



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

PILARES HÍBRIDOS EM REABILITAÇÃO SOBRE IMPLANTES

Trabalho submetido por
Luca Favasuli
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Setembro 2022



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

PILARES HÍBRIDOS EM REABILITAÇÃO SOBRE IMPLANTES

Trabalho submetido por
Luca Favasuli
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Paulo Durão Maurício

Setembro 2022

Agradecimentos

Ao Prof. Doutor Paulo Durão Mauricio um especial agradecimento pela orientação neste projeto e pelo constante apoio, disponibilidade, motivação. Obrigado pela paciência, ajuda e simpatia

Um agradecimento ao Mestre Paulo Mascarenhas, por ter permitido que este trabalho seguisse sempre o caminho certo. Agradeço toda a paciência e ajuda por me ter dado durante este projecto.

À Cooperativa de Ensino Egas Moniz que durante cinco anos foi a minha segunda casa, onde passei os melhores momentos da minha experiência universitária. Os meus agradecimentos a todos os docentes, funcionários e colegas que se cruzaram comigo ao longo destes 5 anos e que me permitiram crescer e formar enquanto pessoa e profissional de saúde.

Aos meus pais, por encheram a minha vida de oportunidades e pelo seu apoio incondicional, sem o qual nada disto teria sido possível. Sempre me apoiaram e acreditaram em mim, no meu futuro e nas minhas capacidades. Que comemoram as minhas vitórias e me consolaram nos momentos mais difíceis. Que estiveram sempre ao meu lado.

Finalmente, aos meus amigos que me acompanharam neste percurso um agradecimento muito especial por todos os momentos, ensinamentos, entreaajuda e amizade. Foi um privilégio ter-vos comigo sem o qual esta experiencia não teria sido o mesmo.

RESUMO

Introdução: Quando os implantes são necessários no tratamento reabilitador, uma das decisões mais importantes é a escolha da coroa final e da sua conexão com o implante. Os pilares híbridos estão a tornar-se uma escolha primordial. Eles são projetados e produzidos com materiais cujas propriedades garantem as características mecânicas necessárias (incluindo resistência) para o sucesso da reabilitação. No entanto, ainda falta uma revisão da resistência mecânica dos diferentes tipos de pilares e materiais associados. Este projeto tem como objetivo estudar a eficiência mecânica *in vitro* dos pilares híbridos utilizados na reabilitação oral.

Materiais e métodos: Foi realizada uma revisão sistemática utilizando as bases de dados PubMed, B-on e Google Scholar de acordo com as diretrizes Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and meta-analyses (PRISMA).

Resultados: 75 artigos foram identificados em todas as bases de dados e 33 foram selecionados após triagem abstrata. Assim, 21 estudos foram incluídos na revisão após a leitura do texto completo. Dentre os materiais utilizados para coroas, o dissilicato de lítio foi, esteticamente, a principal escolha por sua resistência estética e moderada. Por outro lado, a zircônia apresentou a melhor resistência à fratura. Em relação aos diferentes tipos de pilares, ainda há alguma falta de conhecimento sobre o melhor design.

Conclusão: Podemos concluir que os pilares híbridos são uma excelente escolha para a reabilitação oral por meio de implantes, apresentando melhor resistência quando se incluem materiais como zircônia e dissilicato de lítio.

Palavras-chaves: pilar híbrido; implante dentário; zircônia; parafuso; coroa; cimentado

ABSTRACT

Introduction: When implants are required in rehabilitative treatment, one of the most important decisions is the choice of the final crown and its connection to the implant. Hybrid abutments are becoming a prime choice. They are designed and produced with materials whose properties ensure the necessary mechanical characteristics (including strength) for the success of rehabilitation. However, there is still a review of the mechanical strength of the different types of abutment and associated materials. This project aims to study the in vitro mechanical efficiency of the hybrid abutments used in oral rehabilitation.

Materials and Methods: A systematic review was conducted using the PubMed, B-on, and Google Scholar databases according to the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines.

Results: 75 articles were identified from all databases, and 33 were selected after abstract screening. Thus, 21 studies were included in the review after full-text reading. Among the materials used for crowns, lithium disilicate was, aesthetically, the primary choice for its aesthetic and moderate strength. On the other hand, zirconia showed the best fracture resistance. Regarding the different kinds of abutments, there is still some lack of knowledge about the best design.

Conclusions: We can conclude that the hybrid abutments are an excellent choice for oral rehabilitation through implants, presenting better resistance when materials such as zirconia and lithium disilicate are included.

Keywords: hybrid abutment; dental implant; zirconia; screw; crown; cemented

ÍNDICE GERAL

1. Introdução	11
1.1 Implantes dentários.....	11
1.2 Tipos de Pilares.....	12
1.3 Pilares/Coroas cimentadas.....	14
1.4 Pilares/ Coroas aparafusados.....	17
1.5 Pilares/Coroas cimentados vs aparafusados	20
1.6 Tipos de conexão implante- pilar	21
1.7 Pilares híbridos	22
1.8 objetivo	24
2. Artigo– LABORATORY FRACTURE RESILIENCE OF HYBRID ABUTMENT USED IN ORAL REHABILITATION: A SYSTEMATIC REVIEW	27
2.1 perspectivas futuras	45
3. Conclusão	47
4. Bibliografia	49

Índice de figuras

Figura 1. Pilar cimentado adaptado pelo autor do artigo Park et al., 2019.

Figura 2. Sistema de pilar/coroa aparafusado ao implante. Adaptado pelo autor do artigo Adell et al., 1981.

Figura 3. Pilar híbrido de uma peça única. Adaptado pelo autor do artigo Nouh et al., 2018.

Figura 4. Pilar híbrido de duas peças. Adaptado pelo autor do artigo Spitznagel et al., 2021.

Lista de siglas

LDS- dissilicato de lítio

PEEK- Polyetheretherketone

PINC- Polymer-Infiltrated Ceramic-Network

1. Introdução

1.1 Implantes dentários

Os implantes dentários são um método de tratamento válido para doentes totalmente ou parcialmente edêntulos. Numerosos estudos longitudinais têm demonstrado uma elevada taxa de sucesso dos implantes dentários (95% após 10 anos), no entanto podem surgir complicações como a peri-implantite e a perda crista do osso marginal em torno do pescoço do implante. (M. Marincola et al., 2008)

Um implante dentário é uma estrutura feita de materiais aloplásticos implantados em tecidos orais sob a membrana mucosa e/ou periósteo e/ou dentro ou através do osso para fornecer retenção e suporte para uma prótese dentária fixa ou amovível. (Gupta R et al., 2021)

A manutenção do osso da crista tornou-se nos últimos anos um critério fundamental na avaliação do sucesso de um implante. A perda de osso marginal em torno de um implante depende de vários fatores: (M. Marincola et al., 2008)

1. biocompatibilidade do implante;
2. geometria e características de superfície;
3. técnica cirúrgica;
4. Ligação implante-coto;
5. tipo de reabilitação protésica;
6. distribuição de cargas em relação à qualidade e quantidade do osso que rodeia o implante.

O uso de implantes dentários, como substituto da falta de dentes naturais, tem sido uma opção de tratamento comum desde o final dos anos 60. A maioria dos sistemas de implantes disponíveis envolvem entrada cirúrgica do epitélio oral através da utilização de pilares protésicos no momento da inserção. (Brånemark et al., 1985)

As contraindicações mais importantes da cirurgia do implante são: Doença aguda, entidade de um defeito, doença metabólica descontrolada, patologia/infeção dos tecidos ósseos ou moles. No entanto são encaradas de uma forma transitória.

Os relacionados são: Diabetes, osteoporose, hábitos parafuncionais, HIV, SIDA, uso de bisfosfonato, quimioterapia, irradiação da cabeça e pescoço, comportamento, neurogénico, psicossocial, distúrbios psiquiátricos. (Chanavaz M., 1998)

Existem três abordagens cirúrgicas que estão em uso ao longo dos anos: 1) duas fases 2) uma fase e 3) carga imediata. O procedimento cirúrgico em duas etapas coloca o implante sob o tecido mole até que se de remodelação óssea (geralmente 2 a 3 meses para a mandíbula e 3 a 6 meses para a mandíbula). Durante a segunda fase da cirurgia, os tecidos moles são manuseados para fixar o parafuso de cicatrização ou o pilar. No procedimento de uma fase cirúrgica o implante é colocado simultaneamente com o parafuso de cicatrização (ou pilar) acima do tecido mole. O pilar do implante substitui então o parafuso de cicatrização sem a necessidade de segunda cirurgia para expor o implante. Por fim, a abordagem com carga imediata em que se coloca o implante e o pilar protético a intervenção inicial e a restauração provisória. (Gupta R., 2021)

1.2 Tipos de Pilares

Uma grande variedade de implantes, pilares e restaurações que diferem em design e biomateriais foram introduzidos com o objetivo de obter excelentes resultados de tratamento mecânico, biológico e estético. (Bidra & Rungruanunt, 2013)

Diferentes tipos de pilares de implantes foram descritos na literatura. Estes podem ser classificados de acordo com o método de conexão, restauração, material, método de fabrico e cor. As diferentes características do pilar acrescentam vantagens e desvantagens únicas. (Bidra & Rungruanunt, 2013)

Historicamente, os componentes protéticos, como pilar e parafuso de retenção, foram diretamente derivados daqueles que estão sendo usados para reabilitar pacientes edêntulos. Estes componentes foram pré-fabricados e processados em titânio e posteriormente revestidos com resina acrílica, resultando na única peça de coroa de pilar. Para melhorar a estética, esta abordagem foi posteriormente substituída por duas

peças com um pilar de titânio pré-fabricado que suporta uma coroa de metal-cerâmica cimentada. (Bidra & Rungrunganunt, 2013)

Em 1988, a UCLA (University of Califórnia Los Angeles) desenvolveu o pilar UCLA (Universal Cast Long abutment) apresentou-se como um pilar plástico personalizável e calcinável, podendo ser usado em reabilitações cimentadas ou aparafusadas. (Lewis S. et al., 1988) O modelo de plástico é utilizado para desenvolver o modelo de cera para a restauração final. O modelo de plástico foi concebido para fornecer um anel de 1 mm na base, situada logo acima da crista óssea por cima do implante. O anel metálico na base da restauração proporciona integridade estrutural para a infraestrutura metálica e porcelana sem comprometer a estética.

Em 1993, Prestipino e Ingber introduziram pilares cerâmicos de alumínio densamente sintetizados como solução para os pilares metálicos que apresentavam uma descoloração azul-acinzentada suave nas margens gengivais no tecido peri-implantar, considerado discutível por alguns autores para o sucesso do tratamento. (Prestipino & Ingber, 1996). Os pilares de cerâmica são preparados sobre o molde do implante em laboratório ou diretamente em boca. Todas as fases da construção da superestrutura de porcelana com metal são realizadas utilizando técnicas convencionais de prótese fixa. (Prestipino & Ingber, 1993).

Surgindo a tecnologia CAD-CAM para a produção de pilares de zircônio, em 2004, Glauser et al. descreveram pela primeira vez zircônio densamente sintetizado estabilizado com ítrio como um pilar cerâmico alternativo. (Glauser et al., 2004)

Desde então, avanços significativos na compreensão biológica levaram a protocolos de tratamento melhorados, tais como a colocação do implante em palatino, o aumento cirúrgico de tecidos moles finos e o desenvolvimento de tecidos moles com restaurações temporárias, que agora permitem a substituição de um dente anterior em falta com a estética e função ideais. (Bidra & Rungrunganunt, 2013)

As próteses podem ser ligadas a implantes ou cotos de implantes por retenção por parafusos ou por cimentação. (Patil P., 2011)

As próteses fixas suportadas por implantes podem ser aparafusadas ou cimentadas, selecionadas de acordo com o espaço entre as arcadas, a posição do implante submucosa, o número de implantes de suporte e a angulação. (Chee W et al., 1999)

A escolha da opção de reabilitação já é discutida há muito tempo, sendo que a melhor opção continua a ser um tema controverso entre os profissionais. Os fatores que influenciam os diferentes métodos de retenção das próteses do implante são: facilidade de fabrico e custo, estética, acesso, oclusão, retenção, incidência de perda de retenção, recuperabilidade, restrição da localização do implante, efeito na saúde dos tecidos peri do implante, carga temporária, carga imediata, procedimentos de impressão, fratura de porcelana e desempenho clínico. (Shadid & Sadaqa, 2012)

1.3 Pilares/Coroas cimentadas

Está bem documentado na literatura que vários fatores influenciam a quantidade de retenção em restaurações cimentadas, tanto nos dentes naturais como nos pilares de implante.

