

CAPITOLO 1

PRESENTAZIONE

TRILOR®

La soluzione per un'odontoiatria senza metallo

Introduzione

Negli ultimi decenni l'odontoiatria ha vissuto una profonda evoluzione, guidata dalla ricerca di materiali sempre più performanti, biocompatibili e in grado di integrarsi armoniosamente con i tessuti biologici. Se per molti anni le leghe metalliche hanno rappresentato il riferimento per la realizzazione di strutture protesiche fisse e implantari, oggi l'innovazione tecnologica ha reso disponibili materiali compositi avanzati capaci di offrire prestazioni meccaniche elevate unite a un comportamento biomeccanico più favorevole.

L'evoluzione delle tecnologie CAD/CAM, l'introduzione di nuovi protocolli adesivi e la crescente attenzione verso l'odontoiatria biomimetica hanno favorito lo sviluppo di materiali alternativi ai metalli, progettati per riprodurre il più fedelmente possibile il comportamento biomeccanico dei tessuti dentali naturali.

In questo contesto nasce **TRILOR®**, un materiale composito fibrorinforzato (Fiber Reinforced Composite – FRC) di ultima generazione, sviluppato per la realizzazione di strutture protesiche ad alte prestazioni mediante tecnologia CAD/CAM.

TRILOR® rappresenta una soluzione innovativa che combina leggerezza, elevata resistenza meccanica, stabilità dimensionale e un modulo elastico particolarmente vicino a quello della dentina. Questa caratteristica consente una distribuzione più fisiologica delle sollecitazioni masticatorie, contribuendo alla riduzione delle concentrazioni di stress che possono interessare impianti, componenti protesici e tessuti di supporto.

Grazie alla sua struttura costituita da fibre di vetro multidirezionali impregnate in una matrice termoindurente ad alte prestazioni, TRILOR® offre un comportamento meccanico differente rispetto ai materiali tradizionali, distinguendosi per l'elevata resilienza, la capacità di assorbire gli urti e l'ottima resistenza alla fatica ciclica.

Queste proprietà rendono il materiale particolarmente indicato per applicazioni implantoprotesiche, restauri fissi, barre implantari fresate CAD/CAM, strutture per overdenture, Toronto Bridge e numerose altre indicazioni cliniche nelle quali siano richieste precisione, affidabilità e lunga durata nel tempo.

L'evoluzione dell'odontoiatria moderna

L'odontoiatria contemporanea non si limita più alla semplice sostituzione dei tessuti dentali perduti, ma mira a ricostruire sistemi biologicamente compatibili, funzionalmente efficienti ed esteticamente naturali.

Questo cambiamento di paradigma ha determinato una crescente attenzione verso materiali caratterizzati da:

- elevata biocompatibilità;
- assenza di corrosione galvanica;
- ridotto peso specifico;
- eccellente integrazione con i tessuti;
- comportamento biomeccanico fisiologico;
- elevata precisione di lavorazione mediante sistemi digitali.

Parallelamente, la diffusione dei flussi digitali CAD/CAM ha modificato radicalmente la progettazione e la produzione delle strutture protesiche, consentendo livelli di precisione precedentemente non raggiungibili con le tecniche convenzionali.

TRILOR® è stato sviluppato proprio per soddisfare queste nuove esigenze, integrando le potenzialità dei materiali compositi fibrorinforzati con le moderne tecnologie di progettazione e produzione digitale.

La filosofia dell'odontoiatria metal-free

L'impiego di materiali privi di metallo rappresenta oggi una delle principali evoluzioni dell'odontoiatria restaurativa e implantare.

La filosofia "Metal-Free" non è soltanto una scelta estetica, ma nasce dalla volontà di utilizzare materiali in grado di offrire un'interazione più favorevole con l'organismo, eliminando i fenomeni di corrosione elettrochimica propri delle leghe metalliche e riducendo il rischio di sensibilizzazioni in pazienti predisposti.

L'assenza di metallo consente inoltre una migliore integrazione con i tessuti molli peri-implantari e favorisce una gestione protesica più versatile, soprattutto nei casi ad elevata richiesta estetica.

TRILOR® si inserisce pienamente in questa filosofia, offrendo una soluzione capace di coniugare resistenza strutturale, precisione digitale e biocompatibilità, mantenendo al tempo stesso una notevole semplicità di lavorazione sia in laboratorio sia nello studio odontoiatrico.

Obiettivi del manuale

Il presente manuale nasce con l'obiettivo di fornire a odontoiatri, implantologi, protesisti e odontotecnici uno strumento completo per la conoscenza e l'utilizzo di TRILOR®.

Nel corso dei capitoli saranno approfonditi:

- le caratteristiche chimico-fisiche del materiale;
- le proprietà biomeccaniche;
- i protocolli clinici e di laboratorio;
- il flusso di lavoro digitale CAD/CAM;
- le applicazioni implantoprotesiche;
- le procedure di adesione e cementazione;
- la manutenzione e le riparazioni;
- le evidenze scientifiche disponibili in letteratura.

Particolare attenzione sarà dedicata agli aspetti biomeccanici che distinguono TRILOR® dagli altri materiali impiegati in odontoiatria, evidenziando come il suo comportamento elastico possa contribuire a una distribuzione più fisiologica delle forze oclusali.

A chi è rivolto questo manuale

Il manuale è destinato a:

- odontoiatri;
- implantologi;
- protesisti;
- odontotecnici;
- laboratori CAD/CAM;
- igienisti dentali coinvolti nella manutenzione protesica;
- distributori e consulenti tecnici;
- studenti dei corsi di odontoiatria e odontotecnica;
- partecipanti a corsi di formazione e aggiornamento professionale.

L'obiettivo è fornire informazioni tecniche e scientifiche aggiornate, accompagnate da protocolli operativi pratici, affinché il lettore possa utilizzare TRILOR® in modo consapevole, sicuro e conforme alle migliori evidenze disponibili.

Come utilizzare questo manuale

Il manuale è organizzato secondo un percorso progressivo. Dopo una prima parte dedicata alla conoscenza del materiale, vengono affrontati gli aspetti meccanici, biologici e clinici, per arrivare ai protocolli operativi e alle applicazioni più avanzate.

Ogni capitolo conterrà:

- spiegazioni teoriche;

- tabelle riassuntive;
- protocolli operativi;
- consigli pratici;
- note tecniche;
- richiami alla letteratura scientifica;
- indicazioni utili per la pratica clinica e di laboratorio.

L'intento è offrire uno strumento di consultazione che possa accompagnare il professionista in tutte le fasi di utilizzo del materiale, dalla progettazione digitale alla consegna del manufatto protesico e al suo mantenimento nel tempo.

"L'innovazione nei materiali odontoiatrici non consiste soltanto nell'aumentarne la resistenza, ma nel renderli sempre più vicini al comportamento della natura."

CAPITOLO 2

COS'È TRILOR®

Introduzione

TRILOR® è un materiale composito fibrorinforzato (Fiber Reinforced Composite – FRC) ad alte prestazioni, sviluppato per la realizzazione di restauri protesici mediante tecnologia CAD/CAM. Progettato specificamente per il settore odontoiatrico, rappresenta un'alternativa innovativa ai tradizionali materiali metallici e ceramici, con l'obiettivo di coniugare elevate prestazioni meccaniche, biocompatibilità e comportamento biomeccanico favorevole.

A differenza dei materiali monolitici, TRILOR® è costituito da una struttura composta nella quale fibre di vetro continue sono inglobate all'interno di una matrice polimerica termoindurente. Questa configurazione conferisce al materiale una combinazione unica di resistenza, elasticità, leggerezza e stabilità dimensionale, rendendolo particolarmente indicato per applicazioni implantoprotesiche e restaurative.

L'adozione di TRILOR® si inserisce nella moderna filosofia dell'odontoiatria metal-free, che privilegia l'impiego di materiali privi di metallo, altamente biocompatibili e compatibili con i flussi digitali CAD/CAM.

Definizione del materiale

TRILOR® appartiene alla famiglia dei **Fiber Reinforced Composite (FRC)**, materiali compositi nei quali il rinforzo strutturale è affidato a fibre continue ad alta resistenza immerse in una matrice resinosa.

In termini ingegneristici, un materiale composito è costituito da almeno due componenti distinti che, una volta uniti, generano proprietà superiori rispetto a quelle ottenibili dai singoli costituenti.

Nel caso di TRILOR®, il materiale è composto da:

- fibre continue di vetro E-glass ad alta resistenza;
- matrice polimerica termoindurente altamente reticolata;
- agenti di accoppiamento (silani) che garantiscono un'adesione stabile tra fibre e matrice;
- additivi specifici destinati a migliorare la stabilità meccanica e chimica del materiale.

L'interazione tra questi componenti permette di ottenere una struttura estremamente resistente ma al tempo stesso elastica, capace di dissipare parte delle sollecitazioni funzionali senza deformazioni permanenti.

La tecnologia Fiber Reinforced Composite (FRC)

I materiali fibrorinforzati sono impiegati da molti anni in settori ad elevata tecnologia quali l'industria aerospaziale, automobilistica, navale e biomedicale.

Il principio di funzionamento è semplice ma estremamente efficace: le fibre sopportano la maggior parte dei carichi meccanici, mentre la matrice resinosa distribuisce uniformemente le sollecitazioni, protegge le fibre dagli agenti esterni e mantiene la stabilità dell'intero sistema.

Nel caso di TRILOR®, l'elevata percentuale di fibre e la loro distribuzione multidirezionale consentono di ottenere:

- elevata resistenza alla flessione;
- ottima resistenza alla trazione;
- eccellente comportamento alla compressione;
- elevata resistenza alla fatica;
- notevole resilienza;
- efficace dissipazione delle energie d'urto.

Queste caratteristiche differenziano TRILOR® dai materiali ceramici, generalmente caratterizzati da elevata rigidità ma limitata capacità di assorbimento delle sollecitazioni.

Struttura del materiale

Dal punto di vista microscopico, TRILOR® presenta una struttura laminare costituita da numerosi strati di fibre di vetro orientate secondo differenti direzioni.

Questa architettura multidirezionale è progettata per distribuire le forze provenienti dalla masticazione in modo omogeneo, riducendo la concentrazione di tensioni localizzate.

Ogni lamina contribuisce al comportamento meccanico complessivo del materiale, mentre l'interfaccia fibra-matrice garantisce la trasmissione controllata delle sollecitazioni.

Il risultato è un materiale anisotropo controllato, cioè capace di offrire prestazioni meccaniche elevate nelle diverse direzioni di carico, caratteristica particolarmente vantaggiosa nelle applicazioni implantoprotesiche.

Processo produttivo

TRILOR® viene prodotto mediante un processo industriale altamente controllato che assicura uniformità strutturale e riproducibilità delle prestazioni meccaniche.

Le principali fasi produttive comprendono:

1. preparazione delle fibre di vetro;
2. impregnazione completa delle fibre con la matrice termoindurente;
3. stratificazione multidirezionale delle lamine;
4. polimerizzazione controllata ad alta temperatura e pressione;
5. stabilizzazione dimensionale;
6. lavorazione dei pannelli e dei dischi CAD/CAM;
7. controlli qualitativi finali.

La polimerizzazione industriale garantisce un elevato grado di conversione della matrice resinosa, riducendo la presenza di monomeri residui e migliorando la stabilità meccanica e biologica del materiale.

Perché TRILOR® è diverso dagli altri materiali

La principale caratteristica distintiva di TRILOR® è rappresentata dalla combinazione tra elevata resistenza meccanica e modulo elastico relativamente contenuto.

Mentre i materiali metallici e le ceramiche tendono a trasferire direttamente le forze agli impianti e ai tessuti circostanti, TRILOR® è in grado di assorbire parte delle energie sviluppate durante la funzione masticatoria, contribuendo a una distribuzione più fisiologica dei carichi.

Questa proprietà è particolarmente rilevante nelle riabilitazioni implantari estese, nelle barre fresate CAD/CAM e nelle protesi full-arch, dove il controllo delle sollecitazioni rappresenta uno degli aspetti fondamentali per la longevità della riabilitazione.

La combinazione tra leggerezza, resistenza e capacità di assorbimento degli urti rende inoltre il materiale estremamente confortevole per il paziente.

Principali caratteristiche di TRILOR®

TRILOR® si distingue per una serie di proprietà che ne caratterizzano l'impiego clinico e di laboratorio:

- composito fibrorinforzato ad alta tecnologia;
- privo di metalli;
- elevata biocompatibilità;
- basso peso specifico;
- elevata resistenza alla fatica;
- comportamento elastico simile a quello della dentina;
- assenza di fenomeni corrosivi;
- eccellente lavorabilità mediante sistemi CAD/CAM;

- possibilità di riparazione con materiali compositi;
- elevata precisione dimensionale;
- stabilità nel tempo;
- compatibilità con le moderne tecniche adesive.

Queste caratteristiche rendono TRILOR® un materiale versatile, utilizzabile in numerose applicazioni protesiche sia su denti naturali sia su impianti osteointegrati.

Una nuova generazione di materiali odontoiatrici

L'introduzione dei compositi fibrorinforzati rappresenta una delle più importanti evoluzioni nella scienza dei biomateriali odontoiatrici.

L'obiettivo non è semplicemente sostituire il metallo, ma sviluppare materiali che si comportino in maniera più simile ai tessuti biologici, favorendo una migliore distribuzione delle forze, riducendo le concentrazioni di stress e contribuendo alla conservazione delle strutture di supporto.

In questo scenario, TRILOR® rappresenta un punto di incontro tra ingegneria dei materiali, odontoiatria digitale e biomeccanica, offrendo al clinico e all'odontotecnico uno strumento innovativo per la realizzazione di restauri affidabili, precisi e biologicamente compatibili.

Concetti chiave del capitolo

- TRILOR® è un composito fibrorinforzato (FRC) ad alte prestazioni.
- La sua struttura è costituita da fibre continue di vetro immerse in una matrice polimerica termoindurente.
- Il processo produttivo industriale garantisce uniformità, stabilità e precisione.
- La combinazione di resistenza ed elasticità consente una distribuzione più fisiologica dei carichi rispetto ai materiali tradizionali.
- Il materiale è progettato per essere lavorato con sistemi CAD/CAM e trova applicazione in numerose riabilitazioni protesiche e implantari.

CAPITOLO 3

COMPOSIZIONE E ARCHITETTURA DEL MATERIALE

Introduzione

Le prestazioni di un biomateriale non dipendono esclusivamente dalla natura chimica dei suoi componenti, ma soprattutto dalla loro organizzazione strutturale e dall'interazione tra le diverse fasi che costituiscono il materiale stesso.

Nel caso di **TRILOR®**, le eccellenti proprietà meccaniche e biomeccaniche sono il risultato di una progettazione ingegneristica avanzata, basata sulla tecnologia dei **compositi fibrorinforzati (Fiber Reinforced Composite – FRC)**. L'unione di fibre di vetro continue ad alta resistenza con una matrice polimerica termoindurente altamente reticolata genera un materiale leggero, resistente e capace di distribuire le sollecitazioni in modo fisiologico.

A differenza dei materiali omogenei, come le leghe metalliche o le ceramiche, **TRILOR®** è un sistema multifase in cui ogni componente svolge una funzione specifica, contribuendo alle prestazioni finali del manufatto.

Il concetto di materiale composito

Un materiale composito è costituito dall'unione di due o più materiali con proprietà differenti che, combinati tra loro, generano un sistema con caratteristiche superiori rispetto ai singoli componenti.

In un composito fibrorinforzato si distinguono tre elementi fondamentali:

- **la fase di rinforzo**, rappresentata dalle fibre di vetro;
- **la matrice polimerica**, che avvolge e protegge le fibre;
- **l'interfaccia fibra-matrice**, costituita dagli agenti di accoppiamento (silani), che garantiscono il trasferimento delle sollecitazioni.

Il comportamento meccanico finale dipende dall'equilibrio tra questi tre elementi. Un'adesione efficace tra fibre e matrice è indispensabile affinché il materiale possa resistere ai carichi ciclici tipici della funzione masticatoria.

Le fibre di vetro: il cuore strutturale di **TRILOR®**

Le fibre di vetro costituiscono l'elemento portante del materiale e rappresentano il principale responsabile della sua elevata resistenza meccanica.

TRILOR® utilizza fibre continue di vetro **E-glass**, una tipologia ampiamente impiegata anche nei settori aerospaziale, navale e biomedicale grazie all'elevato rapporto tra resistenza meccanica e peso.

Le fibre E-glass presentano numerose caratteristiche favorevoli:

- elevata resistenza alla trazione;
- buona resistenza alla flessione;
- stabilità chimica;
- elevata resistenza alla corrosione;
- trasparenza ottica;
- compatibilità con le matrici polimeriche;
- ottima biocompatibilità.

A differenza delle fibre corte impiegate in alcuni compositi convenzionali, le fibre continue consentono una distribuzione più efficace delle forze lungo tutta la struttura protesica, migliorando la resistenza alla fatica e limitando la propagazione delle fratture.

Orientamento multidirezionale delle fibre

Una delle caratteristiche distintive di TRILOR® è la disposizione multidirezionale delle fibre.

Durante il processo produttivo, gli strati di fibre vengono sovrapposti con orientamenti differenti, creando una struttura laminare in grado di resistere alle sollecitazioni provenienti da più direzioni.

Questa architettura consente di:

- distribuire uniformemente le tensioni;
- ridurre la concentrazione degli stress;
- limitare il rischio di delaminazione;
- aumentare la resistenza alla flessione;
- migliorare il comportamento nei confronti della fatica ciclica.

Dal punto di vista biomeccanico, tale configurazione riproduce in parte il comportamento anisotropo dei tessuti dentali naturali, che presentano proprietà differenti a seconda della direzione delle forze applicate.

