

esthetic.line

Pekkton® ivory

Polimero ad alte prestazioni per restauri estetici definitivi su impianti: documentazione scientifica.

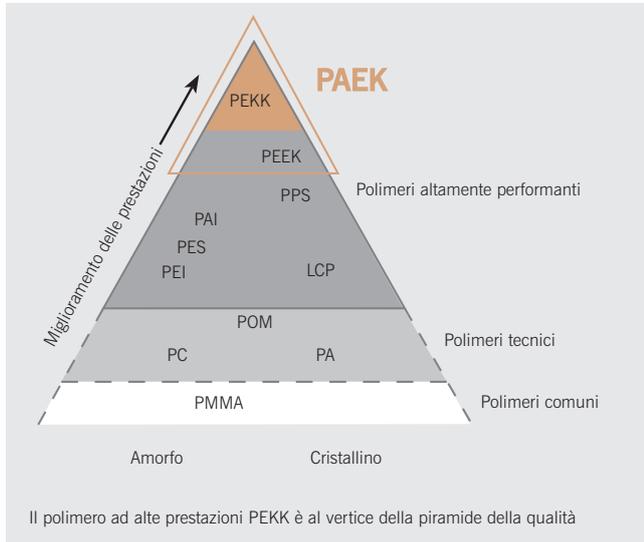


Temi.

Introduzione	
Pekkton®: un polimero ad alte prestazioni a base di PAEK con proprietà su misura per l'uso dentale	03
Proprietà e chimica del materiale	04
Indicazioni	
Pekkton® ivory	05
Biocompatibilità	
Background scientifico e requisiti normativi	06
Certificato di conformità	07
Scienza del materiale e indagini «in vitro»	
Fessura marginale	08
Invecchiamento	09
Resistenza al taglio dell'adesione dei compositi da rivestimento	10
Durezza	11
Prova di fatica su ponti dentali di 4 elementi rivestiti esteticamente	12
Simulazione numerica di un ponte a tre elementi nel confronto con materiali per ponti convenzionali	14
Simulazione numerica di un ponte di quattro elementi	16
Biomeccanica del concetto All on Four nella mascella: analisi numerica	18
Prova di fatica dinamica su corone dentali	20
Pekkton®: un polimero ad alte prestazioni in alternativa ai restauri dentali tradizionali?	22
Condizionamento meccanico di superfici in funzione di vari parametri.	24
Resistenza dell'adesione di sistemi adesivi affermati con PEKK: durezza ed effetto del condizionamento della superficie.	26
Forze di ritenzione e comportamento a fatica di ganci in resine termoplastiche	28
Proprietà ottiche	30
Assorbimento d'acqua e solubilità	32
Casi clinici	
Circolare su impianti (1)	34
Circolare su impianti (2)	36
Ricostruzione avvitata su impianti nell'arcata superiore e inferiore	38
Protesi telescopica mandibolare con barra sublinguale	39
Corona molare avvitata su impianto	40
Due premolari insieme su denti naturali	41
Corone su denti naturali	42
Glossario	44
Assortimento	46
Pubblicazioni	47
Link utili	48

Introduzione.

Pekkton® ivory: un polimero ad alte prestazioni a base di PAEK con proprietà su misura per l'uso dentale.



Il materiale pertinente più adatto per la medicina umana e l'odontoiatria

«La struttura e la composizione dei denti sono perfettamente adattate alle necessità funzionali della bocca e sono superiori a quelle di qualsiasi materiale artificiale. Quindi, prima di tutto, non fare danni.»¹

Pekkton® ivory² è un polimero ad alte prestazioni a base di PEKK, il materiale più avanzato tra i PAEK, che si colloca al vertice della piramide dei polimeri. Come materiale di punta della famiglia PAEK, Pekkton® ivory offre il meglio del mondo dei polimeri per le indicazioni dentali. Resistenza, stabilità dimensionale, tenacità sono solo alcune delle sue proprietà.

Cendres+Métaux è convinta dei vantaggi offerti dai materiali non metallici, per questo oggi stiamo presentando in esclusiva in tutto il mondo il top dei polimeri termoplastici.



Imitare la natura è la tendenza del futuro per i prodotti medicali. Metalli e ceramiche, anche se biocompatibili, non soddisfano questo requisito: ad esempio un modulo di elasticità simile a quello dell'osso può essere importante nelle applicazioni in cui sia necessario ridurre al minimo la schermatura del carico (stress shielding). Invece i prodotti a base di polimeri sono sempre più riconosciuti come alternative migliori delle soluzioni metalliche rigide e dure. Il profilo complessivo delle proprietà del Pekkton® lo rendono naturalmente ideale per diverse applicazioni in campo dentale.



Pekkton® non va considerato come materiale singolo, ma come sistema completo di soluzioni. Dal PEKK possono essere ottenuti facilmente diversi compound per soddisfare requisiti specifici. Infatti in odontoiatria possono essere usati vari gradi di Pekkton® per corone, ponti, scheletrati, inserti, abutment e soluzioni per impianti. Pekkton® può essere lavorato in modo semplice e affidabile con metodiche convenzionali di laboratorio e/o industriali. Ad esempio Pekkton® è perfettamente indicato per la produzione assistita da computer. Rispetto ai materiali metallici o ceramici, esso offre la soluzione perfetta, rapida ed economica, per la realizzazione dei manufatti più confortevoli per il paziente.

¹ Kishen A. Mechanisms and risk factors for fracture prediction in endodontically treated teeth. Endodontic Topics, 2006; 13(1):57– 83.

² Pekkton® based on OXPEKK® from OPM, Oxford Performance Materials, Inc., USA

a Esempio di impianto craniale approvato da FDA

b Disco per fresatura di Pekkton® ivory a base di PEKK di grado impiantabile

Proprietà e chimica del materiale.

1. Composizione

Polieterchetonechetone (PEKK)
Diossido di titanio

2. Proprietà fisiche

Temperatura di transizione vetrosa ASTM-D3418	Tg=157°C
Temperatura di fusione ASTM-D3418	Tm=363°C
Colore	biancastro

3. Proprietà meccaniche

Modulo di Young	5,1 GPa	ASTM-D638
Resistenza alla rottura	115 MPa	ASTM-D638
Modulo di flessione	5,0 GPa	ASTM-D790
Resistenza alla flessione con 5 % di deformazione	200 MPa	ASTM-D790
Durezza	252 MPa	ISO 2039-1

I valori delle proprietà meccaniche si basano su geometrie standard. I valori possono variare in funzione della forma, del design e dei parametri di processo.

4. Test biologici

Pekkton® come materiale base è stato testato ed è risultato conforme agli standard di biocompatibilità secondo la USP Classe VI. Ha soddisfatto o superato i requisiti della United States Pharmacopeia per i test biologici relativamente a:

Test di citotossicità per eluizione secondo
USP32:2009 <87> e ISO 10993-5:2009
(Study No.: 110042, BSL Bioservices, DE-82152 Planegg)

Reattività intracutanea secondo USP 32<88>
(Study No.: 110043, BSL Bioservices, DE-82152 Planegg)

Tossicità sistemica acuta – Test di iniezione sistemica
secondo USP 32<88>
(Study No.: 110043, BSL Bioservices, DE-82152 Planegg)

Impianto muscolare secondo USP 32<88>
(Study No.: 110043, BSL Bioservices, DE-82152 Planegg)

5. Sterilizzazione

Data la sua elevata temperatura di transizione vetrosa (157°C), superiore alle normali temperature della sterilizzazione a vapore, che vanno da 121 a 134°C, e grazie alla sua naturale resistenza all'idrolisi, Pekkton® ivory è particolarmente indicato per la sterilizzazione a vapore, che non provoca cambiamenti apprezzabili delle proprietà meccaniche o fisiche.

6. Monitoraggio

Produzione, imballaggio e fornitura sono sottoposti a monitoraggio continuo in base alle norme sulla gestione per la qualità secondo ISO 9001 e ISO 13485.

Indicazioni.



Corone e ponti definitivi rivestiti e avvitati su impianti dentali, con massimo due elementi intermedi. Il rivestimento estetico può essere eseguito con corone pressate incollate, compositi, nonché faccette e denti in resina prefabbricati.



Protesi rimovibili, come sovrastrutture su barre e corone telescopiche, connessioni trasversali, bites e basi di protesi.



Corone singole e ponti con massimo un elemento intermedio definitivi rivestiti, su denti naturali.



A sinistra: corone e ponti non rivestiti nella regione posteriore, per una permanenza massima nel cavo orale di 12 mesi.

A destra: parti non rivestite, ad esempio margini coronali e facce posteriori.

Biocompatibilità.

Background scientifico e requisiti normativi.

Per l'analisi del rischio relativa al rischio biologico sono state applicate le procedure e le disposizioni della norma EN ISO 10993-1:2009 «Biological Evaluation of Medical Devices – Part 1: Evaluation and Testing within a Risk Management Process» (Valutazione biologica dei dispositivi medici – Parte 1: Valutazione e prove all'interno di un processo di gestione del rischio). In base ai criteri stabiliti da questa norma, il prodotto è classificato come «dispositivo comunicante con l'esterno» con contatto «permanente» (> 30 giorni) con «tessuto, osso o dentina».

Pertanto, in accordo con la norma sopra menzionata e con la norma EN ISO 7405:2008 «Dentistry – Preclinical Evaluation of Biocompatibility of Medical Devices Used in Dentistry – Test Methods for Dental Materials», (Odontoiatria – Valutazione preclinica della biocompatibilità dei dispositivi medici utilizzati in odontoiatria – Metodi di prova per i materiali dentali) sono stati valutati in particolare i seguenti rischi biologici:

– Citotossicità	EN ISO 10993-5:2009
– Irritazione	EN ISO 10993-10:2010
– Ipersensibilità ritardata	EN ISO 10993-10:2010
– Tossicità sistemica acuta	EN ISO 10993-11:2009
– Tossicità sistemica subcronica	EN ISO 10993-11:2009
– Tossicità sistemica cronica	EN ISO 10993-11:2009
– Impianto	EN ISO 10993-6:2009
– Genotossicità	EN ISO 10993-3:2009
– Carcinogenicità	EN ISO 10993-3:2009
– Caratterizzazione chimica	EN ISO 10993-18:2009
– USP Classe VI	USP 34 <88>

Per la preparazione dei campioni e il dosaggio sono applicabili rispettivamente EN ISO 10993-12:2009 e USP 34 <88>.

Risultati

Il potenziale di citotossicità di Pekkton® ivory è stato esaminato in conformità con la norme internazionali di buone pratiche di laboratorio GPL. Pekkton® non ha mostrato nessun effetto citotossico e, in base ai risultati osservati e nelle condizioni di prova scelte, Pekkton® ivory è stato valutato come privo di potenziale citotossico ai sensi della norma EN ISO 10993-5, quando prodotto e applicato rispettando le istruzioni per l'uso del fabbricante.

In base ai risultati e alle argomentazioni scientifiche sviluppate nella citata valutazione dei rischi biologici, si conclude che Pekkton® ivory:

- non presenta nessun potenziale irritante ai sensi della norma EN ISO 10993-10.
- non presenta nessun potenziale di sensibilizzazione cutanea ai sensi della norma EN ISO 10993-10.
- soddisfa i requisiti della USP (United States Pharmacopeia) per le materie plastiche di classe VI.
- non presenta nessun potenziale di tossicità sistemica acuta ai sensi della norma EN ISO 10993-1.
- non presenta nessun potenziale di tossicità sistemica subcronica e cronica ai sensi della norma EN ISO 10993-1.
- non presenta nessun potenziale di tossicità da inalazione ai sensi della norma EN ISO 10993-11 e delle linee guida OECD TG 403 o TG 436 (Tossicità da inalazione acuta), TG 412 (Tossicità da inalazione di dose ripetuta) e TG 413 (Tossicità da inalazione subcronica 1).
- non presenta nessun effetto tossico dopo un impianto a lungo termine ai sensi della EN ISO 10993-6.
- non presenta nessun potenziale genotossico ai sensi della norma EN ISO 10993-3.
- è considerato privo di potenziale cancerogeno, di tossicità riproduttiva e dello sviluppo o immunotossico secondo i requisiti della norma EN ISO 10993-3.

Conclusioni

In base ai risultati degli studi e alle argomentazioni della valutazione e in considerazione di quanto previsto dalla versione aggiornata delle norme armonizzate EN ISO 10993-1 ed EN ISO 7405 si conclude che il materiale dentale Pekkton® ivory può essere valutato come biocompatibile se prodotto in modo appropriato e applicato secondo la sua destinazione d'uso definita nelle istruzioni per l'uso del fabbricante.

Certificato di conformità.



CERTIFICATE OF COMPLIANCE

Testmaterial: Pektkon® ivory

Supplier: Cendres+Métaux SA, Rue de Boujean 122, P.O. Box,
2501 Biel/Bienne, Switzerland

Studies performed: CYTOTOXICITY (USP <87> Elution Test) (BSL Project No. 110042)

USP <88> BIOLOGICAL TEST
(CLASSIFICATION VI/121 °C) (BSL Project No. 110043)

Results: The test item did not show any effect in the USP Class VI –
121 °C test and meets the criteria of USP Biological Tests
Classification VI. In the cytotoxicity assay under the given
conditions the cells treated with the test item extract showed
no reactivity (grade 0). Therefore, Pektkon® ivory met the
requirements of the cytotoxicity assay.

BSL BIOSERVICE Scientific Laboratories GmbH
Behringstraße 6/8
D-82152 Planegg

Dr. Sandra Schmid
Biological Safety Testing
Date: 15 March 2011



Fessura marginale.

Scopo: Controllo dell'adattamento di corone pressate in Pekkton®.

Per il successo clinico, l'adattamento delle corone dovrebbe essere compreso tra 20 e 120 microns¹ o inferiore. In caso contrario il cemento potrebbe essere rimosso con lo spazzolamento e quindi permettere l'infiltrazione tra il restauro e la sostanza dentale residua di nuovi batteri che potrebbero causare carie secondaria.

Per ottenere un buon adattamento con la tecnica di pressatura è stato scelto un rapporto di miscelazione (liquido e acqua distillata) del 75%.

Le corone di prova sono state realizzate con la classica tecnica di pressatura.

I monconi e le corone in cera sono state fresate con CAD/CAM.

Il valore medio di tutte le fessure marginali misurate è risultato di 20,81 micron.