Os fatores são:

1. conicidade ou paralelismo,
2. superfície e altura,
3. acabamento superficial ou aspereza,
4. tipo de cimento.

O cone afeta muito a quantidade de retenção o que pode inviabilizar uma coroa cimentada. (Hebel & Gajjar, 1997) (Goodacre, 2004)

As coroas cimentadas são das restaurações mais utilizadas na implantologia. (Vindasiute et al., 2013) (Figura 2.) A cimentação definitiva é um procedimento familiar para o médico dentista, sendo muito próximo dos procedimentos de rotina para a cimentação sobre dentes naturais. (Taylor & Agar, 2002). Estas coroas não tem a oclusão comprometida, são mais estéticas, mais fáceis de alcançar a passividade e tem melhores características na distribuição da carga devido há presença do cimento. Oferecendo uma estética melhorada e um maior número de contactos oclusais. (Mish & Bidez, 1994, Bernal et al, 2003)

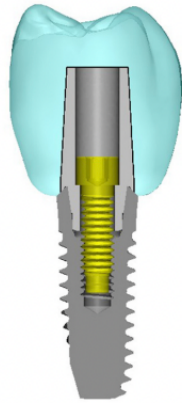


Figura 1. Pilar/coróa cimentado adaptado de Park et al., 2019

A principal desvantagem do pilar cimentado é a dificuldade associada à remoção do excesso de cimento e o controlo da hemorragia ao mesmo tempo. (Chee & Jivraj., 2006) A remoção incompleta do cimento pode causar inflamação, aumento do volume dos tecidos moles, dor, hemorragia ou exsudação e reabsorção do osso. (Pauletto et al., 1999)

Uma revisão sistemática conduzida por Staubli et al., constatou que em publicações que documentam a utilização de apenas coroas únicas, a frequência do excesso de cimento detetada na superfície das implantes afetados variou de 33% a 100%. Estes estudos revelaram uma elevada associação entre a doença peri-implantar e o excesso de cimento, com 64%, 77,9% e 100% dos locais afetados causados pelo excesso de cimento. Na mesma revisão sistemática, um total de 14 estudos relataram que a terapia aplicada para resolver a doença peri-implante é remover o excesso de cimento. (Staubli et al., 2017)

Linkevicius et al. examinaram a quantidade de excesso de cimento em relação à posição do bordo da coroa do implante e constataram que uma posição mais oclusal da mucosa estava associada à existência de um menor número de resíduos de cimento, enquanto quantidades crescentes foram encontradas nas margens da coroa numa posição mais na submucosa (submucosa até 3 mm). A deteção de resíduos cimentosos de raios-X feitos após a cimentação de coroa foi muito limitada (7,5% dos sítios mesial, 11,3% dos sítios distal), enquanto o exame clínico após a remoção da coroa e do coto revelou

restos de cimento ligados a todas as 53 restaurações, apesar da limpeza meticulosa inicial e também foi encontrado nos tecidos moles peri-implantares (Linkevicius et al 2013b).

Num outro estudo Linkevicius et al., demonstraram que a doença peri-implantar está associada a resíduos de cimento, nomeadamente em doentes com predisposição para a doença periodontal. Resíduos de cimento em doentes sem historial de periodontite podem causar infeções menos graves ou não desenvolver qualquer tipo de infeção. Os resíduos de cimento devem ser considerados como um fator predisponente adicional no desenvolvimento da peri-implantite. (Linkevicius et al. 2012).

Sailer et al., afirma que a reabsorção óssea de 2 mm ou mais facilmente identificada nas próteses cimentadas (frequência de 2,8% em 5 anos) em comparação com as aparafusadas (frequência de 0% em 5 anos). Outro fator muito importante que influencia o estado dos tecidos implantares moles e duros é a colonização de bactérias no micro espaço entre o implante e a coroa. Se não for tratada, a infeção bacteriana pode causar inflamação local e eventualmente a perda do implante. (Sailer et al., 2012)

A cimentação pode ser efetuada com cimento provisório ou definitivo. A cimentação provisória permite a recuperação numa certa medida, enquanto o risco de perda e a perda de retenção pode ser maior do que com a cimentação definitiva. (Wittneben et al. ,2016) A complicação mecânica mais comum das restaurações sobre os pilares dos implantes foi a pequena lasca de porcelana e a perda de retenção de coroas cimentadas, provavelmente devido à utilização de cimento provisório. (Bidra & Rungruanganunt, 2013)

A perda de retenção é a principal razão para as complicações mecânicas da prótese, particularmente quando foram utilizados cimentos temporários e pequenos pilares. A perda de retenção ascendeu a 22% para os cimentos provisórios e até 16% para os cimentos definitivos. (Krennmair et al., 2002).

Os resultados da revisão sistemática de Chaar et al. não revelaram diretrizes padronizadas para a cimentação, porque cada estudo utilizava diferentes cimentos, protocolos diferentes e diferentes sistemas vegetais e componentes. Surpreendentemente, os cimentos mais utilizados nos estudos identificados foram o cimento fosfato de zinco como cimento permanente ou cimento de zinco/eugenol como

provisório. A utilização de cimento fosfato de zinco reduzirá significativamente a perda de retenção, bem como a simplicidade na remoção de resíduos de cimento, uma vez que o cimento fosfato de zinco não adere fortemente à superfície metálica em comparação com o cimento poliacarboxilizado, o cimento ionómero de vidro ou o cimento resinoso. (Chaar et al. 2011).

Um problema técnico associado às restaurações cimentadas foi a descontaminação. Chaar et al. indicou até 5 anos de incidência de 16-22% de descimentação de reconstruções cimentadas no implante. (Chaar et al. 2011).

Os pilares cimentados mostraram problemas menos técnicos, mas mais biológicos, como falhas no implante ou perda óssea marginal em comparação com os pilares aparafusados. (Sailer et al., 2012)

1.4 Pilares/ Coroas aparafusados

Conforme descrito anteriormente aos pilares são aparafusados aos implantes e depois reabilitados com uma coroa cimentada, outra opção é a coroa e o pilar serem uma peça só, fazendo com que a reabilitação seja aparafusada diretamente ao implante. Este tipo de reabilitação foi desenvolvido em resposta à necessidade de recuperar as restaurações que precisam de ser removidas. (Adell et al., 1981) (Figure 1)

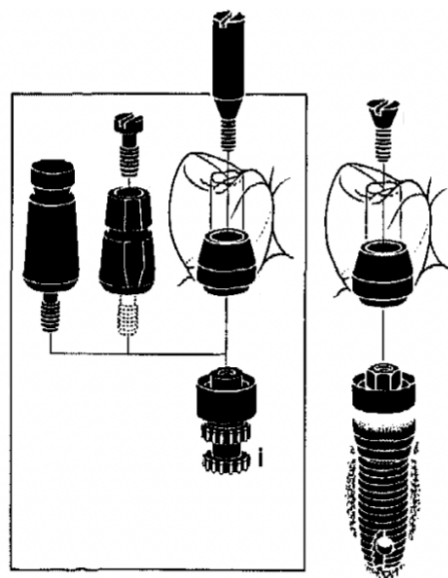


Figura 2. Sistema de pilar/coroa aparafusado ao implante. Adaptado de, Adell et al., 1981

O torque aplicado para aparafusar a coroa é convertido numa força de tração no parafuso (pré-carga), e enquanto estiver em tensão o parafuso mantém a estabilidade. (Jorneu et al., 1992)

A retenção por coroa aparafusada continua a ser o mecanismo de retenção de escolha para muitos profissionais, devido à facilidade de recuperação. A recuperação simples é especialmente importante se ocorrerem complicações, tais como afrouxamento do parafuso. (Bernal et al., 2003)

A principal vantagem da prótese aparafusada é a possibilidade de a remover para substituí-la por uma nova ou para realizar procedimentos de higiene oral sem danificar o implante. (Wittneben et al., 2014) As restaurações aparafusadas podem ser usadas em implantes com uma distância mínima de 4 mm da superfície do implante à oclusão oposta (espaço interoclusal).

As restaurações aparafusadas são geralmente mais caras do que os pilares cimentados devido aos componentes adicionais necessários, tais como pilares de plástico, parafusos de fixação de laboratório e próprios parafusos de fixação. (Avivi-Arber & Zarb, 1996)

As restaurações aparafusadas em que o orifício de acesso ao parafuso ocupa mais de 50% da face oclusal, requerem um material de restauração oclusal para cobrir o canal de acesso ao parafuso. A área onde existe o orifício do parafuso pode ser uma zona crítica quando se tenta obter uma oclusão ótima. (Hebel & Gajjar, 1997)

Historicamente, a complicação mais frequentemente descrita nas restaurações aparafusadas é o afrouxamento do parafuso de fixação. Geralmente aparece com uma ligeira mobilidade da coroa e é geralmente afirmado pelo paciente que "o implante está em movimento". Depois de soltar o parafuso, a coroa pode ser removida, limpa e fixada novamente no implante. Antes de reinstalar a restauração, a possibilidade de remover completamente o parafuso de fixação deve ser verificada através do novo túnel de acesso. (Stefanos et al., 2017)

Goodacre et al. indicou que o afrouxamento do parafuso ocorre em 8% dos casos e pode atingir até 45% em coroas unitárias. (Goodacre et al., 1999)

Numa revisão sistemática focada nos implantes unitários, foi relatado que o afrouxamento do parafuso é um fenómeno raro se a localização do implante estiver correta e os implantes permanecerem estáveis a uma percentagem de 97% após 3 anos.

(Theoharidou et al., 2008) A incidência global do afrouxamento do parafuso variou de 5,1% para 11,7% após um período de observação de 5,3 anos. (Sailer et al., 2009)

Numa outra revisão sistemática, a Jung et al., reclassificaram que a fratura do pilar ou parafuso representava apenas 0,35% e as fraturas do implante representavam 0,14% das complicações mecânicas. (Jung et al., 2008)

Existem muitos fatores que influenciam o afrouxamento do parafuso do pilar, tais como: comprimento do parafuso, ângulo de pilar, diâmetro do implante, microinfiltrações, processo de tratamento do implante, comprimento do colo do pilar, remodelação do parafuso de pilar, características de resistência anti-rotação, design de ligação de implante, valor do torque, diferentes tipos de parafusos protésicos, comprimento da ligação interna do implante. (Alsubaiy, 2020)

Hotinski et al. concluiu que o ângulo que corrige os implantes, resistiu ao afrouxamento do parafuso, maior do que os implantes retos. (Hotinski et al., 2019)

Um estudo transversal concluiu que a ocorrência de afrouxamento do parafuso é menor em implantes de diâmetro maior do que em implantes padrões. (Londhe et al., 2020)

Um estudo sobre o processo de tratamento do implante não recomendou a utilização de lubrificante porque não melhoraria a ligação entre o implante de pilar e poderia contaminar a ligação. (Wu et al., 2017) Outros fatores também podem afetar a estabilidade da junção implante-pilar. Os parafusos revestidos a ouro são melhores do que os não revestidos para evitar o afrouxamento do parafuso. (Bulaqi et al., 2019) Outro estudo recomenda a utilização de um parafuso com um revestimento em forma de diamante que reduz a ocorrência de afrouxamento da videira. (de Moura et al., 2017)

Um estudo concluiu que o valor do torque tem um efeito significativo no afrouxamento do parafuso e recomendou que o valor do binário fosse superior a 10 Ncm para parafusos de ouro. (Lee et al., 2002)