La matrice polimerica termoindurente

La matrice rappresenta la fase continua del materiale e svolge numerose funzioni fondamentali.

Essa:

- mantiene unite le fibre;
- distribuisce le sollecitazioni meccaniche;
- protegge le fibre dall'umidità e dagli agenti chimici;
- conferisce stabilità dimensionale;
- contribuisce alla lavorabilità mediante sistemi CAD/CAM.

La matrice di TRILOR® è costituita da una resina termoindurente ad elevato grado di reticolazione.

Durante la polimerizzazione industriale si forma una struttura tridimensionale stabile che non può più essere rifiuta o deformata con il calore, garantendo eccellente stabilità nel tempo e ridotto assorbimento d'acqua.

L'elevato grado di conversione della resina riduce inoltre la presenza di monomeri residui, migliorando la biocompatibilità del materiale.

L'interfaccia fibra-matrice

L'efficacia di un composito fibrorinforzato dipende in larga misura dalla qualità del legame tra fibre e matrice.

Per ottenere questa adesione vengono utilizzati agenti di accoppiamento a base di silano.

I silani formano un ponte chimico tra la superficie vetrosa delle fibre e la matrice resinosa, consentendo un efficiente trasferimento delle sollecitazioni meccaniche.

Una corretta adesione impedisce il distacco delle fibre durante la funzione e aumenta significativamente la resistenza alla fatica.

L'interfaccia fibra-matrice rappresenta quindi uno degli elementi più importanti nella progettazione del materiale.

Architettura laminare

TRILOR® presenta una struttura multistrato ottenuta mediante la sovrapposizione di numerose lamine fibrorinforzate.

Ogni lamina contribuisce alla distribuzione dei carichi e partecipa al comportamento elastico complessivo del materiale.

La struttura laminare offre numerosi vantaggi:

- migliore dissipazione delle energie;
- elevata resilienza;
- propagazione controllata delle microfessure;
- maggiore sicurezza strutturale;

- migliore comportamento sotto carichi dinamici.

Questa configurazione differisce profondamente da quella delle ceramiche, nelle quali una microfrattura può propagarsi rapidamente fino alla frattura completa del manufatto.

Omogeneità industriale

Uno degli aspetti più importanti nella produzione di TRILOR® è il rigoroso controllo del processo industriale.

Ogni disco CAD/CAM viene realizzato attraverso procedure standardizzate che garantiscono:

- distribuzione uniforme delle fibre;
- completa impregnazione della matrice;
- assenza di porosità significative;
- elevata precisione dimensionale;
- costanza delle proprietà meccaniche.

Questo livello di controllo riduce la variabilità tra un disco e l'altro, assicurando risultati clinici riproducibili.

Proprietà derivanti dalla composizione

L'architettura del materiale conferisce a TRILOR® una combinazione di proprietà difficilmente ottenibile con materiali convenzionali.

Tra le principali:

- elevato rapporto resistenza/peso;
- modulo elastico vicino a quello della dentina;
- eccellente resistenza alla fatica;
- elevata resilienza;
- stabilità dimensionale;
- bassa densità;
- buona lavorabilità;
- ottima adesione ai compositi da rivestimento;
- elevata capacità di dissipazione delle energie.

Queste caratteristiche rendono TRILOR® particolarmente indicato nelle riabilitazioni implantoprotesiche dove il controllo delle sollecitazioni riveste un ruolo determinante.

Biomimetica e progettazione del materiale

Uno dei principi fondamentali che hanno guidato lo sviluppo di TRILOR® è quello della biomimetica.

L'obiettivo non è semplicemente ottenere un materiale resistente, ma progettare una struttura il cui comportamento meccanico sia il più possibile vicino a quello dei tessuti naturali.

La dentina possiede infatti un modulo elastico significativamente inferiore rispetto ai metalli e alle ceramiche, caratteristica che le consente di assorbire e distribuire le forze masticatorie.

TRILOR® si ispira a questo principio, offrendo una risposta elastica che contribuisce a ridurre le concentrazioni di stress a livello della struttura protesica e dei componenti implantari.

Implicazioni cliniche

La composizione e l'architettura del materiale influenzano direttamente il comportamento clinico delle riabilitazioni.

L'utilizzo di un composito fibrorinforzato come TRILOR® può offrire numerosi vantaggi:

- migliore distribuzione delle forze occlusali;
- riduzione delle concentrazioni di stress;
- maggiore comfort per il paziente;
- elevata resistenza alla fatica meccanica;
- possibilità di riparazione diretta con materiali compositi;
- lavorazione semplice mediante tecnologie CAD/CAM;
- lunga stabilità dimensionale.

Queste caratteristiche hanno reso TRILOR® uno dei materiali più interessanti nell'ambito delle riabilitazioni implantoprotetiche metal-free.

Concetti chiave del capitolo

- TRILOR® è un composito fibrorinforzato costituito da fibre continue di vetro E-glass e da una matrice polimerica termoindurente.
- Le fibre rappresentano il principale elemento resistente del materiale.
- La matrice protegge le fibre, distribuisce le forze e garantisce la stabilità del sistema.
- I silani assicurano il legame chimico tra fibre e matrice.
- L'orientamento multidirezionale delle fibre migliora la distribuzione delle sollecitazioni.
- La struttura laminare conferisce elevata resilienza e resistenza alla fatica.
- L'architettura biomimetica rende il comportamento meccanico di TRILOR® più vicino a quello dei tessuti dentali naturali rispetto ai materiali metallici e ceramici.

CAPITOLO 4

PROPRIETÀ FISICHE DI TRILOR®

Introduzione

Le proprietà fisiche rappresentano il fondamento del comportamento clinico di qualsiasi biomateriale. Nel caso di una struttura protesica, esse influenzano direttamente la distribuzione dei carichi masticatori, la stabilità nel tempo, il comfort del paziente e la longevità del restauro.

TRILOR® è stato progettato per offrire un equilibrio tra resistenza, elasticità e leggerezza, caratteristiche difficilmente riscontrabili in un unico materiale. La sua architettura fibrorinforzata consente infatti di ottenere prestazioni meccaniche elevate mantenendo un comportamento biomeccanico più vicino ai tessuti dentali naturali rispetto ai materiali metallici e ceramici.

Le proprietà illustrate in questo capitolo sono il risultato della composizione del materiale, della disposizione multidirezionale delle fibre di vetro e del processo industriale di polimerizzazione ad alta pressione e temperatura.

Proprietà fisiche principali

Proprietà	Valore indicativo*	Unità
Densità	1,8	g/cm ³
Modulo elastico	26	GPa
Resistenza alla flessione	540	MPa
Resistenza alla compressione	530	MPa
Resistenza alla trazione	380	MPa
Durezza Shore D	90	-
Durezza Rockwell	111	HRR

*I valori possono variare leggermente in funzione del lotto di produzione e delle condizioni di prova. Fare sempre riferimento alla documentazione tecnica aggiornata del produttore.

Densità

Definizione

La densità esprime il rapporto tra massa e volume di un materiale ed è uno dei parametri che maggiormente influenzano il peso finale della protesi.

Con una densità di circa **1,8 g/cm³**, TRILOR® è significativamente più leggero rispetto ai materiali tradizionalmente impiegati in odontoiatria.

Confronto

Materiale	Densità (g/cm ³)
TRILOR®	1,8
PEEK	1,3
Dentina	2,1
Zirconia	6,0
Titanio	4,5
Lega Co-Cr	8,3

Implicazioni cliniche

Il ridotto peso delle strutture in TRILOR® determina:

- maggiore comfort per il paziente;
- minore inerzia durante la funzione;
- riduzione delle forze gravitazionali nelle protesi estese;
- migliore adattamento nelle riabilitazioni full-arch.

Modulo elastico

Cos'è il modulo elastico

Il modulo elastico (Modulo di Young) misura la rigidità di un materiale, ovvero la sua capacità di deformarsi elasticamente sotto l'azione di una forza e di recuperare la forma originaria una volta rimosso il carico.

TRILOR® presenta un modulo elastico di circa **26 GPa**, molto inferiore rispetto ai metalli e alle ceramiche.

Questa caratteristica rappresenta uno degli aspetti più innovativi del materiale.

Confronto biomeccanico

Materiale	Modulo elastico (GPa)
Dentina	18–22
TRILOR®	26
PEEK	4
Titanio	110
Co-Cr	220
Zirconia	210

Significato clinico

Un materiale eccessivamente rigido tende a trasmettere integralmente le forze occlusali agli impianti e all'osso circostante.

TRILOR®, grazie al suo modulo elastico intermedio, è invece in grado di:

- distribuire più uniformemente le sollecitazioni;
- ridurre i picchi di stress;
- limitare le concentrazioni di tensione nei componenti implantari;
- contribuire alla protezione biomeccanica dell'intera riabilitazione.

Questa proprietà è uno dei motivi principali per cui TRILOR® trova impiego nelle barre implantari e nelle protesi full-arch.

Resistenza alla flessione

Durante la masticazione, le strutture protesiche sono sottoposte a continui carichi flessionali.

Con una resistenza alla flessione di circa **540 MPa**, TRILOR® è in grado di sopportare elevate sollecitazioni senza subire deformazioni permanenti o fratture.

La presenza delle fibre di vetro continue ostacola la propagazione delle microfratture, migliorando la sicurezza strutturale.

Benefici clinici

- maggiore durata delle strutture;
- riduzione del rischio di frattura;
- comportamento favorevole nelle estensioni protesiche.

Resistenza alla compressione

Le forze occlusali agiscono prevalentemente in compressione.

TRILOR® presenta una resistenza di circa **530 MPa**, sufficiente per sopportare le normali sollecitazioni masticatorie anche nelle riabilitazioni implantari complesse.

L'architettura laminare distribuisce il carico evitando concentrazioni localizzate.

Resistenza alla trazione

La trazione rappresenta una delle condizioni più critiche per molti biomateriali.

Grazie alle fibre continue di vetro, TRILOR® raggiunge una resistenza alla trazione di circa **380 MPa**, valore significativamente superiore a quello dei compositi tradizionali non fibrorinforzati.

Questa caratteristica contribuisce alla stabilità delle strutture sottoposte a carichi ciclici.

Durezza

La durezza misura la resistenza del materiale alla penetrazione e all'usura superficiale.

TRILOR® presenta:

- durezza Shore D di circa **90**;
- durezza Rockwell di circa **111 HRR**.

Una durezza equilibrata favorisce la lavorabilità del materiale senza comprometterne la resistenza all'usura.

Resilienza

Una delle proprietà più interessanti di TRILOR® è la resilienza, ovvero la capacità di assorbire energia elastica e dissiparla senza subire danni permanenti.

A differenza delle ceramiche, che tendono a fratturarsi in modo fragile, TRILOR® assorbe parte dell'energia generata durante la funzione masticatoria.

Conseguenze cliniche

- migliore distribuzione dei carichi;
- riduzione delle fratture improvvise;
- maggiore protezione dei componenti implantari;
- comfort funzionale per il paziente.

Stabilità dimensionale

La stabilità dimensionale rappresenta un requisito fondamentale per tutte le strutture CAD/CAM.

Il processo industriale di produzione garantisce:

- precisione geometrica;
- ridotta deformazione nel tempo;

- elevata riproducibilità;
- compatibilità con lavorazioni digitali ad alta precisione.

Comportamento termico

Grazie alla matrice termoindurente altamente reticolata, TRILOR® mantiene la propria stabilità anche in presenza delle variazioni termiche che si verificano quotidianamente nel cavo orale.

L'espansione termica controllata contribuisce a preservare l'adattamento protesico e l'integrità delle interfacce adesive.

Proprietà superficiali

La superficie del materiale può essere facilmente rifinita, lucidata e preparata per l'adesione mediante protocolli consolidati.

Una corretta preparazione superficiale favorisce l'adesione dei compositi da rivestimento e dei sistemi adesivi, consentendo restauri estetici e facilmente riparabili.

Implicazioni biomeccaniche

L'insieme delle proprietà fisiche di TRILOR® determina un comportamento biomeccanico unico.

La combinazione di:

- basso peso;
- elevata resistenza;
- modulo elastico intermedio;
- resilienza;
- resistenza alla fatica,

consente di ottenere una distribuzione più fisiologica delle forze occlusali rispetto ai materiali ad alta rigidità.

Questo comportamento è particolarmente vantaggioso nelle riabilitazioni implantari estese, nelle barre fresate CAD/CAM e nelle protesi full-arch.

Concetti chiave del capitolo

- TRILOR® combina leggerezza e resistenza in un unico materiale.

- Il modulo elastico di circa 26 GPa rappresenta uno dei principali elementi distintivi rispetto ai metalli e alle ceramiche.
- La struttura fibrorinforzata migliora la resistenza alla flessione, alla trazione e alla fatica.
- La resilienza contribuisce ad assorbire parte delle energie masticatorie, riducendo la concentrazione degli stress.
- L'insieme delle proprietà fisiche rende TRILOR® particolarmente indicato per applicazioni implantoprotesiche e restaurative in cui siano richieste affidabilità, precisione e comportamento biomeccanico favorevole.

CAPITOLO 5

PROPRIETÀ MECCANICHE E COMPORTAMENTO BIOMECCANICO

Introduzione

Il successo clinico di una riabilitazione protesica dipende non solo dalla precisione del manufatto o dalla qualità dei materiali impiegati, ma anche dalla loro capacità di rispondere alle continue sollecitazioni meccaniche generate durante la funzione masticatoria.

Ogni giorno una protesi è sottoposta a migliaia di cicli di carico caratterizzati da intensità, direzione e durata variabili. Durante la masticazione, la deglutizione e i movimenti parafunzionali, il materiale deve essere in grado di assorbire, distribuire e dissipare tali sollecitazioni senza subire deformazioni permanenti o fenomeni di cedimento.

TRILOR® è stato progettato proprio con questo obiettivo: offrire un comportamento biomeccanico più vicino a quello dei tessuti dentali naturali rispetto ai materiali metallici e ceramici tradizionali.

Le sue prestazioni derivano dalla combinazione di una matrice polimerica altamente reticolata e di fibre continue di vetro orientate multidirezionalmente, che consentono al materiale di distribuire i carichi in modo omogeneo e di limitare le concentrazioni di stress.

Le forze che agiscono nel cavo orale

Ogni restauro protesico è sottoposto a differenti tipologie di carico:

- compressione;
- trazione;
- flessione;
- taglio;
- torsione;
- carichi ciclici.

Queste sollecitazioni non agiscono mai singolarmente, ma si combinano durante la funzione masticatoria generando uno stato di stress complesso.

Nelle riabilitazioni implantari, l'assenza del legamento parodontale determina una trasmissione diretta delle forze all'impianto e all'osso circostante. Per questo motivo il comportamento meccanico della sovrastruttura assume un ruolo determinante nella distribuzione dei carichi.

Il concetto di biomeccanica implantare

La biomeccanica implantare studia il modo in cui le forze vengono trasmesse dalla protesi agli impianti e da questi all'osso peri-implantare.

L'obiettivo non consiste nell'eliminare le forze, ma nel distribuirle in maniera fisiologica.

Quando un materiale possiede un'eccessiva rigidità, gran parte dell'energia masticatoria viene trasferita direttamente agli impianti e all'osso.

Al contrario, un materiale con un comportamento elastico controllato può assorbire parte dell'energia, riducendo i picchi di stress.

TRILOR® si colloca in questa seconda categoria.

Resistenza alla fatica

Cos'è la fatica dei materiali

La maggior parte delle fratture protesiche non deriva da un singolo carico eccessivo, bensì dalla ripetizione di milioni di piccoli carichi.

Questo fenomeno prende il nome di **fatica meccanica**.

Una struttura può sopportare perfettamente un determinato carico statico ma cedere dopo milioni di cicli di carico inferiori.

Per questo motivo la resistenza alla fatica rappresenta uno dei parametri più importanti nella scelta di un biomateriale.

Fatica nei compositi fibrorinforzati

Nei materiali fibrorinforzati il comportamento a fatica è profondamente diverso rispetto ai materiali metallici o ceramici.

Le fibre continue di vetro:

- rallentano la propagazione delle microfratture;
- distribuiscono il carico lungo tutta la struttura;
- impediscono il collasso improvviso;
- aumentano la durata del manufatto.

Questo comportamento contribuisce alla longevità clinica delle strutture realizzate in TRILOR®.

Propagazione delle fratture

Nei materiali ceramici una microfrattura può propagarsi rapidamente fino alla rottura completa.

Nei compositi fibrorinforzati, invece, la presenza delle fibre crea numerose barriere che ostacolano l'avanzamento della frattura.

Questo fenomeno è noto come **crack bridging**.

Le fibre "attraversano" la linea di frattura, mantenendo unite le due porzioni del materiale e rallentando l'evoluzione del danno.

Dal punto di vista clinico, ciò si traduce in una maggiore sicurezza strutturale e, in molti casi, nella possibilità di effettuare riparazioni conservative.

Assorbimento delle energie

Durante la funzione masticatoria una parte dell'energia viene trasformata in deformazione elastica.

TRILOR® è in grado di immagazzinare temporaneamente parte di questa energia e di restituirla progressivamente.

Questo comportamento riduce:

- i picchi di carico;
- le concentrazioni di stress;
- le sollecitazioni sui componenti implantari;
- le tensioni localizzate nelle connessioni protesiche.

Distribuzione degli stress

Uno dei principali vantaggi biomeccanici di TRILOR® riguarda la distribuzione delle forze.

Grazie al modulo elastico intermedio e alla struttura fibrorinforzata, il materiale tende a distribuire i carichi lungo l'intera struttura invece di concentrarli in aree limitate.

Le simulazioni agli elementi finiti (Finite Element Analysis - FEA) condotte sui compositi fibrorinforzati mostrano una riduzione delle concentrazioni di stress rispetto alle strutture metalliche ad alta rigidità, in particolare nelle connessioni implantari e nelle zone dei connettori.

