



**Gaetano Gambini**

*Direttore Generale di ORODENT Srl dal 1984. Alla guida dell'azienda da oltre quarant'anni, ne ha accompagnato e diretto l'evoluzione strategica nel settore dentale.*

## Zirconia dentale ad alte prestazioni tra microstruttura e applicazioni cliniche

Proprietà cristallografiche, workflow digitali e criteri di selezione nella protesica contemporanea

La zirconia dentale si è affermata come materiale di riferimento nella protesica fissa grazie alle sue elevate proprietà meccaniche, alla biocompatibilità e all'evoluzione delle formulazioni e dei processi CAD/CAM. Il controllo della microstruttura e della trasparenza ha ampliato le indicazioni cliniche, rendendo possibile un equilibrio sempre più mirato tra resistenza ed estetica. In questa intervista, il Rag. Gaetano Gambini analizza gli aspetti materiali, tecnologici e clinici della zirconia, offrendo un approfondimento tecnico rivolto ai professionisti del settore dentale.

**Rag. Gambini, partiamo dalle basi: dal punto di vista dei materiali, che cosa rende la zirconia così diversa rispetto alle altre ceramiche protesiche?**

La zirconia, ovvero il biossido di zirconio ( $ZrO_2$ ), si distingue dalle altre ceramiche dentali per la sua natura di materiale ceramico cristallino polimorfo. Questa caratteristica implica che il materiale può esistere in diverse fasi cristalline a seconda della

temperatura. Il biossido di zirconio puro, tuttavia, non sarebbe utilizzabile clinicamente, poiché le transizioni di fase sono accompagnate da variazioni volumetriche significative che porterebbero alla frattura del materiale. Per questo motivo, in ambito odontoiatrico la zirconia viene stabilizzata mediante l'aggiunta di ossidi, in particolare l'ittrio, che consente di mantenere una fase strutturale stabile a temperatura ambiente. Questa stabilizzazione è alla base delle sue eccellenti proprietà meccaniche. Il meccanismo chiave è noto come *transformation toughening*: sotto l'applicazione di un carico, la struttura cristallina tetragonale può trasformarsi localmente in fase monoclinica, con un aumento di volume che ostacola la propagazione delle cricche. È proprio questo fenomeno che conferisce alla zirconia una tenacità alla frattura nettamente superiore rispetto alla maggior parte delle ceramiche dentali tradizionali.

**Negli ultimi anni si parla spesso di zirconia come di un materiale "poliedrico". Secondo la sua esperienza, che cosa significa concretamente oggi questo concetto nella pratica clinica?**

Negli ultimi quindici anni la zirconia ha subito un'evoluzione profonda, passando da materiale prevalentemente strutturale a vera e propria famiglia di materiali con caratteristiche modulabili. Le prime generazioni di zirconia, tipicamente 3Y-TZP, erano apprezzate soprattutto per l'elevata resistenza meccanica, ma presentavano un aspetto visivo piuttosto opaco richiedendo un rivestimento estetico. Con il tempo, lo sviluppo di nuove formulazioni ha portato all'introduzione di zirconie con percentuali più elevate di ittrio, capaci di aumentare la fase cubica della microstruttura e, di conseguenza, la trasmissione della luce. Questo ha ampliato in modo significativo le indicazioni cliniche del materiale. Oggi la zirconia non è più un materiale "unico", ma un sistema ver-

satile che comprende versioni ad alta resistenza, ad alta traslucenza e soluzioni multilayer con gradienti controllati di proprietà meccaniche ed estetiche, adattabili alle diverse esigenze cliniche.

#### Entriamo più nel dettaglio: in che modo la microstruttura della zirconia influenza la sua traslucenza e quindi il risultato estetico finale?

La traslucenza della zirconia è strettamente legata alla sua microstruttura e, in particolare, al modo in cui la luce interagisce con i cristalli che compongono il materiale. Una microstruttura caratterizzata da grani di dimensioni ridotte, elevata densità e minima porosità favorisce una minore dispersione della luce, migliorando la trasmissione luminosa attraverso il restauro. Un ruolo determinante è svolto dalla presenza della fase cubica, stabilizzata dall'ittrio. Questa fase presenta meno confini di grano in grado di disperdere la luce, contribuendo così a un aumento della traslucenza. Tuttavia, l'incremento della fase cubica comporta una riduzione del meccanismo di *transformation toughening*, con un conseguente calo della resistenza meccanica. Per questo motivo, la progettazione della zirconia richiede sempre un equilibrio attento tra esigenze estetiche e requisiti funzionali, in base alla specifica indicazione clinica.