As coroas aparafusadas mostram mais problemas técnicos e taxas de insucesso mais elevadas, mas menos falhas no implante e menos complicações biológicas graves. As extensas reconstruções sobre implantes como as reabilitações de arcos totais devem ser mantidas aparafusadas. As coroas aparafusadas são recuperáveis; portanto, as complicações técnicas podem ser reparadas mais facilmente. Estas restaurações também parecem ser preferíveis do ponto de vista biológico. (Sailer et al., 2012)

A retenção baseada na técnica da coroa aparafusada é vantajosa em caso de complicação técnica, uma vez que pode ser reparada mais facilmente do que a retenção de cimento. (Wittneben et al., 2000)

1.5 Pilares/Coroas cimentados vs aparafusados

Nissan *et al*, propôs-se a comparar o resultado a longo prazo e as complicações de coroas aparafusadas e coroas cimentadas em pacientes parcialmente edentulos, o follow-up (até 15 anos) e exames foram realizados a cada 6 meses no primeiro ano e a cada 12 meses nos anos seguintes. Em cada consulta, foram avaliados e registados os seguintes parâmetros: fratura cerâmica, afrouxamento do parafuso do pilar, fratura da armação metálica, índice gengival e perda óssea marginal. A fratura cerâmica foi significativamente maior nas restaurações aparafusadas (38% +/- 0,3%) do que nas restaurações cimentadas (4% +/- 0,1%). O afrouxamento do parafuso do pilar foi estatisticamente mais frequente nas restaurações aparafusadas (32% +/- 0,3%) do que nas restaurações cimentadas (9% +/- 0,2%). Não houve fraturas na estrutura metálica em qualquer tipo de restauração. As pontuações médias do índice gengival foram estatisticamente mais elevadas para as restaurações aparafusadas (0,48 +/- 0,5) do que para as restaurações cimentadas. O resultado a longo prazo das restaurações cimentadas nos implantes foi superior ao das restaurações aparafusadas aos níveis clínicos e biológicos. (Nissan et al., 2011)

Zarone et al. avaliou "in vitro" a resistência à fratura das coroas de porcelana aparafusadas e cimentadas. As coroas aparafusadas mostraram microcracs no acesso oclusal do parafuso e fraturas estendidas através da espessura da cerâmica. As restaurações cimentadas foram afetadas por pequenas fraturas marginais na porcelana. Uma ligação implante-coroa mais forte foi notada no grupo de restaurações cimentadas em comparação com as coroas unitárias aparafusadas (Zarone et al. , 2007)

Vigolo et al. conduziu um ensaio clínico controlado para comparar coroas de implantes cimentadas e aparafusadas durante 4 anos após a reabilitação da prótese. Foram verificados níveis marginais peri-implantes ósseos, parâmetros de tecido mole peri-implante e complicações protéticas. Todos os 24 implantes sobreviveram, resultando numa taxa de sucesso acumulada de implantes de 100%. A análise estatística não revelou diferenças significativas entre os dois grupos no que diz respeito aos níveis ósseos marginais peri-implantares e parâmetros dos tecidos moles. Os dados obtidos a

partir deste estudo sugerem que a escolha da cimentação sobre a retenção por coroas aparafusadas unitárias provavelmente não se baseia em resultados clínicos, mas parece basear-se principalmente na preferência do clínico. (Vigolo et al., 2004)

Num estudo realizado por Ferreiroa *et al.*, concluiu-se que as restaurações cimentadas poderiam prevenir problemas de afrouxamento, mas a incidência de mucosite e peri-implantite é mais provável. Nas restaurações aparafusadas, o comportamento parece ser exatamente o oposto, com mais incidência de afrouxamento do parafuso, mas menos incidência de mucosite e peri-implantite. No entanto, ambos os tipos de próteses podem ser perfeitamente válidos para a resolução deste tipo de casos para a restauração de um único implante na região molar mandibular. (Ferreiroa et al., 2015)

Numa revisão sistemática, a Weber & Sukotjo relatou que as falhas mais frequentes eram observadas nas coroas aparafusadas do que nas coroas cimentadas.

A taxa de sobrevivência de 5 anos das coroas aparafusadas foi relativamente inferior à das coroas cimentadas. No entanto, esta comparação carecia de confirmação estatística. (Weber & Sukotjo, 2007)

No estudo realizado por Torrado *et al.*, indicaram que a presença de uma abertura de acesso do parafuso diminui significativamente a resistência à fratura da porcelana, independentemente da sua localização na superfície oclusa. Por outro lado, a redução da face oclusa nas coroas cimentadas não alterou a resistência à fratura de porcelana nas coroas metálicas cerâmicas. (Torrado et al., 2004)

De acordo com os resultados deste estudo, o nível de desadaptação e stress depende não só do tipo e da carga das próteses, mas também da qualidade óssea, da localização do implante, da forma do arco dentário, do diâmetro e comprimento do implante, das características superficiais do implante e da forma das próteses. (Lee et al., 2013)

1.6 Tipos de conexão implante- pilar

Ao longo dos anos, algumas geometrias da ligação do implante foram desenvolvidas, com diferentes características mecânicas, biológicas e estéticas, para manter a estabilidade da interface implante-prótese. Basicamente, existem duas geometrias: ligações internas e externas. Embora a ligação externa tenha geralmente um hexágono

externo na plataforma do implante, a ligação interna pode ser dividida em hexágono interno, octógono interno e conexão cone Morse, atualmente amplamente utilizado. (Goiato et al., 2015)

O hexágono externo foi o primeiro sistema de ligação implante-prótese adotado na implantologia moderna por Brånemark. (Brånemark et al., 1977)

Mais tarde foi modificado para fornecer um mecanismo anti-rotação do coto da prótese, útil em particular para as restaurações parciais. Este tipo de conexão tem algumas vantagens; em primeiro lugar, é adequado ao procedimento cirúrgico em duas fases preferido pela Brånemark, uma vez que torna a segunda fase cirúrgica e a fase de colocação do pilar de cicatrização mais fácil, é mais fácil fazer a impressão e simplifica a fase protética, facilitando a adaptabilidade e compatibilidade com diferentes soluções protéticas. (Ceruso et al., 2017)

Ao mesmo tempo, tem várias desvantagens que se tornaram mais evidentes nas reabilitações parciais. O hexágono externo, na verdade, tem micromovimentos sob carga lateral e isso pode criar uma micro-lacuna na interface abutment-prosthese. (Weinberg. 1993)

1.7 Pilares híbridos

Os pilares híbridos consistem numa base de titânio, que está ligada a uma meso estrutura cerâmica utilizando um cimento de resina; portanto, estes tipos de pilares têm as vantagens dos pilares cerâmicos e de titânio, incluindo estética melhorada, resposta biológica ideal e propriedades mecânicas superiores, sem efeitos negativos na interface implante-pilar. (Mostafavi et al., 2021)

As bases de titânio aparecem como uma alternativa para evitar a possível fratura da ligação nos pilares de zircônio. Devido à sua composição metálica, as bases de titânio proporcionam uma força ótima, permitindo uma estabilidade e biocompatibilidade adequadas com os tecidos moles adjacentes. (Ebert et al., 2007) As bases de titânio foram concebidas porque são compatíveis com a tecnologia CAD/CAM; permite

tempos de trabalho mais rápidos e adaptação aceitável, criando o conceito híbrido em pilares, onde pode utilizar um parafuso ou cimento. (Blasi & Clavijo, 2017)

A principal vantagem das bases de titânio é que é possível recuperar o pilar e a coroa, tal como acontece com as coroas aparafusadas, uma vez que é cimentado extra oralmente permite remover qualquer excesso de cimento, evitando assim uma possível inflamação dos tecidos produzidos por cimento, e depois disso, pode ser fixado com o parafuso. (Lopes et al., 2018)

Existem 2 desenhos híbridos de pilares:

- pilar híbrido coroa (uma peça), onde o pilar e a coroa são fabricados como uma única peça que será cimentada à base de titânio e depois aparafusada ao implante; (Figura 3)
- pilar híbrido com uma coroa separada (duas peças), onde o pilar é cimentado primeiro à base de titânio, depois aparafusado ao implante seguido da cimentação de uma coroa de cerâmica sobre o pilar. (Figura 4)

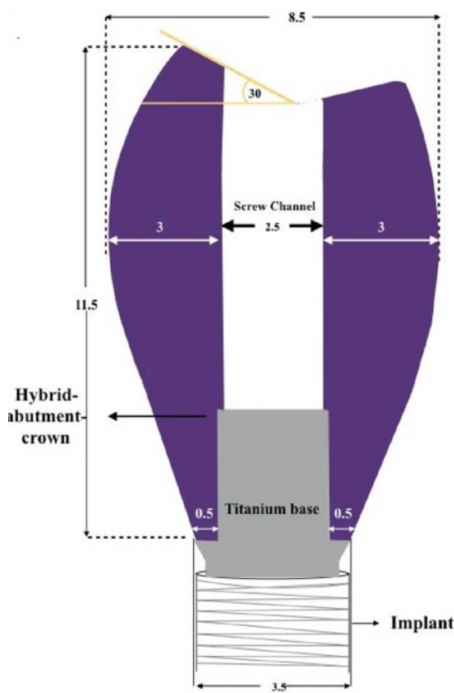


Figura 3. Pilar híbrido de uma peça única. Adaptado de Nouh et al., 2018.

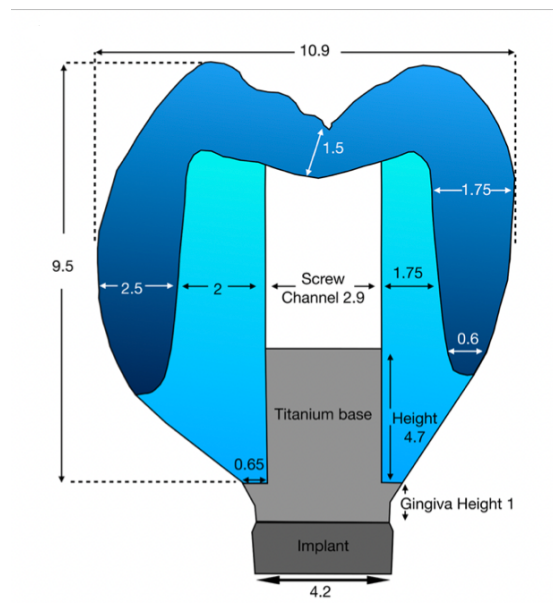


Figura 4.

Pilar híbrido de duas peças. Adaptado de Spitznagel et al., 2021.

Estes desenhos são geralmente escolhidos com base nas preferências dos médicos e pacientes, dependendo da opção clínica. (Nouh et al., 2018)

As duas técnicas são usadas para fabricar restaurações em implantes, fazendo uso de pilares de base de titânio. A primeira técnica consiste em planejar e fresar a coroa e o pilar numa única peça utilizando restaurações cerâmicas CAD/CAM ou criar uma cera utilizando uma manga de plástico e fabricar a restauração utilizando materiais cerâmicos prensáveis. Depois disso, a coroa pode ser cimentada ao pilar da base de titânio. A vantagem desta técnica é que remove o excesso de cimento extraoralmente antes de o pilar/coroa ser aparafusado no implante. A segunda técnica envolve o planeamento e fresagem do pilar e coroa separados, seguido da cimentação do pilar à base de titânio. O pilar é então aparafusado ao implante, seguido da cimentação da coroa no pilar. (Mostafavi et al., 2021)

A interface entre a base de titânio e o pilar do zircónio tornou-se uma preocupação porque a margem do bordo do pilar do zircónio está na porção subgingival do implante, a aderência entre o pilar e o componente base de titânio é muito importante, uma vez que se uma separação for realizada nesta área, pode gerar doenças peri-implantes. (Ladin et al., 2020)

1.8 objetivo

Esta dissertação tem como objetivo a realização de uma revisão sistemática que estuda as propriedades dos pilares híbridos na reabilitação sobre implante, através dos vários estudos *in vitro* que analisaram a resistência a fratura, cimentação e diferentes tipos de materiais dos diferentes tipos de pilares híbridos.

