



Dentro le cose: metastabilità della Zirconia Ceramica

Paolo Smaniotto

In questa presentazione tratterò l'argomento METASTABILITA'



Paolo Smaniotto
Via IV Armata, 44
36061 Bassano del Grappa • Vicenza
Tel. 0039 0424 31414
info@labsmaniotto.com

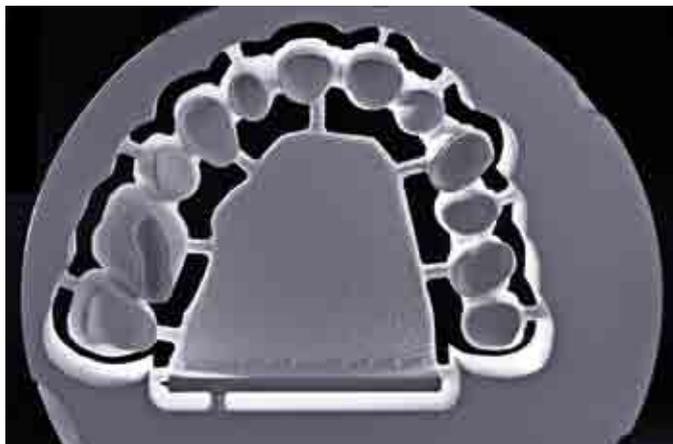


Figg. da 1 a 4 La bellezza dei materiali non è sufficiente a garantirne l'effettiva funzionalità. Full-Arch in Zirconia Ceramica parzialmente stratificato avvitato ad impianti 01, cementato su monconi implantari 01 e02, alcuni particolari della stratificazione 02-03-04

○ Introduzione

L'intento di questo articolo non è una riflessione sulla bellezza dei materiali metal-free oggi così diffusamente utilizzati, nello specifico Zirconia per la struttura e Ceramica per la ricopertura (Figg. da 1 a 4), ma la valutazione della metastabilità una caratteristica fisico/chimiche che può condurre al successo o all'insuccesso dei dispositivi protesici realizzati in Zirconia Ceramica (Figg. da 5 a 8).

Per rendere più esplicita la stesura dell'articolo con l'ausilio di ampia iconografia relativa a diverse tipologie riabilitative di varie soluzioni protesiche più o meno estese illustrerò alcuni passaggi delegando alle didascalie le spiegazioni (Figg. da 9 a 11).



Figg. da 5 a 6b Alcune strutture in fase presinterizzata, l'evoluzione della tecnologia CAD-CAM oggi sempre più diffusa anche in ambito odontotecnico consente la realizzazione di molti dispositivi protesici



Figg. 7 e 8 Transilluminazione come metodo di controllo degli spessori in zone delicate di riabilitazioni realizzate in Zirconia Ceramica Parzialmente Stratificata Z.P.S - A.R.D (by PaSma)





Figg. da 9 a 11 Un adeguata iconografia consente di memorizzare, confrontare e rivalutare le fasi di lavorazione strumento utile al miglioramento di ogni tecnica



Il grafico descrive in modo intuitivo gli stati di equilibrio stabile, metastabile e instabile di una biglia posta idealmente su una superficie ondulata

○ Metastabilità

In fisica la metastabilità è una condizione di equilibrio relativo (non completo equilibrio) che si differenzia dall'equilibrio stabile.

Esempio: Il concetto di equilibrio metastabile viene spesso spiegato attraverso un'analogia.

Si ipotizzi di disporre di una biglia e di una superficie ondulata, formata da avvallamenti e creste e supponendo che le creste abbiano una zona in cui è concesso alla biglia di fermarsi.

Posando la biglia su tale superficie ondulata essa si muoverà fino a raggiungere una condizione di equilibrio.

Possono verificarsi due casi: la biglia si arresta negli avvallamenti o rimane in equilibrio su una delle creste.

Nel primo caso si parla di equilibrio stabile, poiché il punto di arresto della biglia corrisponde ad un punto di minimo di quota, e quindi di energia potenziale.

Se si perturba il sistema fornendo un piccolo quantitativo di energia dall'esterno (ad esempio toccando la biglia), questo tende a riportarsi nella condizione di

partenza. Viceversa, nel caso in cui la biglia rimanga in equilibrio su di una cresta, fornendo una quantità di energia al sistema questo evolve in modo irreversibile.