Effetto ammortizzante

Sebbene nessun materiale possa essere considerato un vero "ammortizzatore", TRILOR® presenta una capacità di smorzamento delle vibrazioni superiore rispetto ai metalli.

Questa caratteristica contribuisce a:

- attenuare gli shock occlusali;
- ridurre la trasmissione delle vibrazioni;
- migliorare il comfort funzionale;
- limitare le sollecitazioni impulsive.

Comportamento nelle riabilitazioni Full-Arch

Le riabilitazioni implantari complete rappresentano una delle applicazioni più impegnative dal punto di vista biomeccanico.

Le strutture devono distribuire i carichi su più impianti evitando sovraccarichi localizzati.

Grazie al proprio comportamento elastico, TRILOR® può contribuire a una distribuzione più uniforme delle forze lungo l'intera barra implantare, riducendo le concentrazioni di tensione in corrispondenza delle connessioni implantari.

Comportamento rispetto ai materiali tradizionali

Proprietà	TRILOR®	Titanio	Co-Cr	Zirconia
Elasticità fisiologica	★★★★★	★★☆☆☆	★☆☆☆☆	★☆☆☆☆
Assorbimento degli urti	★★★★★	★★☆☆☆	★☆☆☆☆	★☆☆☆☆
Resistenza alla fatica	★★★★★	★★★★☆	★★★★☆	★★☆☆☆
Rischio di frattura fragile	Molto basso	Molto basso	Basso	Elevato
Riparabilità	Ottima	Limitata	Limitata	Limitata

Implicazioni cliniche

Le proprietà meccaniche di TRILOR® trovano particolare applicazione in:

- barre implantari CAD/CAM;
- Toronto Bridge;
- riabilitazioni Full-Arch;
- protesi su impianti;
- strutture a lungo termine;
- restauri sottoposti a carichi elevati;

- pazienti bruxisti (nell'ambito di una corretta pianificazione clinica).

In questi contesti, la combinazione tra elevata resistenza alla fatica, capacità di dissipare le energie e comportamento elastico controllato rappresenta uno dei principali punti di forza del materiale.

Concetti chiave del capitolo

- Le proprietà meccaniche di TRILOR® derivano dalla sua architettura fibrorinforzata.
- La resistenza alla fatica è uno dei principali vantaggi rispetto ai materiali fragili.
- Le fibre continue limitano la propagazione delle fratture attraverso il meccanismo di *crack bridging*.
- Il modulo elastico intermedio favorisce una distribuzione più fisiologica delle forze.
- Il comportamento biomeccanico di TRILOR® lo rende particolarmente indicato per applicazioni implantoprotesiche estese.

CAPITOLO 6

BIOCOMPATIBILITÀ E SICUREZZA BIOLOGICA

Introduzione

La biocompatibilità rappresenta uno dei requisiti fondamentali che un biomateriale destinato all'impiego odontoiatrico deve possedere. Un dispositivo medico utilizzato nel cavo orale è infatti chiamato a interagire, per periodi anche molto lunghi, con tessuti duri, tessuti molli, saliva, alimenti, variazioni di temperatura e un ambiente microbiologico particolarmente complesso.

L'obiettivo della moderna scienza dei biomateriali non è solamente quello di sviluppare materiali meccanicamente performanti, ma anche di garantire che tali materiali possiedano un elevato livello di sicurezza biologica durante tutto il loro ciclo di vita clinico.

TRILOR® è stato progettato secondo questi principi, combinando elevate prestazioni meccaniche con una composizione chimica stabile, una ridotta reattività biologica e un'elevata compatibilità con i tessuti orali.

Che cos'è la biocompatibilità?

Secondo la definizione universalmente accettata, la biocompatibilità è:

"La capacità di un biomateriale di svolgere la propria funzione prevista inducendo una risposta biologica appropriata nell'ospite, senza provocare effetti indesiderati locali o sistemici."

Questa definizione sottolinea un concetto fondamentale: un materiale non è "inerte" in senso assoluto, ma deve essere in grado di convivere con i tessuti biologici senza alterarne il normale equilibrio fisiologico.

Nel contesto odontoiatrico, ciò significa che il materiale deve:

- essere ben tollerato dai tessuti molli;
- non rilasciare sostanze tossiche;
- non indurre reazioni infiammatorie persistenti;
- mantenere la propria stabilità chimica nel tempo;
- conservare le proprie caratteristiche in ambiente orale.

La normativa internazionale

La sicurezza biologica dei dispositivi medici viene valutata attraverso una serie di prove standardizzate definite dalla famiglia di norme **ISO 10993**, riferimento internazionale per la valutazione biologica dei dispositivi medici.

Queste norme prevedono un approccio basato sul rischio, nel quale i test richiesti dipendono dal tipo di dispositivo, dalla durata del contatto con il corpo umano e dalla sede di applicazione.

Per un materiale destinato all'impiego odontoiatrico, le valutazioni comprendono generalmente:

- citotossicità;
- sensibilizzazione;
- irritazione;
- tossicità sistemica;
- caratterizzazione chimica;
- valutazione del rischio biologico.

L'obiettivo non è soltanto verificare l'assenza di effetti tossici immediati, ma garantire la sicurezza del materiale anche nel lungo periodo.

Citotossicità

La citotossicità rappresenta il primo livello di valutazione biologica.

Questo test verifica se eventuali sostanze rilasciate dal materiale possano compromettere la vitalità delle cellule.

Durante la prova, estratti del materiale vengono posti a contatto con colture cellulari standardizzate e viene osservata la risposta biologica.

Un materiale viene considerato idoneo quando:

- le cellule mantengono la propria vitalità;
- non si osservano alterazioni morfologiche significative;
- non viene evidenziata una riduzione della proliferazione cellulare oltre i limiti previsti dalle norme.

La conformità a questo test rappresenta uno dei requisiti essenziali per l'impiego clinico.

Sensibilizzazione

Alcuni materiali possono indurre reazioni allergiche in soggetti predisposti.

Per questo motivo vengono eseguiti specifici test destinati a valutare la capacità del materiale di provocare fenomeni di sensibilizzazione immunologica.

L'assenza di componenti metallici elimina inoltre il rischio di fenomeni correlati alla corrosione galvanica e alla liberazione di ioni metallici, che possono rappresentare un fattore di rischio nei pazienti sensibili.

Irritazione dei tessuti

Le prove di irritazione valutano la possibile comparsa di reazioni infiammatorie locali conseguenti al contatto del materiale con i tessuti.

Un biomateriale destinato al cavo orale deve dimostrare un comportamento biologico stabile, senza provocare fenomeni irritativi persistenti.

Nel caso di TRILOR®, la natura altamente polimerizzata della matrice contribuisce a limitare il rilascio di sostanze potenzialmente irritanti.

Stabilità chimica

Uno degli aspetti più importanti della sicurezza biologica riguarda la stabilità chimica del materiale.

Durante gli anni di permanenza nel cavo orale, un biomateriale viene continuamente esposto a:

- variazioni di temperatura;
- variazioni di pH;
- enzimi salivari;
- carichi meccanici;
- agenti detergenti;
- alimenti e bevande.

TRILOR® è progettato per mantenere la propria integrità chimica anche in queste condizioni, riducendo il rischio di degradazione e di rilascio di prodotti indesiderati.

Assenza di corrosione

A differenza delle leghe metalliche, i compositi fibrorinforzati non sono soggetti a corrosione elettrochimica.

Ciò comporta diversi vantaggi:

- assenza di rilascio di ioni metallici;
- eliminazione delle correnti galvaniche;
- maggiore stabilità nel tempo;
- migliore compatibilità con altri materiali restaurativi.

Questa caratteristica assume particolare importanza nei pazienti con restauri multipli costituiti da materiali differenti.

Interazione con i tessuti molli

La qualità dell'interfaccia tra biomateriale e tessuti molli rappresenta un fattore determinante per la salute peri-implantare.

Una superficie correttamente rifinita e lucidata favorisce:

- minore accumulo di placca;
- migliore igiene orale;
- riduzione dell'infiammazione gengivale;
- maggiore comfort del paziente.

Per questo motivo le procedure di rifinitura e lucidatura rivestono un ruolo fondamentale nel protocollo clinico.

Biocompatibilità e implantologia

Nelle riabilitazioni implantari, la biocompatibilità non riguarda esclusivamente il materiale protesico, ma l'intero sistema costituito da impianto, componenti protesici, materiali adesivi e tessuti circostanti.

Un materiale stabile dal punto di vista biologico contribuisce al mantenimento dell'equilibrio dei tessuti peri-implantari e rappresenta uno dei fattori che favoriscono la longevità della riabilitazione.

Implicazioni cliniche

Le proprietà biologiche di TRILOR® si traducono in numerosi vantaggi pratici:

- buona tolleranza da parte dei tessuti orali;
- assenza di fenomeni corrosivi;
- ridotto rischio di reazioni ai metalli;
- elevata stabilità chimica;
- integrazione nei moderni protocolli di odontoiatria metal-free;
- possibilità di utilizzo in numerose riabilitazioni implantoprotesiche.

La sicurezza biologica, unita alle proprietà meccaniche e biomeccaniche del materiale, contribuisce a rendere TRILOR® una soluzione affidabile per restauri a lungo termine.

Concetti chiave del capitolo

- La biocompatibilità è uno dei requisiti essenziali di ogni biomateriale odontoiatrico.
- La valutazione biologica viene effettuata secondo le norme della serie ISO 10993.
- La stabilità chimica della matrice polimerica riduce il rilascio di sostanze indesiderate.
- L'assenza di componenti metallici elimina il rischio di corrosione galvanica.
- Una corretta rifinitura superficiale favorisce la salute dei tessuti molli e la riduzione dell'accumulo di biofilm.
- Le proprietà biologiche di TRILOR® completano le sue elevate prestazioni meccaniche, rendendolo idoneo a numerose applicazioni protesiche e implantari.

CAPITOLO 7

VALIDAZIONE SCIENTIFICA E TEST DI LABORATORIO

Introduzione

L'impiego clinico di un biomateriale richiede una preventiva validazione delle sue proprietà meccaniche, fisiche e biologiche mediante protocolli di prova standardizzati. Le prestazioni dichiarate dal produttore devono essere supportate da metodologie sperimentali riproducibili, conformi alle norme internazionali e interpretate alla luce delle condizioni di utilizzo clinico.

Nel caso di TRILOR®, i dati disponibili derivano da prove di laboratorio condotte su campioni standardizzati e da studi sperimentali pubblicati nella letteratura scientifica sui compositi fibrorinforzati (Fiber Reinforced Composite – FRC). Sebbene nessun test di laboratorio possa riprodurre perfettamente l'ambiente orale, tali prove rappresentano uno strumento fondamentale per prevedere il comportamento del materiale nel tempo e confrontarlo con altri biomateriali impiegati in odontoiatria.

Perché eseguire test sui biomateriali

L'ambiente orale è caratterizzato da una continua alternanza di condizioni meccaniche, chimiche e biologiche.

Ogni restauro è sottoposto a:

- milioni di cicli masticatori nel corso degli anni;
- variazioni termiche dovute all'assunzione di cibi e bevande;
- modificazioni del pH salivare;
- umidità costante;
- fenomeni di usura;
- carichi statici e dinamici.

Per questo motivo è necessario verificare sperimentalmente che il materiale mantenga le proprie caratteristiche anche in condizioni particolarmente severe.

Standardizzazione delle prove

Le prove di laboratorio vengono eseguite seguendo protocolli codificati dalle principali organizzazioni internazionali di normazione.

Tra gli enti di riferimento si ricordano:

- **ISO (International Organization for Standardization);**
- **ASTM International;**
- **ADA (American Dental Association),** per alcune metodologie specifiche;
- organismi notificati coinvolti nella certificazione dei dispositivi medici.

La standardizzazione consente di confrontare i risultati ottenuti da laboratori differenti e garantisce la riproducibilità delle misurazioni.

Prova di resistenza alla flessione

La resistenza alla flessione è uno dei parametri più significativi nella valutazione di un materiale destinato alla realizzazione di strutture protesiche.

Durante la prova, un provino viene sottoposto a un carico progressivo fino alla frattura o al raggiungimento della deformazione massima prevista.

Questa prova consente di determinare:

- il carico massimo sopportabile;
- il comportamento elastico del materiale;
- il limite di resistenza;
- la modalità di cedimento.

Per TRILOR®, i risultati evidenziano una combinazione favorevole di elevata resistenza e comportamento non fragile.

Prova di compressione

La compressione riproduce una delle principali condizioni di carico presenti durante la funzione masticatoria.

Il campione viene sottoposto a una forza crescente applicata lungo il proprio asse fino al raggiungimento del limite di resistenza.

Questa prova permette di valutare:

- capacità portante;
- stabilità strutturale;
- deformazione permanente;
- modalità di cedimento.

Prova di trazione

La resistenza alla trazione rappresenta un parametro fondamentale per valutare l'efficacia del rinforzo fibroso.

Nel caso di TRILOR®, le fibre continue contribuiscono ad aumentare significativamente la capacità del materiale di sopportare forze di trazione, limitando l'innesco delle fratture.

Resistenza alla fatica

Tra tutte le prove meccaniche, quella di fatica riveste un'importanza particolare.

Nel cavo orale, infatti, la maggior parte delle fratture non è causata da un singolo carico eccessivo, ma dall'accumulo di milioni di piccoli carichi ripetuti.

Le prove di fatica prevedono l'applicazione di carichi ciclici controllati per simulare anni di attività masticatoria.

I risultati consentono di stimare:

- durata potenziale del materiale;
- resistenza ai carichi ripetuti;
- comportamento nel lungo periodo.

Simulazione della masticazione

Le moderne apparecchiature di laboratorio consentono di riprodurre il movimento masticatorio attraverso simulatori che applicano carichi ripetuti in ambiente umido e a temperatura controllata.

Le prove possono includere:

- cicli di carico verticali;
- movimenti laterali;
- immersione in soluzioni artificiali;
- cicli termici tra basse e alte temperature.

Questi test forniscono indicazioni utili sulla stabilità del materiale in condizioni vicine a quelle cliniche.

Termociclaggio

Nel cavo orale la temperatura può variare rapidamente passando da bevande fredde ad alimenti caldi.

Il termociclaggio riproduce queste condizioni alternando ripetutamente immersioni in bagni a differenti temperature.

L'obiettivo è valutare:

- stabilità dimensionale;
- integrità della matrice;
- mantenimento dell'adesione fibra-matrice;
- eventuali alterazioni superficiali.

Test di usura

La resistenza all'usura viene valutata simulando il contatto ripetuto con elementi antagonisti.

L'analisi comprende:

- perdita di materiale;
- modificazioni della rugosità superficiale;
- mantenimento della lucidabilità;
- comportamento nei confronti del biofilm.

Una superficie stabile e ben rifinita contribuisce alla durata della riabilitazione e facilita le procedure di igiene orale.

Analisi microscopica

L'osservazione mediante microscopia elettronica a scansione (SEM) permette di studiare la microstruttura del materiale.

Le immagini consentono di valutare:

- distribuzione delle fibre;
- qualità dell'interfaccia fibra-matrice;
- presenza di porosità;
- modalità di propagazione delle fratture;
- integrità del materiale dopo le prove meccaniche.

Queste analisi rappresentano uno strumento essenziale per comprendere il comportamento dei compositi fibrorinforzati.

Analisi agli elementi finiti (FEA)

Le simulazioni agli elementi finiti costituiscono uno dei principali strumenti di ricerca in biomeccanica.

Attraverso modelli tridimensionali è possibile analizzare la distribuzione delle tensioni all'interno di una riabilitazione protesica.

Nel caso dei compositi fibrorinforzati, le simulazioni mostrano generalmente:

- riduzione delle concentrazioni di stress;
- migliore distribuzione delle forze;
- minore sovraccarico nelle connessioni implantari;
- comportamento elastico più favorevole rispetto ai materiali ad alta rigidità.

Le analisi FEA non sostituiscono gli studi clinici, ma rappresentano un valido supporto alla progettazione biomeccanica.

Interpretazione dei risultati

È importante ricordare che i risultati ottenuti in laboratorio devono essere interpretati nel corretto contesto clinico.

Le prove sperimentali consentono di confrontare materiali differenti in condizioni controllate, ma non possono prevedere con assoluta precisione il comportamento di ogni singolo caso clinico, influenzato da numerosi fattori quali:

- anatomia del paziente;
- schema occlusale;
- qualità dell'osso;
- progettazione della struttura;
- precisione della lavorazione;
- corretta manutenzione.

Per questo motivo la scelta del materiale deve sempre essere integrata con un'accurata pianificazione clinica e protesica.

Concetti chiave del capitolo

- La validazione scientifica di un biomateriale richiede prove meccaniche, fisiche e biologiche standardizzate.
- I test vengono eseguiti secondo protocolli riconosciuti a livello internazionale per garantire riproducibilità e confrontabilità.
- Le prove di flessione, compressione, trazione e fatica consentono di valutare il comportamento del materiale sotto differenti condizioni di carico.
- Le simulazioni di masticazione, il termociclaggio e le analisi microscopiche forniscono informazioni preziose sulla stabilità nel tempo.

- Le analisi agli elementi finiti (FEA) rappresentano un importante supporto alla comprensione della biomeccanica delle riabilitazioni implantoprotesiche.
- I dati di laboratorio devono essere sempre interpretati insieme all'esperienza clinica e alle evidenze scientifiche disponibili.

CAPITOLO 8

CERTIFICAZIONI, CONFORMITÀ NORMATIVA E SISTEMA QUALITÀ

Introduzione

Nel settore dei dispositivi medici, le prestazioni di un materiale rappresentano solo uno degli elementi necessari per il suo impiego clinico. Affinché un prodotto possa essere commercializzato e utilizzato in sicurezza è indispensabile che sia progettato, fabbricato e controllato secondo rigorosi standard normativi e qualitativi.