O objetivo da pesquisa é avaliar a resiliência mecânica dos pilares híbridos com coroas para ensaios de estresse mecânico *in vitro*. A pergunta PICO é definida por:

- P (population): pilar híbrido de duas peças (materiais personalizados) com coroa;
- I (Intervention): testes de estresse mecânico de laboratório (duração/ força/ frequência);

Introdução

- C (comparison): pilar híbrido de uma peça (materiais personalizados) com coroa
- O (outcome): integridade do pilar híbrido ou taxas de fratura.

**2. Artigo– LABORATORY FRACTURE RESILIENCE OF HYBRID
ABUTMENT USED IN ORAL REHABILITATION: A SYSTEMATIC
REVIEW**

Favasuli, L., Mascarenhas, P. S., & Mauricio, P. (2022). Laboratory Fracture Resilience of Hybrid Abutments Used in Oral Rehabilitation: A Systematic Review. *Journal of Functional Biomaterials*, 13(3), 120. <https://doi.org/10.3390/jfb13030120>

Review

Laboratory Fracture Resilience of Hybrid Abutments Used in Oral Rehabilitation: A Systematic Review

Luca Favasuli , Paulo S. Mascarenhas  and Paulo Mauricio

Centro de Investigação Interdisciplinar Egas Moniz (CiiEM), Instituto Universitário Egas Moniz,
Campus Universitário, Quinta da Granja, Monte de Caparica, 2829-511 Almada, Portugal

* Correspondence: luca.favasuli@gmail.com

Abstract: When implants are required in prosthodontics treatment, one of the most important decisions is the choice of the final crown and the type of connection to the implant through the abutment. Hybrid abutments are becoming a primary choice. They are projected and produced with materials whose properties guarantee the required mechanical features (including resistance) and take advantage of the hybrid abutment crown retention between screw and cement. However, a review of the mechanical resistance of the different abutment types and associated materials is still lacking. This review aimed to study the in vitro mechanical efficiency of the hybrid abutments used in oral rehabilitation. **Methods:** A systematic review was conducted using the PubMed, B-on, and Google Scholar databases according to the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines. **Results:** 75 articles were identified from all databases, and 33 were selected after abstract screening. Thus, 21 studies were included in the review after full-text reading. Among the materials used for crowns, lithium disilicate was, aesthetically, the primary choice for its aesthetic and moderate strength. On the other hand, zirconia showed the best fracture resistance. Regarding the different kinds of abutments, there is still some lack of knowledge about the best design. **Conclusions:** Within the limitations of this systematic review, we can conclude that hybrid pillars are an excellent choice for oral rehabilitation through implants, showing improved resistance when including materials such as zirconia and lithium disilicate.

Keywords: hybrid abutment; dental implant; zirconia; screw; crown; cemented



Citation: Favasuli, L.; Mascarenhas, P.S.; Mauricio, P. Laboratory Fracture Resilience of Hybrid Abutments Used in Oral Rehabilitation: A Systematic Review. *J. Funct. Biomater.* **2022**, *13*, 120. <https://doi.org/10.3390/jfb13030120>

Academic Editor: Bruno Chrcanovic

Received: 24 June 2022

Accepted: 10 August 2022

Published: 15 August 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Reconstructions for problems of the dental arch supported by implants are considered the preferred option thanks to their favorable longevity, aesthetics, and comfort. One of the most important decisions in using dental implants in prosthodontics is the choice of the final crown and the type of connection to the implant through the abutment. The implant-crown abutment can be either cemented or screwed. Both connections have advantages and disadvantages. Before choosing the type of connection between the implant and the crown, the prosthetist should consider the outcomes and features of the crown, the type of abutment, and other issues described elsewhere [1]. Crowns held by cement have led to relevant biological involvements such as inflammation of soft tissues and pathological bone recession. Comparing the condition of the peri-implant soft tissues and the surrounding bone near the restoration by screw and cement, the results favour screwed restoration. Screwed crowns have many advantages, such as recoverability, better control of the soft tissue's health, and limited height. Cemented restorations guarantee a better passive, aesthetic, and precision fit of the occlusal surface because it creates a more homogeneous load distribution during its function [1]. Hybrid abutment and ceramic crowns are new approaches to improve aesthetics and strength in dental implants, being a reliable option in the anterior region [2]. The mesostructures of the abutments are cemented in a middle extra-oral environment. They are cemented on a titanium base with a standard height and

diameter and are available for different prosthetic connections [3]. The hybrid abutments are made of a titanium insert connected to a ceramic structure through resin cement [4]. In this modality, similar to natural tooth recovery, the abutment can be prefabricated or personalized and is attached to the crown by cement [5].

Today, through CAD/CAM technology, the hybrid abutment is projected and produced, with a focus on the mechanical features of the materials [6]. Currently, there is a wide range of CAD/CAM ceramic abutments with different geometries for connecting the abutment to the implant. The hybrid abutments provide many potential advantages: convenient mechanical features, simplicity, and efficiency [7]. These new systems have attracted remarkable interest due to their high resistance to fractures, pleasant aesthetics, accurate measures with the implant, and biocompatibility [8].

The hybrid abutment, where a bevelled edge is fixed to the palatal side and an intrasulcular component of the restoration is limited to the vestibular side, can be produced by two different designs:

- A hybrid abutment crown with the abutment and the crown fabricated as a unique piece that will be attached to the titanium base and screwed to the implant.
- A hybrid abutment with a separated crown with the abutment first fixed to the titanium base and then screwed to the implant, followed by cementation of the whole ceramic crown on it.

The hybrid abutment crown combines the retention advantages between the screw and cement. However, only a few studies have rated the differences between the hybrid crowns and the hybrid abutments with separated crowns [9,10].

Traditionally, hybrid abutments' design and materials usually depend on the doctor's and/or patient's preferences and the patient's clinical situation. However, mechanical efficiency is also important to consider. To our knowledge, there is still no review assessing the mechanical efficiency of the design and materials used in the hybrid abutments. Thus, we reviewed and synthesized, for the first time, the resilience results obtained from in vitro studies to contribute to the informed choice of abutment type in oral rehabilitation and to suggest improvements for future research.

2. Materials and Methods

The method used in this systematic revision met the PRISMA guidelines and was registered at PROSPERO (ID:341060). The PICO strategy was used to build the research questions:

Population: two-piece hybrid abutment (custom materials) with crown;
 Intervention: laboratory mechanical stress tests (duration/strength/frequency);
 Comparison: one-piece hybrid abutment (custom materials) with crown;
 Outcome: hybrid abutment integrity or fracture rates.

This revision aims to evaluate the mechanical resilience of the hybrid abutments with crowns to in vitro mechanical stress tests.

2.1. Search Strategy

The research strategy included the electronic screening of English publications over the last 10 years on PubMed, Google Scholar, and B-on (included sources are listed at <https://www.b-on.pt/colecoes/> (accessed on 1 August 2022)). The applied search algorithm was: "dental implant [MeshTerms] AND (hybrid abutment OR titanium base OR Ti-Base) AND crown AND zirconia AND (screw OR cemented)".

The screening results were imported to Mendeley desktop citation manager software for deletion of replicates, and each of the remaining listings was selected if meeting the following criteria:

INCLUSION CRITERIA

- Articles from the last 10 years;
- English language;

- One- or two-piece hybrid abutments;
- Implant restoration;
- In vitro studies.

EXCLUSION CRITERIA

- Dental restoration;
- Cemented abutments;
- Screwed abutments.

2.2. Quality Assessment

We assessed the selected articles' risk of bias according to the following domains: (D1) specimen randomization; (D2) single-operator protocol implementation; (D3) description of the sample size calculation; (D4) blinding of the testing machine operator; (D5) the presence of a control group; (D6) failure mode evaluation; and (D7) use of all materials according to the manufacturer's instructions. These domains were adapted from the Sarkis-Onofre quality assessment tool [11].

2.3. Study Strategy

Two independent reviewers (L.F. and P.M.) first screened the titles and/or abstracts identified in the searches. The final selection of studies was independently performed by the same authors who reviewed the paper's full text based on the inclusion criteria. Only studies that met the eligibility criteria were included for review. Discussion with a third reviewer (P.S.M.) resolved any disagreements or discrepancies.

3. Results

3.1. Search and Selection

A total of 75 articles were identified from all databases. No studies were identified from the grey literature. The Figure 1 flowchart summarizes the study selection process according to PRISMA. After removing duplicates, 61 manuscripts were identified for initial examination. Of these, 27 studies were excluded after titles and abstracts review. Two studies could not be retrieved for full-text analysis. Thus, 33 studies were chosen for full-text reading.

In Figure 2, we can observe that most studies compared one- or two-piece hybrid abutments of zirconia or lithium disilicate. Research on PICN and PEEK hybrid abutment is still scarce. The crowns used the most in these studies were built from lithium disilicate and zirconia. Only one study compared crowns made of hybrid ceramic against zirconia or lithium disilicate on different types of two-piece hybrid abutment materials. More studies about hybrid ceramics as hybrid abutment material are necessary to decide if it is a good alternative.

3.2. Description of Included Studies

Table 1 shows that two types of hybrid abutments (one-piece and two-piece) were used in this study. Only 5 of 21 studies effectively compared one- and two-piece hybrid abutments. The most used materials for these studies were zirconia and lithium disilicate. However, some authors decided to use alternative materials such as PINK and PEEK [10,12]. Regarding the materials used in the crowns, lithium disilicate was the most studied for its aesthetics and strength. On the other hand, zirconia has also been widely studied for its strength characteristics [13]. The Multilink® Hybrid abutment was the most commonly used cement. However, other authors applied other resin types of cement. The abutment's macrostructures of lithium disilicate were treated with hydrofluoric acid of different percentages. For the abutment's macrostructures of zirconia, it was sandblasted with alumina particles in most cases or with alumina oxide particles. Due to the high heterogeneity of the pieces, used materials, and treatments, the quantitative results reported in articles were

not extracted for meta-analysis. Other aspects related to the article's results are dealt with within the Discussion section.

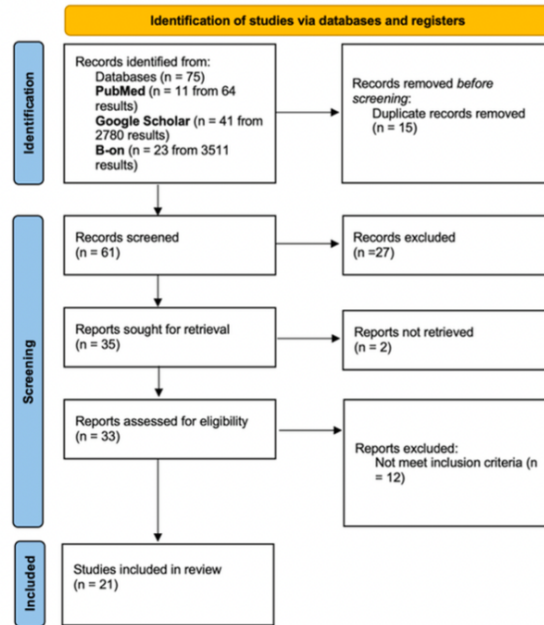


Figure 1. Flowchart for the search strategy according to the PRISMA statement.

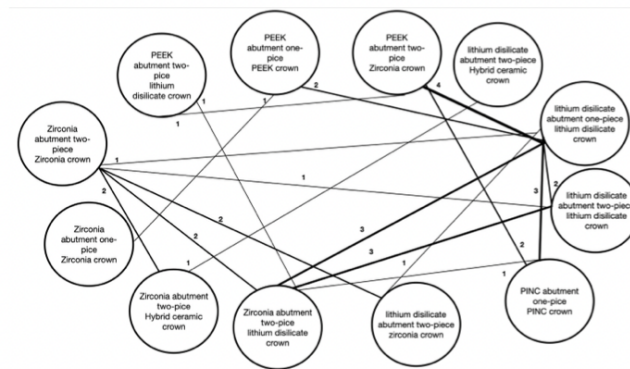


Figure 2. Hybrid abutment pairwise network. The line strength is proportional to the number displayed next to the line representing the amount of research comparing each pair of hybrid abutments in the review.