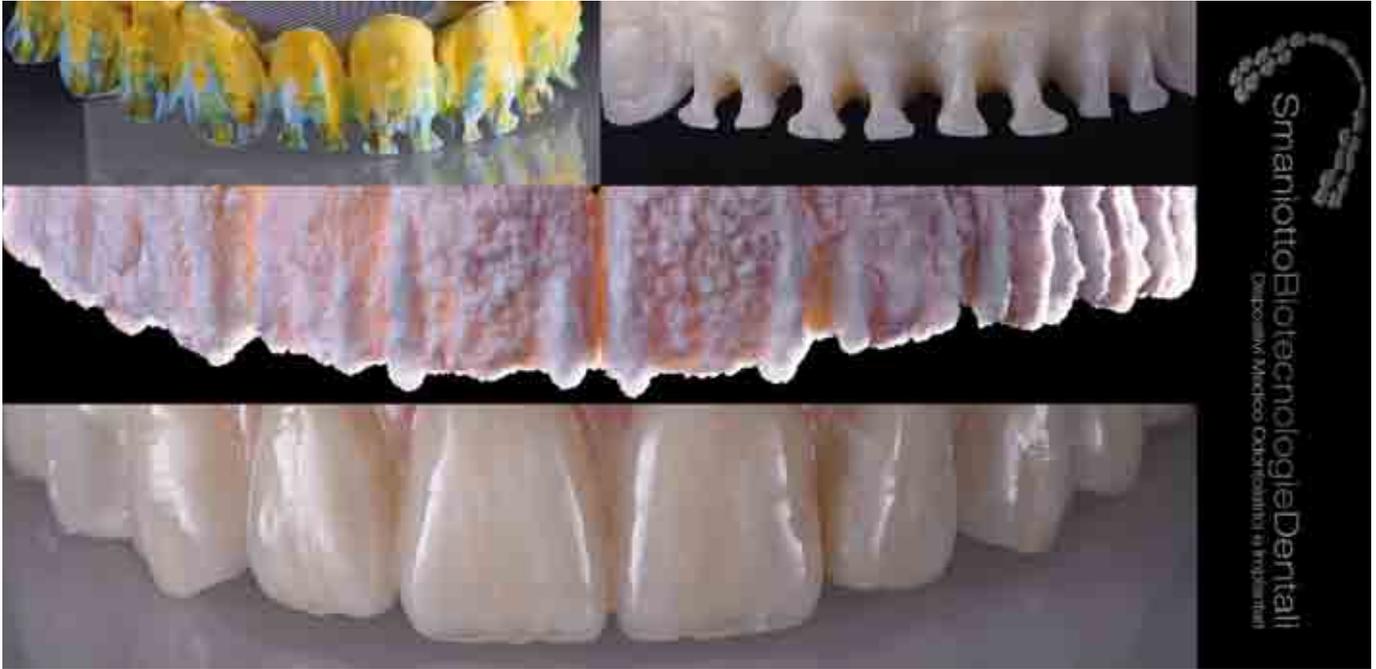
La biglia cade e si porta in una condizione di equilibrio differente.

Questa seconda condizione è detta di equilibrio metastabile.

Il grafico descrive in modo intuitivo gli stati di equilibrio stabile, metastabile e instabile di una biglia posta idealmente su una superficie ondulata.