Risultati

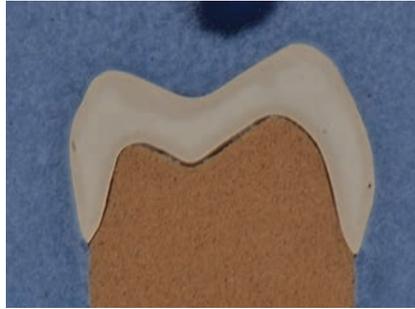
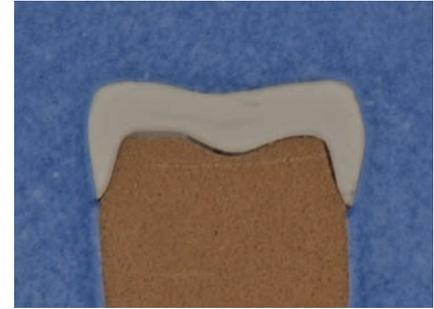
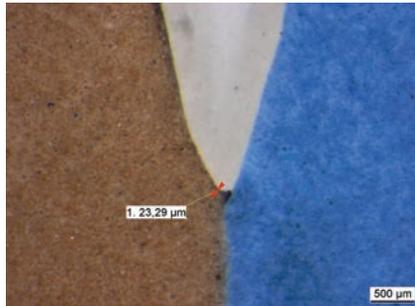


Immagine micrografica di una sezione trasversale, da linguale e vestibolare, di una delle corone misurate.



Sezione linguale di una corona testata. La fessura marginale è di 43,48 micron.



Sezione vestibolare della stessa corona. La fessura marginale è di 23,29 micron.

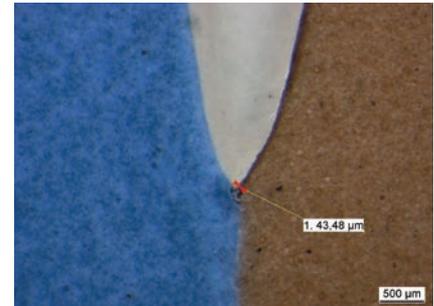
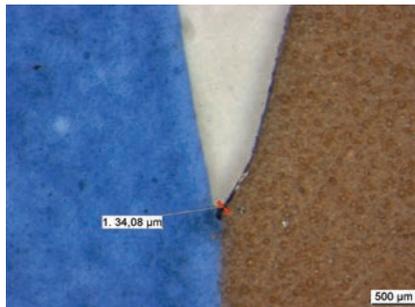


Immagine micrografica di una sezione trasversale, da mesiale e distale, di una delle corone misurate.



Sezione distale di una corona del test. La fessura marginale è di 34,08 micron.



Sezione mesiale della stessa corona. Non è presente fessura marginale

Conclusioni

Tutte le corone esaminate hanno superato il test di misurazione con risultati e valori ottimi. I risultati ottenibili dipendono strettamente dalla precisione e dalla tecnica di lavorazione dell'odontotecnico. Sia con la pressatura che con la fresatura l'adattamento delle corone in Pekkton® è eccellente!

¹ Bindl, A. and Mörmann, W.H. (2005) Marginal and internal fit of all-ceramic CAD/CAM crown-copings on chamfer preparations. Journal of Oral Rehabilitation, 32, 441-447

Invecchiamento.

Scopo

Valutazione del comportamento all'invecchiamento di Pekkton® ivory su provini stampati a iniezione, al fine di quantificare la stabilità e sostenibilità della materia prima.

Materiali e metodi

Pekkton® ivory è stato stampato a iniezione utilizzando uno stampo a singola impronta per provini tensili e flessionali di tipo ASTM. I campioni stampati a iniezione sono stati testati:

1. dopo la produzione (stampaggio a iniezione);
2. dopo la sterilizzazione per irradiazione (raggi gamma, dose massima di sterilizzazione 75 kGy);

3. dopo la sterilizzazione e l'invecchiamento (artificiale, corrispondente a 5 anni, a 90°C).

La stabilità chimica è stata testata ad ogni stadio mediante FTIR (spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier).

Le condizioni di invecchiamento sono state stimate usando come linea guida la norma ASTM F1980, con fattore di invecchiamento $Q_{10}=2$. È stato stabilito che 9 giorni a 90°C sono considerati equivalenti a circa 1 anno a 37°C.

Le proprietà meccaniche e fisiche e la struttura chimica sono state misurate secondo gli standard ASTM:

- proprietà tensili (ASTM D638): provino ASTM tipo I, macchina di prova universale Zwick 50 kN, cella di carico 50 kN, velocità 0,2 in/min;
- proprietà flessionali (ASTM D790): provino flessionale ASTM, macchina di prova universale Zwick 50 kN, cella di carico 1 kN, velocità 0,01 1/ min;
- resistenza a compressione (ASTM D695), 0,05 in/min, provino ricavato da barra flessionale;
- proprietà termiche (ASTM D3418), strumenti TA 2920 MDSC, 20°C/min riscaldamento, raffreddamento, riscaldamento;
- FTIR (ASTM E1252), spettrometro Thermoelectron Magna-IR 750, metodo ATR.

Risultati

Proprietà	Pekkton® ivory dopo produzione	Pekkton® ivory dopo sterilizzazione	Pekkton® ivory dopo sterilizzazione + invecchiamento
Resistenza a trazione (snervamento)	119 MPa	119 MPa	124 MPa
Modulo elastico	5,1 GPa	4,8 GPa	5,0 GPa
Allungamento a trazione (snervamento)	4,4 %	4,5 %	4,2 %
Modulo elastico a flessione	5,0 GPa	4,9 GPa	5,1 GPa
Sforzo di flessione al 5% di deformazione	200 MPa	200 MPa	200 MPa
Sforzo di compressione al 40 % di deformazione	246 MPa	251 MPa	249 MPa
Temperatura di fusione	363°C	362°C	363°C
FTIR metodo ATR	Controllato e confermato	Controllato e confermato	Controllato e confermato

Conclusioni

Pekkton® ivory mostra proprietà meccaniche e fisiche costanti sia prima che dopo la sterilizzazione e i trattamenti di invecchiamento.

I risultati rimangono costanti per tutte le tre condizioni, cioè

- per i campioni prodotti;
- per i campioni sterilizzati;
- per i campioni sterilizzati e invecchiati.

Non viene riscontrata alcuna degradazione del materiale dopo la sterilizzazione e l'invecchiamento simulato di 5 anni. La struttura chimica è stata controllata e confermata mediante FTIR per tutte le tre condizioni.

Pekkton® ivory.

Resistenza al taglio dell'adesione dei compositi da rivestimento.

Scopo

Pekkton® ivory è un materiale per strutture. Ciò significa che è utile rivestire Pekkton® con uno strato di composito di colore dentale. Lo scopo è ottenere una resistenza dell'adesione tra Pekkton® e il materiale da rivestimento superiore a 5 MPa e trovare la maggior quantità possibile di compositi da rivestimento che siano compatibili con Pekkton®.

Materiali e metodi

Alcuni compositi (già esistenti sul mercato) sono stati testati in base alla norma ISO EN 10477:2004.

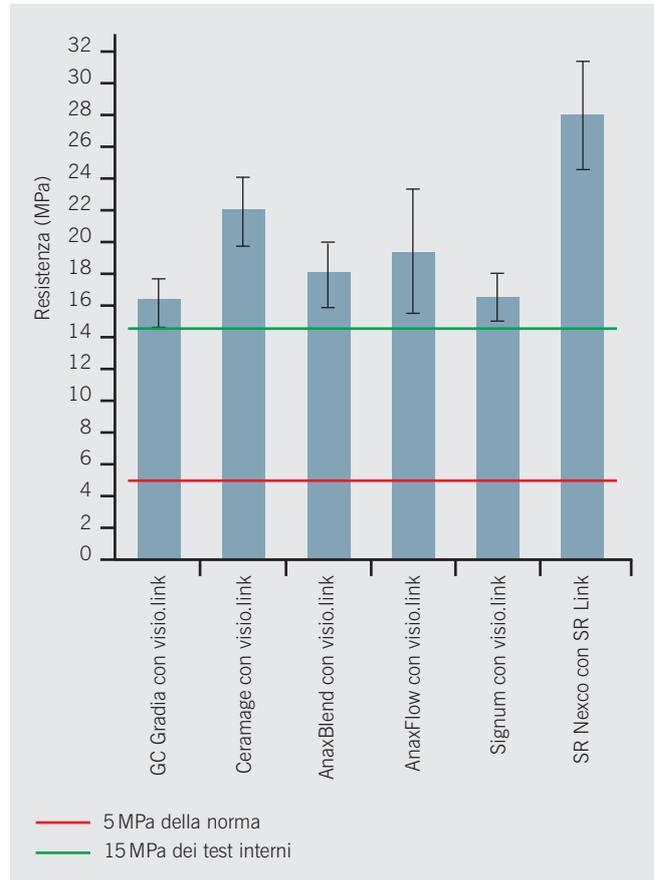
I dettagli delle modalità di ultimazione delle corone sono reperibili nelle istruzioni per l'uso dei diversi compositi da rivestimento estetico.

I grezzi per pressatura in Pekkton® ivory sono stati fissati in polimero Technovit. Dopo 20 minuti i provini sono stati lucidati. La superficie è stata irruvidita mediante sabbatura (Al_2O_3 110 μ m a 2 bar). Poi la superficie è stata trattata come raccomandato dal fabbricante del sistema adesivo. La resina opaca è stata applicata e polimerizzata secondo le raccomandazioni del fabbricante del composito da rivestimento. Sullo strato di opaco è stato posto lo stampo, con l'apertura più larga rivolta verso lo strato di opaco. Il composito da rivestimento è stato pressato nello stampo. Quindi il composito da rivestimento è stato polimerizzato secondo le istruzioni del fabbricante. I provini sono stati sottoposti a ciclo termico e testati secondo la norma.

La norma considera adeguato un valore di 5 MPa, ma secondo l'esperienza clinica la resistenza dell'adesione dovrebbe essere di almeno 15 MPa.

I provini presentano alcune deviazioni rispetto alla norma. Poiché veniva misurata la resistenza dell'adesione alla superficie di Pekkton® ivory e non la resistenza della struttura, per semplicità sono stati utilizzati dei grezzi per pressatura invece dei provini descritti nella norma. Questa differenza non è rilevante per lo scopo di questa prova.

Ergebnis



Conclusioni

La preparazione della superficie di Pekkton® ivory prima dell'applicazione dell'adesivo è di primaria importanza a prescindere dal sistema di composito usato. Per ottenere valori accettabili viene applicata una procedura precisa che combina ritenzione meccanica e adesione chimica. I sistemi di composito per rivestimento estetico in commercio che sono stati applicati seguendo la procedura sopra descritta hanno superato la prova con valori di resistenza al taglio dell'adesione superiori a 15 MPa.

Pekkton® ivory.

Durezza.

Scopo

La durezza è la misura della penetrazione di un corpo nel materiale testato.

Anche se questo parametro influenza le proprietà di usura del materiale da restauro, non può essere rilevata una chiara correlazione tra le due proprietà.

Per le resine dentali polimerizzate, la durezza è importante anche per valutare il grado di polimerizzazione e la profondità di indurimento.

Poiché Pekkton® ivory è una resina termoplastica, questo aspetto non è rilevante.

La durezza dei materiali a base di polimeri viene determinata preferibilmente mediante una prova di indentazione con una sfera, ma vengono usati anche altri standard. Il confronto tra valori di durezza deve essere fatto però solo considerando lo stesso standard.

Materiali e metodi

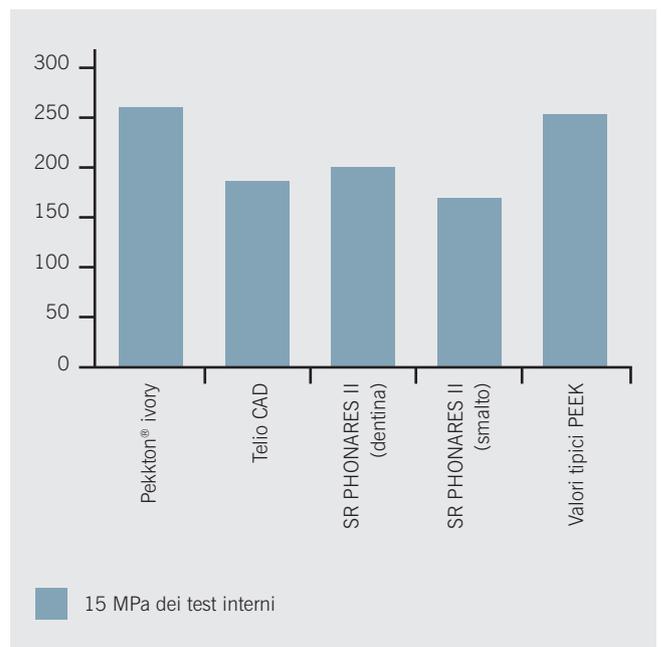
5 dischi di Pekkton® ivory di diametro di 62 mm e spessore di 6,4 mm sono stati testati secondo la norma DIN EN ISO 2039-1.

Le prove sono state eseguite con una sfera di diametro 5,0 mm, una velocità di 5 mm/min e una forza di 960,98 N per 30 s.

Risultati

I risultati sono espressi in MPa.

Il valore medio della durezza misurata è di 252 N/mm² (MPa), con una deviazione standard di 4 N/mm² (MPa).



Pekkton® ivory	252 MPa
Telio CAD	180 MPa
SR PHONARES II (Ivoclar, materiale nanoibrido)	170 MPa
Prodotti tipici a base di PEEK	250 MPa

Conclusioni

La durezza all'indentazione di una sfera di Pekkton® ivory è di livello confrontabile con quella dei prodotti concorrenti avanzati a base di PMMA, quali i materiali nanoibridi come SR Phonares II, tuttavia i suoi valori sono significativamente più elevati. I valori misurati sono confrontabili con quelli dei prodotti a base di PEEK.

Prova di fatica su ponti dentali di 4 elementi rivestiti esteticamente.

Scopo

Lo scopo dell'indagine era testare l'affidabilità meccanica di un ponte dentale in Pekkton® ivory con un carico a fatica. La prova intendeva simulare in una certa misura il carico del ponte nelle condizioni fisiologiche. Come modello rappresentativo è stato scelto un ponte di quattro elementi rivestito esteticamente e supportato da due impianti in posizioni molari e premolari (34-x-x-37). Il ponte è stato cementato su basi in titanio.

Materiali

Pekkton® ivory è stato utilizzato come materiale per la struttura di tutti i provini testati:

- Cinque ponti fresati mediante CAD/CAM

Rivestimento estetico e cementazione:

- Materiale del rivestimento estetico:
 - colore dentale: anaxBLEND Flow (Anaxdent)
 - colore rosa: ProBase cold
- cemento: Multilink® Hybrid Abutment (Ivoclar Vivadent)

Condizionamento delle superfici

- Unione con il composito da rivestimento:
 - sabbiatura con Alox 110 μ m a pressione di 2 bar
 - priming con visio.link (Bredent)
- Unione con le basi in titanio:
 - sabbiatura con Alox 110 μ m a pressione di 2 bar
 - silanizzazione con Monobond Plus (Ivoclar Vivadent)
 - priming con visio.link (Bredent)

Metodi

Per simulare la flessione del ponte dovuta alla forze masticatorie, il carico è stato applicato ai due elementi intermedi. La prova è simile ad un «test di flessione a quattro punti», che si usa frequentemente per le prove meccaniche dei materiali.