Table 1. Detailed data regarding abutment type, material, treatment, and outcomes of the included studies.

Authors (Year)	Hybrid Abutments	Abutment Treatment	Crown Materials	Cement	Outcome
Ongun et al. (2018) [12]	<ul style="list-style-type: none"> Polymer-Infiltrated Ceramic-Network (PINC) (Vita Enamic, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany); (one-piece) Lithium disilicate (LDS) (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (one-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrofluoric acid 5% (HFA) gel (IPS Ceramic Etching Gel, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) 	<ul style="list-style-type: none"> Polymer-Infiltrated Ceramic-Network (PINC) Lithium disilicate 	Multilink® Hybrid Abutment (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	LDS was considered preferable to PINC for manufacturing customized hybrid abutment regarding bending, fracture, occlusal forces, and bonding resistance.
Al-Zordk et al. (2020) [10].	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia (Z-CAD, Metoxit, Switzerland) (one-piece) PEEK (Bredent, Senden, Germany) (one-piece) Lithium disilicate (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Liechtenstien) (one-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrofluoric acid 5% (LDS) (Ceramic Etchant, Dentobond, France) Airborne-particle abraded with 50 µm alumina oxide 	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia PEEK Lithium disilicate 	Adhesive resin cement (DTK Adhesive, Bredent, LOT 476249)	Zirconia crown hybrid abutment showed more fracture resistance than hybrid pillar crown in PEEK and lithium disilicate.
Elsayed et al. (2018) [14].	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia (two-piece) Lithium disilicate (IPS emax CAD; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (one and two-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrofluoric acid 4.5% (LDS) (IPS Ceramic Etching Gel, Ivoclar Vivadent) Airborne particle abraded with 50 µm alumina particles 	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia Lithium disilicate 	Dual-curing luting composite resin (Multilink® Automix Ivoclar Vivadent)	Hybrid one- and two-piece abutments made of lithium disilicate withstood high load forces with no difference in fracture resistance or failure mode. Using a titanium base in the hybrid abutment enhanced the strength of the zirconia abutments.

Table 1. Cont.

Authors (Year)	Hybrid Abutments	Abutment Treatment	Crown Materials	Cement	Outcome
Bankoğlu Güngör et al. (2019) [13]	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia (two-piece) Lithium disilicate (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (one and two-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrofluoric acid 5% (LDS) (IPS Ceramic Etching Gel, Ivoclar Vivadent) Airborne-particle abraded with 50 µm alumina oxide 	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia Lithium disilicate 	Self-curing resin cement (Multilink® Hybrid Abutment Ivoclar Vivadent)	Fracture resistance of lithium disilicate hybrid abutment was lower than zirconia hybrid abutment. Titanium bases increased resistance to fractures.
Roberts et al. (2018) [8]	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia (Zirconat 6000 M5; Vita, Yorba Linda, CA, USA) (two-piece) Lithium disilicate (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (one and two-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrofluoric acid (IPS Ceramic Etching Gel) Airborne-particle abraded with 50 µm aluminum oxide 	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia Lithium disilicate 	Autopolymerizing resin cement (Multilink® Hybrid Abutment Ivoclar Vivadent) Dual-cure resin cement (Panavia™ F 2.0, Kuraray)	Lithium disilicate material was a viable alternative to zirconia as a hybrid abutment material. The lithium disilicate one-piece hybrid abutment had greater fracture resistance.
Elshiyab et al. (2018) [15]	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia (Zenostar, Ivoclar Vivadent, Lichtenstein, Germany) (two-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> No information 	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia Lithium disilicate 	Self-curing dental luting composite (Multilink® Hybrid Abutment Ivoclar Vivadent)	Monolithic crowns of zirconia had significantly higher fracture resistance than those of lithium disilicate.

Table 1. Cont.

Authors (Year)	Hybrid Abutments	Abutment Treatment	Crown Materials	Cement	Outcome
Aziz et al. (2019) [16]	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia Yttria stabilized polycrystalline zirconia (Y-TZP) (Katana zirconia) (two-piece) Lithium disilicate (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (two-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrofluoric acid 9.5% gel (Bisco) Airborne-particle abraded with 50 µm aluminum oxide 	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia Lithium disilicate 	Totalcem self-etch/Self-adhesive Resin cement (ITENA, Villepinde, France)	Zirconia hybrid abutment had a significantly higher fracture resistance.
Cárdenas et al. (2022) [17]	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia (Straumann CARES; Institut Straumann AG, Basel, Switzerland) (two-piece) Lithium disilicate (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (one-piece) PICN (Enamic; VITA Zahnfabrik) (one-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrofluoric acid 5% (IPS ceramic etching gel; Ivoclar Vivadent AG) Airborne-particle abraded with 50 µm aluminum oxide 	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia Lithium disilicate PINC 	Resin-based cement (Multilink® Hybrid Abutment Ivoclar Vivadent)	Although failures were catastrophic, the two-piece hybrid abutment endured higher fatigue resistance values. The hybrid abutment in PICN had the lowest fracture resistance. However, the failure did not affect base nor screw. Hybrid abutment in PICN was not recommended for the anterior teeth due to limited survival. The lithium disilicate and two-piece zirconia abutment had a much greater fatigue resilience than a lithium disilicate piece and were recommended as an aesthetical alternative for restoring a single implant in the anterior region.
Atsü et al. (2019) [18]	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia (two-piece) RPEEK (BioHPP, SKY implant, Bredent, Germany) (two-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Airborne-particle abraded with 110 µm aluminum oxide 	<ul style="list-style-type: none"> Lithium disilicate (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) 	Adhesive resin cement (Panavia™ V5 Kuraray Noritake Dental Inc., Tokyo, Japan)	Zirconia and RPEEK had similar fracture resistance. RPEEK had the potential to withstand maximum occlusal forces in the anterior area.

Table 1. Cont.

Authors (Year)	Hybrid Abutments	Abutment Treatment	Crown Materials	Cement	Outcome
Borbosa-junior et al. (2020) [19]	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia (Prettau Translucent, Zirkozahn) (two-piece) PEEK (Dental PEEK disk Tecno Med Mineral, Zirkozahn) (two-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Airborne-particle abraded with 50 µm aluminum oxide 	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia Lithium disilicate (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) 	Self-adhesive resin cement (Relyx™ U200, 3M ESPE)	Hybrid abutment made of PEEK had similar mechanical fatigue compared to Zirconia, regardless of the material in the crown. Crowns of transparent zirconia presented superior mechanical fatigue compared to lithium disilicate crowns used with zirconia abutments. Lithium disilicate crowns had mechanical fatigue similar to translucent zirconia when used with custom PEEK abutments.
Honda et al. (2017) [20]	<ul style="list-style-type: none"> Porcelain layer zirconia-based restorations (PLZ) (Katana Zirconia; Kuraray Noritake Dental Inc.) (one-piece) Indirect zirconia-based composite layer restorations (ILZ) (Katana Zirconia; Kuraray Noritake Dental Inc.) (one-piece) Metal-ceramic (MC) monolithic zirconia (MONO) (Katana Zirconia; Kuraray Noritake Dental Inc.) (one-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Airborne-particle abraded with 50 µm aluminum oxide 	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia 	Dual-polymerized resin material (Panavia™ F2.0, Kuraray Noritake Dental Inc., Tokyo, Japan)	The fracture resistance of ILZ restorations was comparable to that of PLZ and MC restorations. Fracture loads were significantly higher for monolithic zirconia restorations than for layered restorations. All restorations were able to support masticatory molar physiological forces.

Table 1. Cont.

Authors (Year)	Hybrid Abutments	Abutment Treatment	Crown Materials	Cement	Outcome
Tribst et al. (2018) [21]	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia (InCoris ZI meso, Sirona, Dentsply Sirona, São Paulo, Brazil) (two-piece) Lithium disilicate (IPS e.max CAD Abutment Solutions, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (two-piece) Hybrid ceramic (VITA Enamic Implant Solutions, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) (two-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> No information 	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia Lithium disilicate Hybrid ceramic 	No information	<p>Lower stress concentration was observed using a material with a higher elastic modulus. Zirconia crowns promoted a lower chance of catastrophic failure in the cement line between the crown and the hybrid abutment. The combination of a ceramic crown with high modulus elastic in contact with the load application, and then a material with smaller elastic modulus under the crown, mimics the behaviour of enamel and dentin.</p> <p>The hybrid ceramic abutment presented a better strain standard and improved the strain distribution in the first cement line, thus making it the most suitable material.</p> <p>The ceramic crowns' upper elastic modulus associated with the hybrid abutment's lower elastic modulus showed a better distribution of stresses in the assembly improving mechanical behaviour.</p>
Pitta et al. (2021) [22]	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia (Lava Plus, 3M, St. Paul, MN, USA) (one-piece) Lithium disilicate (IPS e.max CAD Abutment Solutions, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (one-piece) PINC (Vita, Enamic, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) (one-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrofluoric acid 5% (IPS ceramic etching gel, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) Airborne-particle abraded with 50 µm aluminum oxide 	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia Lithium disilicate PINC 	MDP monomer-containing resin cement (Panavia™ Z1 Kuraray, Tokyo, Japan)	<p>Hybrid abutment crowns in zirconia and PINC revealed lower survival and higher complication rates than restorations in the other studies.</p> <p>The presence of a second interface between a hybrid abutment and crown and the lack of access to screw through the crown can contribute to a better dissipation of tension, unlike a single interface between the crown abutment and titanium base with access to screw as in the hybrid abutment restoration crown.</p>

Table 1. Cont.

Authors (Year)	Hybrid Abutments	Abutment Treatment	Crown Materials	Cement	Outcome
Yazigi et al. (2020) [23]	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia (IPS e.max ZirCAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), (one-piece) Lithium disilicate (IPS e.max CAD Abutment Solutions, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein (one-piece) PICN (Vita Enamic, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) (one-piece) RPEEK 10HPP elegance prefab blocks, Bredent) (one-piece) Nano-hybrid composite resin (Grandio blocs, Voco, Cuxhaven, Germany) (one-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrofluoric acid 5% (IPS Ceramic Etching Gel, Ivoclar Vivadent) Airborne-particle abrasion with 50 µm (zirconia) Airborne-particle abrasion with 50 µm aluminum oxide (hybrid composite resin) 	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia Lithium disilicate PICN RPEEK Nano-hybrid composite resin 	Dual curing resin cement (DTK-Kleber, Bredent)	<p>Zirconia presented the greatest resistance to fracture and the nano-hybrid resin presented the least resistance to fracture and did not withstand the physiological occlusal loads.</p> <p>RPEEK presented greater fracture resistance than lithium disilicate, but lower than zirconia, so it may be recommended as an alternative to restore single implants in the posterior area.</p>

Table 1. Cont.

Authors (Year)	Hybrid Abutments	Abutment Treatment	Crown Materials	Cement	Outcome
Nouh et al. (2019) [9]	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia (Zenostar Zr Translucent; Wieland Dental, Pforzheim, Germany) (one and two-piece) Lithium disilicate (IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (one and two-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> 5% hydrofluoric acid (IPS Ceramic Etching Gel, Ivoclar Vivadent) Airborne-particle abrasion with 50 µm (zirconia) 	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia Lithium disilicate 	Self-curing resin cement (Multilink® Hybrid Abutment Ivoclar Vivadent)	One-piece hybrid abutment in zirconia had a few more failures than hybrid abutment with separated crowns in zirconia. This may be due to better dissipation of forces following the presence of multiple interfaces. Hybrid abutment with a separated crown in lithium disilicate presented more faults than the one-piece hybrid abutment in lithium disilicate, which can be attributed to the greater resistance of the material when used as a monolithic block. Zirconia and lithium disilicate (hybrid abutment crowns and hybrid abutment with separated crown) with short titanium bases (3 mm) failed to simulate chewing. Therefore, despite its high resistance to fracture, its use in the posterior region should be avoided.
Pitta et al. (2017) [24]	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia (Lava Plus, 3M, St. Paul, MN, USA) (two-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> 3M 30 µm (3M ESPE) 	<ul style="list-style-type: none"> Lithium disilicate (IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) PICN (Vita, Enamic, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) Zirconia 	Resin cement containing MDP (Panavia™ 21 Kuraray, Tokyo, Japan)	Zirconia presents significantly higher bending moment values than lithium-disilicate and PICN groups. All ceramics (lithium disilicate, zirconia and PICN) had very good stability when used in their monolithic form.