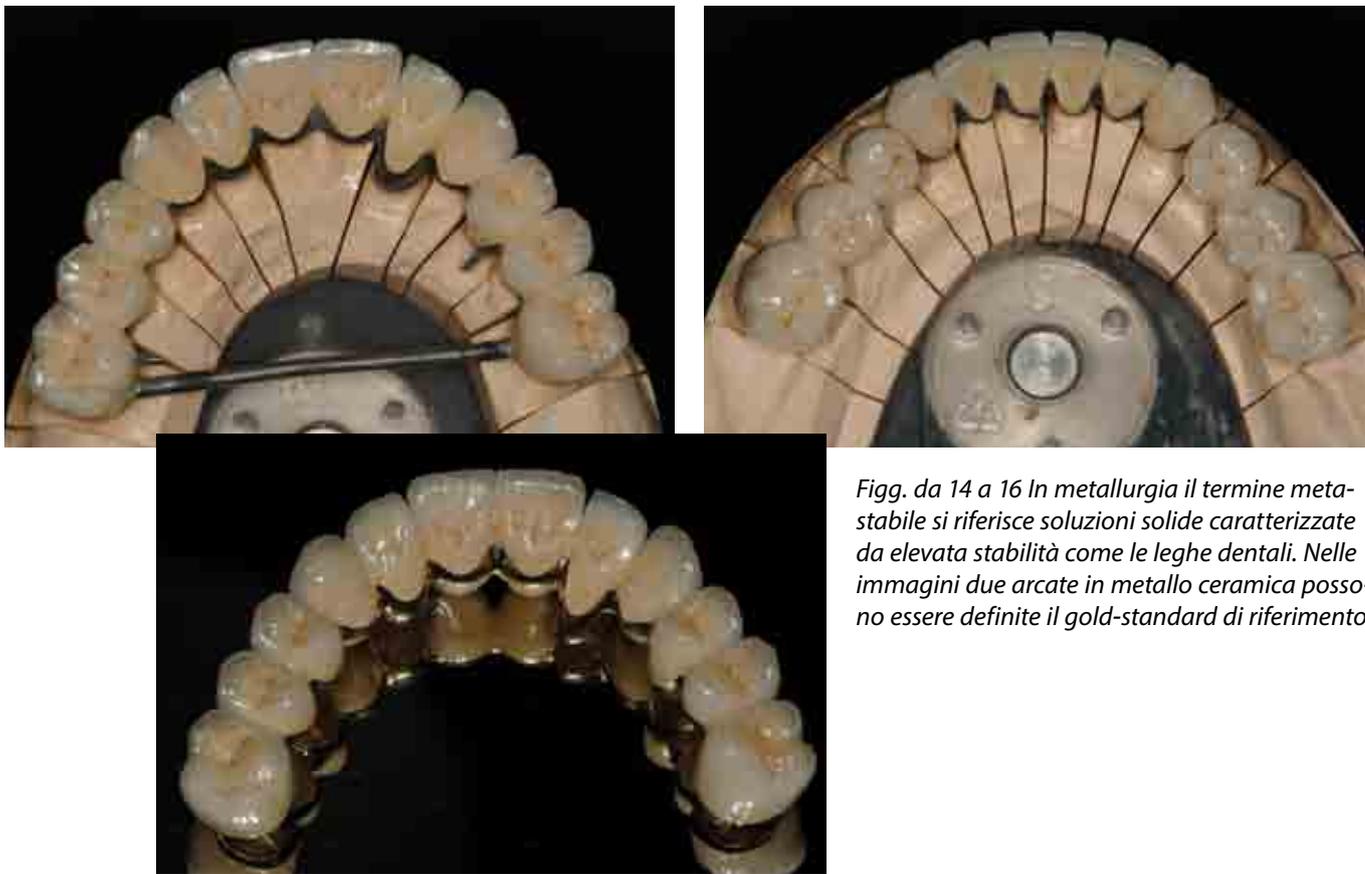
Riepilogando, in odontoiatria protesica, una riabilitazione in Ziconia- Ceramica si può mantenere in condizione di equilibrio (meta) stabile nel tempo per molti decenni se correttamente eseguita, se ciò non avviene è necessario valutare le cause che hanno fornito al sistema un quantitativo di energia che ne ha modificato l'equilibrio, esempio:

- motivi traumatici
- insufficienti spazi e volumi
- errate valutazioni progettuali
- modifiche e ritocchi funzionali eccessivi





Figg. da 12 a 13c le immagini illustrano una particolare tipologia di struttura in zirconia denominata Z.P.S - A.R.D con tecnica di stratificazione "del giovane Eyck" argomenti trattati in mie precedenti pubblicazioni su questa rivista



Figg. da 14 a 16 In metallurgia il termine metastabile si riferisce soluzioni solide caratterizzate da elevata stabilità come le leghe dentali. Nelle immagini due arcate in metallo ceramica possono essere definite il gold-standard di riferimento

Questi sono solo alcuni tra le cause possibili che possono interrompere la condizione di meta-stabilità del sistema zirconia- ceramica e provocare l'insorgenza di problemi che vanno dalle scheggiature parziali fino alla più drastico cedimento con relativa frattura strutturale.