L'ambiente di prova e la frequenza sono stati scelti seguendo la norma ISO 14801, Prova di fatica dinamica per impianti dentali. Il test è stato eseguito in soluzione di Ringer a 37°C, la frequenza è stata di 2 Hz. Il numero massimo di cicli di carico è stato di 2 milioni.

La forza applicata per questa prova è stata sinusoidale con un carico superiore di 500 N e un carico inferiore di 50 N. La resistenza a rottura residua dopo la prova di fatica è stata poi determinata in una prova statica.

Risultati: prova di fatica

L'esame allo stereomicroscopio dei provini non ha mostrato nessun danno dopo due milioni di cicli con carico superiore di 500N.

In alcuni casi sono stati riscontrati lievi segni di abrasione nelle aree di contatto dove il carico era stato applicato con le sfere in acciaio. Tuttavia questo non è considerato un insuccesso in quanto è noto che il contatto dente-metallo non è realistico. La pellicola di Teflon non aveva resistito completamente a 2 milioni di cicli senza riportare danni, per cui si è verificato un certo contatto diretto tra le sfere e la superficie del ponte.



Campioni rivestiti esteticamente e struttura

Risultati: resistenza statica residua

Dopo le misurazioni della prova di fatica, i provini sono stati caricati con la stessa geometria di carico e nelle stesse condizioni ambientali fino alla frattura. Il carico è stato applicato in controllo dello spostamento a 2 mm/min in soluzione di Ringer a 37°C. Prima dei test, i provini sono stati conservati per un'ora nelle stesse condizioni per ottenere un bilanciamento della temperatura.

I provini hanno raggiunto un valore medio maggiore di 2600N dopo il carico ciclico.

Conclusioni

La resistenza a fatica dei ponti di 4 elementi rivestiti esteticamente supera di molto il carico massimo che può essere esercitato sul materiale nelle condizioni naturali. In base a questi risultati si può ritenere che i ponti di quattro elementi con struttura realizzata in Pekkton® ivory, se progettati correttamente, siano resistenti a frattura per lungo tempo.

Simulazione numerica di un ponte a tre elementi nel confronto con materiali per ponti convenzionali.

Riassunto

Pekkton® ivory è un nuovo polimero ad alte prestazioni per l'uso in odontoiatria. Attualmente può essere utilizzato per restauri fissi (corone e ponti) e protesi dentali rimovibili. Questo studio si è concentrato sul comportamento meccanico e biomeccanico di un ponte realizzato in Pekkton® ivory, in particolare nel confronto con ponti convenzionali in titanio o leghe auree dentali e ha utilizzato il metodo agli elementi finiti (FE).

È stato modellato un ponte di tre elementi (da premolare a secondo molare) insieme con i tessuti duri e molli circostanti. Il modello è costituito da osso corticale e spongioso, legamento parodontale, denti, cemento, struttura e rivestimento estetico. Per testare il comportamento al carico meccanico, sull'elemento centrale è stato applicato un carico fino a 500 N, parallelo all'asse del dente o con un angolo di 30° rispetto a tale asse. Le simulazioni sono state eseguite con strutture di tre materiali diversi: Pekkton® ivory (4,4 GPa), titanio (110 GPa), lega aurea dentale (Ceramicor, 136 GPa).

L'uso di Pekkton® ivory come materiale della struttura ha mostrato una netta riduzione delle sollecitazioni meccaniche nella struttura (vedere figura 2), mentre le sollecitazioni nel rivestimento estetico erano aumentate (figura 3). Le variazioni del comportamento meccanico del ponte non avevano nessuna influenza sul carico del tessuto molle e duro circostante (vedere figura 4 per le sollecitazioni rilevate nel tessuto parodontale).

Sulla base di questi risultati si può affermare che il comportamento meccanico di Pekkton® ivory consente l'uso di questo materiale come alternativa ai classici materiali metallici per strutture.



Figura 1: Modello FE del ponte di 3 elementi.

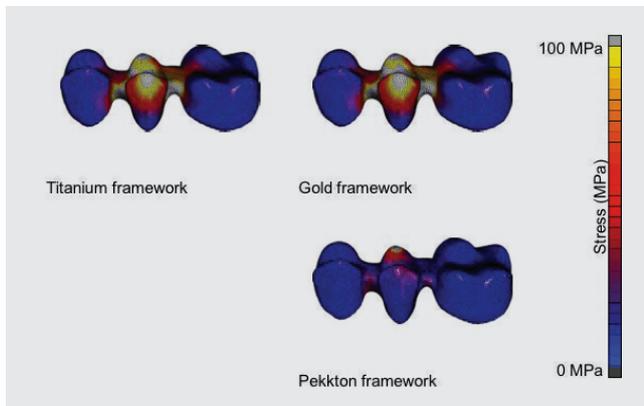


Figura 2: Sollecitazioni nella struttura per un carico di 500 N con un angolo di 30° rispetto all'asse del dente.

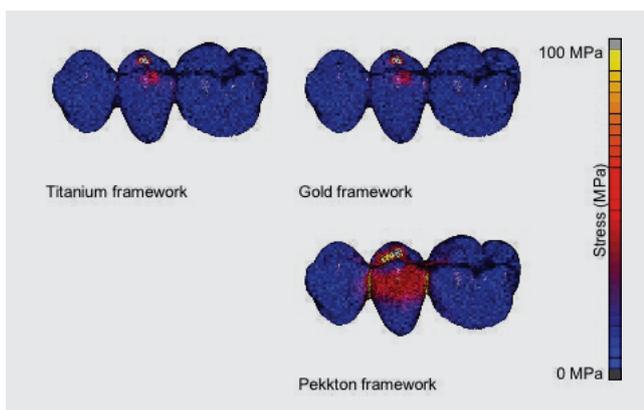


Figura 3: Sollecitazioni nel rivestimento estetico per un carico di 500 N con un angolo di 30° rispetto all'asse del dente.

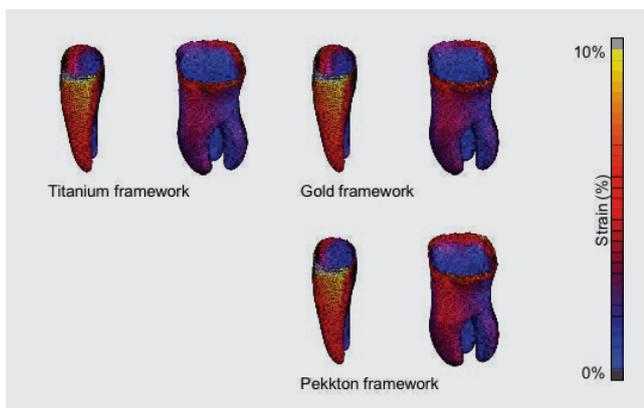


Figura 4: Sollecitazioni nel legamento parodontale per un carico di 500 N con un angolo di 30° rispetto all'asse del dente.

Simulazione numerica di un ponte di quattro elementi.

Riassunto

Pekkton® ivory è un nuovo polimero ad alte prestazioni per l'uso in odontoiatria. Attualmente può essere utilizzato per restauri fissi (corone e ponti) e protesi dentali rimovibili. Questo studio si è concentrato sul comportamento meccanico e biomeccanico di un ponte in Pekkton® ivory e ha utilizzato un metodo agli elementi finiti (FE).

È stato modellato un ponte di quattro elementi (dal primo premolare al secondo molare, vedere Fig. 1) supportato da due impianti (4,3 mm x 13 mm, Sison, Svizzera).

Il modello era costituito da struttura, rivestimento estetico, cemento, abutment, impianti e punzone di spinta. Per testare il comportamento al

carico meccanico, sui due elementi centrali è stato applicato un carico di 500 N con un angolo di 30° rispetto all'asse dell'impianto. Le simulazioni sono state eseguite con Pekkton® ivory (4,4 GPa) come materiale della struttura, prendendo in considerazione sia strutture rivestite esteticamente che ponti completamente anatomici.

La simulazione dei ponti rivestiti esteticamente ha mostrato una variazione rilevante delle sollecitazioni nel rivestimento rispetto a quelle della struttura adiacente dei ponti. Queste elevate variazioni delle sollecitazioni potrebbero causare, ad alti livelli di forza, la formazione di incrinature e scheggiature nel rivestimento e si dovrebbe prestare particolare cura nella scelta di un materiale per il rivestimento

estetico idoneo. Per i ponti completamente anatomici le sollecitazioni all'interno della struttura erano nella regione del limite di snervamento di Pekkton® ivory ad una forza di 500 N. Il risultato di queste indagini indicano che il polimero ad alte prestazioni oggetto di studio è una valida alternativa ai classici materiali per strutture nell'uso per ponti completamente anatomici non rivestiti. Per i ponti rivestiti esteticamente, il design e lo spessore della struttura, nonché le proprietà e i limiti del materiale di rivestimento sono influenti.

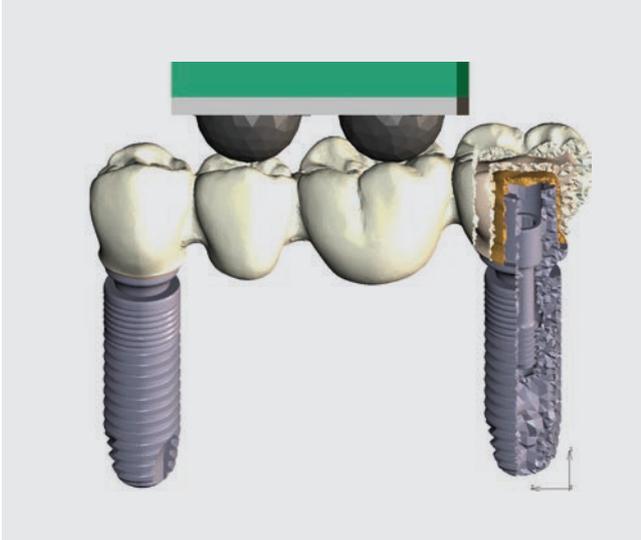


Figura 1: Modello FE del ponte di quattro elementi.

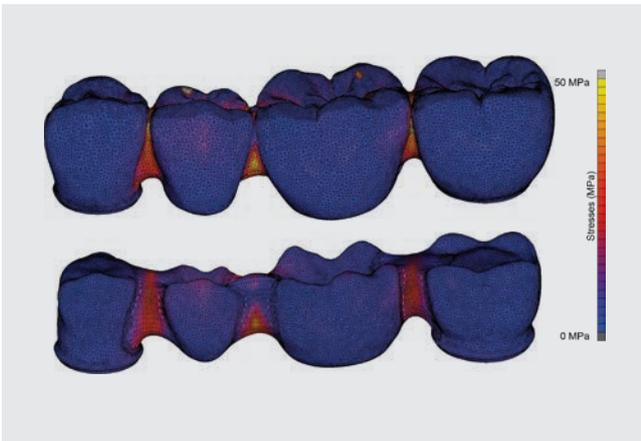


Figura 2: Sollecitazioni nel ponte completamente anatomico realizzato in Pekkton® ivory per un carico di 100N.

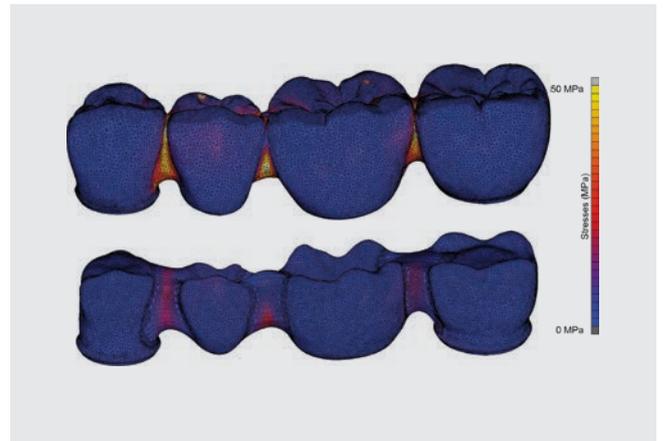


Figura 3: Sollecitazioni nel ponte rivestito esteticamente realizzato in Pekkton® ivory per un carico di 100N.

Biomeccanica del concetto All on Four nella mascella: analisi numerica.

Pekkton® ivory è un nuovo polimero ad alte prestazioni per l'uso in odontoiatria. Attualmente può essere utilizzato per restauri fissi (corone e ponti) e protesi dentali rimovibili. Questo studio ha eseguito un confronto preliminare del comportamento meccanico e biomeccanico di un ponte full-arch in Pekkton® ivory su quattro impianti nel mascellare inferiore con lo stesso ponte in titanio, utilizzando il metodo agli elementi finiti (FE). Particolare attenzione è stata posta sulla distribuzione delle deformazioni nell'osso come indicatore dell'osteointegrazione degli impianti.

È stato modellato un ponte idealizzato esteso sull'intera arcata (dal primo molare sinistro al primo molare destro, vedere Fig. 1) ancorato su quattro impianti (tioLogic, lunghezza 13 mm, diametro 4,2 mm, Dentaforum, Germania). Il modello era costituito dal ponte con abutment, impianti, osso e mucosa. Il contatto tra osso e impianto è stato modellato come non osteointegrato per simulare un carico immediato. Per testare il comportamento al carico meccanico, un carico di 400 N è stato applicato su uno degli impianti posteriori o è stato distribuito in uguale misura su tutti i quattro impianti. Le simulazioni sono state eseguite con strutture di due materiali diversi: Pekkton® ivory (4,4 GPa) e titanio di grado 5 (110 GPa).

Le simulazioni con la struttura in Pekkton® ivory hanno mostrato maggiori deformazioni nell'osso rispetto alla struttura in titanio (2000 μ strain per la struttura in Pekkton® ivory e 800 μ strain per la struttura in titanio quando veniva caricato un impianto posteriore, vedere Fig. 2 e 3), a causa dell'elasticità più elevata della struttura in polimero. Un aumento simile è stato riscontrato per il carico distribuito in uguale misura su tutti i quattro impianti (Fig. 4 e 5).

Mentre le deformazioni dell'osso aumentavano di circa 2,5 volte per il ponte in Pekkton® ivory, queste deformazioni rimanevano nel regime di carico fino a 4000 μ strain che è fisiologico per l'osso. Anche con l'aumentata elasticità del materiale della struttura non vi era nessun rischio evidente di eccessivo carico sull'osso.

Conclusioni

Il polimero ad alte prestazioni oggetto di studio Pekkton® ivory offre una valida alternativa ai classici materiali per strutture nell'uso per ponti completamente anatomici.