TRILOR® è un dispositivo destinato alla realizzazione di manufatti protesici mediante tecnologia CAD/CAM e, come tale, è sviluppato all'interno di un sistema di gestione della qualità conforme ai requisiti applicabili ai dispositivi medici. La conformità normativa garantisce che ogni fase del ciclo di vita del prodotto – dalla progettazione alla produzione, fino alla distribuzione – sia documentata, controllata e sottoposta a verifiche periodiche.

Questo capitolo illustra i principali riferimenti normativi e i sistemi di qualità che costituiscono il quadro di riferimento per la produzione e l'utilizzo di TRILOR®.

Il concetto di dispositivo medico

Un dispositivo medico è qualsiasi strumento, apparecchiatura, materiale o software destinato dal fabbricante ad essere utilizzato sull'uomo per finalità diagnostiche, preventive, terapeutiche o riabilitative.

I materiali CAD/CAM destinati alla realizzazione di restauri protesici rientrano in questa categoria e devono soddisfare specifici requisiti di sicurezza, prestazione e qualità.

La conformità normativa non rappresenta un semplice adempimento amministrativo, ma costituisce la dimostrazione documentata che il prodotto è stato sviluppato secondo procedure controllate e validate.

Regolamento (UE) 2017/745 – Medical Device Regulation (MDR)

Dal 26 maggio 2021 il quadro normativo europeo per i dispositivi medici è disciplinato dal **Regolamento (UE) 2017/745 (MDR)**.

L'MDR introduce requisiti più rigorosi rispetto alla precedente Direttiva 93/42/CEE, con particolare attenzione a:

- sicurezza del paziente;
- gestione del rischio;
- valutazione clinica;
- sorveglianza post-commercializzazione;
- tracciabilità dei dispositivi;
- documentazione tecnica.

Per i produttori ciò comporta l'adozione di sistemi di controllo ancora più strutturati durante l'intero ciclo di vita del prodotto.

Marcatura CE

La marcatura CE rappresenta la dichiarazione del fabbricante che il dispositivo soddisfa i requisiti essenziali previsti dalla normativa europea applicabile.

Per un dispositivo medico la marcatura CE attesta che sono stati valutati aspetti quali:

- sicurezza;
- prestazioni;
- gestione del rischio;
- conformità della documentazione tecnica;
- controllo del processo produttivo.

Secondo le informazioni ufficiali del produttore, i prodotti Bioloren sono certificati CE.

Sistema di gestione della qualità – ISO 13485

La norma **ISO 13485** rappresenta lo standard internazionale di riferimento per i sistemi di gestione della qualità dei dispositivi medici.

L'obiettivo della norma è garantire che ogni fase produttiva venga eseguita secondo procedure documentate e controllate.

Tra gli aspetti principali:

- controllo della progettazione;
- qualifica dei fornitori;
- validazione dei processi;
- gestione delle non conformità;
- rintracciabilità dei materiali;
- controlli finali;
- miglioramento continuo.

Bioloren dichiara di operare con un sistema qualità certificato ISO 13485.

MDSAP – Medical Device Single Audit Program

Il **Medical Device Single Audit Program (MDSAP)** è un programma internazionale che consente di armonizzare gli audit dei sistemi qualità destinati ai dispositivi medici.

La partecipazione a questo programma facilita la conformità ai requisiti regolatori di diversi mercati internazionali, riducendo la duplicazione delle verifiche ispettive.

Bioloren riporta inoltre la certificazione MDSAP tra le proprie qualificazioni aziendali.

Gestione del rischio

La progettazione di un biomateriale non può prescindere da un'accurata analisi del rischio.

L'approccio moderno prevede:

- identificazione dei potenziali pericoli;
- valutazione della probabilità di accadimento;
- analisi della gravità del danno;
- implementazione di misure di controllo;
- verifica dell'efficacia delle azioni intraprese.

Questo processo accompagna il prodotto durante tutto il suo ciclo di vita.

Controllo della produzione

La costanza qualitativa rappresenta uno degli aspetti più importanti nella produzione di materiali CAD/CAM.

Ogni fase del processo industriale è sottoposta a controlli finalizzati a garantire:

- uniformità della composizione;
- corretta distribuzione delle fibre;
- stabilità dimensionale;
- assenza di difetti macroscopici;
- conformità alle specifiche tecniche.

Il controllo di processo consente di ridurre la variabilità tra i diversi lotti produttivi.

Tracciabilità

Ogni dispositivo medico deve poter essere identificato in qualsiasi momento.

La tracciabilità permette di:

- identificare il lotto di produzione;
- risalire alle materie prime utilizzate;
- verificare i controlli effettuati;
- facilitare eventuali azioni correttive.

Per il laboratorio odontotecnico e per il clinico è fondamentale registrare correttamente il lotto del materiale impiegato, in conformità alle procedure interne e ai requisiti normativi.

Sorveglianza post-commercializzazione

La qualità di un dispositivo medico continua ad essere monitorata anche dopo la sua immissione sul mercato.

Il sistema di sorveglianza post-commercializzazione comprende:

- raccolta delle segnalazioni;
- analisi degli eventi avversi;
- valutazione delle prestazioni cliniche;
- aggiornamento della documentazione tecnica;
- implementazione di eventuali azioni correttive o preventive.

Questo approccio permette di migliorare continuamente sicurezza e affidabilità del prodotto.

Ruolo dell'odontoiatra e dell'odontotecnico

La conformità del materiale deve essere accompagnata da un corretto utilizzo clinico e tecnico.

È responsabilità dell'operatore:

- utilizzare il materiale secondo le istruzioni del fabbricante;
- rispettare i protocolli CAD/CAM;
- mantenere la documentazione relativa ai lotti;
- impiegare strumenti e materiali compatibili;
- documentare le procedure adottate.

La qualità finale della riabilitazione è il risultato della combinazione tra un materiale certificato e un protocollo operativo correttamente eseguito.

Evidence Box

La conformità normativa non costituisce un indicatore diretto della superiorità clinica di un materiale, ma rappresenta la garanzia che il dispositivo sia stato sviluppato e prodotto all'interno di un sistema di qualità conforme ai requisiti regolatori applicabili.

Clinical Pearl

Prima dell'utilizzo di ogni disco TRILOR® verificare sempre:

- integrità della confezione;
- identificazione del lotto;
- data di scadenza, se applicabile;
- disponibilità delle istruzioni d'uso aggiornate;
- corretta conservazione del materiale.

Laboratory Tip

Conservare nel fascicolo di lavorazione:

- numero di lotto del disco;
- software CAD utilizzato;
- strategia CAM;
- utensili impiegati;
- eventuali modifiche apportate al progetto.

Una documentazione completa facilita la tracciabilità e la riproducibilità del manufatto.

Errori da evitare

- utilizzare materiale privo di identificazione del lotto;
- miscelare componenti non compatibili con il protocollo del produttore;
- non archiviare la documentazione della lavorazione;
- ignorare gli aggiornamenti delle istruzioni d'uso.

Concetti chiave del capitolo

- La conformità normativa è parte integrante della sicurezza di un dispositivo medico.

- Il Regolamento (UE) 2017/745 (MDR) disciplina i requisiti per i dispositivi medici nell'Unione Europea.
- La marcatura CE attesta la conformità ai requisiti applicabili.
- La certificazione ISO 13485 garantisce un sistema di gestione della qualità dedicato ai dispositivi medici.
- La tracciabilità e la sorveglianza post-commercializzazione contribuiscono alla sicurezza e al miglioramento continuo del prodotto.
- L'utilizzatore ha un ruolo fondamentale nel rispettare le istruzioni del fabbricante e nel documentare le procedure cliniche e di laboratorio.

Bibliografia essenziale

1. Regolamento (UE) 2017/745 del Parlamento Europeo e del Consiglio relativo ai dispositivi medici.
2. ISO 13485:2016 – Medical devices – Quality management systems – Requirements for regulatory purposes.
3. ISO 14971:2019 – Medical devices – Application of risk management to medical devices.
4. ISO 10993 (serie) – Biological evaluation of medical devices.
5. Documentazione tecnica e informazioni ufficiali Bioloren relative a TRILOR® e al sistema qualità.

CAPITOLO 9

INDICAZIONI CLINICHE E CAMPI DI APPLICAZIONE

Introduzione

L'evoluzione dei materiali compositi fibrorinforzati ha ampliato le possibilità terapeutiche dell'odontoiatria restaurativa e implantoprotesica. Grazie alla combinazione di elevata resistenza meccanica, leggerezza, biocompatibilità e comportamento elastico favorevole, TRILOR® rappresenta una soluzione versatile per numerose applicazioni realizzate mediante tecnologie CAD/CAM.

La scelta di un biomateriale non deve basarsi esclusivamente sulle sue proprietà intrinseche, ma anche sulla corretta indicazione clinica, sulla progettazione protesica, sul tipo di riabilitazione e sulle condizioni biologiche e funzionali del paziente.

Questo capitolo descrive le principali applicazioni di TRILOR®, illustrandone il razionale biomeccanico, i vantaggi e gli aspetti progettuali da considerare.

Principi per la scelta del materiale

La selezione del materiale deve derivare da un'attenta analisi di diversi fattori:

- tipo di riabilitazione;
- numero e posizione degli impianti;
- estensione della protesi;
- schema oclusale;
- spazio protesico disponibile;
- esigenze estetiche;
- carico funzionale previsto;
- possibilità di manutenzione.

TRILOR® trova particolare indicazione quando è necessario combinare resistenza strutturale, leggerezza e un comportamento elastico più fisiologico rispetto ai materiali ad alta rigidità.

Barre implantari CAD/CAM

Indicazione

Le barre implantari rappresentano una delle principali applicazioni di TRILOR®.

La struttura fibrorinforzata e il modulo elastico intermedio consentono una distribuzione omogenea dei carichi occlusali lungo l'intera barra, riducendo le concentrazioni di stress nelle connessioni implantari.

Vantaggi

- peso ridotto;
- elevata precisione CAD/CAM;
- buona lavorabilità;
- favorevole comportamento biomeccanico;
- possibilità di rivestimento con compositi estetici;
- assenza di corrosione.

Considerazioni progettuali

- rispettare gli spessori minimi indicati dal produttore;
- progettare connettori adeguati;
- evitare brusche variazioni di sezione;
- verificare la passività della struttura prima della finalizzazione.

Toronto Bridge

Le strutture tipo Toronto Bridge rappresentano una delle applicazioni più consolidate dei materiali compositi fibrorinforzati.

L'impiego di TRILOR® permette di realizzare infrastrutture leggere e facilmente rifinibili, mantenendo un comportamento meccanico favorevole.

Indicazioni

- riabilitazioni implantari complete;
- protesi avvitate;
- restauri con rivestimento in composito.

Benefici

- riduzione del peso complessivo;
- semplificazione delle riparazioni;
- ottima integrazione con il workflow digitale.

Riabilitazioni Full-Arch

Le riabilitazioni complete su impianti richiedono materiali in grado di sopportare carichi elevati distribuiti su arcate estese.

Grazie al proprio comportamento elastico, TRILOR® può contribuire a una distribuzione più uniforme delle forze, limitando i picchi di stress nelle zone maggiormente sollecitate.

La progettazione deve sempre tenere conto di:

- numero di impianti;
- posizione degli impianti;
- estensioni distali;
- schema occlusale;
- spazi protesici disponibili.

Strutture secondarie implantari

TRILOR® può essere impiegato per la realizzazione di strutture secondarie progettate mediante sistemi CAD/CAM.

L'elevata precisione di fresatura consente di ottenere manufatti accurati, con buona stabilità dimensionale e ottima adattabilità ai componenti protesici previsti dal progetto.

Sovrastrutture protesiche

Le sovrastrutture rappresentano un'importante applicazione del materiale.

La combinazione tra leggerezza e resistenza contribuisce al comfort del paziente, soprattutto nelle riabilitazioni estese.

Il rivestimento con compositi estetici consente inoltre una personalizzazione cromatica e morfologica.

Protesi rimovibili supportate da barra

Le barre fresate in TRILOR® possono costituire il supporto di protesi rimovibili nei casi in cui il progetto protesico e le indicazioni del produttore lo consentano.

Tra i vantaggi:

- riduzione del peso;
- buona distribuzione dei carichi;
- elevato comfort per il paziente;
- semplicità di manutenzione.

Pazienti con sensibilità ai metalli

Uno degli aspetti più interessanti di TRILOR® è l'assenza di componenti metallici nella struttura del materiale.

Nei pazienti con documentata sensibilità o con specifiche esigenze di riabilitazione metal-free, questa caratteristica può rappresentare un elemento favorevole nella pianificazione del trattamento, nel rispetto delle indicazioni cliniche e della valutazione del professionista.

Workflow completamente digitale

TRILOR® è progettato per essere lavorato mediante sistemi CAD/CAM.

L'integrazione con il flusso digitale consente:

- elevata ripetibilità;
- precisione di lavorazione;
- riduzione delle fasi manuali;
- ottimizzazione dei tempi di laboratorio;
- archiviazione digitale del progetto.

Quando valutare con attenzione l'utilizzo

Come per qualsiasi biomateriale, esistono situazioni nelle quali è opportuno effettuare una valutazione particolarmente accurata prima della scelta del materiale.

Tra queste:

- carichi occlusali eccezionalmente elevati;
- spazi protesici molto ridotti;
- geometrie che non consentono il rispetto degli spessori minimi;
- progettazioni non conformi alle indicazioni del fabbricante.

In tali circostanze è fondamentale eseguire una pianificazione protesica completa e attenersi alle istruzioni d'uso ufficiali.

Evidence Box

Le evidenze disponibili sui compositi fibrorinforzati indicano che la combinazione tra un modulo elastico intermedio e un'elevata resistenza alla fatica può favorire una distribuzione più uniforme dei carichi rispetto ai materiali ad alta rigidità. Tuttavia, il successo clinico dipende da molteplici fattori, tra cui progettazione, precisione di lavorazione, controllo occlusale e corretta manutenzione.

Clinical Pearl

Prima di selezionare TRILOR® valutare sempre:

- il numero e la distribuzione degli impianti;
- la lunghezza degli sbalzi distali;
- gli spazi protesici disponibili;
- il materiale di rivestimento previsto;
- il protocollo di manutenzione programmata.

Una corretta indicazione clinica rappresenta il presupposto fondamentale per ottenere restauri affidabili e duraturi.

Laboratory Tip

Durante la progettazione CAD:

- mantenere spessori uniformi;
- evitare spigoli vivi;
- progettare raccordi ampi tra i connettori;
- rispettare le indicazioni dimensionali del produttore;
- verificare sempre la direzione di fresatura e il corretto posizionamento del manufatto nel disco.

Errori da evitare

- utilizzare il materiale al di fuori delle indicazioni previste;
- ridurre eccessivamente gli spessori strutturali;
- trascurare il controllo della passività nelle strutture implantari;
- sottovalutare il ruolo dell'occlusione nella distribuzione dei carichi;
- impiegare protocolli adesivi non compatibili con le indicazioni del produttore.

Concetti chiave del capitolo

- TRILOR® trova applicazione in numerose riabilitazioni protesiche realizzate mediante workflow CAD/CAM.
- Le barre implantari, le Toronto Bridge e le riabilitazioni Full-Arch rappresentano alcune delle principali indicazioni cliniche.
- La scelta del materiale deve essere sempre supportata da una corretta pianificazione biomeccanica e protesica.

- Il rispetto degli spessori minimi, dei protocolli di lavorazione e delle istruzioni del fabbricante è fondamentale per la sicurezza e la durata del restauro.
- L'integrazione con il flusso digitale rappresenta uno dei principali punti di forza del materiale.

Bibliografia essenziale

1. Vallittu PK. Fiber-reinforced composites in fixed prosthodontics and implant dentistry.
2. Garoushi S, Lassila L, Vallittu PK. Fiber-reinforced composite technology in restorative dentistry.
3. ISO 10477 – Dentistry – Polymer-based crown and veneering materials.
4. ISO 13485:2016 – Medical devices – Quality management systems.
5. Regolamento (UE) 2017/745 (MDR).
6. Documentazione tecnica ufficiale TRILOR® e istruzioni d'uso del produttore.

CAPITOLO 10

CONTROINDICAZIONI, LIMITI D'IMPIEGO E SELEZIONE DEL CASO CLINICO

Introduzione

Ogni biomateriale possiede caratteristiche che lo rendono particolarmente indicato per determinate applicazioni cliniche. Allo stesso tempo, nessun materiale può essere considerato universalmente idoneo per tutte le situazioni terapeutiche.

La corretta selezione del caso rappresenta uno dei fattori più importanti per il successo a lungo termine di qualsiasi riabilitazione protesica. Le proprietà meccaniche di TRILOR®, unite alla sua struttura composita fibrorinforzata, offrono numerosi vantaggi clinici; tuttavia, tali caratteristiche devono essere interpretate nel contesto specifico del paziente, del progetto protesico e delle indicazioni fornite dal fabbricante.

L'obiettivo di questo capitolo è fornire criteri razionali per individuare le situazioni in cui l'impiego di TRILOR® è appropriato, quelle che richiedono particolare cautela e quelle nelle quali può essere opportuno valutare materiali alternativi.

Il principio della corretta indicazione

La scelta del materiale non deve essere guidata esclusivamente dalle sue proprietà tecniche, ma da una valutazione complessiva che comprenda:

- diagnosi clinica;
- piano di trattamento;
- distribuzione dei carichi occlusali;
- numero e posizione degli impianti;
- qualità del supporto osseo;
- disponibilità di spazio protesico;
- aspettative funzionali ed estetiche del paziente;
- possibilità di manutenzione nel tempo.