○ Differenze con gli altri tipi di equilibrio

La differenza tra equilibrio metastabile e stabile sta nel fatto che la stabilità viene mantenuta nel tempo e viene anche mantenuta se il sistema subisce forti sollecitazioni; anche la metastabilità viene mantenuta nel tempo, ma se il sistema subisce sollecitazioni sufficientemente grandi la condizione di equilibrio metastabile cede.

La differenza con l'equilibrio instabile sta nel fatto che l'instabilità non viene mantenuta nel tempo, poiché nell'instabilità una sollecitazione anche minima porta il sistema a un'altra condizione di equilibrio.

Quindi la metastabilità è una sorta di via di mezzo tra la stabilità e l'instabilità; per questo motivo, la condizione di equilibrio metastabile è una condizione di equilibrio detta anche quasi-stabile, poco-stabile, debolmente-stabile, o localmente-stabile.

○ Metastabilità delle leghe dentali

In metallurgia il termine metastabile si riferisce spesso a soluzioni solide caratterizzate da elevata stabilità come le leghe dentali che da molti decenni utilizziamo per la realizzazione delle più comuni protesi dentarie fisse e inamo-amovibili (Figg. da 14 a 16).

La metastabilità di una soluzione solida caratterizza strutture che possono rimanere inalterate per molti decenni anche fornendo al sistema un quantitativo elevato di energia.

La metastabilità delle comuni leghe dentali quindi non deve essere vista, come un concetto di "equilibrio non stabile" ma come una condizione che può esistere e mantenersi stabile anche in condizione di stimoli funzionali extra e endo-orali più o meno significativi.

○ Metastabilità dei dispositivi in Zirconia Ceramica

Con quanto brevemente sopra accennato è chiaro che in questi anni di forte cambiamento è necessario conoscere ed approfondire nuovi argomenti, vorrei citare quanto recentemente espresso da AIOP (Accademia Italiana di Odontoiatria Protetica) della quale mi onoro essere Socio Attivo e Past Director, argomenti che troviamo espressi anche da molti autori e relatori internazionali:

"Stiamo vivendo un momento della nostra professione caratterizzato da una travolgente rivoluzione digitale in grado di modificare radicalmente il percorso terapeutico ricostruttivo sia per i clinici che per i tecnici."

La necessità di comprendere ed eventualmente introdurre razionalmente la tecnologia digitale ed i nuovi materiali (Figg. da 17 a 22) all'interno delle proprie realtà, gestendo la curva di apprendimento in modo ottimale, rappresenta un'esigenza fondamentale ed irrinunciabile del clinico protesista e dell'odontotecnico contemporaneo" (Figg. da 23 a 25).