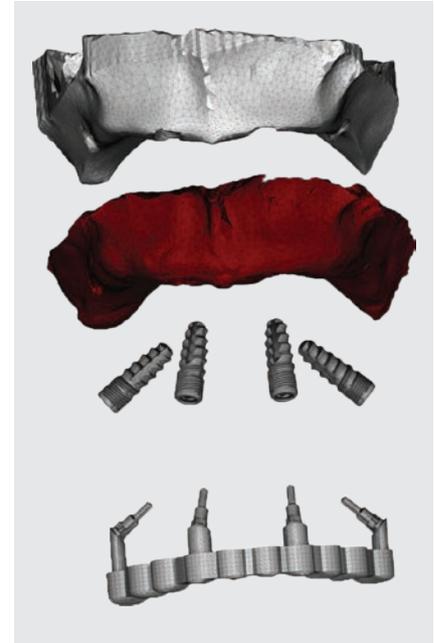


Figura 1: Componenti del modello FE usato in questo studio. Il modello dell'osso si basa su una scansione TC, mentre la superficie della mucosa si basa su una scansione ottica di un modello in gesso dello stesso caso clinico. Gli impianti sono stati modellati da dati CAD e il ponte idealizzato è stato modellato manualmente.

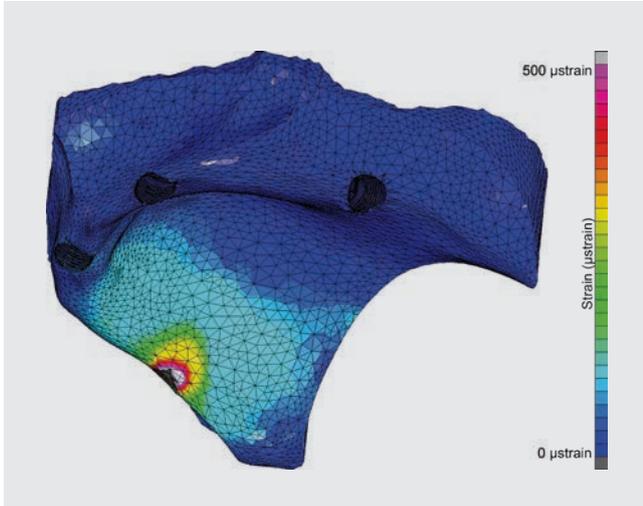


Figura 2: Deformazione nell'osso per il ponte in Pekkton® ivory con un carico di 400N applicato su un impianto posteriore.

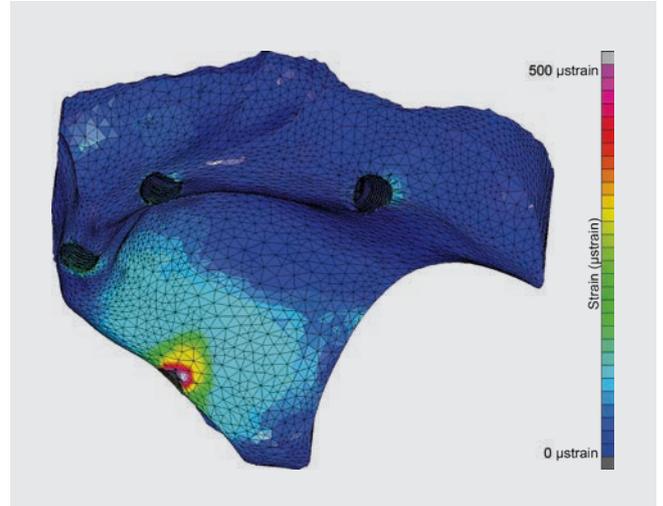


Figura 3: Deformazione nell'osso per il ponte in titanio con un carico di 400N applicato su un impianto posteriore.

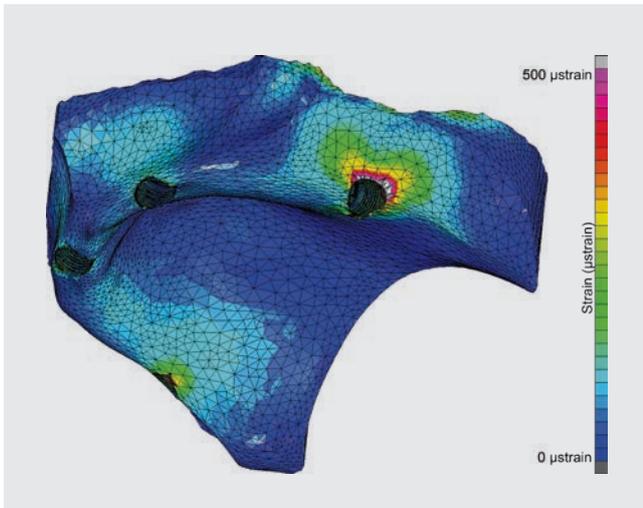


Figura 4: Deformazione nell'osso per il ponte in Pekkton® ivory con un carico di 400N distribuito in uguale misura su tutti i quattro impianti.

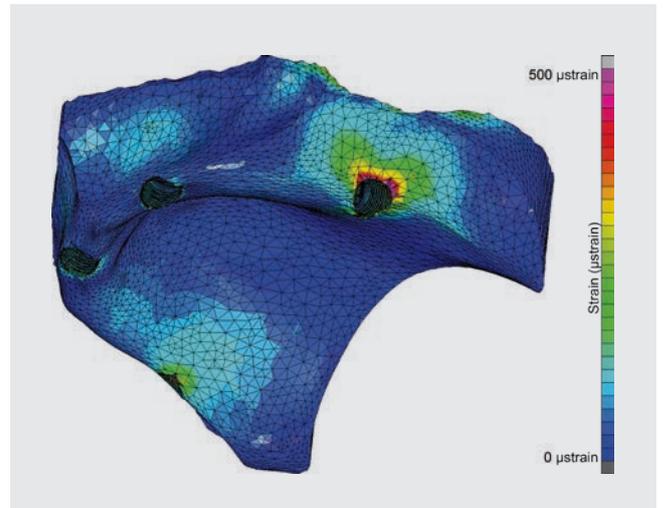


Figura 5: Deformazione nell'osso per il ponte in titanio con un carico di 400N distribuito in uguale misura su tutti i quattro impianti.

Prova di fatica dinamica su corone dentali.

Riassunto

Pekkton® ivory è un nuovo polimero ad alte prestazioni della famiglia dei poli-eter-chetone-chetoni per l'uso in odontoiatria. Scopo del presente studio era la valutazione del comportamento a fatica delle corone in Pekkton® ivory.

È stato deciso di effettuare i test utilizzando una corona molare. Per consentire prove sistematiche sulle corone, invece dei denti naturali sono stati usati per le corone dei monconi identici realizzati in PMMA (vedere 1). I provini sono stati fissati in corti tubi di rame e inseriti nel portacampioni di un apparecchio di prova per materiali in commercio («Dyna-Mess TP 5kN HF», DYNA-MESS Prüfsystem GmbH, Germania).

Per quanto applicabili, l'ambiente di prova e i parametri per il test a fatica sono stati presi dalla norma EN ISO 14801:2007, quindi la prova a fatica è stata eseguita in un fluido alla temperatura di $37(\pm 2)^{\circ}\text{C}$, con una frequenza massima di 2 Hz e un totale di 2×10^6 cicli di carico per ciascun provino. Dopo le precedenti prove a rottura statiche, sono stati testati livelli di forza da 600 N a 1200 N con incrementi da 150 N. Le incrinature nel rivestimento e le fratture delle corone sono state considerate insuccessi.

Nessuno dei provini testati ha ceduto con un livello di forza di 600 N. In base alla curva di Wöhler risultante si può affermare che il limite di fatica delle corone in Pekkton® ivory nella configurazione testata è superiore a 600 N. In prove simili effettuate su monconi in metallo (CoCr) invece che monconi in PMMA veniva riscontrato un limite di fatica di 750 N, leggermente più elevato.

Il limite di fatica determinato nel presente studio è altamente adatto per l'applicazione clinica.



Figura 1: Moncone realizzato in PMMA (a sinistra), corona molare rivestita esteticamente con struttura in Pekkton® ivory (al centro) e provino inserito in un corto tubo di rame all'altezza della giunzione cemento-smalto (a destra).



Figura 2: Provino nel portacampioni; la punta del punzone di spinta usato per il carico è posizionato al centro del piano oclusale (a sinistra). L'apparecchio di misurazione «Dyna-Mess TP 5kN HF» usato per le prove di fatica (a destra).

Livello di forza	Provini integri	Provini rotti (incrinature / fratture)
1200 N	0	2 (1/1)
1050 N	0	3 (2/1)
900 N	0	3 (2/1)
750 N	2	1 (0/1)
600 N	3	0 (0/0)

Figura 3: Panoramica Descrizione I tasso di sopravvivenza dei provini testati. I numeri tra parentesi si riferiscono rispettivamente al numero di provini con incrinature e al numero di provini con frattura completa.

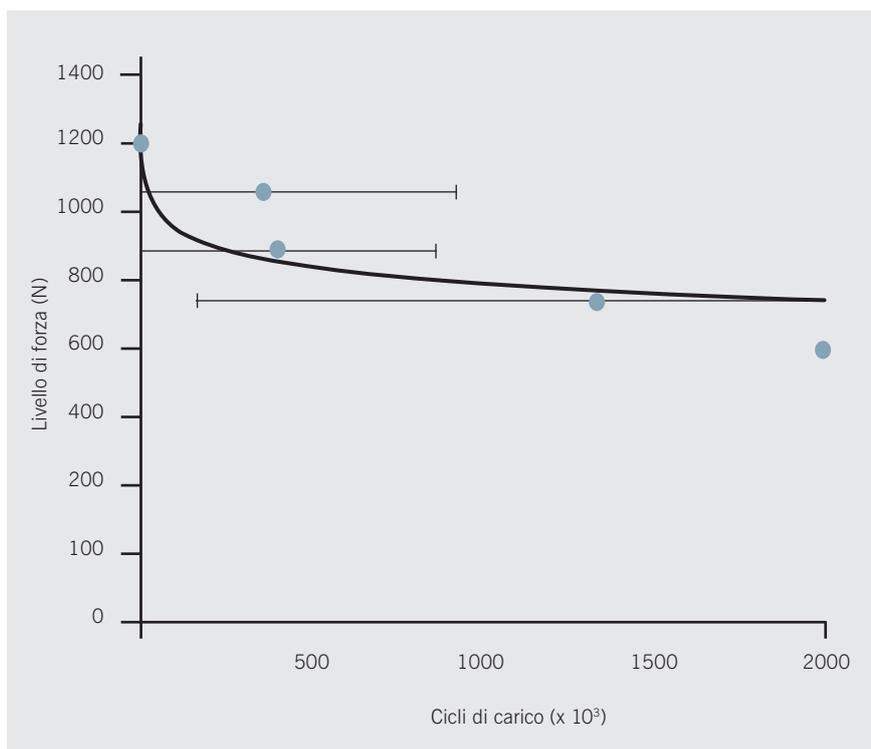


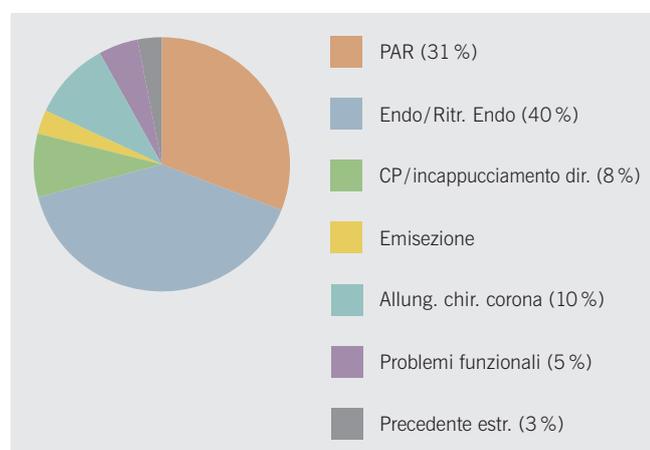
Figura 4: Curva di Wöhler per le prove di fatica eseguite.

Pekkton®: un polimero ad alte prestazioni in alternativa ai restauri dentali tradizionali?

Introduzione

Nell'odontoiatria moderna i restauri in ceramica integrale hanno un'importanza significativa. Rispetto ai restauri in metalloceramica si distinguono per l'estetica elevata, la biocompatibilità, il ridotto deposito di placca e la bassa conduttività termica.

I cosiddetti polimeri ad alte prestazioni potrebbero costituire un'alternativa, in quanto sono già largamente usati in medicina grazie alla loro buona tollerabilità.



1a

Materiali e metodi

In 23 pazienti del Centro di Odontoiatria, Stomatologia e Ortodonzia dell'università di Bonn con indicazione per un restauro provvisorio a lungo termine prima del restauro finale sono stati inseriti corone singole (n=25) o ponti di 3 elementi (n=17) come restauri provvisori a lungo termine (per i motivi vedere Fig. 1a). In ognuno dei pazienti sono stati inseriti per un periodo di 3 mesi un restauro in lega non nobile completamente rivestito in resina (Fig. 1c) e un restauro in polimero ad alte prestazioni Pekkton® ivory completamente rivestito in resina (Fig. 1b). I restauri provvisori a lungo termine, applicati temporaneamente con Life® (Kerr), sono stati esaminati in regolari controlli verificando il deposito di placca, la vitalità, la profondità di sondaggio, l'allentamento e il comfort d'uso del paziente (questionario OHIP-G 14). Dopo circa 3 mesi, i restauri sono stati sostituiti.

Dei 23 pazienti, 21 hanno potuto essere esaminati in controlli successivi.

La valutazione dell'indice di placca (secondo Silness & Loe) al termine del periodo di permanenza intraorale delle strutture dei due materiali, applicando il test di Wilcoxon non ha evidenziato differenze significative ($p < 0,05$, vedere 2b e 2c). Anche il confronto dell'indice di placca della situazione iniziale con quello in presenza dei restauri provvisori a lungo termine non mostra alcuna differenza significativa (vedere Fig. 2a). Confrontando solo l'indice di placca dei diversi restauri provvisori a lungo termine, l'indice di placca dei manufatti in Pekkton® ivory non risulta significativamente più elevato di quello dei manufatti in lega non nobile (test di Wilcoxon $p = 0,672$).

Se invece si confronta il deposito di placca dei restauri di entrambi i tipi con il deposito di placca complessivo di tutti i denti, si osserva un tasso di deposito significativamente più elevato per i restauri di entrambi i tipi (test di Wilcoxon $p = 0,02$). Questo tuttavia è dovuto in gran parte alla resina del materiale di rivestimento estetico (vedere fig. 2d), in quanto i valori relativi alle ghirlande di struttura non rivestite sono risultati inferiori a quelli dei punti misurati sui rivestimenti in resina.

Riassunto

Nessuno dei denti aveva perso vitalità. Dato che molti restauri presentavano come indicazione un precedente trattamento della parodontite prima del restauro definitivo, la maggior parte di tali restauri hanno mostrato un miglioramento nella profondità di sondaggio, ma in nessun caso un peggioramento.

I restauri in Pekkton® ivory sono idonei per l'uso clinico.

Una valutazione dettagliata di questo studio clinico sarà presentata come parte di una tesi di dottorato in corso.



