



ODT. PAOLO **SMANIOTTO**, DR. TOMMASO **TURA**

## Bio&Nano tribologia: come ottenere lucidature e texture individualizzate



Laboratorio Smaniotto  
Via IV Armata 44  
36061 Bassano del Grappa (VI)  
[info@labsmaniotto.com](mailto:info@labsmaniotto.com)  
[www.labsmaniotto.com](http://www.labsmaniotto.com)



Dr. Tommaso Tura  
St. Dent. Dr. Tura  
Viale Venezia 14  
36061 Bassano del Grappa (VI)



## Presentazione

**F**in dal principio, l'uomo ha avuto a che fare con la tribologia cioè la scienza che studia l'attrito e l'usura. Esempi di primordiali di applicazioni tribologiche sono lo strofinamento di pietre focaie o legnetti per produrre il fuoco, l'invenzione

della ruota, nata per ridurre l'attrito nel trasporto di materiale e molte altre.

La tribologia ricopre un'importanza fondamentale in moltissimi campi applicativi dell'odontoiatria protesica ma, nonostante ciò rimane ancora poco nota.

In questo articolo ci proponiamo di fornire una trattazione significativa sull'argomento tale da contenere indicazioni pratiche per quanto concerne l'utilizzo nel settore odontoprotesico di nostra competenza.



## Introduzione

La tribologia è la scienza che studia l'attrito e l'usura, ovvero tutti i problemi che possono presentarsi nel moto relativo tra superfici interagenti sottoposte a carico.

La parola tribologia deriva dal greco ed è composta da tribos (in greco Τριβος), che significa attrito e logos (in greco λογος), che significa studio o scienza, quindi letteralmente "la scienza dell'attrito".

È però necessario precisare che la definizione più corretta per questa disciplina è la seguente: "scienza e tecnologia delle superfici interagenti in moto relativo delle sostanze materiali e pratiche relative".

Nel settore odonto-protesico, la tribologia spazia dallo studio dell'interazione a livello fisico, al tipo di materiale e macchinari coinvolti, ai trapani, agli strumenti rotanti (frese, feltrini, gommini...), fino alle paste abrasive (di vario tipo e natura).

## Le teorie dell'Attrito e dell'Usura

Nei lavori pubblicati nel 2016 Ian Hutchings, ricercatore dell'Università di Cambridge, è stato messo in evidenza che, in alcune pagine dei taccuini di Leonardo da Vinci, furono effettuate delle considerazioni riguardanti l'attrito. Ancora oggi queste sono utilizzate come basi delle leggi fisiche sull'attrito:

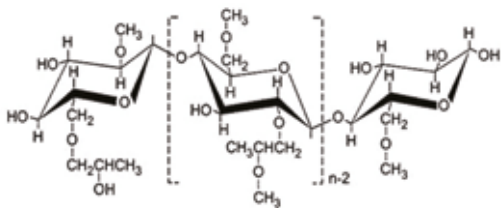
1. la forza di attrito che agisce tra due superfici di scorrimento è pro-

porzionale al carico che agisce sulle stesse con un coefficiente di  $1/4$  per tutti i corpi da lui esaminati nel caso di superfici pulite e lisce,  
2. l'attrito è indipendente dall'area di contatto tra le superfici.

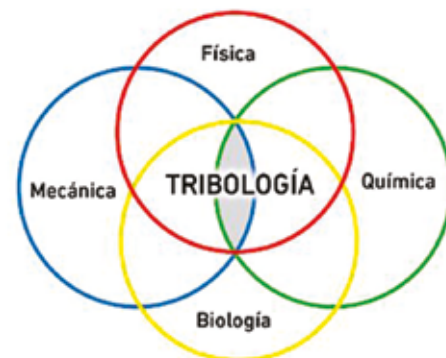
Leonardo, inoltre, fornì un ulteriore contributo allo studio dell'attrito e con un approfondimento sull'attrito volvente giunse all'importante conclusione che questo tipo di attrito non è connesso allo strisciamento, ma a un tipo di contatto che può essere visto come una progressione di piccoli passi sequenziali.

Il fenomeno dell'usura fu preso in seria considerazione agli inizi del '900. Tra i primi studiosi dell'usura troviamo Ragnar Holm, che nel 1946 afferma che le superfici rugose dei





**Rifinitura marginale e di superficie "Texture" Bio&Nano/Tribologia**



materiali entrano in contatto solamente dove si toccano le asperità o picchi più alti.

