’ abutments. The former comprises a standard geometry commercial abutment. Several prefabricated abutments are available in the market, which vary in indication and design, generally being indicated when the implant is placed in an almost ideal prosthetic position. Although the claimed better fit of stock abutments provided by the industry, which demand approval by regulatory agencies, their customization may be limited, considering each patient’s difference in peri-implant soft tissue emergence profile. Therefore, the need for custom abutments is gradually increasing over the years.

---

Opportunities for individualization include the use of custom-made abutments fabricated through either a conventional casting procedure using universal casting long abutments (UCLA) or through a digital workflow using the computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) technology. In the latter, two customization options are available: 1) full digital lab fabrication process: a one-piece monolithic abutment/crown may be designed and milled in a commercial laboratory by CAD/CAM system (currently feasible for external or internal non-conical connections); or 2) hybrid fabrication process: an industrially manufactured abutment system receives custom CAD/CAM restoration fabricated by a commercial laboratory (final crown or custom core).

The UCLA-type abutment is one of the most versatile abutments produced by conventional casting procedures. Although the indications may vary, the UCLA-type abutment is practically universal and at a lower cost when compared to other prefabricated abutments. However, the castable base of the abutment that will adapt to the implant undergoes distortions during the casting procedures, impairing the fit and passivity at the implant/abutment connection, thus causing mechanical and biological problems, as previously reported <sup>19, 33, 34</sup>. In order to minimize such effect, castable UCLA abutments with metallic base should be used because the metal (Co-Cr) suffers minor changes during casting as its melting point is higher than the temperature used for investment heating and compatible with the temperature for alloy injection <sup>25, 35</sup>, which in theory preserves the fit provided by the industry.

CAD/CAM technology has introduced several advantages for fabricating abutments and has been suggested as an improvement over the conventional methods <sup>36, 37</sup>. The benefits of employing a fully digital laboratory fabrication process for abutments and prostheses include customization and rapid chair-side or commercial laboratory fabrication regardless of industry abutment availability. Such a technology is well known to allow the high-precision machining of prefabricated blocks of various materials including ceramics, composite resin, acrylic resin and metal alloys <sup>36</sup>. Despite the evident advantages of abutments produced by a full digital workflow, the internal fit of such abutments is roughly dependent on several variables involved in the accuracy of milling of the CAD/CAM systems unit and the selected milling strategy <sup>5</sup>. Also of concern is the fact that milling of abutments by commercial labs is not yet controlled by international standards or norms, as it is for

---

industry-provided prefabricated abutments, which undergo standard quality assurance and quality control evaluation.

A potential workaround has been recently introduced where industry-fabricated Titanium-base (or Ti-base) abutments and their inclusion in CAD/CAM libraries allowing the rapid fabrication of either a customized milled core (e.g: zirconia) or the crown by commercial laboratories. This concept is based on a titanium connector featuring a female component that connects to the implant well and an external configuration with geometry available for insertion in most CAD/CAM systems where monolithic or bilayered restorations of any given material can be cemented chairside <sup>38-40</sup>. The main advantage and rationale for use of Ti-base abutments comprise the maintenance of industry provided fit of the female part, in contrast to UCLA abutments where overcasting and post processing (e.g. aluminum oxide blasting) change the titanium surface topography and fit <sup>25</sup>. Also, retrievability is maintained when cementing the final prostheses directly to Ti-base since CAD/CAM blocks are provided with screw access holes that allow extra-oral bonding and excess cement removal, eventually reducing cementation induced peri-implantitis <sup>41-43</sup>.

Along with the plethora of implant restorative components available, the fixation modes of the implant-supported restoration can be either screwed, cemented, or a combination of both. There is a rich literature on the advantages and disadvantages of the prosthesis retention systems <sup>42, 44-50</sup>. A current consensus has been published <sup>50</sup> and, in general, the clinical recommendations for screw retention include: implants placed in a prosthetically ideal position, with the presence of minimal interarch space (4 mm); FDPs (fixed dental prostheses) with a cantilever design; long-span FDPs; in esthetic areas, where provisionalization of implants is required to enable soft tissue conditioning and emergence profile improvement or when retrievability is desired. Also, the cement retention is recommended in the following situations: for short-span prostheses with margins at or above the mucosa level, to compensate for improperly inclined implants, for cases where an easier control of occlusion without an access hole is desired (e.g. narrow-diameter crowns)<sup>50</sup>. Although less technical complications of cement-retained relative to screw-retained crowns has been reported <sup>51</sup>, the performance of hybrid systems that combine extra-orally cemented and screw-retained crowns warrants investigation.