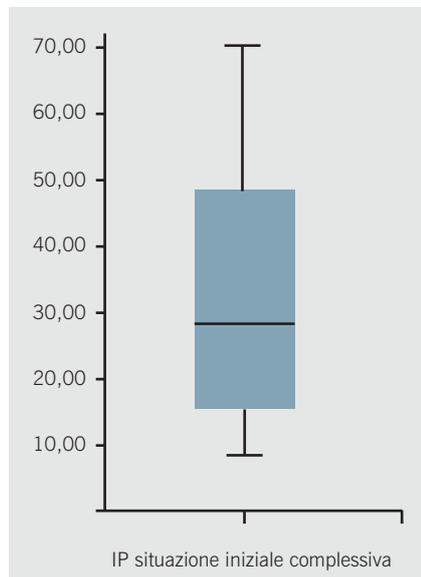
1b



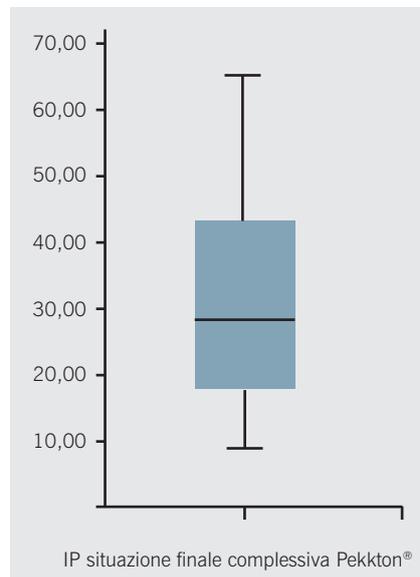
1c



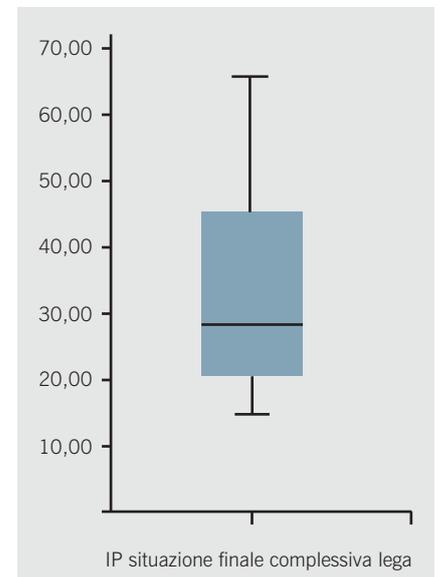
2d



2a



2b



2c

Condizionamento meccanico di superfici in funzione di vari parametri.

Obiettivo della prova

Sono state testate le qualità delle superfici di diversi materiali dentali (ceramiche, metalli e PEKK/PEEK) in relazione alla pressione di sabbiatura, alla granulometria e alla distanza del manipolo di sabbiatura. Nello studio è stata confrontata la rugosità superficiale delle superfici trattate.

Preparazione dei campioni

Con ognuno dei diversi materiali sono state preparate per la prova 10 piastrine con superficie liscia e lucidata di diametro minimo di 8 mm e spessore di 2 mm. Le superfici da misurare sono state trattate con carta abrasiva di granulometria 800–4000.

Condizionamento dei provini

Tutti i provini sono stati montati in uno speciale supporto perpendicolarmente all'uscita del manipolo di sabbiatura. Poi i campioni sono stati sabbiati per 10 secondi ciascuno a due pressioni diverse (1,5 e 2,5 bar), due distanze diverse (5 e 15 mm) e con due materiali abrasivi diversi (corindone 50 e 110).

Misurazioni

La durata della sabbiatura è stata di 10 secondi per ogni misurazione. I provini venivano spostati uniformemente avanti e indietro sulla superficie di prova. Il campione era montato su un sensore di forza (U9A, HBM, Darmstadt) con amplificatore di misurazione (MX840, HBM) in modo che la forza trasmessa al campione potesse essere misurata in modo continuo. Dopo una delicata detersione, la rugosità superficiale (R_z) è stata misurata sulla traccia della sabbiatura utilizzando un microscopio confocale a scansione laser (μ scan, NanoFocus, Oberhausen).

Risultati

Come era prevedibile, in tutti i gruppi alla granulometria più grossa corrispondeva una maggiore rugosità della superficie (110 μ m: 14–22 μ m / 50 μ m: 4–13 μ m). La rugosità superficiale di tutti i campioni aumentava leggermente anche con l'aumento della pressione di sabbiatura. La distanza della sabbiatura sembra avere un effetto limitato, se non nullo, sulla rugosità, mentre la rugosità superficiale aumenta

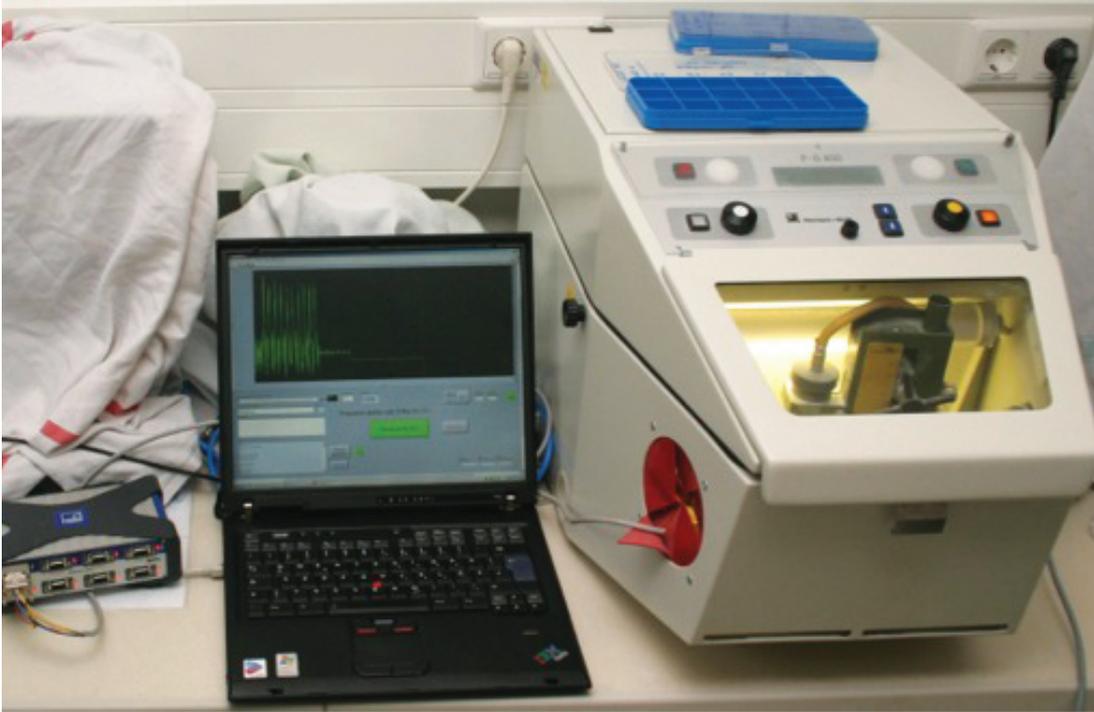
Gruppo	Parametri di sabbiatura
a	1,5 bar / 5 mm / 50 μ m
b	1,5 bar / 5 mm / 110 μ m
c	1,5 bar / 15 mm / 50 μ m
d	1,5 bar / 15 mm / 110 μ m
e	2,5 bar / 5 mm / 50 μ m
f	2,5 bar / 5 mm / 50 μ m
g	2,5 bar / 15 mm / 50 μ m
h	2,5 bar / 15 mm / 110 μ m

leggermente all'aumentare delle distanze. Tuttavia in parte non sono state osservate differenze.

Si può concludere infine che la rugosità superficiale può essere regolata principalmente attraverso la granulometria dell'abrasivo e che la pressione di sabbiatura come pure la distanza del campione dal manipolo di sabbiatura hanno un ruolo soltanto subordinato. Ciò significa che l'operatore può regolare liberamente il diametro del punto di sabbiatura variando la distanza senza incidere sul risultato. A parità di energia erogata, le resine si abradono più rapidamente dei metalli, mentre le ceramiche mostrano l'erosione minore. Poiché la pressione di sabbiatura ha un effetto limitato sulla rugosità ottenuta, si dovrebbe lavorare sempre con la pressione di sabbiatura più bassa possibile, per evitare di indurre microincrinature nelle ceramiche e, per tutti i materiali ma soprattutto nel caso delle resine morbide, di ridurre al minimo l'erosione complessiva del materiale.

Conclusioni per Pekkton®

Per ottenere una rugosità superficiale ottimale con Pekkton® al fine di garantire il migliore legame meccanico possibile con la minima erosione, si raccomanda di usare una granulometria di 110 μ m ad una bassa pressione di sabbiatura di 2 bar.



Gruppo	Fmax (N)	Rz (μm)
a	$0,079 \pm 0,005$	$7,7 \pm 0,6$
b	$0,097 \pm 0,001$	$14,5 \pm 0,8$
c	$0,087 \pm 0,002$	$10,1 \pm 1,3$
d	$0,092 \pm 0,003$	$15,8 \pm 1,0$
e	$0,091 \pm 0,003$	$8,3 \pm 0,6$
f	$0,161 \pm 0,003$	$17,2 \pm 1,1$
g	$0,091 \pm 0,002$	$10,2 \pm 0,9$
h	$0,116 \pm 0,005$	$16,8 \pm 1,5$
	PEKK* cristalino	

Resistenza dell'adesione di sistemi adesivi affermati con PEKK: durezza ed effetto del condizionamento della superficie.

Obiettivo della prova

Sono state testate la resistenza e la durezza dell'adesione di Pekkton® ivory con 4 tipi diversi di condizionamento e il fissaggio con un affermato sistema adesivo (Multilink Automix, Ivoclar Vivadent), sia inizialmente che dopo invecchiamento effettuato con conservazione in acqua e contemporanea sollecitazione con cicli termici.

Preparazione dei campioni

Per lo studio sono stati preparati 100 dischi per tipo aventi una superficie liscia e lucidata di 8mm di diametro e almeno 3,0mm di spessore. Le variazioni nel pretrattamento della superficie comprendevano i seguenti gruppi:
I tubi in plexiglass riempiti di composito (Multicore Flow, Ivoclar Vivadent) sono stati incollati sui provini preparati seguendo le istruzioni del fabbricante. La metodologia è stata una prova di trazione assiale (Kern, M., Thompson, V.P., Dtsch Zahnärztl Z 48, 769-772 (1993)).

Conservazione/invecchiamento dei provini

Tutti i provini sono stati dapprima conservati in acqua demineralizzata per 3 giorni a 37°C per una completa polimerizzazione. Poi un terzo dei campioni è stato testato immediatamente per verificare l'adesione, il secondo terzo è stato testato dopo invecchiamento artificiale con 10000 cicli di variazione termica (durata 30 giorni) e l'ultimo terzo è stato testato dopo 37500 cicli di variazione termica (durata 150 giorni), tutti da 5 a 55°C.

Risultati

Le prove di adesione hanno mostrato che le forze di adesione più elevate sono state ottenute con la silicizzazione e successiva silanizzazione, seguite da un priming con un adesivo a base di MMA o resina acrilica.

Conclusioni

Non sono stati esaminati sistemi alternativi a silicizzazione, silanizzazione o priming.

Prendendo in considerazione i dati esistenti, sarebbe raccomandabile silicizzare, silanizzare e poi pretrattare con un primer il Pekkton® ivory cristallino. Un prolungamento del tempo di azione del primer non appare necessario.

Ulteriori approcci all'attivazione della superficie potrebbero essere esaminati.

Risultati

Gruppo	Meccanico	Priming
1. Pre	Sabbiatura con corindone (2,5bar/10s)	–
2. PrePri	Sabbiatura con corindone (2,5bar/10s)	Luxatemp Glaze&Bond (tempo di azione 20s/fotopolimerizzazione 20s)
3. PrePri+	Sabbiatura con corindone (2,5bar/10s)	Luxatemp Glaze&Bond (tempo di azione al buio 5 min/fotopolimerizzazione 20s)
4. PrePlus	Rocatec Soft	Monobond Plus
5. PrePlusPri	Rocatec Soft	Monobond Plus, poi Luxatemp Glaze&Bond (tempo di azione 20s/fotopolimerizzazione 20s)

Fig. 1

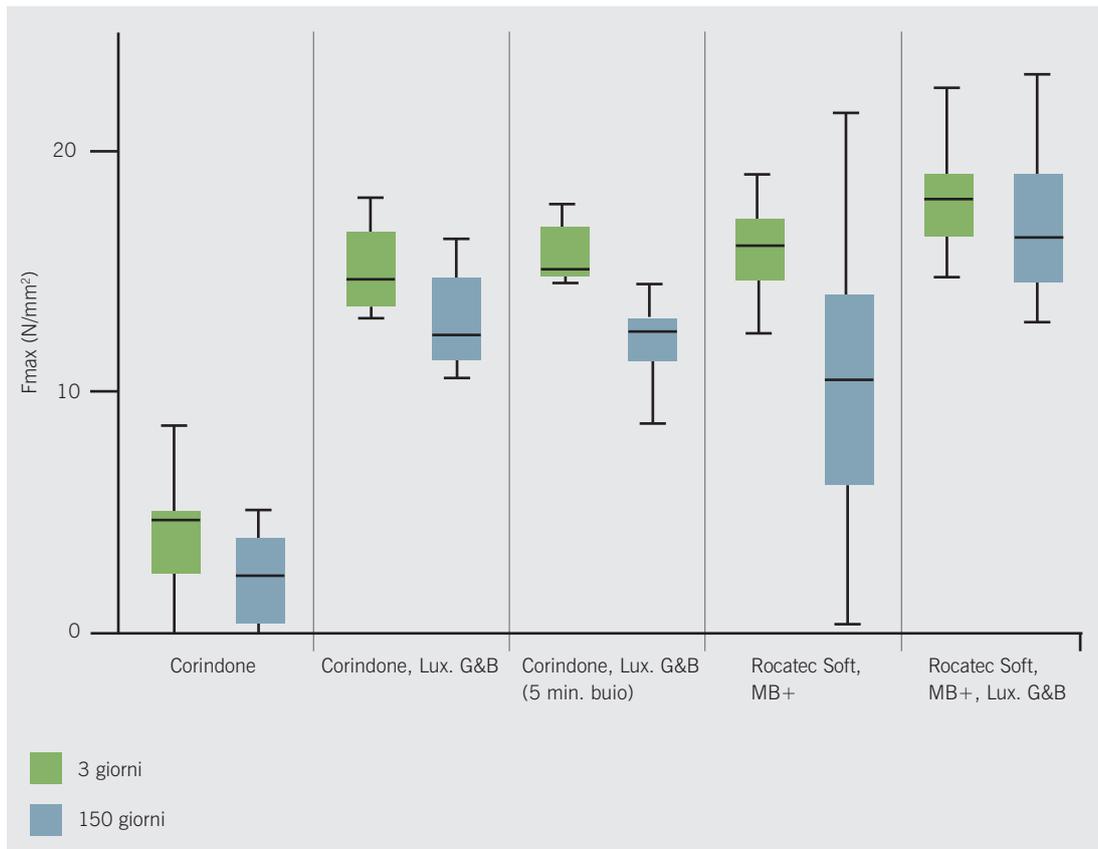


Fig. 2

Forze di ritenzione e comportamento a fatica di ganci in resine termoplastiche.