Il termine unico "usura" comprende in realtà quattro principali fenomeni distinti e indipendenti, che hanno in comune la rimozione di materiale solido dalle superfici di sfregamento. Quindi, piuttosto che parlare semplicemente di "usura", sarà utile riconoscere i seguenti distinti tipi di usura:

1. Usura adesiva
2. Usura abrasiva
3. Usura tagliente
4. Usura corrosiva

Successivamente l'usura venne suddivisa anche in *usura moderata* e *usura severa*, a seconda delle dimensioni delle particelle prodotte, della resistenza dei contatti e degli effetti riscontrati sulle superfici.

### Fisica della Tribologia: l'Attrito

La parola attrito deriva dal latino "at-terere", che significa sfregare. Tale

termine si usa per descrivere tutti quei fenomeni dissipativi/abrasivi, capaci di produrre calore e di opporre resistenza al moto relativo tra due superfici.

Esistono due principali tipologie di attrito:

1. Attrito Statico, che si verifica tra superfici in uno stato di quiete
2. Attrito Dinamico, che si verifica tra superfici in moto relativo

Particolare tipologia di attrito dinamico è l'**Attrito Volvente**. In odontoiatria protesica si utilizzano frese rotanti, si è quindi in presenza di un particolare tipo di attrito, in cui non si verifica il fenomeno dello strisciamento, tipico dell'attrito dinamico, ma è comunque presente una contro/forza (la mano in movimento dell'operatore Odt. e/o Dr.) che si oppone al moto rotante della fresa, ciò esclude l'attrito statico, tale tipologia di attrito è definito volvente ed è presente anche nel 3° principio della dinamica (il materiale lavorato ha una elasticità intrinseca).

Osserviamo ora nel dettaglio cosa accade ad una fresa che ruota su una superficie dentale.

Inizialmente la fresa è immobile e le forze che agiscono su di essa sono la forza peso  $\vec{m}g$  e  $\vec{N}_r$  della mano dell'operatore.

Quello che avviene nel dettaglio tra la fresa rotante e la zona d'appoggio sull'elemento dentale, dove si può osservare l'andamento delle forze di reazione dell'elemento dentale che agiscono sulla fresa rotante provoca delle impercettibili abrasioni all'elemento dentale in oggetto tramite il passaggio fresa da un punto/zona al successivo.

Nella fase di compressione l'elemento dentale si oppone al moto della fresa, mentre nella fase di decompressione fornisce un contributo positivo al moto. La forza di attrito volvente dipende, quindi, dalle piccole abrasioni subite dall'elemento dentale di appoggio, dal ruotare della fresa, e può essere espressa come:

$$F_v = b \cdot N$$

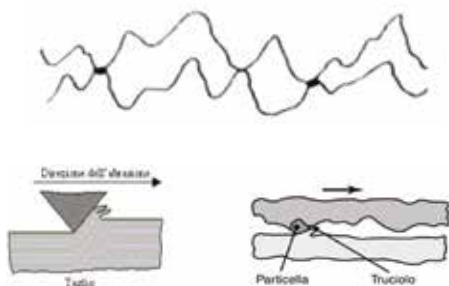
dov'è possibile esprimere  $b$  in relazione al coefficiente di attrito radente  $\mu$   
 $b = \mu r$



con  $r$  il raggio della fresa.

### Schema delle forze che si oppongono alla compressione

Vista la complessità dei fenomeni che riguardano l'attrito, è importante capire qual è il contributo fornito dalle proprietà dei materiali e delle superfici coinvolte. Se si considera un elemento ceramico e si analizza al microscopio le sue superfici, precedentemente levigate a fresa per esempio punta montata e/o diamantata (non lucidata), questa presenta increspature e irregolarità simili a quelle di una microscopica catena montuosa, chiamate asperità (vedi immagine sottostante).

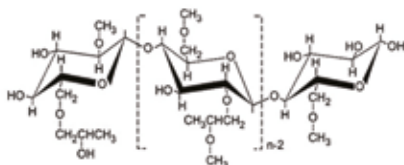


**L'origine dell'attrito** generato dalla fresa sull'elemento dentale, in realtà è un contatto tra asperità con dissipazione d'energia, è riconducibile proprio alle abrasioni che le asperità subiscono a causa del carico e del movimento traslatorio/rotatorio della fresa e delle paste abrasive.

### Applicazioni Tribologiche

Tra le applicazioni tribologiche, da quanto descritto in precedenza, quelle d'interesse odonto-protesico sono:

1. **Nanotribologia:** si occupa di fenomeni tribologici che avvengono a scale nanometriche,
2. **Biotribologia:** si occupa dei fenomeni tribologici interni ai sistemi biologici inerenti il corpo umano.