Table 1. Cont.

Authors (Year)	Hybrid Abutments	Abutment Treatment	Crown Materials	Cement	Outcome
Elsayed & Elbanna (2021) [25]	<ul style="list-style-type: none"> Zirconia (Zolid HT, Ammann Girrbach, Austria) (one-piece) Lithium disilicate (IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (one-piece) PEEK (BreCAM BioHPP, Bredent GmbH, Germany) (one-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrofluoric acid 5% (IPS Ceramic Etching Gel, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) Airborne-particle abrasion with 50 µm (zirconia) Airborne-particle abrasion with 110 µm (PEEK) 	<ul style="list-style-type: none"> Lithium disilicate PEEK Zirconia 	Dual curing resin cement (DTK-Kleber, Bredent)	Lithium disilicate presented greater retentivity compared to zirconia and PEEK. There was no significant difference between zirconia and PEEK.
Ioannidis et al. (2020) [26]	<ul style="list-style-type: none"> Lithium disilicate (IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (one-piece) PICN (Vita Enamic, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) (one-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrofluoric acid 5% (IPS Ceramic Etching Gel, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) 	<ul style="list-style-type: none"> Lithium disilicate PICN 	Self-curing resin cement (Multilink [®] Hybrid Abutment Ivoclar Vivadent)	The interface for cementation of the crown on the abutment presented a large percentage of space, contributing to periodontal disease development. The restorative material's composition and the interface's nature influence the dimension of space.
Spitznagel et al. (2021) [27]	<ul style="list-style-type: none"> Lithium disilicate (IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (one and two-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrofluoric acid 4.9% (IPS Ceramic Etching Gel, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) 	<ul style="list-style-type: none"> Lithium disilicate 	Self-curing resin cement (Multilink [®] Hybrid Abutment Ivoclar Vivadent)	Hybrid abutment with a separated cemented crown dissipated better the physiological forces of chewing. Hybrid abutment (one-piece) had significantly better results.

Table 1. Cont.

Authors (Year)	Hybrid Abutments	Abutment Treatment	Crown Materials	Cement	Outcome
Burkhardt et al. (2021) [28]	<ul style="list-style-type: none"> Lithium disilicate (IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (one-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrofluoric acid 5% (IPS Ceramic Etching Gel, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) 	<ul style="list-style-type: none"> Lithium disilicate 	Auto-polymerization composite (Multilink® Hybrid Abutment Ivoclar Vivadent)	Retention forces of lithium disilicate crowns on the hybrid abutment were influenced by salivary contamination and titanium surface cleaning. However, salivary contamination followed by a cleaning procedure decreased retention forces compared to non-contamination. There was only a significant reduction for contaminated surfaces cleaned with alcohol.
Alkhadashi et al. (2020) [29]	<ul style="list-style-type: none"> Lithium disilicate (IPS e.max press; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (one-piece) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrofluoric acid 9.5% Gel (Bisco) Airborne-particle abraded with 50 µm alumina oxide 	<ul style="list-style-type: none"> Lithium disilicate 	Multilink® Hybrid Abutment Ivoclar Vivadent Panavia™ SA Cement Plus, Kuraray	Abrasion of alumina particles yielded greater binding resistance than hydrofluoric acid conditioning 9.5% regardless of the cementation procedure. The two cements used were significantly different when subjected to particle abrasion or conditioning with hydrofluoric acid. The surface treatment of titanium alloys significantly influenced the shear binding force at the interface between titanium alloy and lithium disilicate.

3.3. Risk of Bias

Figures 3 and 4 show that the 22 articles used in this systematic review had a very high risk of bias, with only one parameter (failure mode) presenting a rating above 75% of low risk of bias. The main cause for risk of bias was that, in most studies, the reported mechanical efficiency was based on testing only one specimen of each hybrid abutment type.

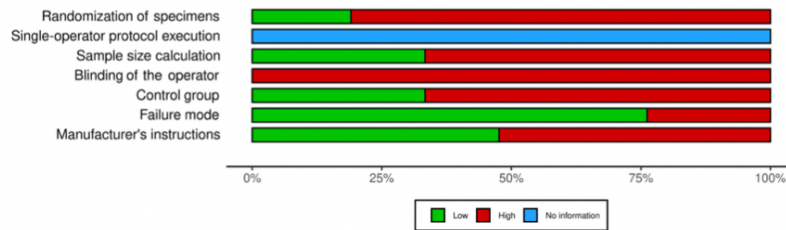


Figure 3. Risk of bias summary plot.

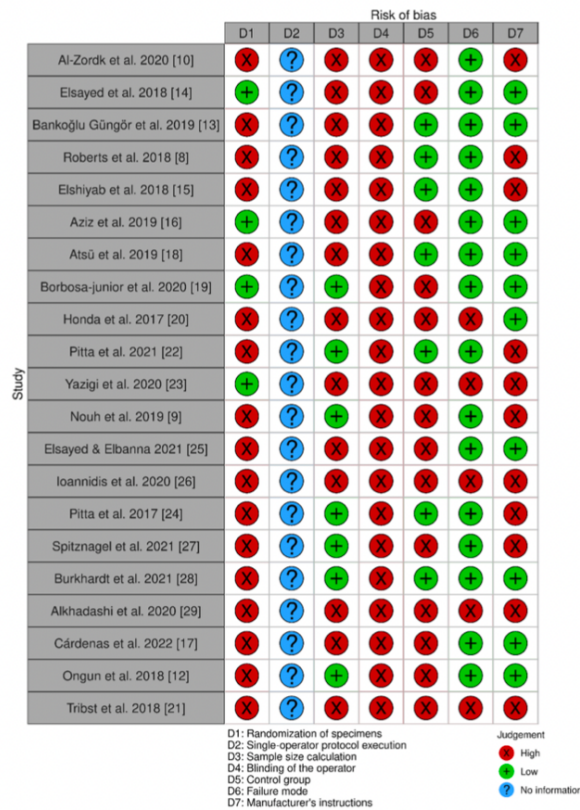


Figure 4. Risk of bias for included studies [8–10,12–29].

4. Discussion

This systematic review enrolled hybrid abutments from *in vitro* studies. Many studies evaluated the resistance to fractures of materials with different kinds of hybrid abutments as a single piece or two-pieces with separated crowns. In these studies, the different kinds of materials for the crowns and the cementation protocols for the macrostructure of the titanium basis within the cementation of the crown above the macrostructure were also considered. Most authors have concluded that the zirconia hybrid abutment has the best fracture resistance. On the other hand, other authors, such as Elsayed et al. [14] and Roberts et al. [8], have reported that the disilicate lithium shows more fracture resistance and can be considered an alternative material to zirconia, especially in the anterior region with better aesthetic features. Nough et al. [9], in their study of the comparison of different kinds of abutments, have concluded that the hybrid crown one-piece design has more defects than the separated crown hybrid abutment, probably because, in the latter, there is more strength split, even though titanium bases of 3 mm cannot simulate the mastication. Therefore, the base of titanium should be considered [9].

In studies with alternative materials such as P1NC and PEEK, the authors have observed that the P1NC material might not give enough fracture resistance due to the occlusal forces, even if it does not influence the titanium base or the screw [12,17]. PEEK shows more mechanical effort than zirconia regardless of the crown material. Therefore, PEEK shows a not significant difference in fracture resistance, even though it is considered an alternative material to zirconia [18,19]. In contradiction with previous studies, Al-Zordk et al. [10] have shown that the zirconia has a better fracture resistance than PEEK. Pitta et al. have also observed that the zirconia has significantly higher values of the bending moment than disilicate lithium and P1NC, but the desilicated lithium presents better retention than zirconia and PEEK [24].

Regarding the differences between hybrid abutment types, Pitta et al. have observed in their study that the presence of a second interface between the hybrid abutment and the crown, and the absence of a canal for the screw on the abutments with separated crowns, can contribute to a better dissipation of the tension [22]. Tribst et al. [21] have confronted the combinations of different types of abutment materials with the different types of crown materials. This study shows that the elastic modulus of the ceramic crowns associated with an inferior elastic modulus of the abutment shows a better distribution of overall tension, suggesting a promising mechanic performance. Ioannidis et al. have observed a disadvantage that occurs in these hybrid abutments: the interface of the cementation of the crown on the abutment presents a significant gap, which can contribute to the development of periodontal disease. The dimension of the gap is influenced by the material of the hybrid abutment and the kind of interface [26].

In the *in vitro* studies, several authors observed different types of fractures or cementation failures during laboratory tests. These faults occurred mainly due to fracture of the titanium base, abutment fracture, failure of the cementation by deformation of the titanium base, and fracture of the crown. Nough et al. [9] observed more failures in one-piece than two-piece hybrid abutments during the chewing simulation test. Elshiyab et al. [2] showed that the simulation of chewing over 5 years affected the resistance of different systems of fully ceramic crowns when submitted to implants, pointing out the mechanical and hydrothermal stress acceleration of the zirconia structures aging, and subsequently agreeing with the Bankoglu Gungor et al. study results [13]. Aziz et al. [16] observed in their experiments that the fractures were present only in the crowns and did not affect the hybrid abutment. In the lithium disilicate hybrid abutment, catastrophic fractures in the crowns and abutment while under masticatory forces were observed in the premolars zone. Therefore, it is an alternative option for hybrid abutment material, but is not the best choice for the premolars.

As stated before, the choice regarding the hybrid abutment type, applied material, and treatment is traditionally dependent on the clinical case, particularly on where the hybrid abutment will be placed. This review highlighted and discussed the mechanical efficiency

of the whole set as an additional aspect of major importance and the aspects of current research that still need to be corrected or addressed in future studies.

5. Conclusions

Our review results show the following:

- Hybrid abutments are an adequate choice when mechanical resistance is an important requirement for implants, especially in the presence of materials such as zirconia and lithium disilicate. PICN and PEEK one- or two-piece hybrid abutments need more study;
- Limited evidence supports better mechanical performance in two-piece hybrid abutments due to a more balanced strength distribution;
- Overall, research in this field is still scarce. Furthermore, it is necessary to carry out more studies on the gap between the macrostructure and the crown and how much it can affect the periodontal tissues and might be a risk factor for the development of peri-implantitis;
- The mechanical testing research on hybrid abutments needs to adhere more thoroughly to quality assessment guidelines for in vitro studies to prevent the high risk of bias found in current studies for future research.