Obiettivo della prova

Nell'ambito di questo studio sono state valutate le forze di ritenzione di ganci utilizzati come elementi ritenitivi di protesi rimovibili e realizzati in diverse resine termoplastiche, in un confronto con ganci in lega non nobile. Particolare attenzione è stata dedicata alla diminuzione delle forze di attrito, cioè alla perdita di ritenzione dopo molteplici cicli di inserzione-rimozione, selezionando il livello di carico in modo da corrispondere a diversi anni di uso clinico da parte del paziente.

Preparazione dei campioni e procedura del test

Per mantenere la massima confrontabilità possibile dello studio, sono state realizzate su denti artificiali con l'ausilio di un braccio parallelo due preparazioni campione parallele all'asse, di design standard, per un gancio per protesi su premolari. Il sottosquadro è stato variato tra 0,25 mm, che rappresenta lo standard, e 0,5 mm. Per lo spessore delle alette, è stato scelto un valore di 1,4 mm nel caso dei ganci in lega non nobile, e invece uno spessore di 2 e uno di 3 mm nel caso dei ganci in resina.

Questi modelli sono stati duplicati con la tecnica dello stampaggio a iniezione.

Per le prove di carico, le corone campione preparate state formate nuovamente e fuse in lega non nobile.

I cicli di inserzione-rimozione sono stati eseguiti con un simulatore di masticazione Willytec, SDMechatronik. La registrazione delle forze durante l'inserzione e la rimozione è avvenuta con sensori di forza (U9B, Kistler, DE).

Uno speciale software è stato programmato in LabView (National Instruments, DE) per una registrazione il più completa possibile di tutti i cicli. Questo software di registrazione legge continuamente i segnali di forza di tutti gli 8 canali con una frequenza di misurazione di 1 kHz, identifica i singoli cicli sulla base dei valori predefiniti di soglia e isteresi, quindi determina i valori della forza minimi e massimi corrispondenti (Fig. 1).

Le protesi vengono rimosse e reinserte circa quattro volte al giorno. Ciò corrisponde a circa da 1460 a 1500 cicli di inserzione-rimozione in un anno. Quindi 15.000 cicli eseguiti in vitro corrispondono a circa 10 anni di uso clinico. Sono stati realizzati, misurati e valutati otto provini per gruppo. Ciascun gruppo di materiale è stato diviso in 2 sottogruppi in base allo spessore del braccetto del gancio (2 mm e 3 mm) e questi sono stati poi suddivisi nuovamente in 2 sottogruppi in base al sottosquadro della preparazione (0,25 mm e 0,5 mm). I ganci in lega CoCr sono stati realizzati soltanto in un unico gruppo di forma standardizzata a titolo di confronto (sottosquadro: 0,25 mm / spessore del braccetto: 1,4 mm).

Discussione

Sato et al.¹ hanno suggerito che una forza di ritenzione di 5 N sia necessaria per una adeguata funzione delle protesi con ganci. Frank and Nicholls² hanno dimostrato che valori di 3–7,5 N rappresentano una forza di ritenzione accettabile per le protesi in estensione bilaterale. I risultati di questo studio indicano che i ganci realizzati in resine termoplastiche dimostrano una forza di ritenzione media di 1,7–3,7 N per i ganci di spessore 1,0 mm e tra 5,4 e 10,8 N per i ganci di spessore 1,5 mm, quindi ottengono una ritenzione sufficiente per le protesi rimovibili (Fig. 2).

Precedenti studi sulla resistenza a fatica dei ganci in CoCr mostrano, come anche questo studio, una perdita parzialmente significativa di ritenzione a causa della deformazione permanente del metallo (Fig. 3). I risultati di questo studio dimostrano che i ganci in resine termoplastiche non presentano alcun differenza significativa tra i valori di ritenzione iniziali e quelli finali dopo 15000 cicli.

Conclusioni

Entro i limiti del presente studio è stato determinato che i polimeri termoplastici ad alte prestazioni dopo 15000 cicli di inserzione-rimozione dimostrano una forza di ritenzione significativamente minore rispetto ai ganci in CoCr, ma sono relativamente stabili per tutta la durata dei cicli e possono quindi dimostrare di essere adeguati per l'uso clinico.

Estratto dai risultati:

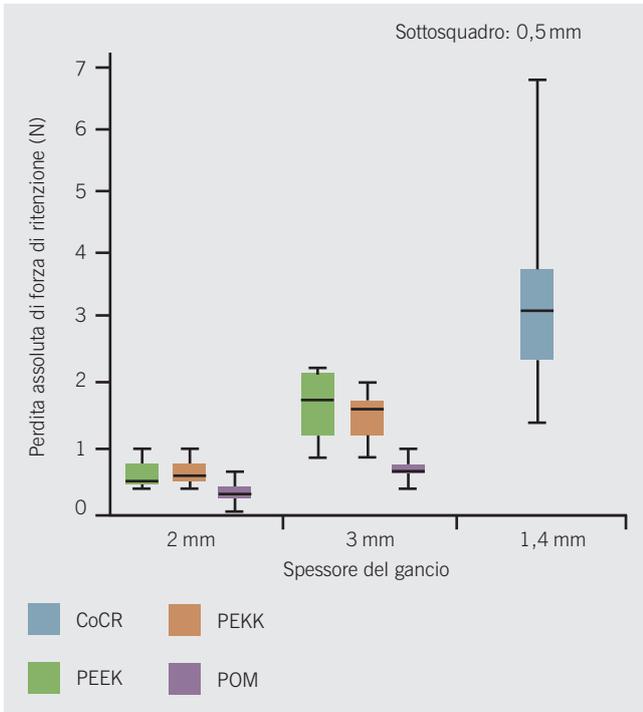


Fig. 1

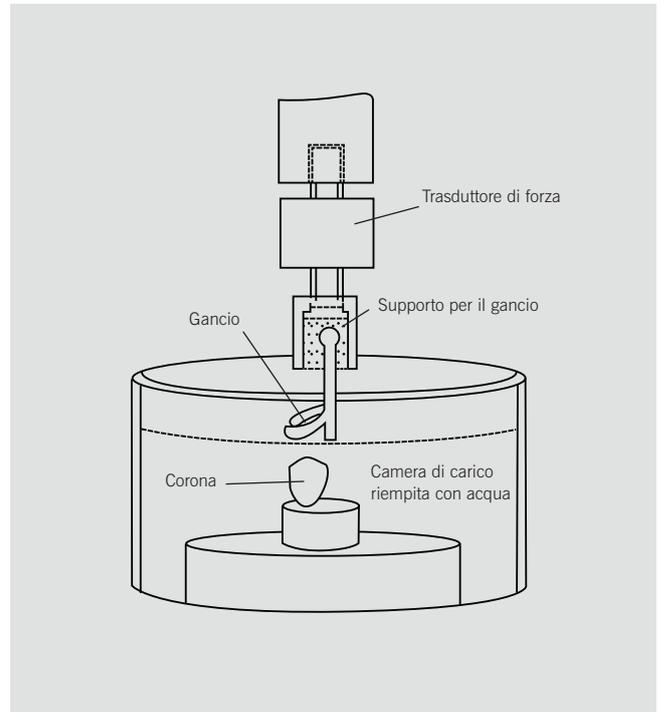


Fig. 2

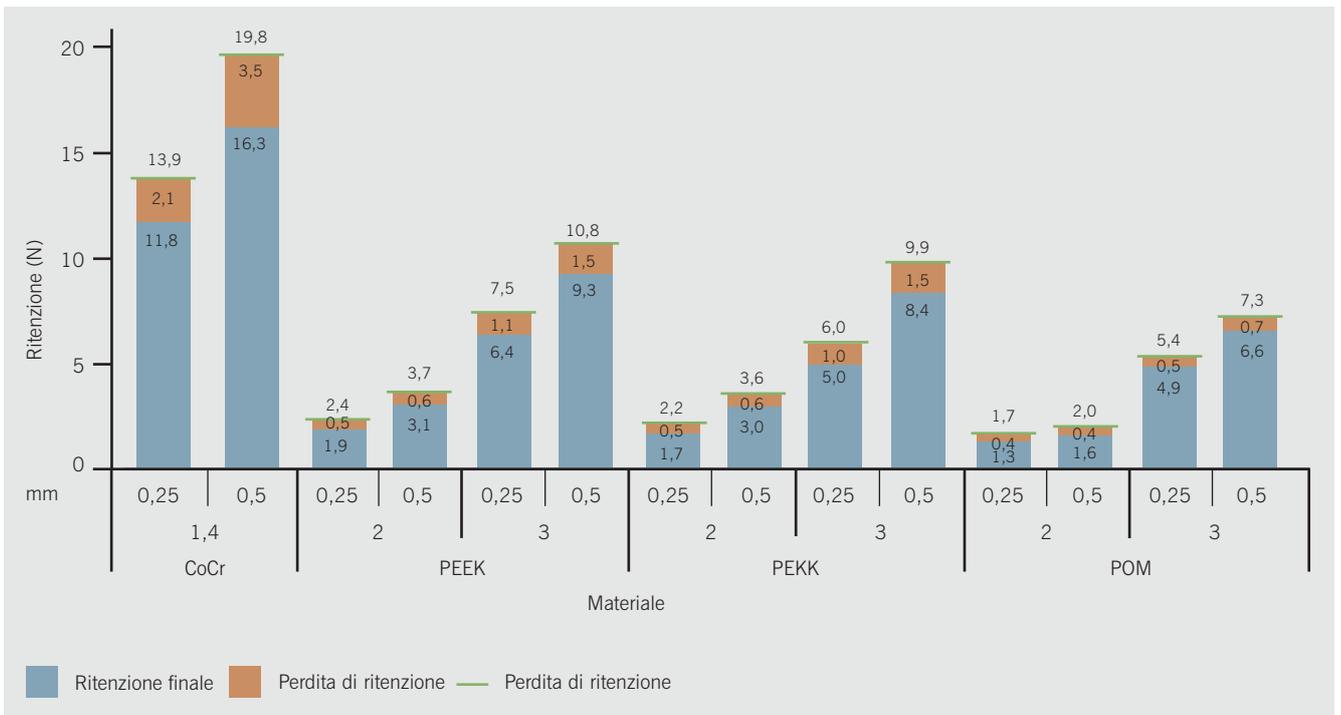


Fig. 3

1 Sato Y, Tsuga K, Abe Y, Asahara S, Akagawa Y. Analysis of stiffness and stress in I-bar clasps. J Oral Rehabil 2001;28:596-600.

2 Frank RP, Nicholls JI. A study of the flexibility of wrought wire clasps. J Prosthet Dent 1981;45:259-67.

Proprietà ottiche.

Scopo dello studio

Valutazione della riflessione spettrale e del colore di Pekkton® ivory (PK) come materiale usato per realizzare restauri indiretti rivestiti esteticamente con composito fotopolimerizzabile (LC), nel confronto con sistemi equivalenti zirconia-composito (YZ-LC) e zirconia-porcellana dentale (YZ-DP) per valutare l'effetto dei diversi materiali della sottostruttura sullo stesso materiale di rivestimento estetico.

Metodi

Uno spettrometro (CM-2600d Konica Minolta Sensing, Inc., Giappone) è stato utilizzato per determinare la riflessione spettrale di ciascun materiale su sfondi bianchi e neri usando un illuminante D65. Le coordinate di colore CIE $L^*a^*b^*$ e la differenza di colore (ΔE) sono state determinate in base ai dati di riflessione.

Campioni dei materiali della sottostruttura Pekkton® ivory e In-Ceram® YZ (Vita Zahnfabrik) e dei materiali di rivestimento estetico LC e DP (VM9, Vita Zahnfabrik) sono stati realizzati ($n=3$) come campioni monostrato di spessore 1,0 mm. Campioni di due strati ($n=3$) sono stati realizzati utilizzando i materiali del rivestimento e della sottostruttura di tonalità equivalente con uno spessore di 1,3 mm (raccomandazione clinica 0,8 mm per la sottostruttura e 0,5 mm per il rivestimento estetico).

Ciascun gruppo era costituito da tre campioni ($n=3$) di grandezza sufficiente a coprire l'apertura di 3 mm della maschera target dello spettrometro. Tutti i provini sono stati lucidati con carta abrasiva impermeabile SiC P400 e P800 sotto acqua corrente in una lucidatrice a disco rotante (Metaserv Buehler, UK).

Conclusioni

La presenza di un diverso materiale della sottostruttura non ha provocato alcuna differenza significativa nelle proprietà ottiche tra i due gruppi Pekkton® ivory-composito e zirconia-composito.