---

Considering the increased use of customizable abutments in restorative dentistry and given that, once under function in the mouth, any restorative system's strength will degrade over time due to fatigue damage accumulation, the characterization of the internal fit at the implant/abutment connection of abutments fabricated by a commercial laboratory (milled or cast) compared to abutments provided by the industry, as well as the impact of misfit levels on the mechanical performance of prostheses still requires investigation. Therefore, the overall objective of this work was to evaluate the effect of abutment fabrication method on the three-dimensional fit at the implant-abutment interface and its correlation with stress at fatigue failure of prostheses. Probability of survival (reliability) and fractography to characterize failure modes were also performed for cemented and screw-retained prostheses.



## **4 CONCLUSION**

---

---



## **4 CONCLUSION**

Within the limitations of this study, the following conclusions may be drawn:

- Implant-supported prostheses milled by a commercial laboratory (Digital-Sc and Digital-Ce) exhibited poorer internal fit at the implant/abutment connection compared to those either cast or fabricated by the industry (TiB-Sc, TiB-Ce, UCLA and UCLA-Ce);
  - All groups presented high reliability at 2300 MPa (up to 97%), however at higher stress Digital-Sc decreased the reliability to 0% and TiB-Ce (71%) demonstrated higher reliability than other groups;
  - Failure mode chiefly comprised abutment screw fracture;
  - Higher misfit values negatively influenced the load in which the specimens failed.
- 
-



# REFERENCES

---

---



## REFERENCES

1. Jung RE, Pjetursson BE, Glauser R, Zembic A, Zwahlen M, Lang NP. A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:119-30.
  2. Sailer I, Philipp A, Zembic A, Pjetursson BE, Hammerle CH, Zwahlen M. A systematic review of the performance of ceramic and metal implant abutments supporting fixed implant reconstructions. *Clin Oral Implants Res* 2009;20 Suppl 4:4-31.
  3. Griggs JA. Dental Implants. *Dent Clin North Am* 2017;61:857-71.
  4. Pjetursson BE, Zarauz C, Strading M, Sailer I, Zwahlen M, Zembic A. A systematic review of the influence of the implant-abutment connection on the clinical outcomes of ceramic and metal implant abutments supporting fixed implant reconstructions. *Clin Oral Implants Res* 2018;29 Suppl 18:160-83.
  5. Papaspyridakos P, Chen CJ, Chuang SK, Weber HP, Gallucci GO. A systematic review of biologic and technical complications with fixed implant rehabilitations for edentulous patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:102-10.
  6. Jung RE, Zembic A, Pjetursson BE, Zwahlen M, Thoma DS. Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clin Oral Implants Res* 2012;23 Suppl 6:2-21.
  7. Papaspyridakos P, Chen CJ, Singh M, Weber HP, Gallucci GO. Success criteria in implant dentistry: a systematic review. *J Dent Res* 2012;91:242-8.
  8. Bonfante EA, Coelho PG. A Critical Perspective on Mechanical Testing of Implants and Protheses. *Adv Dent Res* 2016;28:18-27.
  9. Almeida EO, Freitas AC, Jr., Bonfante EA, Marotta L, Silva NR, Coelho PG. Mechanical testing of implant-supported anterior crowns with different implant/abutment connections. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013;28:103-8.
  10. Almeida EO, Freitas Junior AC, Bonfante EA, Rocha EP, Silva NR, Coelho PG. Effect of microthread presence and restoration design (screw versus cemented) in dental implant reliability and failure modes. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:191-6.
-

