

# Implantoprotesi in PMMA o composito su barra: considerazioni preliminari per un razionale approccio clinico sulla base dei dati finora a disposizione

**Andrea Berzaghi, Manuel Nanni,  
Tiziano Testori, Sergio Bortolini,  
Ugo Consolo**

*Le resine acriliche (PMMA) e le resine composite realizzate CAD/CAM esibiscono caratteristiche estetiche e meccaniche migliorate rispetto alle resine tradizionali e offrono vantaggi clinici e tecnici. L'implantoprotesi realizzata in PMMA o resina composita supportata da barra rappresenta una soluzione protesica moderna per l'attualità dei materiali e delle tecnologie realizzative, in grado di garantire prestazioni superiori rispetto alle protesi del passato realizzate con sistema analogico. Queste soluzioni protesiche, sebbene i dati clinici attuali non ci consentono di delineare conclusioni definitive su indicazioni cliniche e affidabilità protesica, si candidano ad essere una moderna alternativa alle soluzioni tradizionali. Quintessenza Int. 2021;35(1):76-83.*

**PMMA or composite resins implant rehabilitations supported by metal bar: preliminary considerations for a rational clinical approach based on the available data**

*Acrylic resins (PMMA) and composite resins realized with CAD/CAM manufacturing processes exhibit improved aesthetic and mechanical characteristics compared to traditional resins and offer clinical and technical advantages. PMMA or composite resin implant rehabilitations supported by metal bar represents a modern prosthetic solution for the topicality of materials and manufacturing technologies, able to guarantee superior performance compared to traditional prosthetic rehabilitations realized with an analogical system. These prosthetic solutions, although current clinical data do not allow us to draw definitive conclusions on clinical indications and prosthetic reliability, are candidates to be a modern alternative to traditional solutions.*

## **Andrea Berzaghi**

DDS, PhD, Docente a c. Tecnologie Protesiche e di Laboratorio Università di Modena e Reggio Emilia

## **Manuel Nanni**

MD, DDS, Prof. a c. Materiali Dentari Università di Modena e Reggio Emilia. Libero professionista in Bologna e Como

## **Tiziano Testori**

Responsabile del Reparto di Implantologia e Riabilitazione Orale, Clinica Universitaria Odontoiatrica (Dir. Prof. Luca Francetti), Università degli Studi di Milano, Facoltà di Medicina e Chirurgia, Dipartimento di Scienze Biomediche, Chirurgiche e Odontoiatriche, IRCCS, Istituto Ortopedico Galeazzi, Milano. Adjunct Clinical Associate Professor, Department of Periodontics and Oral Medicine, University of Michigan, School of Dentistry, Ann Arbor, Michigan

## **Sergio Bortolini**

Prof. associato di Malattie Odontostomatologiche (MED 28), Università di Modena e Reggio Emilia

## **Ugo Consolo**

Prof. ordinario. Dir. di Dipartimento Chirurgico, Medico, Odontoiatrico e di Scienze Morfologiche con interesse Trapiantologico, Oncologico e di Medicina Rigenerativa. Università di Modena e Reggio Emilia