Author Contributions: Writing—review and editing, L.F. and P.M. writing—review P.S.M. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Ragauskaitė, A.; Žekonis, G.; Žilinskas, J.; Gleiznys, A.; Ivanauskienė, E.; Gleiznys, D. The comparison of cement-and screw-retained crowns from technical and biological points of view. *Stomatologija* **2017**, *19*, 44–50. [\[PubMed\]](#)
2. Elshiyab, S.H.; Nawafleh, N.; Khan, U.; Öchsner, A.; George, R. Impact of coping veneering techniques on the survival of implant-supported zirconia-based-crowns cemented to hybrid-abutments: An-in-vitro study. *Bioengineering* **2020**, *7*, 117. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
3. Tribst, J.P.M.; Dal Piva, A.M.O.; Özcan, M.; Borges, A.L.S.; Bottino, M.A. Influence of Ceramic Materials on Biomechanical Behavior of Implant Supported Fixed Prosthesis with Hybrid Abutment. *Eur. J. Prosthodont. Restor. Dent.* **2019**, *27*, 76–82. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
4. Mostafavi, A.S.; Mojtahedi, H.; Javanmard, A. Hybrid Implant Abutments: A Literature Review. *Eur. J. Gen. Dent.* **2021**, *10*, 106–115. [\[CrossRef\]](#)
5. Cocchetto, R.; Canullo, L. The “hybrid abutment”: A new design for implant cemented restorations in the esthetic zones. *Int. J. Esthet. Dent.* **2015**, *10*, 186–208.
6. Da Gama Ramos, G.; Ciotti, D.L.; Ferreira, S.R.W.; Margarido, M.R.W.F.; Dantas, R.A.; Guerreiro, M.N. The Use of a Hybrid Pillar and Its Importance for Aesthetic Rehabilitation and Tissue Stability: A Clinical Report. *Case Rep. Dent.* **2018**, *2018*, 6850720. [\[CrossRef\]](#)
7. Gehrke, P.; Abazari, C.; Schlichter, K.; Fischer, C.; Duddeck, D.; Romanos, G.E.; Weigl, P. Qualitative and semi-quantitative assessment of processing-related surface contamination of oneand two-piece CAD/CAM abutments before and after ultrasonic cleaning. *Materials* **2020**, *13*, 3225. [\[CrossRef\]](#)
8. Roberts, E.E.; Bailey, C.W.; Ashcraft-Olmscheid, D.L.; Vandewalle, K.S. Fracture Resistance of Titanium-Based Lithium Disilicate and Zirconia Implant Restorations. *J. Prosthodont.* **2018**, *27*, 644–650. [\[CrossRef\]](#)
9. Nouh, I.; Kern, M.; Sabet, A.E.; Aboelfadl, A.K.; Hamdy, A.M.; Chaar, M.S. Mechanical behavior of posterior all-ceramic hybrid-abutment-crowns versus hybrid-abutments with separate crowns—A laboratory study. *Clin. Oral Implant. Res.* **2019**, *30*, 90–98. [\[CrossRef\]](#)
10. Al-Zordk, W.; Elmisyry, A.; Ghazy, M. Hybrid-abutment-restoration: Effect of material type on torque maintenance and fracture resistance after thermal aging. *Int. J. Implant. Dent.* **2020**, *6*, 24. [\[CrossRef\]](#)
11. Sarkis-Onofre, R.; Skupien, J.A.; Cenci, M.S.; Moraes, R.R.; Pereira-Cenci, T. The role of resin cement on bond strength of glass-fiber posts luted into root canals: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Oper. Dent.* **2014**, *39*, E31–E44. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
12. Ongun, S.; Kurtulmus-Yilmaz, S.; Meriç, G.; Ulusoy, M. A comparative study on the mechanical properties of a polymer-infiltrated ceramic-network material used for the fabrication of hybrid abutment. *Materials* **2018**, *11*, 1681. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

13. Bankoğlu Güngör, M.; Karakoca Nemli, S.; Yılmaz, H.; Aydın, C. Fracture resistance of different implant supported ceramic abutment/crown systems. *Eur. Oral Res.* **2019**, *53*, 80–87. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Elsayed, A.; Wille, S.; Al-Akhali, M.; Kern, M. Effect of fatigue loading on the fracture strength and failure mode of lithium disilicate and zirconia implant abutments. *Clin. Oral Implant. Res.* **2018**, *29*, 20–27. [[CrossRef](#)]
15. Elshiyab, S.H.; Nawafleh, N.; Öchsner, A.; George, R. Fracture resistance of implant-supported monolithic crowns cemented to zirconia hybrid-abutments: Zirconia-based crowns vs. lithium disilicate crowns. *J. Adv. Prosthodont.* **2018**, *10*, 65–72. [[CrossRef](#)]
16. Aziz, A.H.; Sallam, H.I.; Sami, R.N. Fracture resistance of e. Max CAD implant superstructures cemented on lithium disilicate hybrid abutments and zirconia hybrid abutments (an in-vitro study). *Dent. J.* **2019**, *65*, 110.
17. Cárdenas, R.; Sánchez, D.; Euán, R.; Flores, A.M. Effect of fatigue loading and failure mode of different ceramic implant abutments. *J. Prosthet. Dent.* **2022**, *127*, 875–881. [[CrossRef](#)]
18. Atsü, S.S.; Aksan, E.; Bulut, A.C. Fracture Resistance of Titanium, Zirconia, and Ceramic-Reinforced Polyetheretherketone Implant Abutments Supporting CAD/CAM Monolithic Lithium Disilicate Ceramic Crowns After Aging. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant.* **2019**, *34*, 622–630. [[CrossRef](#)]
19. Antônio Barbosa-Júnior, S.; Rocha Pereira, G.K.; Serafini Dapieve, K.; Soares Machado, P.; Felipe Valandro, L.; Schuh, C.; Xediek Consani, R.L.; Bacchi, A. Mechanical Fatigue Analysis of PEEK as Alternative to Zirconia for Definitive Hybrid Abutments Supporting All-Ceramic Crowns. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant.* **2020**, *35*, 1209–1217. [[CrossRef](#)]
20. Honda, J.; Komine, F.; Kamio, S.; Taguchi, K.; Blatz, M.B.; Matsumura, H. Fracture resistance of implant-supported screw-retained zirconia-based molar restorations. *Clin. Oral Implant. Res.* **2017**, *28*, 1119–1126. [[CrossRef](#)]
21. Tribst, J.P.M.; Piva, A.M.D.O.D.; Borges, A.L.S.; Bottino, M.A. Influence of crown and hybrid abutment ceramic materials on the stress distribution of implant-supported prosthesis. *Rev. Odontol. UNESP* **2018**, *47*, 149–154. [[CrossRef](#)]
22. Pitta, J.; Hjerpe, J.; Burkhardt, F.; Fehmer, V.; Mojon, P.; Sailer, I. Mechanical stability and technical outcomes of monolithic CAD/CAM fabricated abutment-crowns supported by titanium bases: An in vitro study. *Clin. Oral Implant. Res.* **2021**, *32*, 222–232. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Yazigi, C.; Kern, M.; Chaar, M.S.; Libeck, W.; Elsayed, A. The influence of the restorative material on the mechanical behavior of screw-retained hybrid-abutment-crowns. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* **2020**, *111*, 103988. [[CrossRef](#)]
24. Pitta, J.; Hicklin, S.P.; Fehmer, V.; Boldt, J.; Gierthmuehlen, P.C.; Sailer, I.; Dent, M. Mechanical stability of zirconia meso-abutments bonded to titanium bases restored with different monolithic all-ceramic crowns. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant.* **2017**, *34*, 1091–1097. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Elsayed, S.; Elbanna, K. Effect of different fabrication materials and techniques on the retention of implant meso-structures to Ti-base abutments. *Egypt. Dent. J.* **2021**, *67*, 2567–2585. [[CrossRef](#)]
26. Ioannidis, A.; Gil, A.; Hämmerle, C.; Jung, R.; Zinelis, S.; Eliades, G. Effect of Thermomechanical Loading on the Cementation Interface of Implant-Supported CAD/CAM Crowns Luted to Titanium Abutments. *Int. J. Prosthodont.* **2020**, *33*, 656–662. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Spitznagel, F.A.; Bonfante, E.A.; Völlmer, F.; Gierthmuehlen, P.C. Failure Load of Monolithic Lithium Disilicate Implant-Supported Single Crowns Bonded to Ti-base Abutments versus to Customized Ceramic Abutments after Fatigue. *J. Prosthodontics.* **2021**, *31*, 136–146. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Burkhardt, F.; Pitta, J.; Fehmer, V.; Mojon, P.; Sailer, I. Retention forces of monolithic CAD/CAM crowns adhesively cemented to titanium base abutments—Effect of saliva contamination followed by cleaning of the titanium bond surface. *Materials* **2021**, *14*, 3375. [[CrossRef](#)]
29. Alkhadashi, A.; Güven, M.; Erol, F.; Yıldırım, G. The Effect of Different Combinations of Surface Treatments and Bonding Agents on the Shear Bond Strength between Titanium Alloy and Lithium Disilicate Glass-Ceramic. *Int. J. Periodontics Restor. Dent.* **2020**, *40*, 271–276. [[CrossRef](#)]

2.1 perspectivas futuras

Embora esta revisão sistemática tenha mostrado que os pilares híbridos são uma boa opção na reabilitação sobre implantes, ainda há alguns aspectos da pesquisa atual que precisam ser corrigidos ou abordados em estudos futuros.

As cerâmicas híbridas são uma opção para fazer pilares híbridos no entanto são necessários mais estudos para decidir se são ou não uma alternativa. Os pilares híbridos de uma ou duas peças em materiais alternativos como o PICN e PEEK também necessitam de mais estudos e avaliar se são uma alternativa aos pilares híbridos em LDS e zircônia

Há que padronizar os testes mecânicos em pilares híbridos de forma a que a avaliação da qualidade para para que se possa evitar alto risco de viés encontrado em estudos atuais.

3. Conclusão

Os pilares híbridos são uma escolha adequada para a reabilitação em implantologia, sendo que a resistência mecânica é um requisito fundamental na reabilitação sobre implantes, principalmente se recorrermos a materiais como zircônia e dissilicato de lítio.

Evidências ainda que limitadas sustentam uma melhor prestação ao nível mecânico em pilares híbridos de duas peças devido a uma distribuição de forças e resistência mais equilibrada.

É necessário realizar mais estudos sobre o espaço entre a macroestrutura e a coroa e avaliar o seu impacto nos tecidos periodontais, podendo vir constituir um factor de risco na sobrevivência da reabilitação;

4. Bibliografia

Adell, R., Lekholm, U., & Rockler, B. (s.d.). A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. 30.

Alsubaiy, E. (2020). Abutment screw loosening in implants: A literature review. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 9(11), 5490. https://doi.org/10.4103/jfmmpc.jfmmpc_1343_20

Avivi-Arber, L., & Zarb, G. A. (1996). Clinical effectiveness of implant-supported single-tooth replacement: the Toronto Study. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 11(3), 311–321.

Bankoglu Gungor, M., Karakoca Nemli, S., Yilmaz, H., & Aydin, C. (2019). Fracture resistance of different implant supported ceramic abutment/crown systems. *European oral research*, 53(2), 80–87. <https://doi.org/10.26650/eor.20199657>

Bernal, G., Okamura, M., & Muñoz, C. A. (2003). The effects of abutment taper, length and cement type on resistance to dislodgement of cement-retained, implant-supported restorations. *Journal of Prosthodontics*, 12(2), 111–115. [https://doi.org/10.1016/S1059-941X\(03\)00006-8](https://doi.org/10.1016/S1059-941X(03)00006-8)

Bidra, A. S., & Rungruanganunt, P. (2013). Clinical Outcomes of Implant Abutments in the Anterior Region: A Systematic Review: Implant Abutments in the Anterior Region. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 25(3), 159–176. <https://doi.org/10.1111/jerd.12031>

Blasi A, Clavijo V. Decision-making process for restoring single implants. *Qdt Quintessence Dent Technol*. 2017;40:66-89.

Brånemark, P. I., Hansson, B. O., Adell, R., Breine, U., Lindström, J., Hallén, O., & Ohman, A. (1977). Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw.

Experience from a 10-year period. *Scandinavian journal of plastic and reconstructive surgery. Supplementum*, 16, 1–132.

Bulaqi, H. A., Barzegar, A., Paknejad, M., & Safari, H. (2019). Assessment of preload, remaining torque, and removal torque in abutment screws under different frictional conditions: A finite element analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(3), 548.e1-548.e7. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.10.035>

Ceruso, F. M., Barnaba, P., Mazzoleni, S., Ottria, L., Gargari, M., Zuccon, A., Bruno, G., & Fiore, A. di. (2017) IMPLANT-ABUTMENT CONNECTIONS ON SINGLE CROWNS: A SYSTEMATIC REVIEW.