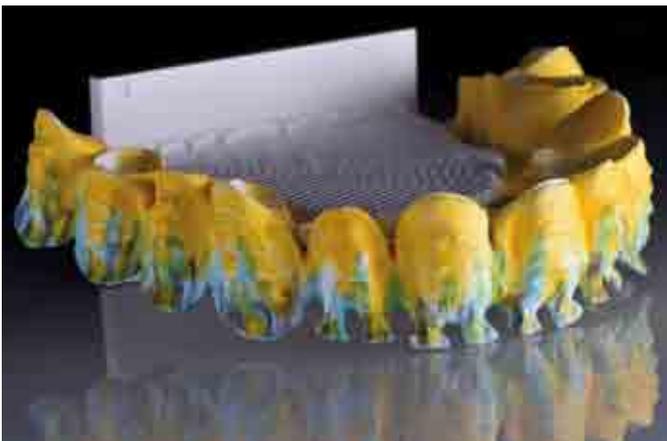
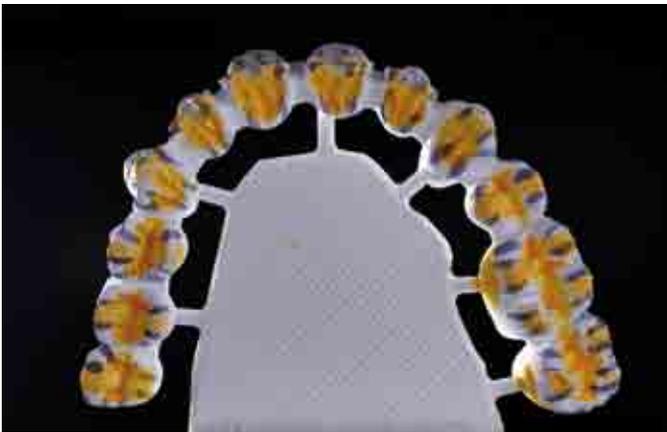
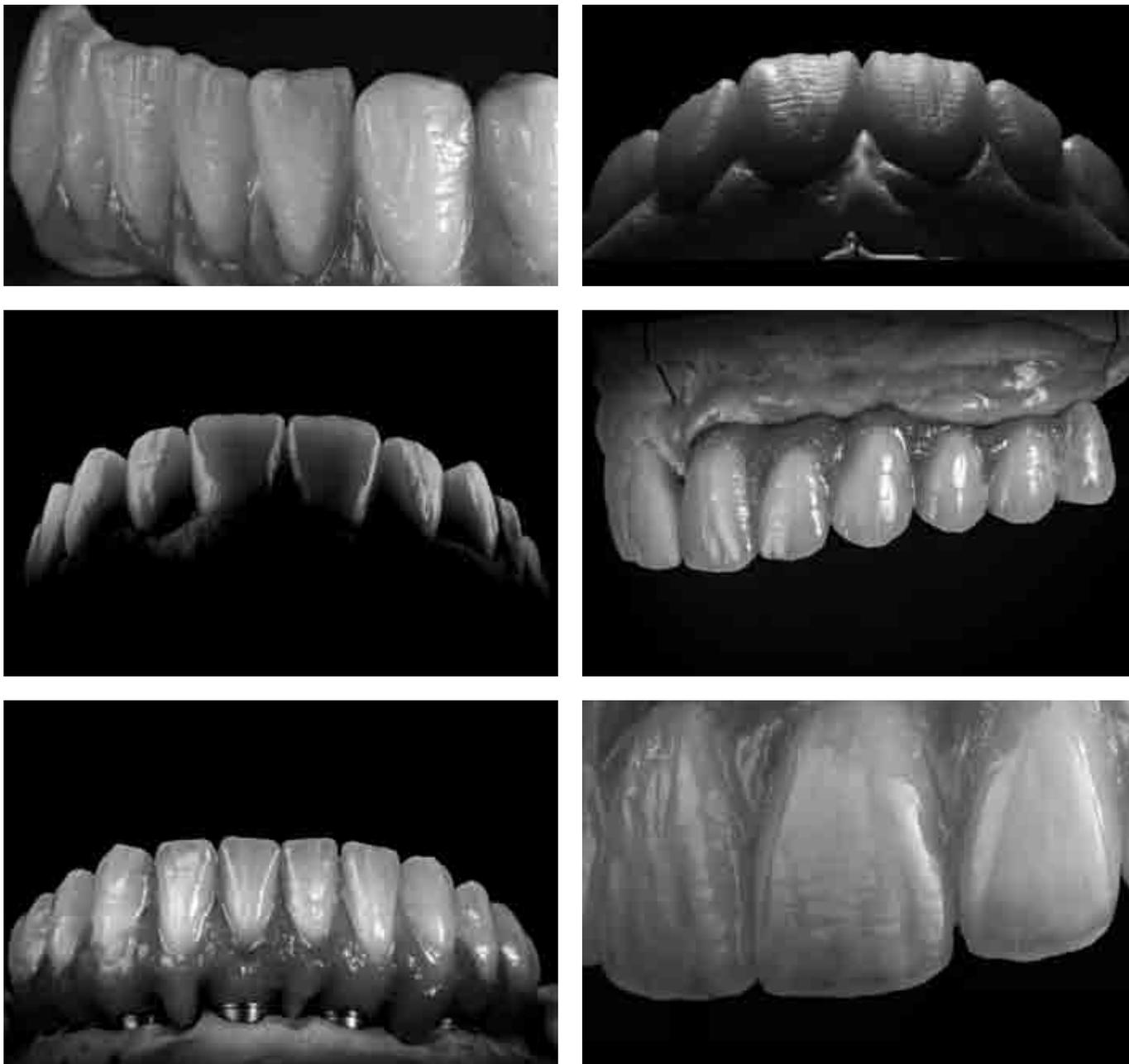


Fig. da 17 a 22 La travolgente rivoluzione digitale di questo decennio ha in odontotecnica radicalmente modificato materiali e metodi. Le immagini descrivono la Pressure infiltration technique è una tecnica da me proposta al fine di migliorare le performance dei liquidi coloranti a disposizione per l'infiltrazione della zirconia presinterizzata