## Introduzione

I restauri implanto-protesici fissi full-arch rappresentano la terapia d'eccellenza degli edentulismi totali e oggi grazie al progresso della tecnologie CAD/CAM possono essere realizzati con diversi design protesici in una vasta gamma di combinazioni di materiali scelti in base a fattori di carattere clinico ed economico. Le opzioni terapeutiche a nostra disposizione si differenziano in base a modalità di ritenzione (avvitata, cementata o in combinazione con barra), design del framework (monoblocco o segmentato), combinazione dei materiali protesici (metallo-resina acrilica, metallo-resina composita, metallo-ceramica, zirconia-ceramica o zirconia monolitica), modalità realizzative della gengiva (resina acrilica, resina composita, ceramica di rivestimento gengivale o colorazione gengivale).<sup>1</sup> In tutti i design implanto-protesici possiamo riscontrare vantaggi e svantaggi relativi a estetica, resistenza, semplicità, metodo di fabbricazione, complicazioni e costo. La progettazione e produzione CAD/CAM fornisce precisione delle componenti protesiche; semplicità di gestione delle fasi realizzative; disponibilità di file digitali permanenti con possibilità di duplicazione del restauro protesico; possibilità di produzione di restauri in ceramica, resine acrilica e composita, metalli; possibilità di realizzazione di protesi prototipo utili in fase di valutazione e approvazione preliminari al definitivo.<sup>2</sup> L'introduzione di progetti protesici alternativi ai tradizionali e di avanzate tecnologie realizzative ha portato alla produzione di materiali dedicati e allo sviluppo di materiali già ampiamente utilizzati in passato. In particolare le resine acriliche e composite di ultime generazione realizzate CAD/CAM, in virtù di caratteristiche estetiche e meccaniche migliorate rispetto alle resine tradizionali, possono attualmente offrire vantaggi clinici e tecnici in implanto-protesi. Per questi materiali il design implanto-protesico su barra, per la sua versatilità, si propone come soluzione ideale, in grado di sfruttare appieno le moderne tecnologie realizzative e i materiali di rivestimento di ultima generazione come ceramici, PMMA e resine composite. In questo articolo ci proponiamo di delineare caratteristiche e indicazioni cliniche di soluzioni implanto-protesiche in PMMA e composito su framework metallico a barra che, seppur con dati preliminari, si candidano a moderna alternativa alle soluzioni tradizionali.



### Quesito clinico

PMMA e composito CAD/CAM, quali indicazioni in implantoprotesi?

## Descrizione

Storicamente, le combinazioni di materiali impiegati per i restauri implanto-protesici fissi full-arch risultano essere metallo-acrilico, metallo-composito e metallo-ceramica. La combinazione metallo-resina acrilica (Framework metallico-denti in resina acrilica prefabbricati) ha dimostrato elevate percentuali di successo<sup>3</sup> e rimane una scelta popolare in virtù della sua lunga tradizione in letteratura, semplicità, costi contenuti, semplice gestione delle riparazioni e un *"clinicians comfort level"* acquisito negli anni.<sup>4</sup> Le alternative metallo-composito e metallo-ceramica, seppur valide, sono entrambe più costose e laboriose nella realizzazione, difficili da riparare e suscettibili alla tecnica realizzativa.<sup>1</sup> Queste soluzioni sono accomunate da un relativamente elevato tasso di complicanze nel breve e nel lungo periodo tra cui: frattura o distacco dei denti in resina, usura delle superfici occlusali, scheggiature ceramiche, difficoltà nell'abbinamento cromatico relativo alla gengiva rosa, mancanza di adattamento passivo, riparazioni protesiche dispendiose. La frattura o distacco del materiale occlusale rimangono una delle complicanze più comuni riportate in letteratura.<sup>4-8</sup> In particolare i restauri implanto-protesici full-arch metallo-acrilici realizzati con metodo analogico tradizionale necessitano dai 5 ai 6 interventi di manutenzione in 10 anni con numeri superiori nei casi di riabilitazioni implanto-protesiche bi-mascellari.<sup>4,9</sup> Oggi le tecnologie CAD/CAM ci permettono di risolvere la maggior parte delle problematiche delle protesi del passato: la tecnologia digitale