Risultati

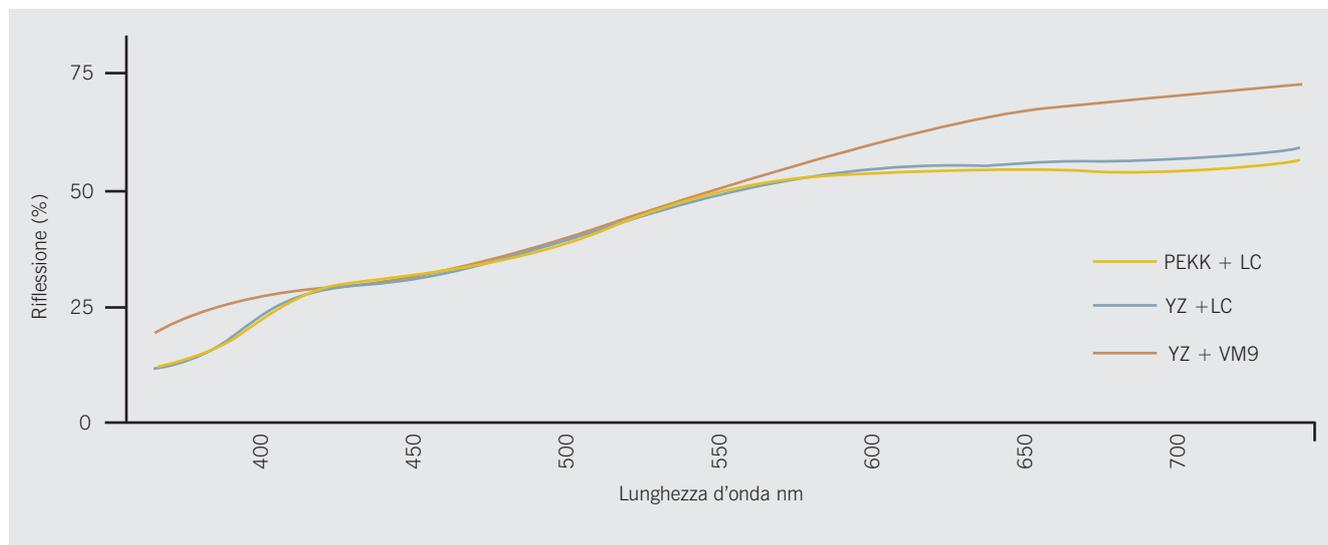


Figura 1: Curva dei dati della riflessione spettrale relativi ai campioni laminati su sfondo bianco

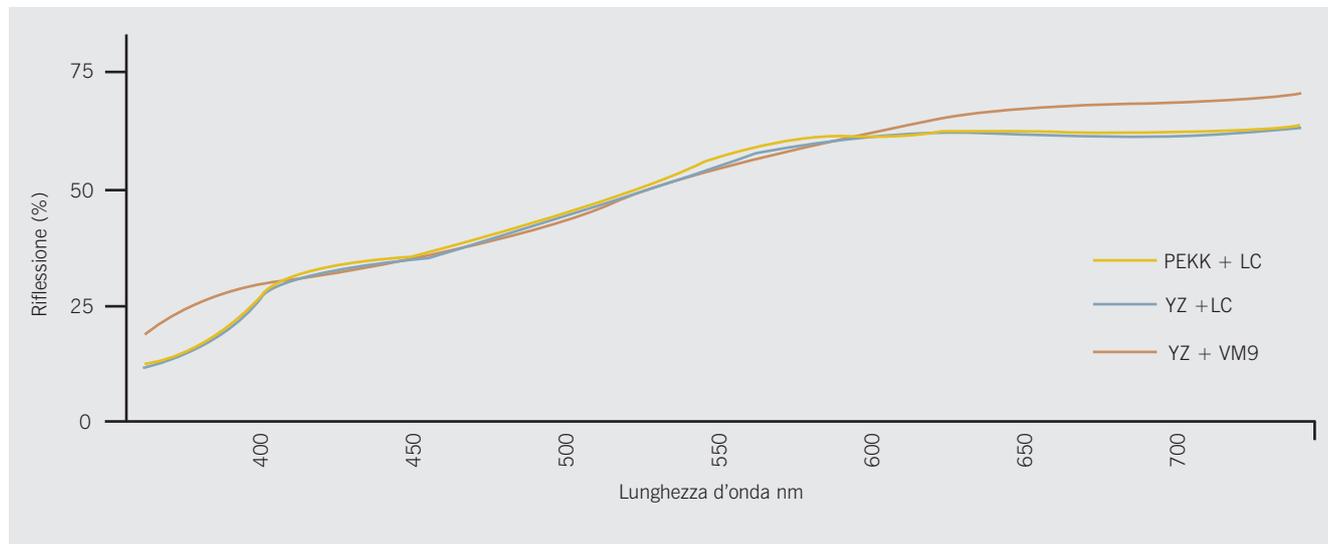


Figura 2: Curva dei dati della riflessione spettrale relativi ai campioni laminati su sfondo nero

Materiale	L*		a*		b*	
	Nero	Bianco	Nero	Bianco	Nero	Bianco
PK-LC	74,26 ^a	74,51 ^a	2,29 ^a	2,31 ^a	17,83 ^a	17,81 ^a
YZ-LC	74,10 ^a	74,67 ^a	2,40 ^a	3,17 ^a	18,65 ^a	19,21 ^a
YZ-DM	73,99 ^a	76,40 ^a	3,85 ^a	6,15 ^a	18,12 ^a	21,64 ^a

Tabella 1: Valori CIE L*a*b* dei campioni laminati su sfondo nero e bianco*.

* I gruppi con lettere in apice diverse indicano differenze significative (P<0,05) e i gruppi con lettere in apice identiche indicano che non vi è nessuna differenza significativa (P>0,05).

Assorbimento d'acqua e solubilità.

Scopo dello studio

Secondo la norma ISO 4049:2009, l'assorbimento d'acqua non deve superare $32\mu\text{g}/\text{mm}^3$ sia per i materiali termopolimerizzabili che per quelli autopolimerizzabili. La perdita di massa per unità di volume (materiale solubile) non deve superare $1,6\mu\text{g}/\text{mm}^3$ per i materiali termopolimerizzabili e $8,0\mu\text{g}/\text{mm}^3$ per i materiali autopolimerizzabili. Lo scopo della prova è determinare e confrontare l'assorbimento d'acqua e la solubilità di Pekkton® ivory secondo questa norma.

Materiali e metodo

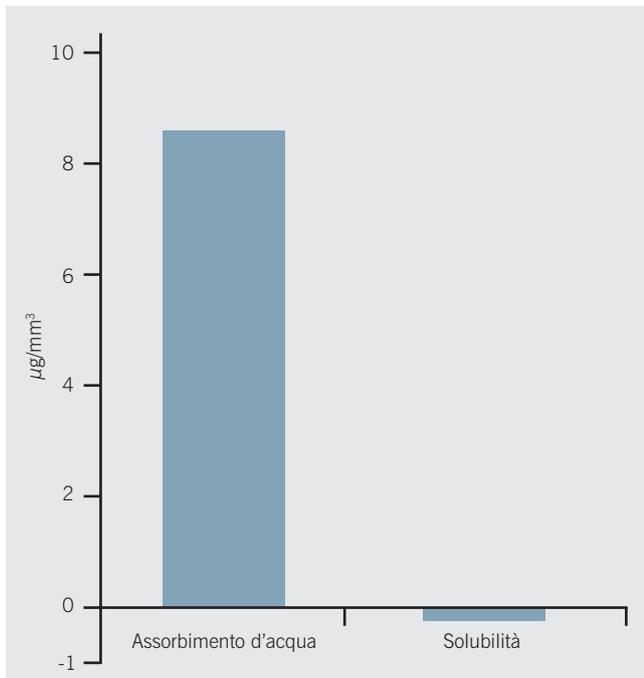
Le prove di assorbimento d'acqua e solubilità sono state eseguite in conformità con la norma ISO 4049:2009. I dischi campione sono stati essiccati utilizzando un sistema di cicli in due essiccatori, uno mantenuto a $37\pm 2^\circ\text{C}$ e l'altro mantenuto a $23\pm 2^\circ\text{C}$. Sono stati preparati sei (6) provini paralleli per ciascun gruppo. I provini sono stati pesati e poi posti nell'essiccatore a 37°C per 22 ore. Dopo 22 ore, i provini sono stati prelevati e conservati nell'altro essiccatore per 2 ore, quindi pesati con precisione di 0,1 mg. Questo ciclo è stato ripetuto fino ad ottenere una massa costante, cioè fino a quando la perdita di massa di ciascun provino risultava non superiore a 0,1 mg in qualsiasi punto temporale del periodo di 24 ore (sistema a due essiccatori). Dopo l'asciugatura finale, il diametro dei provini è stato misurato in due posizioni con una precisione di 0,01 mm ed è stato calcolato il diametro medio. Lo spessore dei provini è stato misurato al centro del provino in quattro punti equidistanti dalla circonferenza, con una precisione di 0,01 mm. I provini sono stati immersi in acqua (10 ml per provino) a 37°C per 7 giorni. Dopo 7 giorni i provini sono stati estratti dall'acqua. Prima della pesatura i provini sono stati puliti dall'acqua, l'acqua in eccesso è stata asciugata tamponando fino a quando il provino non presentava tracce d'acqua visibili e il campione è stato agitato in aria per 15 secondi. Il peso dei provini è stato misurato 1 minuto dopo l'estrazione dall'acqua. Dopo la pesatura i provini sono stati ricondizionati fino a raggiungere una massa costante usando nuovamente il sistema di cicli in due essiccatori.

Conclusioni

Pekkton® ivory ha soddisfatto i requisiti corrispondenti della norma ISO 4049 con valori sostanzialmente bassi.



Risultati



	Peso (%)	$\mu\text{g}/\text{mm}^3$
Assorbimento d'acqua	0,59	8,7
Solubilità	0,17	-0,2

Casi clinici.

Circolare su impianti (1).

Riabilitazione di un'arcata totalmente edentula con materiali moderni e tecniche tradizionali.



Situazione iniziale

La paziente si presentava dopo aver perso tutti i denti dell'arcata superiore a causa di una malattia parodontale avanzata non trattata. Dopo aver trattato questa condizione e ristabilito un buono standard di igiene orale, il clinico che la trattava faceva realizzare una protesi totale mobile. Se da una parte questo approccio aveva successo, dall'altra mancava qualcosa. La maggior parte dei pazienti sopporta male il passaggio dai denti all'edentulia totale e la nostra paziente non faceva eccezione. Oltre alla mancanza di fissaggio e stabilità della protesi, la paziente trovava anche che vivere con un palato di plastica fosse «un disagio». In aggiunta a questi problemi funzionali, secondo la paziente il colore dei denti era «ok», ma che per tutto il resto la protesi non era «affatto giusta».

Lo stadio successivo della riabilitazione della paziente è stato l'inserimento di 6 impianti nel mascellare superiore. Dopo aver completato tutte le consuete ed estremamente importanti fasi della pianificazione, arrivava il momento per l'importante valutazione della prova del sorriso. Il nuovo manufatto supportava meglio le labbra, rivitalizzando l'aspetto estetico sia in prospettiva frontale che di profilo. Il denti più grandi si adattavano molto meglio al viso della paziente e il loro riposizionamento le

conferiva un aspetto più giovanile. Infine è stata stabilita la nuova dimensione verticale per dare forma e funzione corrette. A questo punto abbiamo discusso con tutto il team, paziente inclusa, quali materiali usare per la realizzazione della protesi definitiva.

Gli aspetti importanti erano: la sensazione di comfort del restauro, l'estetica, per un aspetto giovanile e luminoso, e la simmetria complessiva. Dopo aver esaminato le opzioni, abbiamo deciso



che sarebbe stato un caso perfetto per Pekkton® ivory. Abbiamo lavorato per anni con diversi polimeri su casi simili e avevamo perfezionato una tecnica per integrare polimeri, ceramica e compositi in una protesi che chiamavamo «ponte BDT». Abbiamo discusso dettagliatamente con tutto il team sulle ragioni per cui avremmo dovuto applicare questa tecnica e il motivo principale erano le proprietà dei polimeri, in particolare di Pekkton® ivory, che è estremamente adatto per questo tipo di applicazione.

Conclusioni

Le strutture in Pekkton® ivory forniscono al paziente un restauro estetico, leggero ed estremamente resistente che offre una capacità di assorbire gli urti non riscontrabile nei tradizionali materiali per restauri implantari.

Casi clinici.

Circolare su impianti (2).

Ricostruzione avvitata su 5 impianti, amovo-inamovibile, con una struttura per ponte in Pekkton® ivory.



Situazione iniziale

La paziente di 61 anni, di sesso femminile, non era più soddisfatta delle protesi parziali esistenti e desiderava un nuovo restauro protesico. La dentatura residua nel complesso presentava carie secondarie ed era affetta da parodontite cronica di grado medio. Nell'arcata inferiore i denti erano fortemente ricostruiti e non presentavano carie. La prognosi dei denti dell'arcata superiore era sfavorevole.

Lo scheletrato esistente era insufficiente sia dal punto di vista funzionale che da quello estetico. Il piano di trattamento comprendeva l'estrazione dei denti superiori e la trasformazione diretta della protesi parziale esistente in una protesi totale immediata. Successivamente erano pianificati impianti e una protesi amovo-inamovibile.



Discussione

I circolari su impianti (le cosiddette protesi «full-arch») vengono realizzati con struttura metallica (metallo prezioso, CoCr o titanio) e ceramica (ponti in metallo-ceramica), e da qualche tempo anche in zirconia. La realizzazione di questi ponti con polimeri ad alte prestazioni come Pekkton® ivory è recente e desta una crescente attenzione. Tra i vantaggi del materiale Pekkton® ivory si contano la minima flessibilità (quindi l'adattabilità), la buona resistenza e la facilità di lucidatura. Anche le possibilità estetiche sono eccellenti. I costi di un restauro in Pekkton® ivory sono considerevolmente più convenienti (circa il 35 % inferiori) di un manufatto rivestito esteticamente su struttura in metallo o zirconia. E questo mantenendo una maggiore creazione di valore aggiunto nel mio laboratorio.

Conclusioni

I ponti supportati da impianti in Pekkton® ivory sono di qualità estetica elevata, hanno un prezzo molto interessante e sono quindi molto promettenti per il futuro. I restauri in Pekkton® ivory vengono controllati periodicamente in studio. Notevoli sono le loro buone condizioni dopo un periodo d'uso prolungato. Con una igiene orale di livello medio, la prognosi a lungo termine può essere positiva. Il motivo sta probabilmente nella bassa elasticità della struttura del ponte, nelle buone proprietà dei materiali del restauro estetico e nell'adattamento passivo degli abutment incollati.

Casi clinici.

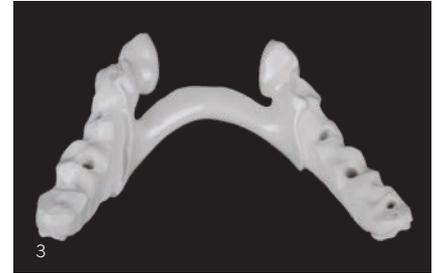
Ricostruzione avvvitata su impianti nell'arcata superiore e inferiore.



- 1 Situazione iniziale: impianti con monconi implantari fresati individualmente
- 2 Negativo del montaggio dei denti
- 3-4 Il risultato finale della fresatura della struttura in Pekkton® ivory per il restauro dell'arcata superiore
- 5 Applicazione dei denti artificiali prefabbricati sulla struttura in Pekkton® ivory con resine di colore dentale, senza necessità di opaco sulla struttura
- 6 Manufatto completato con resina rosa (senza opaco rosa)
- 7 Vista dettagliata del manufatto superiore
- 8-9 Lavoro in sito

Casi clinici.

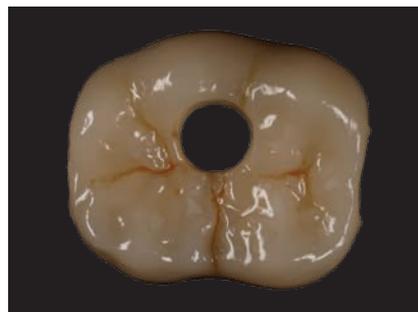
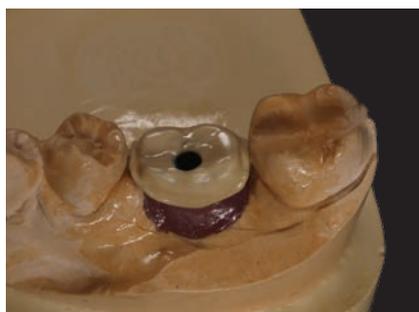
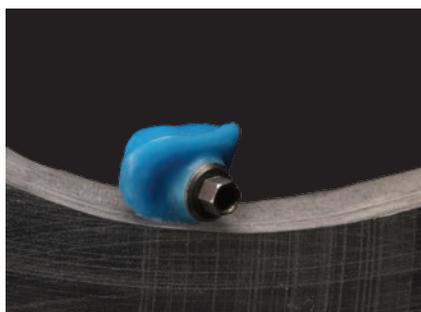
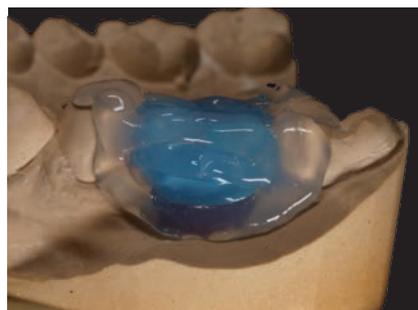
Protesi telescopica mandibolare con barra sublinguale.