11. Bonfante EA, Almeida EO, Lorenzoni FC, Coelho PG. Effects of implant diameter and prosthesis retention system on the reliability of single crowns. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015;30:95-101.
  12. Bordin D, Bergamo ETP, Bonfante EA, Fardin VP, Coelho PG. Influence of platform diameter in the reliability and failure mode of extra-short dental implants. *J Mech Behav Biomed Mater* 2018;77:470-4.
  13. Bordin D, Bergamo ETP, Fardin VP, Coelho PG, Bonfante EA. Fracture strength and probability of survival of narrow and extra-narrow dental implants after fatigue testing: In vitro and in silico analysis. *J Mech Behav Biomed Mater* 2017;71:244-9.
  14. Zarone F, Sorrentino R, Traini T, Di Iorio D, Caputi S. Fracture resistance of implant-supported screw- versus cement-retained porcelain fused to metal single crowns: SEM fractographic analysis. *Dent Mater* 2007;23:296-301.
  15. Steinebrunner L, Wolfart S, Bossmann K, Kern M. In vitro evaluation of bacterial leakage along the implant-abutment interface of different implant systems. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:875-81.
  16. al-Turki LE, Chai J, Lautenschlager EP, Hutten MC. Changes in prosthetic screw stability because of misfit of implant-supported prostheses. *Int J Prosthodont* 2002;15:38-42.
  17. Alqutaibi AY, Aboalrejal AN. Microgap and Micromotion at the Implant Abutment Interface Cause Marginal Bone Loss Around Dental Implant but More Evidence is Needed. *J Evid Based Dent Pract* 2018;18:171-2.
  18. Liu Y, Wang J. Influences of microgap and micromotion of implant-abutment interface on marginal bone loss around implant neck. *Arch Oral Biol* 2017;83:153-60.
  19. Binon PP. The effect of implant/abutment hexagonal misfit on screw joint stability. *Int J Prosthodont* 1996;9:149-60.
  20. Mishra SK, Chowdhary R, Kumari S. Microleakage at the Different Implant Abutment Interface: A Systematic Review. *J Clin Diagn Res* 2017;11:ZE10-ZE5.
  21. Brogini N, McManus LM, Hermann JS, Medina R, Schenk RK, Buser D et al. Peri-implant inflammation defined by the implant-abutment interface. *J Dent Res* 2006;85:473-8.
- 
-

22. Jorn D, Kohorst P, Besdo S, Borchers L, Stiesch M. Three-Dimensional Nonlinear Finite Element Analysis and Microcomputed Tomography Evaluation of Microgap Formation in a Dental Implant Under Oblique Loading. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2016;31:e32-42.
  23. Rismanchian M, Hatami M, Badrian H, Khalighinejad N, Goroohi H. Evaluation of microgap size and microbial leakage in the connection area of 4 abutments with Straumann (ITI) implant. *J Oral Implantol* 2012;38:677-85.
  24. Mobilio N, Fasiol A, Franceschetti G, Catapano S. Marginal Vertical Fit along the Implant-Abutment Interface: A Microscope Qualitative Analysis. *Dent J (Basel)* 2016;4.
  25. Byrne D, Houston F, Cleary R, Claffey N. The fit of cast and premachined implant abutments. *J Prosthet Dent* 1998;80:184-92.
  26. Soo S, Garriga-Majo D, Palmer RM, Curtis RV. The longitudinal accuracy of fit of titanium implant superstructures superplastically formed on investment models. *Dent Mater* 2004;20:269-76.
  27. Contrepois M, Soenen A, Bartala M, Laviolle O. Marginal adaptation of ceramic crowns: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2013;110:447-54 e10.
  28. Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. *J Prosthet Dent* 1989;62:405-8.
  29. Meleo D, Baggi L, Di Girolamo M, Di Carlo F, Pecci R, Bedini R. Fixture-abutment connection surface and micro-gap measurements by 3D micro-tomographic technique analysis. *Ann Ist Super Sanita* 2012;48:53-8.
  30. Sui X, Wei H, Wang D, Han Y, Deng J, Wang Y et al. Experimental research on the relationship between fit accuracy and fracture resistance of zirconia abutments. *J Dent* 2014;42:1353-9.
  31. Wiest W, Zabler S, Rack A, Fella C, Balles A, Nelson K et al. In situ microradioscopy and microtomography of fatigue-loaded dental two-piece implants. *J Synchrotron Radiat* 2015;22:1492-7.
  32. Prasad R, Al-Kheraif AA. Three-dimensional accuracy of CAD/CAM titanium and ceramic superstructures for implant abutments using spiral scan microtomography. *Int J Prosthodont* 2013;26:451-7.
- 
-