avanzata consente di combinare in modo più efficace i vantaggi di materiali diversi come zirconia, PMMA, composito e metallo offrendo una protesi più estetica e affidabile. Gli studi più attuali propongono un design definito da alcuni autori "ibrido" nato per la metallo-zirconia che prevede protesi in zirconia monolitica supportata da barra in metallo.<sup>10,11</sup> Il framework metallico (in titanio o in Cr-Co) di realizzazione CAD/CAM a supporto di una sovrastuttura protesica monolitica di ultima generazione (a tutti gli effetti un secondo framework) consente di coniugare estetica e affidabilità e di risolvere i limiti delle soluzioni monolitiche avvitate. La sinterizzazione laser SLS (Sinterizzazione Laser Selettiva) e la fusione laser SLM (Selective Laser Melting) sono le tecnologie più evolute per la produzione di framework protesici in cromo-cobalto e titanio. La sinterizzazione laser ha permesso di superare i limiti del cromo-cobalto relativi alla contrazione durante la fusione e all'elevata durezza del materiale durante il fresaggio, dovuto all'eliminazione di applicazione di forza attiva durante la realizzazione delle strutture. Inoltre, la bassa quantità di materiale di scarto ha reso queste tecnologie popolari soprattutto nella lavorazione delle leghe preziose. Il framework in metallo CAD/CAM conferisce resistenza, versatilità e recuperabilità protesica, eliminando tutti i problemi tradizionali di fit, bonding e corrosione relativi alle strutture ottenute per fusione<sup>12-14</sup>; dà inoltre la possibilità di utilizzare sovrastrutture in ceramica o resine di ultima generazione senza compromettere l'affidabilità. Accanto alle soluzioni con sovrastrutture in zirconia esteticamente evolute, il PMMA e il composito possono rappresentare valide alternative con indicazioni cliniche e vantaggi dettati dalle caratteristiche intrinseche dei materiali. Il Polimetilmetacrilato (PMMA) è un polimero sintetico prodotto dalla polimerizzazione del metilmetacrilato. Attualmente i prodotti realizzati con sistemi per sottrazione offrono le maggiori garanzie rispetto ai materiali per addizione forti di una più lunga esperienza clinica. Dalla progettazione CAD si ottiene un file STL (o un "pacchetto di file") che serve a guidare i movimenti di una specifica attrezzatura in grado di produrre un oggetto fisico nel materiale prescelto agendo per sottrazione (fresaggio dal pieno), oppure per addizione (Stampa 3D, laser sintering, laser melting, o qualsiasi altro sistema di prototipazione rapida si utilizzi). I sistemi per sottrazione comportano

il fresaggio dal pieno della forma volumetrica progettata da un materiale presinterizzato, sinterizzato o polimerizzato utilizzando una fresatrice che si muove in percorsi definiti, denominati sistemi a 3, 4, 5 assi.<sup>12</sup> I materiali fresabili attualmente includono cera, polimetilmetacrilato (PMMA), resine composite, polimeri ad alte prestazioni, metalli e ceramiche che includono: vetroceramica, polimeri rinforzati con particelle ceramiche comunemente note come "resin-based ceramics", ceramiche infiltrate con un polimero noto anche come "hybrid ceramics" e ceramiche policristalline.<sup>15</sup> Le proprietà meccaniche dei polimeri stampabili in 3D sono ancora poco soddisfacenti, necessitano di studi clinici su durata e resistenza, i dati sono ad oggi insufficienti per formulare indicazioni cliniche protesiche. Diversamente, la nuova generazione di PMMA realizzati con tecnologie CAD/CAM per sottrazione consentono prestazioni elevate.<sup>16</sup> Recenti studi su proprietà meccaniche e adattamento marginale di PMMA CAD/CAM hanno riscontrato risultati confrontabili alle vetroceramiche.<sup>17</sup> Le proprietà di resistenza e rugosità superficiale delle protesi totali in PMMA ottenute per fresaggio confrontate con il PMMA convenzionale termopolimerizzato dimostrano caratteristiche di resistenza e di superficie superiori, rivelandosi un materiale più affidabile e duraturo.<sup>18,19</sup> Inoltre, il crescente interesse per i restauri in PMMA sta portando allo sviluppo di materiali con proprietà ottiche e fisiche sempre migliori. Oggi la merceologia fornisce materiali evoluti nelle caratteristiche meccaniche ed estetiche (Tab. 1) pur comunque presentando alcune differenze in base alla composizione.<sup>14,20</sup> Storicamente, in impianto-protesi le superfici occlusali in resina acrilica sono state impiegate per fornire un "effetto ammortizzante" al fine di compensare l'assenza di resilienza data dal parodonto e consentire alla superficie occlusale di essere l'anello più debole del restauro impianto-protesico. Questi materiali consentono il cosiddetto "Shock Absorption"<sup>21</sup> favorendo l'adattamento fisiologico del paziente alla nuova dentizione protesica. Le soluzioni in PMMA supportato da barra possono essere utilizzate come provvisori, precursori di definitivi e in casi selezionati anche come protesi definitive (Figg.1-6). I tempi di permanenza nel cavo orale dei restauri in PMMA sono dettati dalla presenza di precise condizioni cliniche quali mioartropatie, dal grado di coordinazione del paziente, dalla