#### Quando ci si trova a scegliere una zirconia piuttosto che un'altra, quali sono le varianti oggi disponibili e su quali criteri dovrebbe basarsi la selezione del materiale più adatto?

Le varianti di zirconia utilizzate in odontoiatria si differenziano principalmente in base alla quantità di ittrio impiegata per la stabilizzazione della struttura cristallina. La zirconia 3Y-TZP, contenente circa il 3% molare di ossido di ittrio, è caratterizzata da un'elevata tenacità e resistenza meccanica, ma da una traslucenza relativamente contenuta. Le zirconie 4Y e 5Y, invece, presentano una percentuale maggiore di ittrio, che incrementa la fase cubica e migliora sensibilmente la resa estetica. Questo avviene però a scapito della resistenza meccanica, che risulta inferiore rispetto alle zirconie ad alta tenacità. La scelta del materiale più idoneo dipende quindi da un'attenta valutazione del carico masticatorio previsto, della posizione del restauro in arcata e delle esigenze estetiche del caso clinico.

#### In quali tipologie di restauri protesici la zirconia esprime al meglio il suo potenziale clinico?

Grazie alla combinazione di elevata resistenza meccanica e ottima biocompatibilità, la zirconia trova applicazione in un'ampia gamma di restauri protesici. È largamente utilizzata per corone singole e ponti, sia in configurazione monolitica sia con eventuale rivestimento ceramico nei casi che richiedono un'estetica più raffinata. La zirconia è inoltre impiegata nei restauri implantari, come abutment e componenti protesici, e nelle strutture multiunità, inclusi

i ponti estesi. In ambito implantare, il colore bianco del materiale rappresenta un vantaggio estetico rilevante, soprattutto in presenza di tessuti gengivali sottili, dove può ridurre l'effetto grigiastro tipico dei materiali metallici.

#### Quanto è stata determinante l'integrazione della zirconia nei workflow digitali CAD/CAM per la sua diffusione nella protesica contemporanea?

La zirconia si integra in modo ottimale nei flussi di lavoro digitali CAD/CAM. I blocchi di zirconia pre-sinterizzati vengono fresati con elevata precisione e successivamente sottoposti a cicli di sinterizzazione controllati. Questo processo consente di eliminare la porosità residua, aumentare la densità del materiale e conferire al restauro le proprietà meccaniche definitive. Le moderne tecnologie CAD/CAM permettono inoltre di utilizzare blocchi multilayer, nei quali sono già presenti gradienti di colore e traslucenza che richiamano la struttura naturale di dentina e smalto. Questo approccio consente di ottenere risultati estetici avanzati direttamente dalla fase di progettazione e fresatura.

#### Quali sono le principali sfide cliniche nell'uso della zirconia?

Nonostante le elevate prestazioni, l'uso della zirconia richiede particolare attenzione ad alcuni aspetti critici. Essendo una ceramica, il materiale presenta una fragilità intrinseca che impone una progettazione accurata dei connettori e una gestione attenta degli spessori, soprattutto nei ponti e nelle aree sottoposte a carichi elevati. Inoltre, l'aumento della traslucenza, ottenuto tramite modifiche della composizione e della microstruttura, comporta spesso una riduzione delle proprietà meccaniche rispetto alle zirconie ad alta tenacità. Infine, il controllo rigoroso dei parametri di sinterizzazione è essenziale per garantire prestazioni costanti e ripetibili. Tutti questi aspetti richiedono competenze specifiche sia in ambito clinico sia di laboratorio.

#### Guardando avanti, quali sviluppi tecnologici ritiene più interessanti per il futuro della zirconia dentale?

Le principali direzioni di sviluppo della zirconia dentale riguardano la progettazione di materiali con microstrutture sempre più sofisticate. In particolare, stanno emergendo soluzioni "graded" e multilayer reali, in cui le proprietà meccaniche ed estetiche variano in modo controllato all'interno dello stesso restauro. L'obiettivo di queste tecnologie è quello di avvicinarsi ulteriormente al comportamento del dente naturale, offrendo un'elevata resa estetica nelle zone visibili e una maggiore resistenza nelle aree funzionalmente più sollecitate. Questo approccio promette di ampliare ulteriormente le indicazioni cliniche della zirconia, rendendola adatta anche a casi complessi che in passato richiedevano materiali alternativi.