33. Binon PP, McHugh MJ. The effect of eliminating implant/abutment rotational misfit on screw joint stability. *Int J Prosthodont* 1996;9:511-9.
  34. Bondan JL, Oshima HM, Segundo RM, Shinkai RS, Mota EG, Meyer KR. Marginal fit analysis of premachined and castable UCLA abutments. *Acta Odontol Latinoam* 2009;22:139-42.
  35. Kano SC, Bonfante G, Hussne R, Siqueira AF. Use of base metal casting alloys for implant framework: marginal accuracy analysis. *J Appl Oral Sci* 2004;12:337-43.
  36. Blatz MB, Conejo J. The Current State of Chairside Digital Dentistry and Materials. *Dent Clin North Am* 2019;63:175-97.
  37. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *J Prosthodont Res* 2016;60:72-84.
  38. Silva CEP, Soares S, Machado CM, Bergamo ETP, Coelho PG, Witek L et al. Effect of CAD/CAM Abutment Height and Cement Type on the Retention of Zirconia Crowns. *Implant Dent* 2018;27:582-7.
  39. Lopes ACO, Machado CM, Bonjardim LR, Bergamo ETP, Ramalho IS, Witek L et al. The Effect of CAD/CAM Crown Material and Cement Type on Retention to Implant Abutments. *J Prosthodont* 2018.
  40. Nouh I, Kern M, Sabet AE, Aboelfadl AK, Hamdy AM, Chaar MS. Mechanical Behavior of Posterior All-Ceramic Hybrid-Abutment-Crowns Versus Hybrid-Abutments with Separate Crowns - A Laboratory Study. *Clin Oral Implants Res* 2018.
  41. Staubli N, Walter C, Schmidt JC, Weiger R, Zitzmann NU. Excess cement and the risk of peri-implant disease - a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2016.
  42. Pauletto N, Lahiffe BJ, Walton JN. Complications associated with excess cement around crowns on osseointegrated implants: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:865-8.
  43. Rodriguez LC, Saba JN, Chung KH, Wadhvani C, Rodrigues DC. In vitro effects of dental cements on hard and soft tissues associated with dental implants. *J Prosthet Dent* 2017;118:31-5.
- 
-

44. Goodacre CJ, Kan JY, Rungcharassaeng K. Clinical complications of osseointegrated implants. *J Prosthet Dent* 1999;81:537-52.
  45. Hebel KS, Gajjar RC. Cement-retained versus screw-retained implant restorations: achieving optimal occlusion and esthetics in implant dentistry. *J Prosthet Dent* 1997;77:28-35.
  46. Lee A, Okayasu K, Wang HL. Screw- versus cement-retained implant restorations: current concepts. *Implant Dent* 2010;19:8-15.
  47. Michalakis KX, Hirayama H, Garefis PD. Cement-retained versus screw-retained implant restorations: a critical review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:719-28.
  48. Pjetursson BE, Tan K, Lang NP, Bragger U, Egger M, Zwahlen M. A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:667-76.
  49. Schiessl C, Schaefer L, Winter C, Fuerst J, Rosentritt M, Zeman F et al. Factors determining the retentiveness of luting agents used with metal- and ceramic-based implant components. *Clin Oral Investig* 2013;17:1179-90.
  50. Wittneben JG, Joda T, Weber HP, Bragger U. Screw retained vs. cement retained implant-supported fixed dental prosthesis. *Periodontol* 2000 2017;73:141-51.
  51. Sailer I, Muhlemann S, Zwahlen M, Hammerle CH, Schneider D. Cemented and screw-retained implant reconstructions: a systematic review of the survival and complication rates. *Clin Oral Implants Res* 2012;23 Suppl 6:163-201.
  52. Kurbad A, Kurbad S. CAD/CAM-based implant abutments. *Int J Comput Dent* 2013;16:125-41.
  53. Jemt T. Customized titanium single-implant abutments: 2-year follow-up pilot study. *Int J Prosthodont* 1998;11:312-6.
  54. Kapos T, Evans C. CAD/CAM technology for implant abutments, crowns, and superstructures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29 Suppl:117-36.
  55. Lops D, Meneghello R, Sbricoli L, Savio G, Bressan E, Stellini E. Precision of the Connection Between Implant and Standard or Computer-Aided
-

Design/Computer-Aided Manufacturing Abutments: A Novel Evaluation Method. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2018;33:23-30.