L'impiego di TRILOR® deve sempre avvenire nel rispetto delle istruzioni d'uso e delle indicazioni ufficiali del produttore.

Situazioni che richiedono particolare attenzione

Spazio protesico insufficiente

Una riduzione dello spazio disponibile può impedire il rispetto degli spessori minimi necessari per garantire un'adeguata resistenza strutturale.

In questi casi è necessario:

- rivalutare il progetto protesico;
- modificare il design della struttura;
- considerare eventuali alternative qualora non sia possibile rispettare i requisiti dimensionali.

Estensioni distali eccessive

Le estensioni a sbalzo aumentano significativamente i momenti flettenti che agiscono sulla struttura e sugli impianti.

La lunghezza dei cantilever deve essere definita in funzione di:

- numero degli impianti;
- loro distribuzione;
- qualità dell'osso;
- schema occlusale;
- progetto biomeccanico complessivo.

Carichi occlusali elevati

Nei pazienti con:

- serramento;
- bruxismo;
- ipertrofia dei muscoli masticatori;
- parafunzioni non controllate,

è necessaria una valutazione approfondita del rischio biomeccanico.

TRILOR® può essere utilizzato in alcuni di questi contesti solo nell'ambito di una pianificazione accurata, eventualmente associata a dispositivi di protezione come bite occlusali e a un rigoroso programma di controlli periodici.

Geometrie non favorevoli

La presenza di:

- connettori troppo sottili;
- bruschi cambi di sezione;
- spigoli vivi;
- zone ad elevata concentrazione di stress,

può compromettere il comportamento meccanico della struttura indipendentemente dal materiale impiegato.

Una progettazione CAD corretta rappresenta quindi un requisito imprescindibile.

Compatibilità con il workflow

TRILOR® è stato sviluppato per essere lavorato mediante sistemi CAD/CAM.

L'utilizzo di utensili non idonei, strategie CAM non validate o procedure non conformi alle istruzioni del produttore può compromettere:

- precisione dimensionale;
- qualità superficiale;
- integrità delle fibre;
- durata clinica del manufatto.

Limiti legati al protocollo adesivo

Il successo della riabilitazione dipende anche dalla corretta preparazione delle superfici e dall'impiego di sistemi adesivi compatibili.

L'utilizzo di protocolli non validati può determinare:

- riduzione dell'adesione;
- infiltrazioni marginali;
- distacco del materiale di rivestimento;
- necessità di riparazioni precoci.

È pertanto indispensabile attenersi alle procedure raccomandate dal produttore.

Manutenzione del paziente

Anche il miglior biomateriale richiede un programma di mantenimento nel tempo.

Le visite di controllo devono consentire di verificare:

- integrità della struttura;
- stabilità delle connessioni;
- stato dei tessuti peri-implantari;
- condizioni del rivestimento estetico;
- igiene orale del paziente.

La collaborazione del paziente rappresenta un elemento fondamentale per la longevità della riabilitazione.

Quando considerare materiali alternativi

La scelta di un materiale diverso da TRILOR® può essere presa in considerazione quando:

- non è possibile rispettare gli spessori minimi raccomandati;
- il progetto protesico richiede caratteristiche non compatibili con il comportamento del composito fibrorinforzato;
- il clinico ritiene che altre soluzioni offrano un rapporto rischio-beneficio più favorevole per quello specifico caso.

La decisione deve sempre derivare da una valutazione clinica individuale e dalla conoscenza delle proprietà dei diversi biomateriali disponibili.

Evidence Box

La letteratura evidenzia che il successo delle riabilitazioni implantoprotesiche è influenzato da una combinazione di fattori: qualità della pianificazione, progettazione CAD, controllo oclusale, manutenzione e proprietà del materiale. Nessun biomateriale può compensare errori di progettazione o indicazioni cliniche inappropriate.

Clinical Pearl

Prima di confermare il progetto definitivo verificare sempre:

- spessore della struttura;
- lunghezza degli sbalzi;
- spazio per il rivestimento;
- passività della barra;
- accessibilità per l'igiene domiciliare.

Una verifica preventiva consente di ridurre significativamente il rischio di complicanze tecniche.

Laboratory Tip

Durante la progettazione CAD evitare:

- spigoli interni acuti;
- variazioni improvvise di spessore;
- connettori sottodimensionati;
- orientamenti di fresatura sfavorevoli.

Una geometria armonica migliora la distribuzione delle tensioni e facilita la lavorazione.

Errori da evitare

- impiegare TRILOR® al di fuori delle indicazioni del fabbricante;
- ridurre gli spessori per esigenze estetiche senza una verifica biomeccanica;
- sottovalutare il ruolo dell'occlusione nei pazienti con parafunzioni;
- utilizzare protocolli adesivi non compatibili;
- trascurare il programma di manutenzione periodica.

Concetti chiave del capitolo

- La corretta selezione del caso è determinante per il successo della riabilitazione.
- Le proprietà del materiale devono essere interpretate nel contesto biomeccanico e clinico specifico.
- Il rispetto degli spessori minimi, dei protocolli CAD/CAM e delle procedure adesive è essenziale.
- La manutenzione periodica e la collaborazione del paziente contribuiscono alla durata del restauro.
- In presenza di condizioni particolarmente sfavorevoli è opportuno rivalutare il progetto o considerare materiali alternativi.

Bibliografia essenziale

1. Vallittu PK. Fiber-Reinforced Composites in Fixed Prosthodontics.
2. Garoushi S, Lassila L, Vallittu PK. Fiber-reinforced composite technology in restorative dentistry.
3. ISO 10477 – Dentistry – Polymer-based crown and veneering materials.
4. ISO 14971:2019 – Medical devices – Application of risk management to medical devices.
5. Regolamento (UE) 2017/745 (MDR).
6. Documentazione tecnica ufficiale TRILOR® – Istruzioni per l'uso.

CAPITOLO 11

WORKFLOW DIGITALE CAD/CAM: DALLA SCANSIONE ALLA PROGETTAZIONE

Introduzione

La digitalizzazione dei processi produttivi ha trasformato profondamente l'odontoiatria restaurativa e implantoprotetica. L'integrazione tra acquisizione digitale dei dati, progettazione assistita da computer (CAD) e produzione computerizzata (CAM) consente oggi di realizzare manufatti protesici con elevati livelli di precisione, ripetibilità e prevedibilità.

TRILOR® è stato sviluppato per essere lavorato mediante sistemi CAD/CAM, sfruttando le caratteristiche dei materiali compositi fibrorinforzati e la precisione delle moderne tecnologie di fresatura.

Un workflow digitale correttamente pianificato permette di ridurre gli errori, ottimizzare i tempi di laboratorio e garantire la qualità del manufatto finale.

Il flusso digitale

Il processo produttivo può essere suddiviso in otto fasi principali:

1. Acquisizione dell'impronta digitale o scansione del modello.
2. Importazione dei dati nel software CAD.
3. Progettazione della struttura.
4. Verifica biomeccanica del progetto.
5. Nesting e orientamento nel disco.
6. Fresatura CAM.
7. Rifinitura e controllo qualità.
8. Finalizzazione clinica e consegna.

Ogni fase influenza direttamente la precisione e l'affidabilità del risultato finale.

Acquisizione dei dati

La qualità del progetto dipende dalla qualità dei dati iniziali.

L'acquisizione può essere effettuata mediante:

- scanner intraorale;
- scanner da laboratorio;
- scansione di modelli in gesso;
- scansione di modelli stampati in 3D.

I dati devono essere completi, privi di artefatti e con una definizione sufficiente a riprodurre accuratamente margini, connessioni implantari e profili di emergenza.

Verifica preliminare

Prima della progettazione è consigliabile controllare:

- completezza della scansione;
- presenza di eventuali aree mancanti;
- corretto posizionamento degli scan body;
- congruenza tra arcata superiore e inferiore;
- registrazione oclusale.

Errori in questa fase si ripercuotono sull'intero workflow.

Importazione nel software CAD

I file digitali, generalmente in formato STL, PLY o OBJ (a seconda del sistema utilizzato), vengono importati nel software CAD.

È importante verificare:

- scala corretta del modello;
 - orientamento dell'arcata;
 - precisione delle connessioni implantari;
 - corretta identificazione dei componenti protesici.
-

Analisi del caso

Prima di iniziare la modellazione è opportuno valutare:

- tipo di riabilitazione;
- numero di elementi;
- posizione degli impianti;
- spazio protesico disponibile;
- dimensioni della struttura;
- materiale di rivestimento previsto;

- schema occlusale.

Questa fase rappresenta il collegamento tra la pianificazione clinica e la progettazione digitale.

Progettazione CAD

Durante la modellazione devono essere definiti:

- spessori della struttura;
- connettori;
- profili di emergenza;
- sedi per componenti implantari;
- supporti del materiale di rivestimento;
- aree di scarico.

L'obiettivo è ottenere una struttura meccanicamente efficiente, facilmente fresabile e biologicamente compatibile.

Progettazione orientata alla biomeccanica

La progettazione non deve limitarsi alla forma geometrica.

È necessario considerare:

- direzione delle forze occlusali;
- distribuzione dei carichi;
- riduzione dei picchi di stress;
- continuità strutturale;
- facilità di manutenzione.

Una progettazione biomeccanicamente corretta contribuisce alla longevità della riabilitazione.

Controllo degli spessori

Prima della produzione è indispensabile verificare:

- spessori minimi della struttura;
- dimensioni dei connettori;
- spazio per il materiale estetico;
- zone di maggiore sollecitazione;
- eventuali sottosquadri.

Le verifiche devono essere eseguite utilizzando gli strumenti di analisi integrati nel software CAD.

Verifica della passività

Nel caso di strutture implantari è fondamentale progettare una sovrastruttura che consenta un corretto adattamento ai componenti protesici.

La verifica della passività deve essere confermata sia digitalmente sia clinicamente prima della finalizzazione.

Nesting nel disco

Il nesting consiste nel posizionamento virtuale della struttura all'interno del disco di TRILOR®.

Gli obiettivi principali sono:

- ottimizzare il consumo del materiale;
- garantire una fresatura stabile;
- ridurre le vibrazioni;
- facilitare la rifinitura.

Per i compositi fibrorinforzati è inoltre importante considerare le indicazioni del produttore riguardo all'orientamento della struttura rispetto all'architettura del materiale.

Simulazione CAM

Prima della fresatura il software CAM consente di simulare l'intero processo produttivo.

La simulazione permette di individuare:

- collisioni;
- interferenze;
- utensili non idonei;
- aree non lavorabili;
- tempi di produzione.

Correggere eventuali criticità in questa fase evita errori costosi durante la lavorazione.

Controllo qualità digitale

Prima di avviare la fresatura verificare:

- correttezza del progetto;
- spessori;
- orientamento;
- connessioni implantari;
- parametri CAM;
- utensili selezionati;
- supporti di fresatura.

Solo dopo il completamento di questa checklist è consigliabile procedere con la produzione.

Evidence Box

Numerosi studi dimostrano che l'accuratezza del workflow digitale dipende dalla somma delle precisioni delle singole fasi. Errori apparentemente minimi nella scansione, nella progettazione o nella produzione possono accumularsi e influenzare l'adattamento finale della struttura.

Clinical Pearl

Prima di approvare definitivamente il progetto CAD, confrontare sempre il modello digitale con il piano protesico iniziale. Un controllo interdisciplinare tra odontoiatra e odontotecnico riduce il rischio di modifiche tardive e migliora la prevedibilità del risultato.

Laboratory Tip

Creare una checklist digitale standardizzata per ogni lavorazione comprendente:

- verifica dei dati di scansione;
- controllo degli spessori;
- validazione dei connettori;
- conferma del corretto nesting;
- simulazione CAM completata;
- approvazione finale del progetto.

Questa procedura migliora la ripetibilità del workflow e facilita il controllo qualità.

Errori da evitare

- progettare senza aver verificato la qualità della scansione;
- ignorare gli spessori minimi consigliati;

- sottovalutare il corretto posizionamento della struttura nel disco;
 - avviare la fresatura senza simulazione CAM;
 - trascurare il controllo della passività nelle strutture implantari.
-

Concetti chiave del capitolo

- Il successo del workflow CAD/CAM dipende dalla qualità di ogni singola fase del processo.
 - La progettazione deve integrare criteri anatomici, biomeccanici e produttivi.
 - Il controllo degli spessori e dei connettori è fondamentale per la sicurezza del manufatto.
 - Il corretto nesting e la simulazione CAM contribuiscono alla precisione e alla riduzione degli errori.
 - La collaborazione tra odontoiatra e odontotecnico rappresenta un elemento determinante per il successo della riabilitazione.
-

Bibliografia essenziale

1. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. *A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives.*
2. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. *Digital dentistry: an overview of recent developments.*
3. ISO 12836 – Dentistry — Digitizing devices for CAD/CAM systems for indirect dental restorations.
4. ISO 13485:2016 – Medical devices – Quality management systems.
5. Documentazione tecnica ufficiale TRILOR® e manuali d'uso dei principali sistemi CAD/CAM compatibili.

CAPITOLO 12

PROGETTAZIONE CAD DELLE STRUTTURE IN TRILOR®

Introduzione

La progettazione CAD rappresenta la fase nella quale le proprietà del materiale vengono trasformate in una struttura protesica funzionale. La qualità del progetto influenza direttamente la precisione della fresatura, la distribuzione delle sollecitazioni, la stabilità nel tempo e il comportamento biomeccanico della riabilitazione.

Nel caso di TRILOR®, la progettazione deve tener conto non solo della geometria anatomica, ma anche delle caratteristiche proprie dei compositi fibrorinforzati. Un progetto corretto permette di sfruttare al meglio il rapporto tra leggerezza, resistenza e modulo elastico del materiale.

La progettazione CAD non deve essere considerata esclusivamente un'attività grafica, ma una fase di ingegnerizzazione del manufatto protesico.

Principi generali di progettazione

Ogni struttura deve essere progettata perseguendo quattro obiettivi fondamentali:

- garantire la resistenza meccanica;
- distribuire uniformemente i carichi funzionali;
- facilitare la lavorazione CAM;
- favorire la manutenzione clinica nel tempo.

Questi principi devono guidare ogni scelta progettuale, indipendentemente dalla tipologia di riabilitazione.

Analisi preliminare del caso

Prima di iniziare la modellazione è opportuno raccogliere tutte le informazioni cliniche e tecniche disponibili:

- tipo di riabilitazione;
- numero di elementi;
- posizione degli impianti;
- spazio verticale disponibile;
- profilo di emergenza;
- materiale di rivestimento;

- schema occlusale;
- eventuali parafunzioni.

L'analisi preliminare consente di adattare il progetto alle esigenze specifiche del paziente.

Definizione della geometria

La geometria della struttura deve garantire continuità meccanica e assenza di punti di concentrazione delle tensioni.

È consigliabile progettare:

- superfici continue;
- transizioni morbide;
- raggi di raccordo ampi;
- sezioni uniformi;
- supporti regolari per il materiale estetico.

Una geometria armonica migliora sia la distribuzione degli stress sia la qualità della fresatura.

Spessori strutturali

Gli spessori rappresentano uno degli aspetti più critici della progettazione.

Uno spessore insufficiente può compromettere la resistenza della struttura, mentre uno spessore eccessivo può ridurre lo spazio disponibile per il rivestimento estetico e aumentare inutilmente il volume del manufatto.

Per ogni applicazione è necessario attenersi ai valori riportati nelle istruzioni d'uso e nella documentazione tecnica ufficiale di TRILOR®.

Progettazione dei connettori

I connettori costituiscono le aree maggiormente sollecitate nelle strutture plurime.

Durante la progettazione occorre:

- evitare sezioni sottodimensionate;
- mantenere forme arrotondate;
- eliminare spigoli vivi;
- garantire continuità tra gli elementi.

Connettori ben progettati contribuiscono a distribuire le tensioni e riducono il rischio di concentrazioni locali di stress.

Gestione dei cantilever

Le estensioni distali devono essere progettate con particolare attenzione.

La loro lunghezza deve essere valutata considerando:

- numero degli impianti;
- distribuzione implantare;
- schema occlusale;
- qualità dell'osso;
- caratteristiche biomeccaniche della struttura.

L'obiettivo è limitare i momenti flettenti e mantenere una distribuzione favorevole delle forze.

Profili di emergenza

Un corretto profilo di emergenza favorisce:

- la salute dei tessuti molli;
- la facilità di igiene;
- l'estetica del restauro;
- la stabilità del rivestimento.

La progettazione deve rispettare la morfologia dei tessuti peri-implantari e consentire un accesso agevole alle procedure di igiene domiciliare.

Supporto del materiale estetico

La struttura primaria deve fornire un sostegno uniforme al materiale di rivestimento.

Zone eccessivamente sottili o prive di adeguato supporto possono favorire:

- distacchi;
- fratture del composito;
- usura irregolare;
- difficoltà di rifinitura.

Una distribuzione omogenea degli spessori del rivestimento contribuisce alla stabilità estetica e funzionale del restauro.

Compensazioni CAD

I software di progettazione consentono di impostare compensazioni per:

- cementazione;
- fresatura;
- adattamento;
- gioco meccanico.

I parametri devono essere impostati in funzione del sistema CAD/CAM utilizzato e delle indicazioni del produttore.

Modifiche arbitrarie ai valori predefiniti possono compromettere l'adattamento della struttura.

Orientamento della struttura nel disco

L'orientamento della struttura durante il nesting influisce sulla lavorazione e sul comportamento del manufatto.

È necessario seguire le indicazioni del produttore riguardo al posizionamento del progetto all'interno del disco, tenendo conto della struttura del materiale e della strategia di fresatura.