Chaar, M. S., Att, W., & Strub, J. R. (2011). Prosthetic outcome of cement-retained implant-supported fixed dental restorations: A systematic review: CEMENT-RETAINED IMPLANT-RESTORATIONS: A SYSTEMATIC REVIEW. *Journal of Oral Rehabilitation*, 38(9), 697–711. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2011.02209.x>

Chanavaz M. (1998). Patient screening and medical evaluation for implant and preprosthetic surgery. *The Journal of oral implantology*, 24(4), 222–229. [https://doi.org/10.1563/1548-1336\(1998\)024<0222:PSAMEF>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1563/1548-1336(1998)024<0222:PSAMEF>2.3.CO;2)

Chee, W., & Jivraj, S. (2006). Screw versus cemented implant supported restorations. *British Dental Journal*, 201(8), 501–507. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4814157>

de Moura, M. B., Rodrigues, R. B., Pinto, L. M., de Araújo, C. A., Novais, V. R., & Júnior, P. C. S. (2017). Influence of Screw Surface Treatment on Retention of Implant-Supported Fixed Partial Dentures. *Journal of Oral Implantology*, 43(4), 254–260. <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-D-16-00145>

Elsayed, A., Wille, S., Al-Akhali, M., & Kern, M. (2017). Comparison of fracture strength and failure mode of different ceramic implant abutments. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(4), 499–506. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.06.018>

Ferreiroa, A., Penarrocha-Diago, M., Pradies, G., Sola-Ruiz, Mf., & Agustin-Panadero, R. (2015). Cemented and screw-retained implant-supported single-tooth restorations in the molar mandibular region: A retrospective comparison study after an observation period of 1 to 4 years. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, e89–e94. <https://doi.org/10.4317/jced.51708>

Glauser, R., Sailer, I., Wohlwend, A., Studer, S., Schibli, M., & Schärer, P. (2004). Experimental Zirconia Abutments for Implant-Supported Single-Tooth Restorations in Esthetically Demanding Regions: 4-Year Results of a Prospective Clinical Study. *The International Journal of Prosthodontics*, 17(3), 6.

Goiato, M. C.; Pellizzer, E. P.; da Silva, E. V. F.; Bonatto, L. da Rocha; dos Santos, D. M. (2015). Is the internal connection more efficient than external connection in mechanical, biological, and esthetical point of views? A systematic review. *Oral and Maxillofacial Surgery*, 19(3), 229–242. doi:10.1007/s10006-015-0494-5

Goodacre, C. J., Kan, J. Y. K., & Rungcharassaeng, K. (1999). Clinical complications of osseointegrated implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 81(5), 537–552. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(99\)70208-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(99)70208-8)

Goodacre, C. J. (2004). Designing tooth preparations for optimal success. *Dental Clinics of North America*, 48(2), 359–385. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2003.12.015>

Gupta, R., Gupta, N., & Weber, K. K. (2021). Dental Implants. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

Hebel, K. S., & Gajjar, R. C. (1997). Cement-retained versus screw-retained implant restorations: Achieving optimal occlusion and esthetics in implant dentistry. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 77(1), 28–35. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(97\)70203-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(97)70203-8)

Hotinski, E., & Dudley, J. (2019). Abutment screw loosening in angulation-correcting implants: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(1), 151–155. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.03.005>

Jörnégus, L., Jemt, T., & Carlsson, L. (1992). Loads and designs of screw joints for single crowns supported by osseointegrated implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 7(3), 353–359

Jung, R. E., Pjetursson, B. E., Glauser, R., Zembic, A., Zwahlen, M., & Lang, N. P. (2008). A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. *Clinical Oral Implants Research*, 19(2), 119–130. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2007.01453.x>

Kourtis, S., Damanaki, M., Kaitatzidou, S., Kaitatzidou, A., & Roussou, V. (2017). Loosening of the fixing screw in single implant crowns: Predisposing factors, prevention and treatment options. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 29(4), 233–246. <https://doi.org/10.1111/jerd.12303>

Krennmair, G., Schmidinger, S., & Waldenberger, O. (2001). Single-Tooth Replacement with the Frialit-2 System: A Retrospective Clinical Analysis of 146 Implants. 8.

Krennmair, G., Schmidinger, S., & Waldenberger, O. (2002). Single-tooth replacement with the Frialit-2 system: a retrospective clinical analysis of 146 implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 17(1), 78–85.

Ladino, L. G., Sanabria, A., & Cruz, M. (2020). Titanium Bases in Implant Dentistry: A Comprehensive Narrative Review. 9.

Lang, L. A., Hansen, S. E., Olvera, N., & Teich, S. (2019). A comparison of implant complications and failures between the maxilla and the mandible. *The Journal of prosthetic dentistry*, 121(4), 611–617. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.08.002>

Lee, J., Kim, Y.-S., Kim, C.-W., & Han, J.-S. (2002). Wave analysis of implant screw loosening using an air cylindrical cyclic loading device. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 88(4), 402–408. <https://doi.org/10.1067/mpr.2002.128099>

Lee, J.-I., Lee, Y., Kim, N.-Y., Kim, Y.-L., & Cho, H.-W. (2013). A Photoelastic Stress Analysis of Screw and Cement Retained Implant Prostheses with Marginal Gaps. 15.

Lewis, S., Beumer, J., 3rd, Hornburg, W., & Moy, P. (1988). The "UCLA" abutment. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 3(3), 183–189.

Lewis, S. G., Llamas, D., & Avera, S. (1992). The UCLA abutment: a four-year review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 67(4), 509–515. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(92\)90082-1](https://doi.org/10.1016/0022-3913(92)90082-1)

Linkevicius, T., Puisys, A., Linkevicius, T., & Linkeviciene, L. (2012). Does residual cement around implant-supported restorations cause peri-implant disease? A retrospective case analysis. 6.

Linkevicius, T., Vindasiute, E., Puisys, A., Linkeviciene, L., Maslova, N., & Puriene, A. (2013). The influence of the cementation margin position on the amount of undetected cement. A prospective clinical study. *Clinical Oral Implants Research*, 24(1), 71–76. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2012.02453.x>

Londhe, S. M., Gowda, E. M., Mandlik, V. B., & Shashidhar, M. P. (2020). Factors associated with abutment screw loosening in single implant supported crowns: A cross-sectional study. *Medical Journal Armed Forces India*, 76(1), 37–40. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2018.06.011>

Lopes, A., Machado, C. M., Bonjardim, L. R., Bergamo, E., Ramalho, I. S., Witek, L., Coelho, P. G., & Bonfante, E. A. (2019). The Effect of CAD/CAM Crown Material and Cement Type on Retention to Implant Abutments. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*, 28(2), e552–e556. <https://doi.org/10.1111/jopr.12927>

Marincola, M., Paracchini, L., Morgan, V., & Schulte, J. (2008). Impianti corti: Principi biomeccanici e predicibilità a lungo termine. 9.

Misch, C. E., & Bidez, M. W. (1994). Implant-protected occlusion: a biomechanical rationale. *Compendium (Newtown, Pa.)*, 15(11), 1330–1344.

Mostafavi, A. S., Mojtahedi, H., & Javanmard, A. (2021). Hybrid Implant Abutments: A Literature Review. *European Journal of General Dentistry*, 10(02), 106–115. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1735766>

Nissan, J., Narobai, D., Gross, O., Ghelfan, O., & Chaushu, G. (2011). Long-Term Outcome of Cemented Versus Screw-Retained Implant-Supported Partial Restorations. 6.

Nouh, I., Kern, M., Sabet, A. E., Aboelfadl, A. K., Hamdy, A. M., & Chaar, M. S. (2019). Mechanical behavior of posterior all-ceramic hybrid-abutment-crowns versus hybrid-abutments with separate crowns—A laboratory study. *Clinical Oral Implants Research*, 30(1), 90–98. <https://doi.org/10.1111/clr.13395>

Park, J., Lee, H., & Noh, G. (2020). Biomechanical Effects of Retention Types (Cement and Screw-Cement Retained Prosthesis) in Implant Prosthesis. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 37(3), 225–230. <https://doi.org/10.7736/JKSPE.019.069>

Patil, P. G. (2011). A Technique for Repairing a Loosening Abutment Screw for a Cement-Retained Implant Prosthesis: Repair Technique for Loose Abutment Screw. *Journal of Prosthodontics*, 20(8), 652–655. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2011.00748.x>

Pauletto, N., & Walton, J. N. (2000). Complications Associated with Excess Cement Around Crowns on Osseointegrated Implants: A Clinical Report. 4.

Prestipino, V., & Ingber, A. (1993). Esthetic High-Strength Implant Abutments. Part II. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 5(2), 63–68. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.1993.tb00750.x>

Prestipino, V., & Ingber, A. (1996). All-Ceramic Implant Abutments: Esthetic Indications. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 8(1), 255–262. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.1996.tb00876.x>

Sailer, I., Mühlemann, S., Zwahlen, M., Hämmerle, C. H. F., & Schneider, D. (2012). Cemented and screw-retained implant reconstructions: A systematic review of the survival and complication rates. *Clinical Oral Implants Research*, 23, 163–201. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2012.02538.x>

Sailer, I., Philipp, A., Zembic, A., Pjetursson, B. E., Hämmerle, C. H. F., & Zwahlen, M. (2009). A systematic review of the performance of ceramic and metal implant abutments supporting fixed implant reconstructions. *Clinical Oral Implants Research*, 20, 4–31. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2009.01787.x>

Shadid, R., & Sadaqa, N. (2012). A Comparison Between Screw- and Cement-Retained Implant Prostheses. A Literature Review. *Journal of Oral Implantology*, 38(3), 298–307. <https://doi.org/10.1563/AAID-JOI-D-10-00146>

Staubli, N., Walter, C., Schmidt, J. C., Weiger, R., & Zitzmann, N. U. (2017). Excess cement and the risk of peri-implant disease—A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 28(10), 1278–1290. <https://doi.org/10.1111/clr.12954>

Taylor, T. D., & Agar, J. R. (2002). Twenty years of progress in implant prosthodontics. *THE JOURNAL OF PROSTHETIC DENTISTRY*, 88(1), 7.

Theoharidou, A., Petridis, H. P., Tzannas, K., & Garefis, P. (2008). Abutment screw loosening in single-implant restorations: a systematic review. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 23(4), 681–690.

Torrado, E., Ercoli, C., Mardini, M. A., Graser, G. N., Tallents, R. H., & Cordaro, L. (2004). A comparison of the porcelain fracture resistance of screw-retained and cement-retained implant-supported metal-ceramic crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 91(6), 532–537. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.03.014>

Vigolo, P., Givani, A., Majzoub, Z., & Cordioli, G. (2004). Cemented versus screw-retained implant-supported single-tooth crowns: a 4-year prospective clinical study. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 19(2), 260–265.

Vindasiute, E., Puisys, A., Maslova, N., Linkeviciene, L., Peciuliene, V., & Linkevicius, T. (2015). Clinical Factors Influencing Removal of the Cement Excess in Implant-Supported Restorations: Clinical Factors Influencing Cement Removal. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 17(4), 771–778. <https://doi.org/10.1111/cid.12170>

Weber, H. P., & Sukotjo, C. (2007). Does the type of implant prosthesis affect outcomes in the partially edentulous patient?. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 22 Suppl, 140–172.

Weinberg L. A. (1993). The biomechanics of force distribution in implant-supported prostheses. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 8(1), 19–31.

Wittneben, J.-G., Joda, T., Weber, H.-P., & Brägger, U. (2017). Screw retained vs. Cement retained implant-supported fixed dental prosthesis. *Periodontology 2000*, 73(1), 141–151. <https://doi.org/10.1111/prd.12168>

Wittneben, J.-G., Millen, C., & Brägger, U. (2014). Clinical Performance of Screw-Versus Cement-Retained Fixed Implant-Supported Reconstructions—A Systematic Review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29(Supplement), 84–98. <https://doi.org/10.11607/jomi.2014suppl.g2.1>

Wu, T., Fan, H., Ma, R., Chen, H., Li, Z., & Yu, H. (2017). Effect of lubricant on the reliability of dental implant abutment screw joint: An in vitro laboratory and three-dimension finite element analysis. *Materials Science and Engineering: C*, 75, 297–304. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.11.041>

Zarone, F., Sorrentino, R., Traini, T., Di Iorio, D., & Caputi, S. (2007). Fracture resistance of implant-supported screw- versus cement-retained porcelain fused to metal single crowns: SEM fractographic analysis. *Dental Materials*, 23(3), 296–301. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.10.01>