Figg. da 23 a 25 Gestire la curva di apprendimento in modo ottimale, rappresenta un'esigenza fondamentale dell'odontotecnico. L'utilizzo di iconografia in bianco e nero è molto utile nella valutazione dei risultati raggiunti con i materiali odierni dove il limite tra struttura in zirconia e ricopertura estetica in ceramica è sempre meno identificabile

Ecco allora necessità di approfondire anche questo "basilare" argomento, per farlo pur mantenendo un taglio "pratico" ho chiesto il contributo di uno studioso tra i maggiori esperti mondiali in merito ai MATERIALI DENTARI il Prof. Francesco Simionato, quanto segue sono in breve gli appunti di una nostra recente conversazione:

In varie occasioni si è potuto constatare che nelle protesi stratificate in ceramica, con sottostrutture in zirconia, possono verificarsi più frequentemente scheggiature e delaminazioni nella ceramica di ricopertura, rispetto alle protesi in metallo-ceramica.

Sono state proposte varie teorie per spiegare questo fenomeno ma, per il momento, esso non è stato ancora del tutto chiarito. In particolare alcuni consigliano di impiegare ceramiche per la ricopertura della zirco-

nia con temperature di cottura relativamente basse, mentre altri consigliano ceramiche con temperature di cottura più elevate (Figg. da 26 a 28). In entrambi i casi, però, non si dispone di ricerche approfondite e adeguatamente estese, sia sul piano temporale che su quello numerico, che chiaramente attestino la superiorità di uno di tali approcci rispetto all'altro. È comunque opportuno esaminare più in dettaglio, anche se sinteticamente, i principali aspetti di questa problematica.

Come è noto, in protesi dentaria viene impiegata zirconia tetragonale policristallina con struttura metastabile cubica, che può trasformarsi nella struttura monoclina stabile a temperatura ambiente. Tale trasformazione, se si verifica, avviene con un aumento di volume, ed è proprio questo fenomeno che viene



Figg. da 26 a 28 Fasi di ceramizzazione. Effetto profondo, tutto nasce dall'interno ad iniziare dalla rifrazione, cioè la deviazione che un raggio luminoso subisce nel passare da un materiale trasparente in superficie (es: Trasparente + o - neutro) sovrapposto un altro più denso (es: Dentina + o - cromatica), per la differenza della velocità di propagazione nei due materiali

sfruttato in numerose applicazioni industriali per aumentare la tenacità della zirconia sotto l'azione di sollecitazioni esterne.

In campo dentale però, risulta evidente che se lungo l'interfaccia zirconia-ceramica di ricopertura si verifica tale trasformazione, si possono formare delle tensioni interne incontrollate che, sommandosi a quelle generate dai carichi occlusali, possono portare alla formazione di incrinature nella ceramica di ricopertura.

I materiali metallici non presentano invece simili cambiamenti e, pertanto, essi si possono considerare microstrutturalmente stabili.

Si ritiene che proprio la metastabilità microstrutturale della zirconia rappresenti la causa principale della maggiore frequenza del fenomeno delle scheggiature.

Secondo alcune ricerche, la distribuzione delle tensioni interne nelle ceramiche di ricopertura della zirconia presenta un andamento diverso rispetto a quanto si verifica nella metallo-ceramica. In particolare si sarebbe osservato che svolge un ruolo importante la differenza tra i coefficienti di dilatazione termica, che lungo l'interfaccia di adesione può favorire la trasformazione della microstruttura della zirconia da tetragonale a monoclina.



Figg. da 29 a 35 Dettagli nella morfologia: perichimazie, aree di usura, decalcificazioni, cavità, fossette, depressioni, puntinature, sfaccettature

Alcuni studi suggerirebbero che le condizioni migliori si dovrebbero ottenere con ceramiche di ricopertura aventi coefficienti di dilatazione termica lineare inferiori, ma molto prossimi, a quello della zirconia (Figg. da 29 a 35), durante le fasi di cottura della ceramica di ricopertura gradienti di incremento termico e raffreddamenti lenti aumentano la resistenza alle scheggiature.

Senza entrare nei dettagli delle varie teorie, il cui esame richiederebbe molto spazio, si sottolinea il fatto che la formazione delle tensioni residue è un fenomeno multifattoriale complesso, difficilmente prevedibile e quantificabile.