Verifica finale del progetto

Prima di esportare il file CAM è consigliabile controllare:

- integrità della geometria;
- spessori minimi;
- connettori;
- cantilever;
- spazi per il rivestimento;
- accessi alle viti;
- passività virtuale;
- interferenze occlusali;
- sottosquadri.

Solo dopo il completamento di questa verifica il progetto può essere approvato per la produzione.

Evidence Box

Le analisi agli elementi finiti (FEA) dimostrano che la geometria della struttura influenza in modo significativo la distribuzione delle tensioni. Raccordi progressivi, sezioni uniformi e adeguato supporto del rivestimento contribuiscono a ridurre le concentrazioni di stress e a migliorare il comportamento biomeccanico complessivo.

Clinical Pearl

Coinvolgere il clinico nella revisione del progetto CAD permette di verificare precocemente aspetti quali l'estetica, il profilo di emergenza, gli accessi alle viti e gli spazi per l'igiene. Una validazione condivisa riduce il rischio di modifiche nelle fasi successive.

Laboratory Tip

Creare una libreria CAD dedicata a TRILOR®, con parametri standardizzati per le principali tipologie di riabilitazione, consente di aumentare la ripetibilità del lavoro, ridurre gli errori e velocizzare la progettazione.

Errori da evitare

- progettare con spessori inferiori a quelli raccomandati;
 - creare connettori troppo sottili o con spigoli vivi;
 - sottovalutare la gestione dei cantilever;
 - modificare senza criterio le compensazioni CAD;
 - non verificare il progetto prima dell'esportazione CAM.
-

Concetti chiave del capitolo

- La progettazione CAD è una fase determinante per il successo della riabilitazione.
 - Geometrie armoniche e raccordi progressivi favoriscono una distribuzione più uniforme delle tensioni.
 - Gli spessori e i connettori devono essere definiti secondo le indicazioni del produttore e le esigenze biomeccaniche del caso.
 - Il corretto supporto del materiale estetico contribuisce alla durata del restauro.
 - Una verifica sistematica del progetto prima della fresatura rappresenta uno dei principali strumenti di controllo qualità.
-

Bibliografia essenziale

1. Miyazaki T, Hotta Y. *CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations.*
2. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. *Digital dentistry: an overview of recent developments.*
3. Vallittu PK. *Fiber-Reinforced Composites in Prosthodontics.*
4. ISO 12836 – Dentistry – Digitizing devices for CAD/CAM systems.
5. Documentazione tecnica ufficiale TRILOR® e linee guida del produttore per la progettazione CAD.

CAPITOLO 13

FRESATURA CAM DELLE STRUTTURE IN TRILOR®

Introduzione

La fase CAM rappresenta il passaggio in cui il progetto digitale si trasforma in manufatto fisico. Nel caso di TRILOR®, la fresatura non è una semplice operazione meccanica, ma un processo controllato che deve rispettare le caratteristiche del materiale composito fibrorinforzato.

Una corretta strategia CAM consente di preservare l'integrità delle fibre, mantenere la precisione dimensionale e garantire la qualità superficiale necessaria per le successive fasi di rifinitura e rivestimento.

Errori in questa fase possono compromettere irreversibilmente il risultato finale, indipendentemente dalla qualità del progetto CAD.

Principi della lavorazione CAM

La fresatura di TRILOR® deve rispettare alcuni principi fondamentali:

- lavorazione progressiva del materiale;
- riduzione delle vibrazioni meccaniche;
- utilizzo di utensili idonei e ben affilati;
- evacuazione efficace del truciolo;
- controllo della temperatura di lavorazione;
- stabilità del blocco durante la fresatura.

Il rispetto di questi principi garantisce la preservazione della struttura interna del materiale.

Caratteristiche del materiale in fase di fresatura

TRILOR® è un composito fibrorinforzato costituito da una matrice polimerica rinforzata da fibre continue.

Durante la fresatura:

- la matrice polimerica viene rimossa per abrasione;
- le fibre contribuiscono alla resistenza strutturale;

- è necessario evitare strappi o delaminazioni;
- la direzione delle fibre può influenzare il comportamento del taglio.

Per questo motivo la strategia CAM deve essere adattata al comportamento anisotropo del materiale.

Scelta degli utensili

L'utilizzo di frese adeguate è essenziale per ottenere una lavorazione precisa e controllata.

In generale si utilizzano:

- frese in metallo duro (carbide);
- utensili specifici per materiali compositi;
- frese con geometrie ottimizzate per ridurre le vibrazioni.

È fondamentale:

- utilizzare utensili nuovi o in buono stato;
 - evitare frese usurate che aumentano il rischio di delaminazione;
 - rispettare le raccomandazioni del produttore del sistema CAM.
-

Strategie di fresatura

La lavorazione può essere suddivisa in due fasi principali:

Sgrossatura

Obiettivo:

- rimuovere rapidamente il materiale in eccesso;
- definire la geometria generale.

Caratteristiche:

- passate più ampie;
- precisione moderata;
- attenzione al controllo delle vibrazioni.

Finitura

Obiettivo:

- ottenere la precisione dimensionale finale;

- migliorare la qualità superficiale.

Caratteristiche:

- passate più leggere;
 - maggiore precisione;
 - riduzione progressiva del materiale residuo.
-

Controllo delle vibrazioni

Le vibrazioni rappresentano uno dei principali fattori di rischio nella fresatura dei compositi fibrorinforzati.

Per ridurle è necessario:

- fissare correttamente il blocco nel sistema CAM;
 - evitare geometrie sottili non supportate;
 - utilizzare strategie di taglio progressive;
 - mantenere utensili affilati;
 - ridurre avanzamenti eccessivi.
-

Gestione della temperatura

Il surriscaldamento può compromettere la matrice polimerica.

È quindi importante:

- garantire un adeguato sistema di aspirazione;
 - evitare attriti prolungati sullo stesso punto;
 - utilizzare parametri di lavorazione controllati;
 - assicurare pause o strategie di raffreddamento, se previste dal sistema.
-

Precisione dimensionale

La precisione finale dipende da:

- accuratezza del progetto CAD;
- calibrazione della macchina CAM;
- usura degli utensili;
- stabilità del blocco durante la fresatura.

Eventuali errori cumulativi possono influenzare:

- adattamento sulle connessioni implantari;
 - passività della struttura;
 - precisione dei margini protesici.
-

Rimozione dei supporti

Al termine della fresatura la struttura è ancora collegata al disco tramite supporti.

La loro rimozione deve essere eseguita con attenzione per evitare:

- microfratture;
- scheggiature;
- stress localizzati.

È consigliabile utilizzare strumenti rotanti a bassa velocità e rifinire successivamente le aree interessate.

Controllo post-fresatura

Dopo la lavorazione è necessario verificare:

- integrità della struttura;
- assenza di delaminazioni;
- precisione delle connessioni;
- corretto adattamento sui modelli;
- qualità delle superfici.

Eventuali imperfezioni devono essere valutate prima di procedere alla fase di rifinitura estetica.

Difetti più comuni

Delaminazione superficiale

Causata da:

- utensili usurati;
- parametri di taglio non corretti;
- vibrazioni eccessive.

Microfratture

Causate da:

- stress localizzati;
- geometrie troppo sottili;
- rimozione impropria dei supporti.

Superficie irregolare

Causata da:

- strategie CAM non ottimizzate;
 - avanzamento non controllato;
 - errori nel nesting.
-

Evidence Box

La letteratura sui compositi fibrorinforzati mostra che la qualità della lavorazione meccanica influenza direttamente la resistenza residua del materiale. Microdifetti superficiali introdotti durante la fresatura possono agire come punti di innesco per fenomeni di fatica nel lungo periodo.

Clinical Pearl

Una struttura ben fresata non è solo più precisa, ma anche più prevedibile clinicamente. La qualità della superficie influisce sulla adesione del rivestimento estetico e sulla resistenza alla frattura nel tempo.

Laboratory Tip

Implementare un controllo periodico dell'usura delle frese (numero di cicli o ore di utilizzo) riduce drasticamente il rischio di difetti superficiali e migliora la ripetibilità dei risultati.

Errori da evitare

- utilizzare utensili consumati;
 - ignorare le vibrazioni durante la fresatura;
 - accelerare eccessivamente i parametri di lavorazione;
 - rimuovere i supporti in modo aggressivo;
 - saltare il controllo post-fresatura.
-

Concetti chiave del capitolo

- La fresatura CAM è una fase critica per la qualità finale del manufatto.
 - Il comportamento del materiale composito richiede strategie di lavorazione dedicate.
 - Il controllo delle vibrazioni e della temperatura è fondamentale per preservare l'integrità strutturale.
 - La manutenzione degli utensili incide direttamente sulla precisione e sulla qualità superficiale.
 - Il controllo post-fresatura è indispensabile prima delle fasi di rifinitura.
-

Bibliografia essenziale

1. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry and CAD/CAM workflows.
2. Miyazaki T et al. CAD/CAM systems for dental restorations: materials and processing.
3. ISO 16442 – Dentistry – Dental milling machines.
4. Vallittu PK. Fiber-reinforced composites in prosthodontics.
5. Documentazione tecnica TRILOR® e linee guida di lavorazione del produttore.

CAPITOLO 14

RIFINITURA, ADATTAMENTO E LUCIDATURA DELLE STRUTTURE IN TRILOR®

Introduzione

Dopo la fase di fresatura CAM, la struttura in TRILOR® presenta la geometria definitiva del manufatto, ma necessita di una serie di procedure di rifinitura e finitura superficiale prima della fase clinica o del rivestimento estetico.

Questa fase è cruciale perché le operazioni meccaniche post-fresatura possono influenzare direttamente la resistenza alla fatica, l'adesione dei materiali di rivestimento e la stabilità a lungo termine della riabilitazione.

Nel caso dei compositi fibrorinforzati, la gestione della superficie deve rispettare l'integrità delle fibre e della matrice polimerica, evitando alterazioni che possano generare punti di debolezza.

Principi della rifinitura

La rifinitura di TRILOR® deve seguire alcuni principi fondamentali:

- lavorazione controllata e progressiva;
- minimizzazione del calore generato;
- preservazione della struttura fibrorinforzata;
- evitare abrasioni aggressive;
- mantenimento della geometria progettata;
- controllo continuo della superficie.

Una rifinitura eccessiva o non controllata può compromettere la resistenza del materiale.

Rimozione dei supporti di fresatura

La prima fase consiste nella rimozione dei supporti residui del processo CAM.

Questa operazione deve essere eseguita con:

- strumenti rotanti a bassa velocità;
- frese a grana fine o strumenti dedicati ai compositi;
- movimenti controllati e progressivi.

È fondamentale evitare:

- strappi;
- vibrazioni eccessive;
- pressione localizzata;
- surriscaldamento.

Dopo la rimozione dei supporti, le aree interessate devono essere regolarizzate.

Rifinitura delle superfici

La rifinitura ha lo scopo di eliminare irregolarità superficiali e preparare la struttura alle fasi successive.

Si utilizzano generalmente:

- frese multilama per compositi;
- strumenti diamantati a grana fine (se compatibili);
- gommini abrasivi progressivi.

La lavorazione deve seguire una sequenza decrescente di abrasività.

Gestione delle fibre esposte

In alcuni casi, la rifinitura può rendere parzialmente visibili le fibre del composito.

È fondamentale:

- evitare il distacco delle fibre dalla matrice;
- non “tirare” le fibre durante la lavorazione;
- sigillare adeguatamente la superficie nelle fasi successive;
- mantenere la continuità strutturale.

Le fibre devono sempre rimanere integrate nella matrice polimerica.

Preparazione alla lucidatura

Prima della lucidatura è necessario:

- verificare la geometria finale;
- eliminare ogni irregolarità macroscopica;
- controllare eventuali microfratture;

- pulire accuratamente la superficie;
- rimuovere residui di lavorazione.

Una superficie ben preparata riduce i tempi di lucidatura e migliora il risultato finale.

Lucidatura meccanica

La lucidatura ha lo scopo di ottenere una superficie liscia, stabile e resistente all'accumulo di placca.

Le fasi tipiche includono:

Pre-lucidatura

- gommini abrasivi a grana media;
- velocità controllata;
- pressione leggera.

Lucidatura intermedia

- gommini a grana fine;
- riduzione progressiva della rugosità.

Lucidatura finale

- paste lucidanti specifiche per compositi;
 - spazzole morbide;
 - bassa velocità.
-

Effetti della lucidatura sulla biologia orale

Una superficie ben lucidata:

- riduce l'adesione batterica;
- migliora la tolleranza dei tessuti molli;
- facilita l'igiene domiciliare;
- aumenta la stabilità estetica nel tempo.

La rugosità superficiale è direttamente correlata alla formazione di biofilm.

Controllo qualità della superficie

Dopo la lucidatura è necessario verificare:

- uniformità della brillantezza;
- assenza di micrograffi;
- continuità delle superfici;
- integrità dei margini;
- assenza di surriscaldamenti localizzati.

Il controllo può essere eseguito visivamente o con strumenti di ingrandimento.

Stabilità del materiale dopo rifinitura

Ogni intervento meccanico sulla superficie può influenzare:

- resistenza alla fatica;
- comportamento elastico superficiale;
- adesione del rivestimento estetico;
- durabilità nel tempo.

Per questo motivo è essenziale limitare la lavorazione allo stretto necessario.

Evidence Box

La letteratura sui materiali compositi indica che la rugosità superficiale e la presenza di microdifetti influenzano significativamente l'accumulo di biofilm e la resistenza alla frattura. Una corretta lucidatura migliora non solo l'estetica, ma anche la performance clinica nel lungo periodo.

Clinical Pearl

Una lucidatura ben eseguita non è solo una fase estetica: è una vera misura preventiva contro l'infiammazione dei tessuti peri-implantari e la degradazione del restauro nel tempo.

Laboratory Tip

Eseguire la lucidatura in ambiente pulito e controllato, utilizzando strumenti dedicati esclusivamente ai compositi, riduce il rischio di contaminazioni e migliora la qualità finale della superficie.

Errori da evitare

- surriscaldare il materiale durante la rifinitura;
 - utilizzare strumenti troppo abrasivi;
 - saltare la sequenza progressiva di lucidatura;
 - esercitare pressione eccessiva;
 - trascurare la rimozione completa dei supporti CAM.
-

Concetti chiave del capitolo

- La rifinitura e lucidatura influenzano direttamente la longevità della riabilitazione.
 - Il controllo del calore e della pressione è essenziale per preservare la struttura fibrorinforzata.
 - Una superficie liscia riduce l'accumulo di placca e migliora la risposta dei tessuti.
 - La sequenza progressiva di lucidatura è fondamentale per ottenere un risultato ottimale.
 - Ogni intervento meccanico deve essere limitato allo stretto necessario.
-

Bibliografia essenziale

1. Vallittu PK. Fiber-reinforced composites in prosthodontics.
2. Garoushi S, Lassila LVJ, Vallittu PK. Clinical aspects of fiber-reinforced composites.
3. ISO 10477 – Dentistry – Polymer-based crown and veneering materials.
4. Hooper SM et al. Surface roughness and biofilm formation on dental materials.
5. Documentazione tecnica TRILOR® – linee guida di finitura e lucidatura.

CAPITOLO 15

PROTOCOLLI ADESIVI, PRIMER E RIVESTIMENTO ESTETICO

Introduzione

La realizzazione di una riabilitazione in TRILOR® non si conclude con la struttura fresata e lucidata, ma prosegue con la fase di rivestimento estetico, nella quale il materiale composito viene integrato con il sistema estetico scelto.

Questa fase rappresenta un passaggio critico dell'intero workflow, poiché la stabilità a lungo termine del restauro dipende in larga misura dall'adesione tra struttura fibrorinforzata e materiale di rivestimento.

La corretta interazione tra superficie del composito, sistemi adesivi e materiali estetici consente di ottenere restauri resistenti, riparabili e clinicamente prevedibili.

Principi dell'adesione su compositi fibrorinforzati

L'adesione tra TRILOR® e il materiale di rivestimento si basa su una combinazione di:

- ritenzione micromeccanica;
- interazioni chimiche tra matrice polimerica e sistema adesivo;
- utilizzo di primer specifici;
- corretta preparazione della superficie.

L'efficacia del legame dipende fortemente dalla qualità della preparazione superficiale.

Preparazione della superficie

Prima dell'applicazione di qualsiasi sistema adesivo è necessario:

- pulire accuratamente la struttura;
- eliminare residui di polvere e abrasivi;
- evitare contaminazioni da grassi o agenti esterni;
- mantenere la superficie asciutta e controllata.

In alcuni protocolli può essere indicata una micro-ruvidizzazione controllata per migliorare la ritenzione meccanica.

Sistemi primer per compositi

I primer svolgono un ruolo fondamentale nel promuovere l'adesione tra la matrice polimerica del materiale e il composito di rivestimento.

In generale, i sistemi utilizzati possono includere:

- primer per compositi polimerici;
- agenti silanici (se compatibili con il sistema);
- monomeri funzionali specifici per superfici organiche;
- sistemi universali multi-compatibili.

La scelta del primer deve essere coerente con le indicazioni del produttore del materiale e del sistema estetico utilizzato.

Attivazione superficiale

In alcuni protocolli è possibile prevedere un trattamento superficiale per aumentare l'energia di superficie del materiale.

Questi trattamenti possono includere:

- sabbiatura controllata (ove indicata);
- trattamenti chimici specifici;
- applicazione di primer attivanti.

L'obiettivo è migliorare la bagnabilità e la penetrazione del sistema adesivo.

Applicazione del materiale estetico

Il rivestimento estetico può essere realizzato mediante:

- compositi stratificati;
- compositi iniettati;
- tecniche ibride CAD/CAM + stratificazione manuale.

La scelta dipende da:

- tipo di riabilitazione;
- esigenze estetiche;
- spazi disponibili;
- esperienza clinica e odontotecnica.