### Nanotribologia

Negli anni '80, grazie all'introduzione di nuovi apparati di misura, capaci d'indagare a scale micro e nanoscopiche, e alla sempre maggiore potenza di calcolo dei computer, si è potuta studiare la fenomenologia dell'attrito su microscala nanometrica. Tale studio si poneva principalmente due scopi: spiegare ad un livello fondamentale le leggi dell'attrito abrasivo e definire le proprietà nanoscopiche dello stesso.

### Biotribologia

Nel campo medico la tribologia svolge un ruolo fondamentale, basti pensare all'usura e allo sfregamento delle più quotidiane lenti a contatto, fino a giungere alle comuni protesi ortopediche e odontoiatriche. La biotribologia si occupa prevalentemente dell'usura di protesi e apparecchi biomedicali, un'applicazione collaterale degli studi sopra citati permette anche la gestione mirata delle fasi di finitura superficiale delle protesi dentarie che avviene tramite un preciso movimento definito moto rototraslatorio, argomento che descriveremo a seguire.

### Moto rototraslatorio nell'utilizzo di frese, spazzole e feltrini rotanti

Il movimento utilizzato con appositi strumenti quali frese, spazzole, feltrini per le abituali fasi di rifinitura dei dispositivi odontoprotesici è definito di rototraslazione. Le fasi di rifinitura sono due:

**Prima Fase**, con utilizzo di frese con le quali si raggiunge la corretta definizione dei volumi e delle forme di ogni singolo elemento dentale protesico

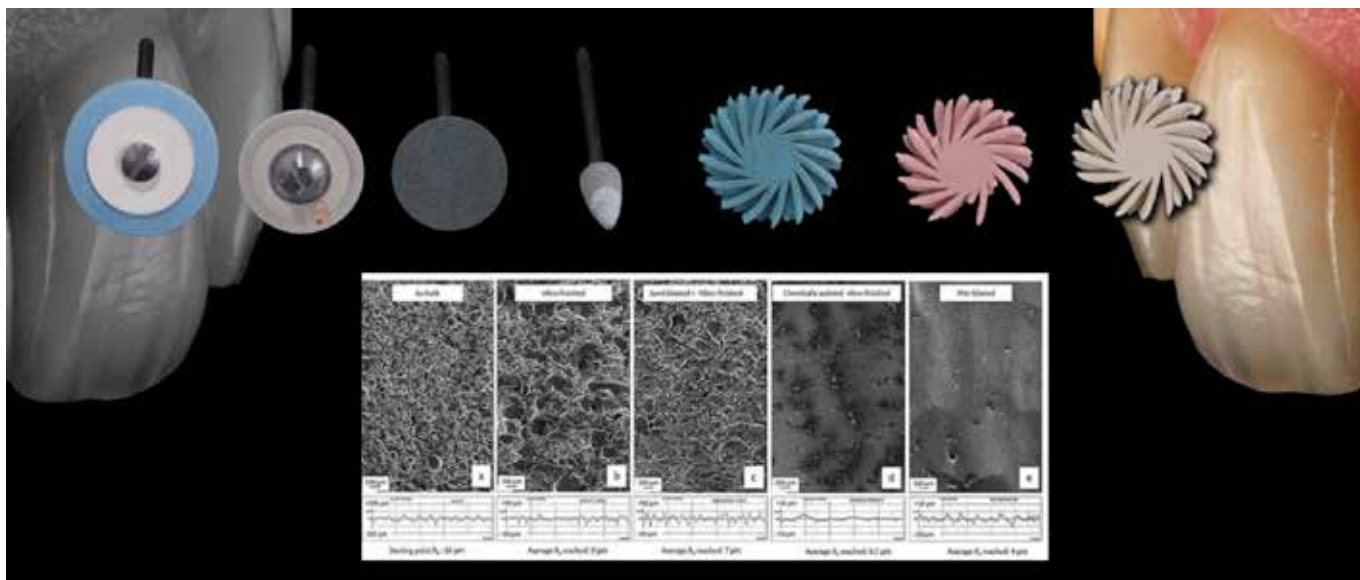
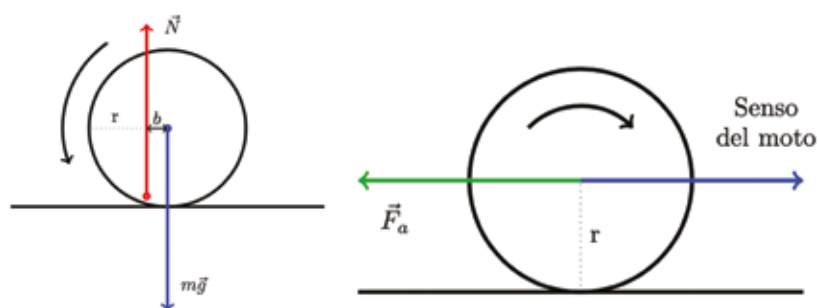
**Seconda Fase**, con utilizzo di spazzole, feltrini (Fig.) e apposite paste abrasive anche diamantate si raggiunge il grado di finitura ideale "Texture".