### Tabella 1. Caratteristiche dei PMMA CAD/CAM da rivestimento per barra

- Resistenza alla flessione 80-130MPa
- Carico di frattura 500-900N
- Modulo di elasticità 2.6-3.10GPa
- Spessore minimo della parete occlusale 1,5 mm
- Assorbimento d'acqua 23 µg/mm<sup>3</sup>
- Usura della superficie occlusale pari a circa 100 µm dopo 5 anni
- Usura dello smalto antagonista pari a circa 12 µm dopo 5 anni
- Shock Absorption
- Workflow digitale
- Compatibile con ribasatura
- Economico
- Stabilità del colore migliorata
- Estetica migliorata rispetto alle resine acriliche di produzione analogica
- Potenziale bassa incidenza di complicanze tecniche



**Fig. 1** Framework a barra in Cr-Co realizzato CAD/CAM con sistema per sottrazione (fresaggio dal pieno).



**Fig. 2** Sovrastruttura in PMMA realizzata CAD/CAM con sistema per sottrazione.



**Fig. 3** Strutture in accoppiamento in visione frontale. (Strutture protesiche realizzate da Odt Luca Dondi.)



**Fig. 4** La gengiva in PMMA è stata realizzata CAD/CAM con sistema per addizione (Stampa 3D) e applicata con cemento-resina alla sovrastruttura. Il restauro gengivale artificiale deve fornire estetica e supporto naturale delle labbra.



**Fig. 5** Il framework metallico a barra viene cementato alla sovrastruttura in PMMA in cemento duale, garantendo resistenza meccanica e affidabilità protesica. Le caratteristiche di superficie dei PMMA di ultima generazione garantiscono massima lucidabilità, proprietà che minimizza la ritenzione di placca.



**Fig. 6** La superficie sottostante la protesi deve consentire un'igiene completa. Ciò è possibile solo se il filo interdentale riesce a toccare l'intera superficie tra gengiva artificiale e naturale. Il filo deve poter scorrere da un lato all'altro della protesi, piegandosi attorno agli abutment. La forma piatta della cresta risulta una superficie detergibile e produce un'interfaccia orizzontale estetica tra la gengiva naturale e quella artificiale.<sup>28</sup>