- 1 Situazione iniziale con le corone primarie fresate in zirconia
- 2 Il risultato fresato in Pekkton® ivory. Le corone primarie sono state scansionate con lo scanner a contatto DS10 Renishaw e il tutto con lo scanner Zirkonzahn S600-ART1
- 3 La struttura finale lucidata in Pekkton® ivory
- 4-5 Il manufatto completo
- 6-9 Lavoro in sito

Casi clinici.

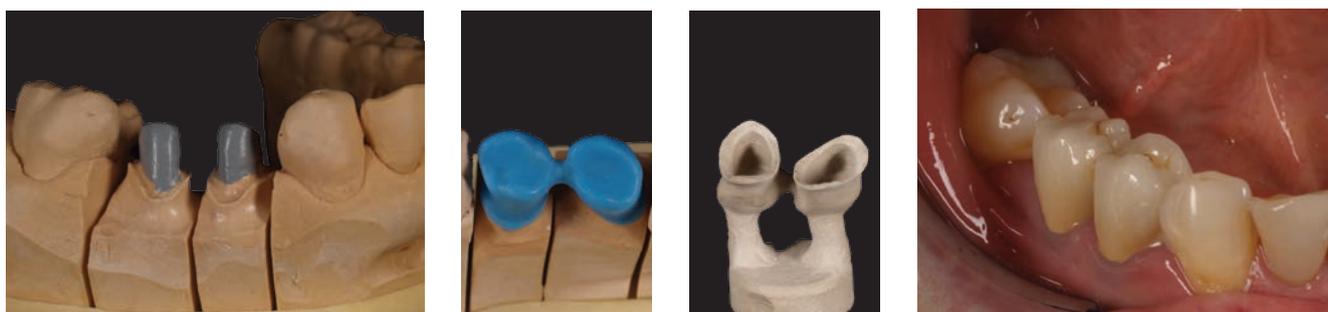
Corona molare avvitata su impianto.



Il clinico decideva che un paziente, di circa 50 anni di età, doveva portare per diversi mesi un provvisorio prima della realizzazione del restauro definitivo. Pertanto abbiamo optato per un manufatto in Pekkton® ivory su un impianto con base in metallo.

Casi clinici.

Due premolari insieme su denti naturali.



Paziente di 60 anni; in questo caso i restauri in Pekkton® ivory sono stati scelti per le loro proprietà di assorbimento degli urti, dato che l'arcata antagonista presentava un ponte circolare.

Casi clinici.

Corone su denti naturali.

Antefatti e obiettivi del trattamento

La paziente, di sesso femminile e 39 anni di età, giungeva al nostro policlinico con il desiderio di rinnovare i restauri protesici dei denti 17, 16, 15 nonché dei denti 46 e 47 dopo valutazione specialistica. Da quando erano state inserite, altrove, le corone, la paziente lamentava disturbi ai denti e alla gengiva circostante. All'esame clinico la gengiva appariva leggermente arrossata. Dal punto di vista funzionale non si evidenziavano problemi.

Anamnesi e riscontri

L'esame radiografico mostrava una radiotrasparenza apicale dei denti 46 e 47. La condizione parodontale misurata riscontrava una profondità di sondaggio massima di 5 mm e un grado di forcazione I per il dente 17, di 5 mm anche per il 16 con un grado di forcazione II, di 4 mm per il 15, di 5 mm con grado I per il 46 e di 4 mm con grado I per il 47.

Piano di trattamento

Prima di tutto venivano trattati endodonticamente i denti 46 e 47. Le corone esistenti venivano rimosse e tutti i 5 denti venivano restaurati con provvisori a lungo termine in Pekkton® ivory e in metallo non nobile nell'ambito di uno studio clinico. Dopo 6 mesi veniva eseguito il controllo endodontico e ripetuta la valutazione parodontale. La paziente dopo 6 mesi non presentava disturbi.

Commenti e conclusioni

Nello studio citato sopra, non sono state osservate differenze significative riguardo alla qualità di vita riferita all'igiene orale percepita soggettivamente (OHIP-G 14) in presenza di restauri provvisori a lungo termine in metallo non nobile o in Pekkton® ivory. Per la paziente qui presentata, la sensazione percepita dal restauro era migliore per il manufatto in Pekkton® ivory.

In linea di principio si può affermare che i restauri in Pekkton® ivory sembrano adatti per l'uso clinico.

Descrizione delle illustrazioni

- a: Situazione dell'arcata superiore alla presentazione iniziale
- b: Situazione dell'arcata inferiore alla presentazione iniziale
- c: Situazione delle arcate alla presentazione iniziale
- d: Radiografia della situazione iniziale di 46 e 47
- e: Struttura in Pekkton® ivory sul modello
- f: Corone in Pekkton® ivory rivestite esteticamente e finite
- g: Provvisori a lungo termine in Pekkton® ivory inseriti
- h: Radiografia per il controllo endodontico dopo 6 mesi di 46 e 47



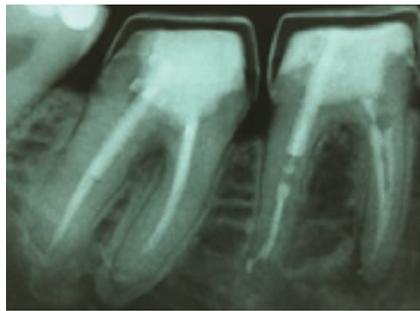
a



b



c



d



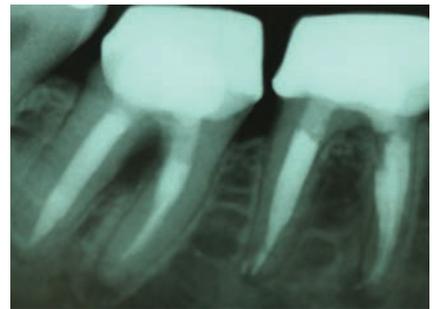
e



f



g



h

Glossario.

Amorfo		Nella forma amorfa, le macromolecole di Pekkton® sono aggrovigliate, come in una matassa disorganizzata di fili.
Anello aromatico		Una catena di idrocarburi con legami chimici doppi e singoli tra atomi di carbonio che si alternano formando degli anelli.
Arile		Il termine arile si riferisce a qualsiasi gruppo funzionale chimico o sostituito derivato da un anello aromatico.
Gruppo chimico funzionale		Una entità funzionale costituita da determinati atomi, la cui presenza fornisce alla molecola una determinata proprietà.
Compounding		Miscelazione di polimeri con additivi allo stato fuso.
Cristallino		Nella forma cristallina, le macromolecole di Pekkton® comprendono catene lineari che non sono ramificate o presentano una ramificazione minimale. Esse sono tenute insieme da legami fisici deboli. Queste forze di legame sono più efficaci quando le catene di carbonio sono disposte in parallelo. Il materiale cristallino è chimicamente più resistente e più rigido.
Etere		Gruppo chimico con la struttura indicata, dove R e R' sono gruppi alchilici o arilici.
Temperatura di transizione vetrosa		Questa temperatura, indicata con Tg, si riferisce ad una transizione reversibile in materiali amorfi o più generalmente in regioni amorphe all'interno di polimeri semicristallini, da uno stato relativamente fragile ad uno stato più gommoso.
Chetone		Gruppo chimico con la struttura indicata, dove R e R' possono essere una varietà di sostituenti contenenti carbonio.
Macromolecola		Una molecola molto grande creata dalla polimerizzazione di unità più piccole. Le singole molecole che costituiscono le macromolecole polimeriche sono i monomeri.
Temperatura di fusione (Tm)		La temperatura alla quale una sostanza passa dallo stato solido allo stato liquido.
Molecola		Un gruppo elettricamente neutro di due o più atomi tenuti insieme da legami chimici.

Monomero	Una molecola che può legarsi chimicamente ad altre molecole formando una macromolecola.
PAEK	si riferisce al nome della famiglia dei polimeri poliarileterchetoni (in inglese PolyArylEtherKetone). I PAEK vengono descritti normalmente con delle «E» and a «K» che indicano la sequenza dei gruppi di etere e chetone nella struttura del polimero. Oggi i PAEK più comuni sono polietereeterchetone (PEEK) e polieterechetonechetone (PEKK). Esistono anche altri polimeri, come polieterechetone (PEK), polieterechetoneeterchetonechetone (PEKEKK),...
PEEK	Polietereeterchetone (in inglese e PolyEtherEtherKetone)
PEKK	Polieterechetonechetone (in inglese PolyEtherKetoneKetone)
Pekkton®	Marchio commerciale della nostra esclusiva soluzione di materiale a base di PEKK per applicazioni dentali.
Pekkton® ivory	Marchio commerciale del nostro materiale esclusivo a base di PEKK per restauri fissi (corone e ponti) e protesi rimovibili.
Polimero	Un polimero è composto da un grande numero di macromolecole.
Polimerizzazione	Un processo in cui molecole di monomero reagiscono insieme in una reazione chimica formando catene di polimero.
Termoplastico	Un polimero che, superata una specifica temperatura di fusione, può essere formato e solidifica al raffreddamento. I polimeri termoplastici normalmente sono prodotti in pellet; la forma del prodotto finale viene ottenuta mediante fusione e pressatura o stampaggio a iniezione. I polimeri termoplastici differiscono dai polimeri termoindurenti, i quali durante il processo di polimerizzazione formano legami chimici irreversibili.
Termoindurente	Un polimero che polimerizza in modo irreversibile. La polimerizzazione può essere indotta in diversi modi: dal calore, da una reazione chimica o da una adeguata irradiazione. I materiali termoindurenti normalmente prima della polimerizzazione sono liquidi e adatti per essere stampati assumendo la forma finale. Una volta polimerizzato o indurito, un termoindurente non può essere riscaldato e fuso per dargli una nuova forma. I termoindurenti non fondono, ma si decompongono e non si riformano con il raffreddamento.

Assortimento.

Immagine	Descrizione	N° cat.
	Pekkton® ivory Disco Ø 98.5/16mm (con spalla)	01060011
	Pekkton® ivory Disco Ø 98.5/20mm (con spalla)	01060020
	Pekkton® ivory Disco Ø 98.5/24mm (con spalla)	01060022
	Pekkton® ivory Disco Ø 95/16mm (compatibile con Zirkozahn®)	01060028
	Pekkton® ivory Fräsrondelle Ø 95/20 mm (kompatibel mit Zirkozahn®)	01060030
	Pekkton® ivory Fräsrondelle Ø 95/24 mm (kompatibel mit Zirkozahn®)	01060032
	Pekkton® ivory Disco Ø 95/20mm (compatibile con Zirkozahn®)	01060003
	Pekkton® ivory – pellets da pressare / 10 pz	01060003
	Pistoni per pressatura monouso (Ø 12mm) / 50 pz	08000626
	Pistoni per pressatura monouso (Ø 26mm) / 20 pz	08000627
	PEKKpress Set cilindro/tettarella 200g	08000628
	PEKKpress Set cilindro/tettarella 600g	08000629
	Rivestimento CM-20 (50 x 160g)	083872
	Liquido 1L	083739
	PEKKpress – macchina per pressare	70202393
	PEKKtherm – forno di stabilizzazione della temperatura e di fusione	70202394

La panoramica più aggiornata delle forme e degli spessori disponibili per i grezzi può essere consultata sul nostro sito web www.pekkton.com.

Pubblicazioni.

1. Arvai R., Una nuova classe di materiali “in sé”, Pekkton® ivory il nuovo polimero ad alte prestazioni. Un caso clinico. Quintessenza Odontotecnica 2014;10:64-72.
2. Arvai R., Das neue Hochleistungspolymer Pekkton® ivory – eine Werkstoffklasse für sich. Quintessenz Zahntech 2014;40(11):1454-1464.
3. Copponnex T., DeCarmine A.: Reevaluating Thermoplastics. European Medical Device Manufacturer, March/April 2009.
4. Copponnex T.: Like a chameleon. Medical Device Developments, 2010
5. Copponnex T., Blümli M.: New material approaches in dental technology. meditec, October 2011
6. Fuhrmann G., Steiner M., Freitag-Wolf S., Kern M.: Resin bonding to three types of polyaryletherketones (PAEKs) - Durability and influence of surface conditioning. Dental Materials 2014 Mar;30(3):357-63.
7. Gobert B.: C'est quoi le PEKK? Technologie Dentaire 2014 n°166.
8. Gobert B.: Faux moignon anatomique en Pekkton®. Technologie Dentaire 2014 n°166.
9. Keilig L., Katzenbach A., Weber A., Stark H., Bourauel C.: Biomechanische Untersuchung eines Hochleistungspolymer für den Ersatz in der dentalen Prothetik. Vortrag auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomechanik (DGfB) 2013 in Ulm.
10. Keilig L., Katzenbach A., Weber A., Ottersbach K., Brune M., Stark H., Bourauel C.: Dauerlastuntersuchung an Kronen aus einem Hochleistungspolymer. DGPro 2014, Aachen.
11. Keilig L., Katzenbach A., Weber A., Stark H., Bourauel C.: Dauerlastuntersuchung an Kronen aus einem Hochleistungspolymer. Poster DGPro 2014, Aachen.
12. Keilig L., Katzenbach A., Weber A., Stark H., Bourauel C.: Fatigue testing of crowns made from a high performance polymer. EAO 2014, Rom.
13. Keilig L., Katzenbach A., Weber A., Stark H., Bourauel C.: Fatigue testing of crowns made from a high performance polymer. Poster EAO 2014, Rom.
14. Keilig L., Stark H., Bourauel C.: Biomechanics of Three- and Four-Unit-Bridges Made of Different Framework Materials – A Numerical Study. EAO 2014, Rom.
15. Keilig L., Stark H., Bourauel C.: Biomechanics of Three- and Four-Unit-Bridges Made of Different Framework Materials – A Numerical Study. Poster EAO 2014, Rom.
16. Pham V.T.: Pekkton® - Nouveau polymère hautes performances. Technologie Dentaire 2014 n°169.
17. Pham V.T.: Pekkton® - A new high-performance polymer. Dental Technologies, US Edition, 2014 n°109.
18. Tannous F., Steiner M., Shahin R., Kern M.: Retentive forces and fatigue resistance of thermoplastic resin clasps. Dental Materials 2012 Mar;28(3):273-8.

I casi clinici dei diversi autori sono reperibili sul nostro sito web www.cmsa.ch/en/dental/products/Highperformancepolymer