56. Hamilton A, Judge RB, Palamara JE, Evans C. Evaluation of the fit of CAD/CAM abutments. *Int J Prosthodont* 2013;26:370-80.
  57. Vigolo P, Fonzi F, Majzoub Z, Cordioli G. Evaluation of gold-machined UCLA-type abutments and CAD/CAM titanium abutments with hexagonal external connection and with internal connection. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23:247-52.
  58. Park JI, Lee Y, Lee JH, Kim YL, Bae JM, Cho HW. Comparison of fracture resistance and fit accuracy of customized zirconia abutments with prefabricated zirconia abutments in internal hexagonal implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2013;15:769-78.
  59. Torabi Ardekani K, Ahangari AH, Farahi L. Marginal and internal fit of CAD/CAM and slip-cast made zirconia copings. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2012;6:42-8.
  60. Papadiochou S, Pissiotis AL. Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. *J Prosthet Dent* 2018;119:545-51.
  61. Kim MJ, Choi YJ, Kim SK, Heo SJ, Koak JY. Marginal Accuracy and Internal Fit of 3-D Printing Laser-Sintered Co-Cr Alloy Copings. *Materials (Basel)* 2017;10.
  62. Oka Y, Sasaki J, Wakabayashi K, Nakano Y, Okamura SY, Nakamura T et al. Fabrication of a radiopaque fit-testing material to evaluate the three-dimensional accuracy of dental prostheses. *Dent Mater* 2016;32:921-8.
  63. Moris ICM, Monteiro SB, Martins R, Ribeiro RF, Gomes EA. Influence of Manufacturing Methods of Implant-Supported Crowns on External and Internal Marginal Fit: A Micro-CT Analysis. *Biomed Res Int* 2018;2018:5049605.
  64. Alves DCC, de Carvalho PSP, Elias CN, Vedovatto E, Martinez EF. In vitro analysis of the microbiological sealing of tapered implants after mechanical cycling. *Clin Oral Investig* 2016;20:2437-45.
  65. Coelho AL, Suzuki M, Dibart S, N DAS, Coelho PG. Cross-sectional analysis of the implant-abutment interface. *J Oral Rehabil* 2007;34:508-16.
-

66. Lorenzoni FC, Coelho PG, Bonfante G, Carvalho RM, Silva NR, Suzuki M et al. Sealing Capability and SEM Observation of the Implant-Abutment Interface. *Int J Dent* 2011;2011:864183.
  67. Tsuge T, Hagiwara Y, Matsumura H. Marginal fit and microgaps of implant-abutment interface with internal anti-rotation configuration. *Dent Mater J* 2008;27:29-34.
  68. Baggi L, Di Girolamo M, Mirisola C, Calcaterra R. Microbiological evaluation of bacterial and mycotic seal in implant systems with different implant-abutment interfaces and closing torque values. *Implant Dent* 2013;22:344-50.
  69. Schmitt CM, Nogueira-Filho G, Tenenbaum HC, Lai JY, Brito C, Doring H et al. Performance of conical abutment (Morse Taper) connection implants: a systematic review. *J Biomed Mater Res A* 2014;102:552-74.
  70. Gil FJ, Herrero-Climent M, Lazaro P, Rios JV. Implant-abutment connections: influence of the design on the microgap and their fatigue and fracture behavior of dental implants. *J Mater Sci Mater Med* 2014;25:1825-30.
  71. Freitas AC, Jr., Bonfante EA, Rocha EP, Silva NR, Marotta L, Coelho PG. Effect of implant connection and restoration design (screwed vs. cemented) in reliability and failure modes of anterior crowns. *Eur J Oral Sci* 2011;119:323-30.
  72. Nissan J, Narobai D, Gross O, Ghelfan O, Chaushu G. Long-term outcome of cemented versus screw-retained implant-supported partial restorations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011;26:1102-7.
  73. Weber HP, Sukotjo C. Does the type of implant prosthesis affect outcomes in the partially edentulous patient? *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22 Suppl:140-72.
  74. Piattelli A, Piattelli M, Scarano A, Montesani L. Light and scanning electron microscopic report of four fractured implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:561-4.
  75. Velasquez-Plata D, Lutonsky J, Oshida Y, Jones R. A close-up look at an implant fracture: a case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2002;22:483-91.
  76. Kampe T, Haraldson T, Hannerz H, Carlsson GE. Occlusal perception and bite force in young subjects with and without dental fillings. *Acta Odontol Scand* 1987;45:101-7.
- 
-

77. Fontijn-Tekamp FA, Slagter AP, Van Der Bilt A, Van THMA, Witter DJ, Kalk W et al. Biting and chewing in overdentures, full dentures, and natural dentitions. *J Dent Res* 2000;79:1519-24.