Stratificazione del composito

La stratificazione deve essere eseguita in modo controllato per garantire:

- estetica naturale;
- corretta traslucenza;
- resistenza meccanica;
- stabilità cromatica.

È consigliabile procedere per strati successivi, rispettando:

- spessori controllati;
 - fotopolimerizzazione adeguata;
 - compatibilità tra masse.
-

Polimerizzazione

Una corretta polimerizzazione è essenziale per garantire le proprietà finali del materiale.

È necessario:

- rispettare tempi e intensità della lampada;
- garantire esposizione uniforme;
- evitare zone d'ombra;
- seguire le indicazioni del produttore del composito.

Una polimerizzazione incompleta può compromettere la resistenza e aumentare l'usura.

Adesione e durabilità

La stabilità dell'interfaccia TRILOR®-composito è influenzata da:

- qualità della superficie;
- corretto utilizzo del primer;
- compatibilità dei materiali;
- controllo dell'umidità;
- precisione della procedura.

Le micro-infiltrazioni o i distacchi sono spesso conseguenza di errori nella fase adesiva.

Riparabilità del rivestimento

Uno dei vantaggi dei sistemi in composito è la possibilità di riparazione intraorale o extraorale.

Le riparazioni possono essere effettuate mediante:

- irruvidimento controllato;
- applicazione di primer;
- stratificazione aggiuntiva di composito.

Questo consente una gestione conservativa delle complicanze estetiche o funzionali.

Invecchiamento del materiale

Nel tempo, il sistema composito può subire:

- usura superficiale;
- perdita di lucentezza;
- microfratture;
- variazioni cromatiche.

Una corretta adesione iniziale riduce significativamente la velocità di questi fenomeni.

Evidence Box

La letteratura scientifica evidenzia che la qualità dell'interfaccia adesiva tra struttura e rivestimento è uno dei principali fattori determinanti per la sopravvivenza delle riabilitazioni in composito su lungo periodo. La preparazione superficiale e l'utilizzo di sistemi primer appropriati migliorano significativamente la resistenza al distacco.

Clinical Pearl

Una buona adesione non si ottiene solo con il materiale giusto, ma con una sequenza clinica corretta e ripetibile. La maggior parte dei fallimenti estetici nei sistemi compositi è legata a errori nella preparazione della superficie o nella polimerizzazione.

Laboratory Tip

Standardizzare il protocollo adesivo in laboratorio riduce la variabilità dei risultati. L'utilizzo di checklist operative per ogni fase (pulizia, primer, stratificazione, polimerizzazione) migliora la qualità finale e la ripetibilità del workflow.

Errori da evitare

- contaminazione della superficie prima dell'adesione;
 - utilizzo di primer non compatibili con il sistema;
 - polimerizzazione insufficiente;
 - stratificazione eccessiva in un'unica fase;
 - mancato rispetto dei protocolli del produttore.
-

Concetti chiave del capitolo

- L'interfaccia adesiva è il punto critico della riabilitazione estetica.
 - La preparazione della superficie è fondamentale per garantire l'adesione.
 - I primer svolgono un ruolo chiave nella compatibilità tra materiali.
 - La stratificazione e la polimerizzazione devono essere controllate e standardizzate.
 - La riparabilità rappresenta un vantaggio clinico dei sistemi in composito.
-

Bibliografia essenziale

1. Van Meerbeek B et al. Adhesion to dental tissues: from science to clinical practice.
2. Vallittu PK. Fiber-reinforced composites in prosthodontics.
3. ISO 10477 – Dentistry – Polymer-based crown and veneering materials.
4. Papacchini F et al. Bonding to indirect composite materials.
5. Documentazione tecnica TRILOR® e linee guida del sistema estetico utilizzato.

CAPITOLO 16

CEMENTAZIONE, AVVITAMENTO E FINALIZZAZIONE CLINICA

Introduzione

La fase di finalizzazione clinica rappresenta il momento in cui la struttura protesica realizzata in TRILOR® viene integrata definitivamente nel contesto orale del paziente. In questa fase, la precisione del workflow CAD/CAM e la qualità dei materiali utilizzati vengono messe alla prova dalle condizioni biologiche, funzionali e occlusali reali.

Le riabilitazioni su impianti possono essere realizzate mediante due principali modalità di ritenzione:

- protesi avvitata;
- protesi cementata (su strutture secondarie o ibride, quando indicato).

La scelta tra le due opzioni dipende dal piano di trattamento, dal tipo di riabilitazione e dalle indicazioni cliniche.

Protesi avvitata

Principi generali

Le strutture avvitate rappresentano una soluzione ampiamente utilizzata nelle riabilitazioni implantoprotesiche moderne. L'accesso diretto agli impianti consente una gestione semplificata della manutenzione e delle eventuali revisioni.

Vantaggi

- possibilità di rimozione;
- controllo periodico semplificato;
- assenza di cemento residuo;
- gestione facilitata delle complicanze;
- elevata trasparenza del protocollo clinico.

Gestione degli accessi vite

Gli accessi devono essere:

- correttamente progettati in fase CAD;
- facilmente raggiungibili;

- compatibili con il disegno occlusale;
- sigillati dopo il serraggio finale.

Il riempimento degli accessi può essere effettuato mediante materiali compositi estetici o sistemi dedicati, in funzione del caso clinico.

Torque implantare

Il serraggio delle viti protesiche deve essere eseguito secondo i valori raccomandati dal produttore degli impianti.

È fondamentale:

- utilizzare chiavi calibrate;
- rispettare la sequenza di serraggio;
- effettuare eventuali ritensionamenti quando indicato;
- evitare sovraccarichi meccanici.

Una corretta gestione del torque contribuisce alla stabilità della connessione implantare.

Protesi cementata

Indicazioni

Le soluzioni cementate possono essere utilizzate in combinazione con strutture secondarie o quando il progetto protesico lo richiede.

Vantaggi

- ottimizzazione estetica;
 - correzione di piccoli disallineamenti;
 - distribuzione uniforme delle forze occlusali;
 - maggiore libertà progettuale nei restauri ibridi.
-

Scelta del cemento

La selezione del cemento deve basarsi su:

- tipo di struttura;
- ritenzione meccanica disponibile;
- materiale del moncone o della struttura secondaria;

- necessità di reversibilità.

È fondamentale utilizzare cementi compatibili con materiali polimerici e con il sistema protesico impiegato.

Isolamento del campo operatorio

Un corretto isolamento è essenziale per garantire il successo della cementazione.

Le tecniche includono:

- diga di gomma (quando applicabile);
- isolamento relativo con retrattori;
- controllo dell'umidità salivare;
- asciugatura accurata delle superfici.

La contaminazione rappresenta una delle principali cause di fallimento adesivo.

Rimozione dei cementi residui

Dopo la cementazione è fondamentale rimuovere completamente gli eccessi di cemento.

Residui non eliminati possono causare:

- infiammazione dei tessuti peri-implantari;
- accumulo di placca;
- peri-implantite;
- irritazione gengivale.

La rimozione deve essere accurata e verificata con ingrandimento quando necessario.

Controllo occlusale

Il controllo dell'occlusione è una fase determinante per la longevità della riabilitazione.

È necessario verificare:

- contatti in centrica;
- guida anteriore;
- movimenti laterali;
- presenza di precontatti;
- distribuzione dei carichi.

Eventuali correzioni devono essere eseguite in modo progressivo e controllato.

Sigillatura degli accessi

Nei restauri avvitati, gli accessi devono essere sigillati con materiali estetici compatibili.

La chiusura deve garantire:

- estetica adeguata;
 - facilità di rimozione in caso di necessità;
 - stabilità nel tempo;
 - integrazione con il materiale di rivestimento.
-

Consegna del manufatto

Prima della consegna finale è necessario:

- verificare adattamento e passività;
 - controllare occlusione statica e dinamica;
 - valutare estetica e fonetica;
 - istruire il paziente;
 - programmare controlli periodici.
-

Manutenzione post-consegna

Il successo a lungo termine dipende anche dalla fase di mantenimento.

Si raccomanda:

- controlli periodici;
 - igiene professionale;
 - monitoraggio dei tessuti peri-implantari;
 - verifica della stabilità protesica;
 - eventuali ritocchi occlusali.
-

Evidence Box

La letteratura evidenzia che la presenza di cemento residuo è uno dei principali fattori associati all'infiammazione peri-implantare nei restauri cementati. Nei restauri avvitati, invece, la corretta gestione degli accessi riduce la necessità di interventi invasivi futuri.

Clinical Pearl

La fase di cementazione o avvvitamento non è un semplice atto finale, ma una fase diagnostica attiva: molte complicanze protesiche possono essere prevenute solo attraverso un attento controllo occlusale e della passività prima della consegna.

Laboratory Tip

Collaborazione stretta tra clinico e laboratorio nella definizione degli accessi vite e nella progettazione delle superfici di appoggio riduce drasticamente le modifiche cliniche intraoperatorie.

Errori da evitare

- lasciare residui di cemento nel solco peri-implantare;
 - trascurare il controllo occlusale dinamico;
 - non rispettare i valori di torque raccomandati;
 - sigillare in modo non reversibile gli accessi vite;
 - consegnare il manufatto senza verifica della passività.
-

Concetti chiave del capitolo

- La finalizzazione clinica è una fase critica per il successo a lungo termine.
 - La scelta tra protesi avvvitata e cementata dipende dal caso clinico.
 - Il controllo del torque e dell'occlusione è fondamentale per la stabilità implantare.
 - Il cemento residuo rappresenta un fattore di rischio biologico significativo.
 - La collaborazione tra clinico e laboratorio è determinante per il successo del trattamento.
-

Bibliografia essenziale

1. Lang NP, Berglundh T. Periimplant diseases: where are we now?
2. Wilson TG. The positive relationship between excess cement and peri-implant disease.
3. ISO 14801 – Dentistry – Implants – Dynamic fatigue test.
4. Pjetursson BE et al. Implant-supported fixed dental prostheses: survival rates.
5. Documentazione tecnica TRILOR® e linee guida protesiche del produttore.

CAPITOLO 17

MANUTENZIONE, FOLLOW-UP E GESTIONE DELLE COMPLICANZE

Introduzione

La longevità delle riabilitazioni protesiche su impianti non dipende esclusivamente dalla qualità del materiale o dalla precisione del workflow CAD/CAM, ma anche dalla corretta gestione del follow-up clinico e della manutenzione nel tempo.

TRILOR®, come sistema composito fibrorinforzato utilizzato in strutture implantoprotetiche, richiede un protocollo di controllo periodico strutturato, finalizzato a monitorare sia gli aspetti biomeccanici sia quelli biologici della riabilitazione.

Questo capitolo definisce le linee guida per il mantenimento del restauro e per la gestione delle principali complicanze.

Principi del mantenimento a lungo termine

Un protocollo di follow-up efficace si basa su:

- controlli clinici programmati;
- valutazione biomeccanica della struttura;
- monitoraggio dei tessuti peri-implantari;
- controllo oclusale periodico;
- verifica dell'integrità del rivestimento estetico.

La prevenzione rappresenta il principale fattore di successo a lungo termine.

Programma di controlli clinici

Un protocollo standard può includere:

- controllo a 7–14 giorni dalla consegna;
- controllo a 3 mesi;
- controllo a 6 mesi;
- controlli annuali successivi.

Durante ogni visita devono essere valutati:

- stabilità della struttura;

- condizioni gengivali;
 - igiene orale del paziente;
 - integrità del rivestimento;
 - eventuali segni di sovraccarico occlusale.
-

Manutenzione professionale

La manutenzione professionale comprende:

- detartrasi controllata;
- rimozione del biofilm;
- lucidatura delle superfici;
- controllo delle connessioni implantari;
- eventuali ritocchi occlusali.

È fondamentale utilizzare strumenti compatibili con i materiali compositi per evitare danneggiamenti superficiali.

Monitoraggio biomeccanico

Nel tempo la struttura può essere soggetta a:

- microflessioni;
- usura del rivestimento;
- microfratture superficiali;
- perdita di lucidità;
- stress ciclici cumulativi.

Il monitoraggio clinico consente di intercettare precocemente segni di affaticamento strutturale.

Complicanze biologiche

Le principali complicanze biologiche includono:

- mucosite peri-implantare;
- peri-implantite;
- accumulo di placca;
- infiammazione dei tessuti molli;
- recessioni gengivali.

La gestione precoce è fondamentale per evitare la progressione della patologia.

Complicanze meccaniche

Le complicanze meccaniche possono comprendere:

- frattura del rivestimento estetico;
- usura del composito;
- delaminazione tra struttura e rivestimento;
- allentamento delle viti protesiche;
- perdita di passività nel tempo.

La maggior parte di queste complicanze è gestibile in modo conservativo se intercettata precocemente.

Fratture del rivestimento estetico

Le fratture del composito estetico sono tra le complicanze più frequenti nei restauri estesi.

Le possibili cause includono:

- sovraccarico occlusale;
 - parafunzioni;
 - errori di stratificazione;
 - insufficiente supporto strutturale;
 - usura nel tempo.
-

Strategie di riparazione

Una delle caratteristiche più importanti dei sistemi in composito è la riparabilità.

Le riparazioni possono essere effettuate mediante:

- irruvidimento della superficie;
- applicazione di primer;
- aggiunta di nuovo composito;
- rifinitura e lucidatura finale.

La riparazione intraorale o extraorale consente di evitare la sostituzione completa del manufatto.

Gestione del sovraccarico occlusale

Nei pazienti con bruxismo o parafunzioni è necessario:

- utilizzo di bite occlusali;
- controlli più frequenti;
- eventuale riduzione dei contatti occlusali;
- monitoraggio delle estensioni distali.

La gestione del carico è uno dei fattori chiave per la sopravvivenza della riabilitazione.

Controllo delle viti protesiche

Nei restauri avvitati è necessario verificare periodicamente:

- stabilità del torque;
 - assenza di mobilità;
 - integrità delle connessioni;
 - eventuale necessità di ritensionamento.
-

Igiene orale del paziente

Il paziente rappresenta un elemento attivo nel mantenimento della riabilitazione.

È necessario istruire il paziente riguardo a:

- tecniche di igiene domiciliare;
- utilizzo di dispositivi interdentali;
- controllo del biofilm;
- importanza dei richiami periodici.

Una scarsa igiene è uno dei principali fattori di fallimento a lungo termine.

Segni precoci di fallimento

Durante i controlli è importante identificare precocemente:

- aumento del sanguinamento gengivale;
 - mobilità protesica;
 - perdita di lucentezza del rivestimento;
 - sensibilità o discomfort;
 - modifiche dell'occlusione.
-

Interventi correttivi

Gli interventi possono includere:

- ritocco occlusale;
 - lucidatura delle superfici;
 - riparazione del composito;
 - sostituzione di componenti protesici;
 - revisione completa del manufatto nei casi avanzati.
-

Evidence Box

La letteratura evidenzia che la manutenzione regolare delle riabilitazioni implantoprotesiche riduce significativamente l'incidenza di complicanze biologiche e meccaniche. Il follow-up strutturato è considerato parte integrante del successo a lungo termine del trattamento.

Clinical Pearl

La maggior parte delle complicanze non nasce improvvisamente, ma evolve lentamente. Un follow-up regolare consente di intercettare precocemente segnali di affaticamento e intervenire in modo minimamente invasivo.

Laboratory Tip

Mantenere una documentazione completa del caso (CAD, parametri CAM, materiali utilizzati, foto cliniche) facilita enormemente la gestione delle riparazioni e riduce i tempi di intervento.

Errori da evitare

- trascurare i controlli periodici;
 - ignorare segni iniziali di infiammazione;
 - ritardare la riparazione di piccole fratture;
 - non educare adeguatamente il paziente;
 - sottovalutare il ruolo del carico occlusale.
-

Concetti chiave del capitolo

- Il follow-up è parte integrante del trattamento protesico.
 - Le complicanze devono essere intercettate precocemente per essere gestite in modo conservativo.
 - Il composito permette strategie di riparazione minimamente invasive.
 - Il controllo dell'occlusione e dell'igiene è fondamentale per la sopravvivenza del restauro.
 - La collaborazione del paziente è determinante per il successo a lungo termine.
-

Bibliografia essenziale

1. Pjetursson BE et al. Implant-supported prostheses: survival and complication rates.
2. Lang NP, Berglundh T. Periimplant diseases.
3. Goodacre CJ et al. Clinical complications of implant prostheses.
4. ISO 14801 – Fatigue testing of endosseous dental implants.
5. Documentazione tecnica TRILOR® e linee guida cliniche del produttore.

CAPITOLO 18

BARRE IMPLANTARI CAD/CAM IN TRILOR®

Introduzione

Le barre implantari rappresentano una delle applicazioni più avanzate e biomeccanicamente complesse della riabilitazione protesica su impianti. In questo contesto, TRILOR® si propone come alternativa ai materiali metallici tradizionali, offrendo una combinazione di leggerezza, assorbimento delle sollecitazioni e lavorabilità digitale.

Le riabilitazioni full-arch richiedono un controllo estremamente preciso della distribuzione dei carichi, della passività strutturale e dell'interazione tra impianti e protesi. La progettazione di una barra implantare in TRILOR® deve quindi essere considerata un vero processo di ingegneria biomeccanica applicata.

Principi biomeccanici delle barre implantari

Una barra implantare ha il compito di:

- unire più impianti in un'unica struttura rigida o semi-rigida;
- distribuire uniformemente i carichi occlusali;
- ridurre le tensioni sui singoli impianti;
- stabilizzare la protesi nei movimenti funzionali;
- garantire passività sull'intera arcata.

Nel caso di TRILOR®, il comportamento elastico del materiale consente una leggera capacità di assorbimento delle forze, che può contribuire alla riduzione dei picchi di stress.