Per una corretta gestione del movimento è necessario considerare simultaneamente le due fasi, la prima del moto rotatorio, seconda della dinamica, con la prima si imprime una direzione e con la seconda una forza.

La rifinitura di ogni elemento dentale protesico in particolare modo se realizzato in materiale ceramico è una procedura definita "operatore dipendente" in quanto strumenti, direzione del moto e intensità della forza applicata vengono modulati in funzione dell'obiettivo da raggiungere in rapporto con la "sensibilità" dell'operatore.

Nello specifico alla professione odontotecnica vengono fornite dall'industria una serie di strumenti specifici (frese, spazzole, feltrini) di varie forme e misure alle quali possono essere abbinate particolari paste abrasive al fine di raggiungere il grado di rifinitura ideale alla migliore integrazione bio-morfo-funzionale, requisito fondamentale per la buona integrazione in cavo orale, preludio di un sufficiente successo clinico a lungo termine.

È noto come ogni realizzazione odontoprotesica sia individuale sotto l'aspetto di forma, colore e funzione; le competenze acquisite consentono, grazie a strumenti e materiali, di raggiungere gli obiettivi previsti dal piano di trattamento con buona precisione; è noto però che vi sono aspetti che esulano dalla "pura tecnica" e sconfinano in aspetti "puramente estetici"; è noto come non vi sia una univoca definizione di estetica. Per quanto ci riguarda quella da noi adottata, frutto del continuo aggiornamento tramite la partecipazione a qualificati corsi e congressi è: "L'ESTETICA È UNA INTERAZIONE DI ASPETTI CULTURALI E SOCIO-ECONOMICI"; per questi motivi la



percezione estetica è in continua individuale evoluzione.

Queste premesse hanno portato alla personale necessità di migliorare il particolare aspetto relativo all'individualità della satinatura/lucentezza delle superfici estetiche delle riabilitazioni protesiche.

A tale scopo abbiamo testato i molti buoni prodotti forniti dalle aziende di settore senza mai raggiungere la piena soddisfazione in quanto essendo "paste e/o stik" pre confezionati non permettevano di modulare la necessaria individualità che presupponevamo poter raggiungere, motivo per cui, da una decina d'anni, abbiamo cercato le vie alternative che con l'esperienza pian piano

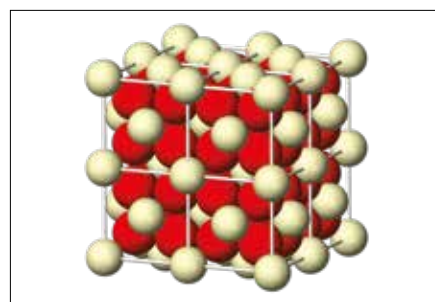
acquisita ci hanno permesso di soddisfare anche il particolarmente individuale aspetto legato alla modulare brillantezza dei singoli denti presenti in arcata.

### **Tecnica B.N.T (Bio-Nano-Tribologia) by PaSma**

Nella prima parte dell'articolo si è cercato di descrivere quanto di base conoscere in rapporto alla gestione del concetto di TRIBOLOGIA. Ora cercheremo di entrare nello specifico di quanto una personale ricerca ha consentito di raggiungere al fine di migliorare la qualità percepita durante le fasi di rifinitura estetica delle nostre protesi dentarie.

Come da immagine soprastante, l'obiettivo è quello di raggiungere, a fasi sequenziali, l'aspetto naturale degli elementi protesici, non solo con l'uso di strumenti rotanti, paste e stik forniti dall'industria ma con la realizzazione individuale di apposite paste a densità variabile modulabile dall'operatore. Nel tempo sono stati testati vari materiali in polvere legati con solventi atti a renderli pastosi, sono state utilizzate le polveri di vario tipo comunemente presenti nei laboratori odontotecnici (gessi, resine etc.), così come i liquidi (alcool, saponi, sidol etc.) inizialmente con risultati insoddisfacenti rispetto alle abituali paste diamantate industriali.