sua condizione neurologica e dalla storia clinica del suo edentulismo o di eventuali terapie protesiche classiche precedenti. In caso di mioartropatie, in particolare, è prevedibile una permanenza più prolungata nel cavo orale della riabilitazione provvisoria in PMMA: in questi casi, infatti, la capacità del materiale di fornire "Shock Absorbition", di adattarsi ad abitudini funzionali soggettive, di leggere usure occlusali e di favorire l'adattamento fisiologico al restauro protesico assumono significato sia diagnostico che terapeutico. Mentre la durata della fase provvisoria in PMMA in casi standard è di 6 mesi, nei casi di mioartropatia può spingersi indicativamente ad 1 anno. L'Elettromiografia di superficie (sEMG) dei muscoli masticatori rappresenta una eccellente ausilio strumentale per monitorare l'attività neuromuscolare nella fase provvisoria della riabilitazione finalizzato al raggiungimento di ottimali rapporti occlusali. Queste riabilitazioni permettono una fase di collaudo del progetto protesico che consente di raccogliere tutte le informazioni utili al successo clinico. Informazioni ed eventuali aggiornamenti progettuali della fase provvisoria possono essere convertiti CAD e corretti nella protesi definitiva favorendo un migliore adattamento fisiologico alle riabilitazioni definitive. I file digitali permettono la duplicazione del restauro protesico su barra (provvisorio o definitivo che sia) con disponibilità immediata, garantendo gestione semplificate di tutti i passaggi tecnici e di tutte le complicità cliniche. Tecnologie realizzative analoghe possono essere impiegate per realizzare sovrastrutture anche in resina composita che per caratteristiche presentano indicazioni differenti rispetto alla resina acrilica. Le resine composite sono composte da riempitivi inorganici o organici incorporati in

una matrice di resina organica con iniziatori, stabilizzanti e pigmenti. Le resine composite CAD/CAM, progettate da blocchi fresabili prepolymerizzati, per il fatto di essere fresate e polimerizzate extraoralmente hanno risolto alcuni limiti dei compositi diretti come la contrazione da polimerizzazione e rilascio di monomeri e presentano proprietà meccaniche migliorate. I compositi richiedono passaggi "post-processing" minimi, una fase di lucidatura e una fase di caratterizzazione con supercolori fotopolimerizzabili nel caso di restauri estetici come faccette, inlay, onlay e corone. Di recente introduzione sono prodotti multicromatici con migliorate caratteristiche estetiche senza necessità di caratterizzazioni. Le proprietà di questi compositi sono paragonabili alle ceramiche.<sup>22,23</sup> Anche se per delineare le indicazioni cliniche del materiale sono necessari ulteriori studi clinici, le sovrastrutture in composito per fresaggio CAD/CAM su barra si candidano a tutti gli effetti come materiali per restauri definitivi alternativi ai ceramici (Figg. 7-10). Composizione e proprietà (Tab. 2) possono variare a seconda del produttore e vanno attentamente studiate prima della progettazione CAD.<sup>14,24-27</sup> Dal punto di vista economico, entrambe le soluzioni in resina acrilica o composita possono essere considerate vantaggiose rispetto alle soluzioni in resina del passato realizzate con metodo analogico, in quanto più durature e affidabili, con minore usura a carico delle superficie occlusale e, in virtù della realizzazione di un monoblocco CAD, senza la complicità tecnica del distacco denti. La sovrastruttura può essere cementata o avvitata alla barra in base al materiale e alle preferenze del clinico consentendo gestione semplificata della protesi e recuperabilità. La carenza di dati clinici per materiali di



**Fig. 7** Barra in titanio realizzata CAD/CAM. Il titanio può essere lavorato con sistemi per sottrazione o con sistemi per addizione Selective Laser Melting.



**Fig. 8** Sovrastrutture protesiche in composito realizzate CAD/CAM con sistema per sottrazione dal pieno di blocchi fresabili prepolymerizzati.