Indicazioni cliniche

Le barre in TRILOR® possono essere indicate in:

- riabilitazioni full-arch avvitate;
- protocolli All-on-X;
- protesi ibride su impianti multipli;
- casi con esigenze di riduzione del peso protesico;
- pazienti con elevato carico funzionale controllato.

La selezione del caso deve sempre essere supportata da una valutazione biomeccanica accurata.

Pianificazione del caso

Prima della progettazione è fondamentale analizzare:

- numero e posizione degli impianti;
- distribuzione delle forze occlusali;
- distanza inter-implantare;
- presenza di cantilever;
- rapporto corona/impianto;
- qualità dell'osso;
- eventuali parafunzioni.

Una pianificazione corretta è la base per la stabilità a lungo termine.

Progettazione CAD della barra

La progettazione deve garantire:

- continuità strutturale;
- assenza di discontinuità geometriche;
- transizioni morbide tra sezioni;
- distribuzione omogenea degli spessori;
- supporto adeguato al rivestimento estetico;
- accessibilità alle viti protesiche.

La geometria deve essere ottimizzata per resistere ai carichi multidirezionali.

Passività strutturale

La passività rappresenta uno dei requisiti più critici nelle barre implantari.

Una barra non passiva può generare:

- stress eccessivo sugli impianti;
- allentamento delle viti;
- micro-movimenti dannosi;
- dolore o discomfort nel paziente.

La verifica della passività deve essere eseguita sia digitalmente che clinicamente.

Distribuzione dei carichi

Una corretta progettazione deve garantire:

- distribuzione uniforme delle forze occlusali;
- riduzione dei picchi di stress sui singoli impianti;
- stabilità nei movimenti laterali;
- controllo delle forze in protrusiva.

La biomeccanica del sistema deve essere considerata nella sua interezza.

Cantilever nelle barre implantari

Le estensioni distali rappresentano un elemento critico.

Devono essere progettate considerando:

- numero di impianti anteriori;
- distribuzione posteriore;
- qualità dell'osso;
- carichi funzionali del paziente;
- presenza di bruxismo.

Un cantilever eccessivo aumenta significativamente il rischio di complicanze meccaniche.

Nesting e orientamento nel disco

Il posizionamento della barra nel disco TRILOR® deve essere pianificato con attenzione.

È necessario:

- ridurre deformazioni durante la fresatura;
 - ottimizzare il consumo del materiale;
 - rispettare le indicazioni del produttore;
 - garantire stabilità durante la lavorazione.
-

Fresatura CAM delle barre

La fresatura di strutture full-arch richiede:

- stabilità assoluta del blocco;

- strategie di sgrossatura progressive;
- utensili idonei per grandi volumi;
- controllo delle vibrazioni;
- finitura ad alta precisione.

Errori in questa fase possono compromettere la passività finale.

Controllo clinico della passività

La verifica della passività può essere eseguita mediante:

- prova su modello master;
- verifica visiva intraorale;
- test delle viti singole;
- controllo del “one screw test”.

Qualsiasi tensione percepita indica la necessità di revisione.

Rivestimento estetico delle barre

Le barre in TRILOR® possono essere rivestite con:

- compositi estetici stratificati;
- denti prefabbricati in resina;
- soluzioni ibride CAD/CAM + stratificazione.

Il supporto strutturale deve essere uniforme per evitare fratture del rivestimento.

Vantaggi rispetto ai metalli

Le barre in TRILOR® presentano alcuni potenziali vantaggi:

- riduzione del peso complessivo;
 - migliore assorbimento delle forze;
 - assenza di corrosione;
 - maggiore facilità di lavorazione CAD/CAM;
 - possibilità di riparazioni conservative.
-

Limiti e considerazioni cliniche

È necessario considerare:

- sensibilità alla corretta progettazione CAD;
 - importanza della manutenzione periodica;
 - necessità di protocolli adesivi rigorosi;
 - attenzione ai carichi estremi non controllati;
 - importanza della selezione del caso.
-

Evidence Box

La letteratura sulle strutture full-arch evidenzia che la distribuzione dei carichi e la passività sono fattori determinanti per la sopravvivenza delle riabilitazioni implantari. Le proprietà elastiche dei materiali compositi possono influenzare la biomeccanica complessiva del sistema, soprattutto in presenza di carichi dinamici.

Clinical Pearl

Una barra ben progettata non deve essere “rigida a tutti i costi”, ma biomeccanicamente equilibrata. La rigidità assoluta non è sempre sinonimo di successo clinico: ciò che conta è la distribuzione controllata delle forze.

Laboratory Tip

Standardizzare un protocollo CAD specifico per barre full-arch (spessori, connettori, strategie di nesting e controllo passività) riduce drasticamente i fallimenti e migliora la ripetibilità dei risultati.

Errori da evitare

- sottovalutare la passività;
 - progettare cantilever eccessivi;
 - ignorare la distribuzione dei carichi;
 - trascurare il controllo clinico della barra;
 - non verificare la struttura prima della finalizzazione.
-

Concetti chiave del capitolo

- Le barre implantari sono strutture biomeccanicamente complesse.
- La passività è un requisito fondamentale per il successo clinico.

- La distribuzione dei carichi è più importante della rigidità assoluta.
 - Il corretto progetto CAD determina la stabilità a lungo termine.
 - La selezione del caso è essenziale per evitare complicanze.
-

Bibliografia essenziale

1. Brånemark PI. Osseointegration and implant dentistry.
2. Misch CE. Contemporary Implant Dentistry.
3. Karl M, Taylor TD. Prosthodontic considerations in full-arch implant restorations.
4. ISO 14801 – Fatigue testing of endosseous implants.
5. Documentazione tecnica TRILOR® e linee guida full-arch del produttore.

CAPITOLO 19

EVIDENZE SCIENTIFICHE, CONFRONTO CON MATERIALI METALLICI E PROSPETTIVE FUTURE

Introduzione

La valutazione di un materiale in ambito implantoprotesico non può basarsi esclusivamente su proprietà dichiarate dal produttore o sull'esperienza clinica isolata, ma deve integrare dati di letteratura, analisi biomeccaniche e osservazioni cliniche a lungo termine.

TRILOR®, come composito fibrorinforzato per applicazioni CAD/CAM, si inserisce in un panorama di materiali già consolidati in odontoiatria, come titanio e leghe Co-Cr. Questo capitolo analizza le principali differenze tra questi sistemi, con particolare attenzione al comportamento biomeccanico e alle implicazioni cliniche.

Proprietà biomeccaniche a confronto

I materiali utilizzati nelle strutture implantoprotesiche differiscono principalmente per:

- modulo elastico;
- resistenza a flessione;
- comportamento alla fatica;
- densità;
- modalità di frattura.

Titanio

Il titanio è caratterizzato da:

- elevata resistenza meccanica;
- ottima biocompatibilità;
- modulo elastico superiore all'osso ma inferiore alle leghe Co-Cr;
- comportamento prevalentemente duttile.

Leghe Co-Cr

Le leghe cromo-cobalto presentano:

- elevata rigidità;
- alta resistenza alla deformazione;
- peso specifico maggiore;

- comportamento rigido con minima deformazione elastica.

TRILOR® (composito fibrorinforzato)

TRILOR® presenta caratteristiche intermedie:

- modulo elastico più vicino all'osso rispetto ai metalli;
 - buona capacità di assorbimento delle sollecitazioni;
 - bassa densità;
 - comportamento anisotropo dovuto alla presenza di fibre.
-

Comportamento biomeccanico

La differenza principale tra materiali metallici e compositi fibrorinforzati riguarda la modalità di distribuzione delle forze.

- I metalli tendono a trasferire le sollecitazioni in modo più diretto agli impianti.
- I compositi possono modulare e distribuire parte delle forze attraverso deformazione elastica controllata.

Questa differenza può influenzare il comportamento del sistema implantoprotesico nel suo complesso.

Analisi agli elementi finiti (FEA)

Gli studi FEA sui materiali protesici mostrano che:

- la geometria della struttura influisce più del materiale sulla distribuzione degli stress in molti scenari clinici;
- i materiali con modulo elastico intermedio possono ridurre i picchi di stress localizzati;
- la passività della struttura è un fattore critico indipendente dal materiale utilizzato.

TRILOR® si colloca in un contesto biomeccanico che può contribuire a una distribuzione più graduale delle forze.

Resistenza alla fatica

La resistenza alla fatica è uno dei parametri più rilevanti per le riabilitazioni full-arch.

I fattori che influenzano la fatica includono:

- ciclo masticatorio;

- presenza di parafunzioni;
- geometria della struttura;
- qualità della superficie;
- presenza di difetti microstrutturali.

I compositi fibrorinforzati, se correttamente progettati e lavorati, mostrano un comportamento favorevole nei carichi ciclici moderati.

Modalità di frattura

I materiali si comportano in modo diverso in caso di sovraccarico:

Metalli

- deformazione plastica prima della frattura;
- segni premonitori spesso visibili;
- fratture spesso localizzate.

Compositi fibrorinforzati

- comportamento più progressivo;
- possibile propagazione di microfessure;
- frattura influenzata dall'interfaccia fibra-matrice.

La gestione clinica deve tener conto di queste differenze.

Biocompatibilità

I materiali utilizzati in implantoprotesi devono garantire elevata biocompatibilità.

- Titanio: ampiamente documentato come materiale di riferimento.
- Co-Cr: biocompatibile ma con maggiore rigidità.
- Compositi fibrorinforzati: buona tolleranza tissutale, con comportamento neutro in ambiente orale se correttamente rifiniti.

La qualità superficiale influisce direttamente sulla risposta dei tessuti molli.

Prestazioni cliniche

La letteratura disponibile sui sistemi in composito fibrorinforzato indica:

- buoni risultati a medio termine;
- elevata riparabilità;
- necessità di protocolli rigorosi;
- forte dipendenza dalla qualità del workflow.

Il successo clinico è multifattoriale e non dipende esclusivamente dal materiale.

Vantaggi potenziali di TRILOR®

- riduzione del peso protesico;
 - miglior assorbimento delle forze;
 - facilità di lavorazione CAD/CAM;
 - possibilità di riparazioni conservative;
 - assenza di corrosione metallica.
-

Limiti attuali

- dipendenza elevata dalla corretta progettazione;
 - necessità di protocolli adesivi rigorosi;
 - minore storicità clinica rispetto ai metalli;
 - sensibilità ai parametri di lavorazione;
 - necessità di follow-up strutturato.
-

Prospettive future

L'evoluzione dei compositi fibrorinforzati in odontoiatria è legata a:

- miglioramento delle fibre e delle matrici polimeriche;
- sviluppo di nuove tecniche CAD/CAM;
- integrazione con tecnologie additive;
- personalizzazione biomeccanica dei restauri;
- ottimizzazione dei sistemi adesivi.

È plausibile che in futuro questi materiali trovino applicazioni ancora più ampie nelle riabilitazioni implantoprotesiche.

Evidence Box

Le revisioni della letteratura indicano che il successo delle riabilitazioni implantoprotesiche è determinato principalmente da progettazione biomeccanica, controllo oclusale e manutenzione,

piuttosto che dal solo tipo di materiale utilizzato. I materiali con comportamento più elastico possono contribuire alla riduzione dei picchi di stress in condizioni specifiche.

Clinical Pearl

Non esiste un materiale “migliore in assoluto”, ma esiste il materiale più adatto al caso clinico specifico. La scelta deve sempre essere guidata da biomeccanica, indicazione clinica e capacità di gestione del caso.

Laboratory Tip

L'integrazione tra dati CAD, simulazioni FEA e esperienza clinica rappresenta oggi il metodo più efficace per ottimizzare la progettazione delle strutture implantoprotesiche.

Errori da evitare

- considerare il materiale come unico fattore di successo;
 - ignorare la biomeccanica del caso;
 - trascurare la passività della struttura;
 - sottovalutare la manutenzione a lungo termine;
 - applicare protocolli non standardizzati.
-

Concetti chiave del capitolo

- Le prestazioni dei materiali dipendono dall'interazione tra progettazione, biomeccanica e clinica.
 - TRILOR® si colloca come alternativa ai metalli in specifiche indicazioni.
 - Il comportamento elastico può influenzare la distribuzione dei carichi.
 - La letteratura supporta l'importanza del workflow più che del singolo materiale.
 - Il futuro dei compositi è legato all'evoluzione digitale e ai nuovi sistemi CAD/CAM.
-

Bibliografia essenziale

1. ISO 14801 – Fatigue testing of endosseous dental implants.
2. Misch CE. Contemporary Implant Dentistry.
3. Brånemark PI. Osseointegration and implant dentistry.
4. Papatthaniou E et al. Mechanical behavior of dental biomaterials.
5. Vallittu PK. Fiber-reinforced composites in dentistry.

6. Revisioni sistematiche su FRC in protesi implantare (Journal of Prosthodontics, Clinical Oral Implants Research).

CAPITOLO 20

CONCLUSIONI GENERALI E LINEE GUIDA CLINICHE FINALI

Introduzione

Il presente manuale ha descritto in modo sistematico l'impiego di TRILOR® nelle riabilitazioni implantoprotetiche, dalla fase di progettazione digitale fino alla gestione clinica a lungo termine.

L'obiettivo non è stato soltanto fornire istruzioni operative, ma delineare un approccio integrato che unisca biomeccanica, odontotecnica digitale e clinica implantare moderna.

Sintesi del workflow completo

Il successo delle riabilitazioni in TRILOR® dipende dalla corretta integrazione di tutte le fasi del processo:

1. Pianificazione clinica

- analisi del caso
- valutazione implantare
- studio occlusale
- scelta della tipologia protesica

2. Workflow digitale CAD

- acquisizione dei dati
- progettazione biomeccanica
- definizione delle strutture
- controllo spessori e geometrie

3. Produzione CAM

- fresatura controllata
- gestione utensili
- riduzione vibrazioni
- controllo qualità del manufatto

4. Finitura e lucidatura

- rifinitura conservativa
- preservazione delle fibre

- lucidatura progressiva

5. Rivestimento estetico

- protocolli adesivi
- primer specifici
- stratificazione composita
- polimerizzazione controllata

6. Fase clinica

- avvitemento o cementazione
- controllo torque
- gestione oclusale
- sigillatura accessi

7. Follow-up

- manutenzione periodica
- gestione complicanze
- riparazioni conservative

Principi fondamentali del sistema TRILOR®

Dall'analisi complessiva emergono alcuni principi chiave:

- il successo è multifattoriale e non dipende dal solo materiale;
- la progettazione CAD è il fattore più critico del workflow;
- la qualità della fresatura influenza la resistenza finale;
- l'adesione del rivestimento è determinante per la durata estetica;
- la manutenzione clinica è parte integrante del trattamento.

Approccio biomeccanico integrato

TRILOR® deve essere utilizzato secondo un approccio ingegneristico-clinico, in cui:

- la distribuzione dei carichi è progettata digitalmente;
- le forze vengono analizzate in funzione del caso clinico;
- la struttura viene ottimizzata per ridurre stress eccessivi;
- la passività viene verificata in modo sistematico.

La biomeccanica non è un passaggio teorico, ma un elemento operativo.

Indicazioni cliniche generali

TRILOR® trova applicazione in:

- riabilitazioni full-arch avvitate;
 - strutture implantari multiple;
 - protesi ibride;
 - soluzioni CAD/CAM su impianti con necessità di riduzione del peso;
 - casi selezionati con controllo oclusale adeguato.
-

Fattori determinanti per il successo

I principali fattori associati al successo clinico sono:

- corretta selezione del caso;
 - precisione del workflow CAD/CAM;
 - rispetto dei protocolli di lavorazione;
 - qualità dell'adesione del rivestimento;
 - controllo oclusale accurato;
 - manutenzione periodica.
-

Errori sistemici da evitare

Molti fallimenti non sono legati al materiale, ma a errori ripetitivi nel workflow:

- progettazione CAD non biomeccanica;
 - sottovalutazione dei cantilever;
 - fresatura con utensili usurati;
 - adesione non standardizzata;
 - mancanza di follow-up;
 - assenza di comunicazione clinico-laboratoriale.
-

Ruolo della collaborazione clinico–tecnica

Uno dei punti più rilevanti del sistema TRILOR® è la necessità di una stretta collaborazione tra:

- odontoiatra;
- odontotecnico;
- centro CAD/CAM.

La qualità del risultato finale è direttamente proporzionale al livello di comunicazione tra le parti.

Evoluzione della protesi digitale

TRILOR® si inserisce in un contesto più ampio di evoluzione della protesi digitale, caratterizzato da:

- maggiore integrazione CAD/CAM;
- personalizzazione biomeccanica;
- materiali ibridi avanzati;
- approcci minimamente invasivi;
- aumento della riparabilità dei restauri.

Considerazioni finali

TRILOR® rappresenta una soluzione innovativa nel panorama dei materiali per implantoprotesi, ma il suo successo dipende in modo determinante dall'applicazione corretta dei protocolli descritti in questo manuale.

Non esistono materiali privi di limiti, ma sistemi che richiedono conoscenza, precisione e standardizzazione.

Il valore clinico di TRILOR® emerge pienamente solo quando viene inserito in un workflow controllato e ripetibile.

Messaggio finale

La qualità finale di una riabilitazione implantoprotesica non è mai il risultato di un singolo passaggio, ma della somma di tutte le decisioni cliniche, tecniche e biomeccaniche prese lungo l'intero percorso terapeutico.

Conclusione generale del manuale

Questo manuale intende costituire una guida operativa per l'utilizzo di TRILOR® nelle riabilitazioni implantoprotesiche moderne, fornendo un approccio strutturato e ripetibile.

L'obiettivo finale è promuovere restauri:

- funzionali;
- estetici;
- duraturi;
- biologicamente compatibili;

- clinicamente prevedibili.
-

Fine del manuale