Si dovrebbe tenere in debito conto il fatto che su tale fenomeno sono coinvolti vari fattori, oltre ai coefficienti di dilatazione termica, quali:

- storia termica
- geometria dei campioni
- proprietà dei materiali impiegati

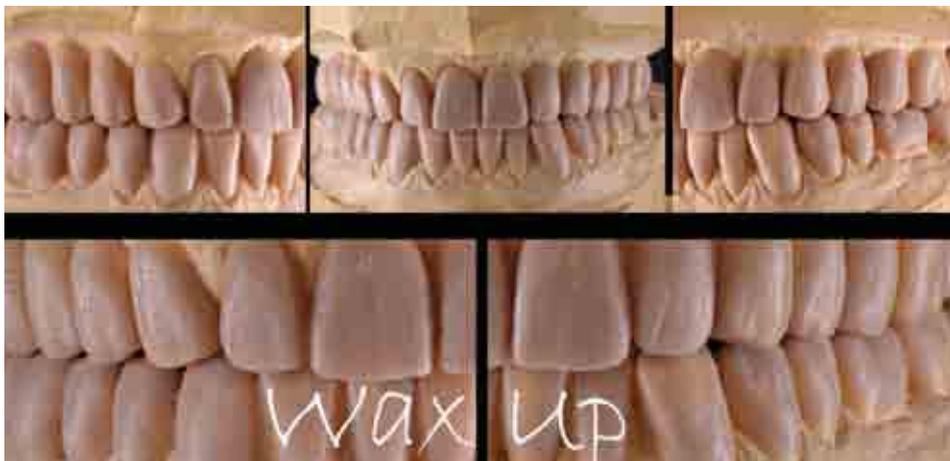
Vari ricercatori ritengono che siano necessari ulteriori studi per comprendere a fondo le complesse proprietà della zirconia rispetto a quelle dei materiali metallici e degli altri materiali ceramici impiegati in ambito dentale (Figg. da 36 a 42).



Figg. da 36 a 42 Con i materiali a disposizione si possono realizzare la gran parte delle soluzioni protesiche, elementi singoli, ponti cementati su denti naturali o ad abutment impiantari, ponti avvitati, toronto con porzioni dento-scheletriche, sino a complete riabilitazioni in antagonismo, un aspetto molto gratificante è l'ottima bio-integrazione



Figg. da 43 a 44a Un caso particolarmente complesso affrontato con un preciso protocollo



Tali ricercatori, inoltre, ritengono che l'entità della differenza tra i coefficienti di dilatazione termica non possa essere adeguatamente determinata, prima che vengano compresi appieno i fenomeni che possono verificarsi in corrispondenza dell'interfaccia zirconia-ceramica di ricopertura.

○ Conclusioni

L'utilizzo sempre più diffuso di strutture in ossido di zirconio ha evidenziato la necessità di meglio identificare i vari aspetti delle fasi di lavorazione necessarie a trasformare la Zirconia e i materiali ceramici di

ricopertura in protesi dentarie. Certamente gli anni passati sono da definirsi "pioneristici", ora è necessario raccogliere, codificare, confrontare e dibattere le esperienze sino ad ora raccolte. (Figg. da 43 a 53). Certamente il percorso da fare è ancora notevole, ma i risultati sin ora ottenuti sono incoraggianti e stimolanti.

In questa presentazione come nelle altre sopra citate ho cercato con un "taglio pratico" di porre attenzione ad un aspetto qua'è la metastabilità da tenere in considerazione sia in fase di Piano di Trattamento Clinico che di Progettazione Tecnica.



Fig. 45



Fig. 46



Fig. 47



Fig. 47a



Fig. 48



Fig. 49



Fig. 49a



Fig. 50



Fig. 50a

○ Ringraziamenti

Ogni nostro intervento è frutto di cooperazione, per questo un plauso doveroso va ai colleghi di laboratorio, agli odontoiatri con i quali collaboro ed ai loro pazienti.

Un particolare ringraziamento al prof. Francesco Simonato che molti anni fa ho avuto il privilegio di avere tra i docenti nel mio percorso formativo e che ancor oggi è sempre più un irrinunciabile punto di riferimento nell'ambito dei materiali dentari.



Fig. 51



Fig. 52



Fig. 53



Fig. 54



Fig. 55



Fig. 56