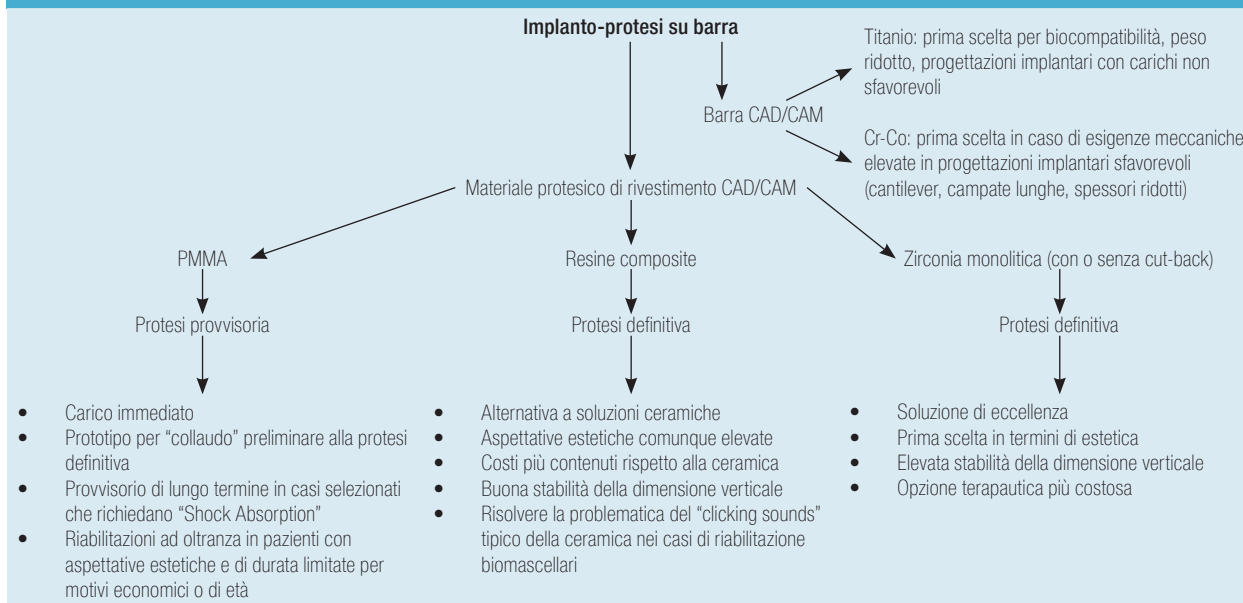


**Figg. 9,10** Il framework in metallo CAD/CAM consente di utilizzare sovrastrutture in composito di ultima generazione senza compromettere l'affidabilità, conferendo resistenza e versatilità. La sovrastruttura viene cementata alla barra consentendo gestione semplificata della protesi e recuperabilità. La gengiva rosa in polimero viene realizzata con stampa 3D.

**Tabella 2. Caratteristiche dei compositi CAD/CAM da rivestimento per barra**

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistenza alla flessione 150-200MPa</li> <li>• Carico di frattura 1500-2000N</li> <li>• Modulo di elasticità 10-12GPa</li> <li>• Spessore minimo della parete occlusale 1,5 mm</li> <li>• Assorbimento d'acqua 23 µg/mm<sup>3</sup></li> <li>• Usura della superficie occlusale pari a circa 40 µm dopo 5 anni</li> <li>• Usura dello smalto antagonista pari a circa 20 µm dopo 5 anni</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Shock Absorption superiore a zirconia e vetro-ceramiche</li> <li>• Workflow digitale</li> <li>• Più economico della ceramica</li> <li>• Disponibilità di prodotti multicolorati</li> <li>• Riparabile alla poltrona in caso di "chipping"</li> <li>• Potenziale bassa incidenza di complicanze tecniche</li> </ul> |
|--|---|

**Tabella 3. Suggerimenti di impiego e indicazioni cliniche delle riabilitazioni implanto-protesiche fisse in PMMA e composito su barra sulla base dei dati finora a disposizione**



così recente introduzione induce ad un impiego ragionato e condotto con una certa cautela, progettando le componenti e dimensionandole con criteri di sicurezza in modo da garantire affidabilità protesica. I dati in vitro su proprietà meccaniche, fisiche e ottiche, tuttavia inducono a pensare a performance cliniche soddisfacenti.

### Conclusioni e indicazioni cliniche

L'implanto-protesi di successo necessita di un attento percorso diagnostico, una perfetta conoscenza dei materiali e delle tecnologie realizzative e di una adeguata valutazione progettuale preliminare del design protesico. Realizzare un restauro implanto-pro-

tesico su barra oggi dà la possibilità di scegliere tra diversi materiali in base a fattori di carattere clinico ed economico. L'implanto-protesi realizzata in PMMA o resina composita supportata da barra rappresenta una soluzione protesica moderna per l'attualità dei materiali e delle tecnologie realizzative, in grado di garantire prestazioni superiori rispetto alle protesi del passato realizzate con sistema analogico. Soluzioni in PMMA ottenute per fresaggio possono essere considerate a tutti gli effetti provvisori precursori a definitive ceramiche o riabilitazioni "ad oltranza" in casi clinici selezionati o in casi vincolati da ridotte risorse economiche (protesi sociali). La resina composita per sistemi per sottrazione va considerata una reale alternativa alla ceramica per proprietà meccaniche ed estetiche e trova indicazione per protesi definitive con un giusto compromesso tra resa estetica e costi. Queste soluzioni CAD/CAM su barra, a dispetto di costi iniziali più elevati rispetto alle protesi realizzate con metodo tradizionale analogico, si propongono come meno dispendiose per il paziente per le caratteristiche di recuperabilità protesica e per il potenziale basso tasso di complicanze tecniche. Ad oggi tuttavia non ci sono dati clinici sufficienti per delineare conclusioni definitive su indicazioni cliniche e affidabilità protesica di questi restauri (Tab. 3).

## Ringraziamenti

Si ringrazia il Sig. Luca Dondi, Odontotecnico in Bologna, che ha eseguito i manufatti protesici.

## Bibliografia

1. Bidra AS. Three-dimensional esthetic analysis in treatment planning for implant-supported fixed prosthesis in the edentulous maxilla: review of the esthetics literature. *J Esthet Restor Dent* 2011;23:219-236.
2. Caramês J, Marques D, Malta Barbosa J, Moreira A, Crispim P, Chen A. Full-arch implant-supported rehabilitations: A prospective study comparing porcelain-veneered zirconia frameworks to monolithic zirconia. *Clin Oral Implants Res.* 2019 Jan;30(1):68-78.
3. Mertens C, Steveling HG. Implant-supported fixed prostheses in the edentulous maxilla: 8-year prospective results. *Clin Oral Implants Res.* 2011 May;22(5):464-72.
4. Purcell BA, McGlumphy EA, Holloway JA, Beck FM. Prosthetic complications in mandibular metal-resin implant-fixed complete dental prostheses: a 5- to 9-year analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23:847-857.
5. Priest G, Smith J, Wilson MG. Implant survival and prosthetic complications of mandibular metal-acrylic resin implant complete fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent* 2014;111:466-75.
6. Papaspyridakos P, Chen CJ, Chuang SK, Weber HP, Gallucci GO. A systematic review of biologic and technical complications with fixed implant rehabilitations for edentulous patients. *International Int J Oral Maxillofac Implants.* Jan-Feb 2012;27(1):102-10.
7. Kwon T, Bain PA, Levin L. Systematic review of short- (5–10 years) and long-term (10 years or more) survival and success of full-arch fixed dental hybrid prostheses and supporting implants. *J Dent.* 2014 Oct;42(10):1228-41.
8. Goodacre CJ, Bernal G, Rungcharassaeng K, et al. Clinical complications with implants and implant prostheses. *J Prosthet Dent* 2003; 90(2):121-132.
9. Barootchi S, Askar H, Ravidà A, Gargallo-Albiol J, Travan S, Wang HL. Long-term Clinical Outcomes and Cost-Effectiveness of Full-Arch Implant-Supported Zirconia-Based and Metal-Acrylic Fixed Dental Prostheses: A Retrospective Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2020 Mar/Apr;35(2):395-405.
10. Stumpel LJ, Haechler W: The Metal-Zirconia Implant Fixed Hybrid Full-Arch Prosthesis: An Alternative Technique for Fabrication. *Compend Contin Educ Dent* 2018;39:176-181.
11. Bidra AS. Complete Arch Monolithic Zirconia Prosthesis Supported By Cobalt Chromium Metal Bar: A Clinical Report. *J Prosthodont.* 2020 Aug;29(7):558-563.
12. Abduo J. Fit of CAD/CAM implant frameworks: a comprehensive review. *J Oral Implantol.* 2014 Dec;40(6):758-66.
13. Svanborg P, Långström L, Lundh RM, Bjerkstig G, Ortorp A. A 5-year retrospective study of cobalt-chromium-based fixed dental prostheses. *Int J Prosthodont.* 2013 Jul-Aug;26(4):343-9.
14. Sulaiman TA. Materials in digital dentistry-A review. *J Esthet Restor Dent.* 2020 Mar;32(2):171-181.
15. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NRFA, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic like restorative materials. *Int J Prosthodont.* 2015; 28(3):227-35.

16. Rosentritt M, Raab P, Hahnel S, Stöckle M, Preis V. In-vitro performance of CAD/CAM-fabricated implant-supported temporary crowns. *Clin Oral Investig*. 2017 Nov;21(8):2581-2587.
17. Ender A, Bienz S, Mörmann W, et al. Marginal adaptation, fracture load and macroscopic failure mode of adhesively luted PMMA-based CAD/CAM inlays. *Dent Mater*. 2016;32(2):e22-e29.
18. Arslan M, Alp G, Zaimoglu A, Murat S. Evaluation of flexural strength and surface properties of pre-polymerized CAD/CAM PMMA-based polymers used for digital 3D complete dentures. *Int J Comput Dent*. 2018;21(1):31-40.
19. Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, Goodacre CJ, Özcan M. A comparison of the surface properties of CAD/CAM and conventional polymethylmethacrylate (PMMA). *J Prosthodont*. 2019;28(4):452-457.
20. Alamouh RA, Silikas N, Salim NA, Al-Nasrawi S, Satterthwaite JD. Effect of the composition of CAD/CAM composite blocks on mechanical properties. *Biomed Res Int*. 2018;2018:1-8.
21. Menini M, Conserva E, Tealdo T, Bevilacqua M, Pera F, Signori A, Pera P. Shock absorption capacity of restorative materials for dental implant prostheses: an in vitro study. *Int J Prosthodont*. 2013 Nov-Dec;26(6):549-56.
22. Magne P, Schlichting LH, Maia HP, Baratieri LN. In vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. *J Prosthet Dent*. 2010;104(3):149-157.
23. Mormann WH, Stawarczyk B, Ender A, et al. Wear characteristics of current aesthetic dental restorative CAD/CAM materials: two-body wear, gloss retention, roughness and Martens hardness. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2013;20:113-125.
24. Hampe R, Theelke B, Lümkmann N, Eichberger M, Stawarczyk B. Fracture toughness analysis of ceramic and resin composite CAD/CAM material. *Oper Dent*. 2019;44:e190-e201.
25. Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2015;114(4):587-593.
26. Ruse ND, Sadoun MJ. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *J Dent Res*. 2014;93(12):1232-1234.
27. Zimmermann M, Ender A, Egli G, Özcan M, Mehl A. Fracture load of CAD/CAM-fabricated and 3D-printed composite crowns as a function of material thickness. *Clin Oral Invest*. 2018;27:1-8.
28. Coachman C, Salama M, Garber D, Calamita M, Salama H, Cabral G. Prosthetic gingival reconstruction in fixed partial restorations. Part 3: laboratory procedures and maintenance. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2010 Feb;30(1):19-29.



**Indirizzo per la corrispondenza:**

Manuel Nanni  
Poliambulatorio privato - Argo Medicina Rigenerativa  
Via D'Azeglio 21, 40123 - Bologna (BO)  
nannimanuel@gmail.com