Approfondendo l'argomento in modo specifico verso i vettori di lubrificazione si è rivolta l'attenzione all'uso di fluidi sintetici (sidol), oli naturali (di semi e di oliva) e paste più consistenti (vasellina in pasta) da utilizzarsi impastando le polveri con capacità abrasiva a granulometria variabile (ossidi metallici) ai suddetti vettori di lubrificazione. Dopo aver testato l'uso di alcune polveri abrasive ricavate dal marmo impastate con sidol, con discreti risultati su resine composite ma non su ceramiche dentali, siamo passati all'utilizzo di polveri d'ossido di Al/Ti/Mg, bi-ossido di  $ZrO_2$ , e  $CeO_2$  ossido di cerio o diossido di cerio, noto anche come CERIA che presenta un colore da bianco a giallo pallido ed

è inodore; il prodotto è utilizzato per lavorazioni abrasive, nella lucidatura di materiali vetrosi o porcellane.

Dopo alcuni test, abbiamo verificato le ottime capacità abrasive delle tre paste ottenute così composte:

**1 PASTA** - Primo passaggio: impasto realizzato con polvere d'ossido di Al/Ti/Mg (lipari extra fine) miscelata con olio di oliva in rapporto base 7/3 (modulabile all'occorrenza)

**2 PASTA** - Secondo passaggio: impasto realizzato con polvere d'ossido di Zirconia  $ZrO_2$  miscelata con olio di oliva in rapporto base 8/2 (modulabile all'occorrenza)

**3 PASTA** - Terzo passaggio: impasto realizzato con polvere di  $CeO_2$  Ossido di Cerio miscelato con pasta di vasellina in rapporto base 6/4 (modulabile all'occorrenza).

Per la rifinitura delle strutture protesiche in ceramica dentale si procede con passaggi sequenziali utilizzando le tre paste sopra descritte; il movimento rototraslatorio dello spazzolino/feltrino deve avvenire con una velocità di rotazione graduale da 3.000 giri/min a 10.000giri/min con una pressione di gr.250/350 x cm (pressione del solo peso dell'avabraccio/mano).



### Presentazione di alcuni Casi Clinici realizzati con il contributo della tecnica B.N.T

Come magistralmente da "PRINCIPI DI ESTETICA" di C. Rufenacht 1992 e Koidou VP, Chatzopoulos GS, Rosenstiel SF. (Quantification of facial and smile esthetics. J Prosthet Dent. 2018 Feb;119(2):270-277) tra gli aspetti determinanti il successo estetico del sestante anteriore la rifinitura marginale e di superficie denominata TEXTURE riveste un fattore di primaria importanza.

L'integrazione morfo/funzionale/metamerica del dispositivo protesico è raggiunta grazie alla corretta gestione di ogni fattore realizzativo atto a mimare la naturalezza della dentatura riabilitata.

### (Presentazione e descrizione di alcuni casi clinici Dr. Tommaso Tura)

Al fine di ottenere una soddisfacente integrazione estetica degli elementi dentari è clinicamente necessaria la conoscenza del materiale usato, sia esso disilicato, zirconia multistrato, zirconia in cut-back. Meritano un'osservazione particolare anche il tipo e la metodica di cementazione utilizzati; il risultato finale richiede sperimentazione ripetuta ed esperienza perché condiziona l'effetto metamero finale ottenibile.

I vari materiali proposti hanno differenti proprietà di finitura superficiale ed il risultato finale è altresì condizionato dal colore del moncone sottostante, dallo spessore vestibolare

e oclusale disponibili nonché dalle condizioni di luce incidente.

Gli esempi clinici qui riportati si riferiscono a tipi di materiali diversi, scelti in funzione delle condizioni cliniche richieste: risulta chiara perciò la necessità che anche il clinico abbia conoscenze in merito alle proprietà tribologiche dei materiali utilizzati in odontoiatria protesica.

La necessità di essere consapevoli delle caratteristiche di usura abrasiva sia moderata che severa, mettono a confronto molte opinioni riguardo l'opportunità di utilizzo di materiali dentari che oggi godono di larga diffusione.





Il disilicato di litio parzialmente stratificato con ceramica feldspatica consente di ottenere, grazie ad una lavorazione accurata della sua superficie, un aspetto simile ai denti adiacenti.

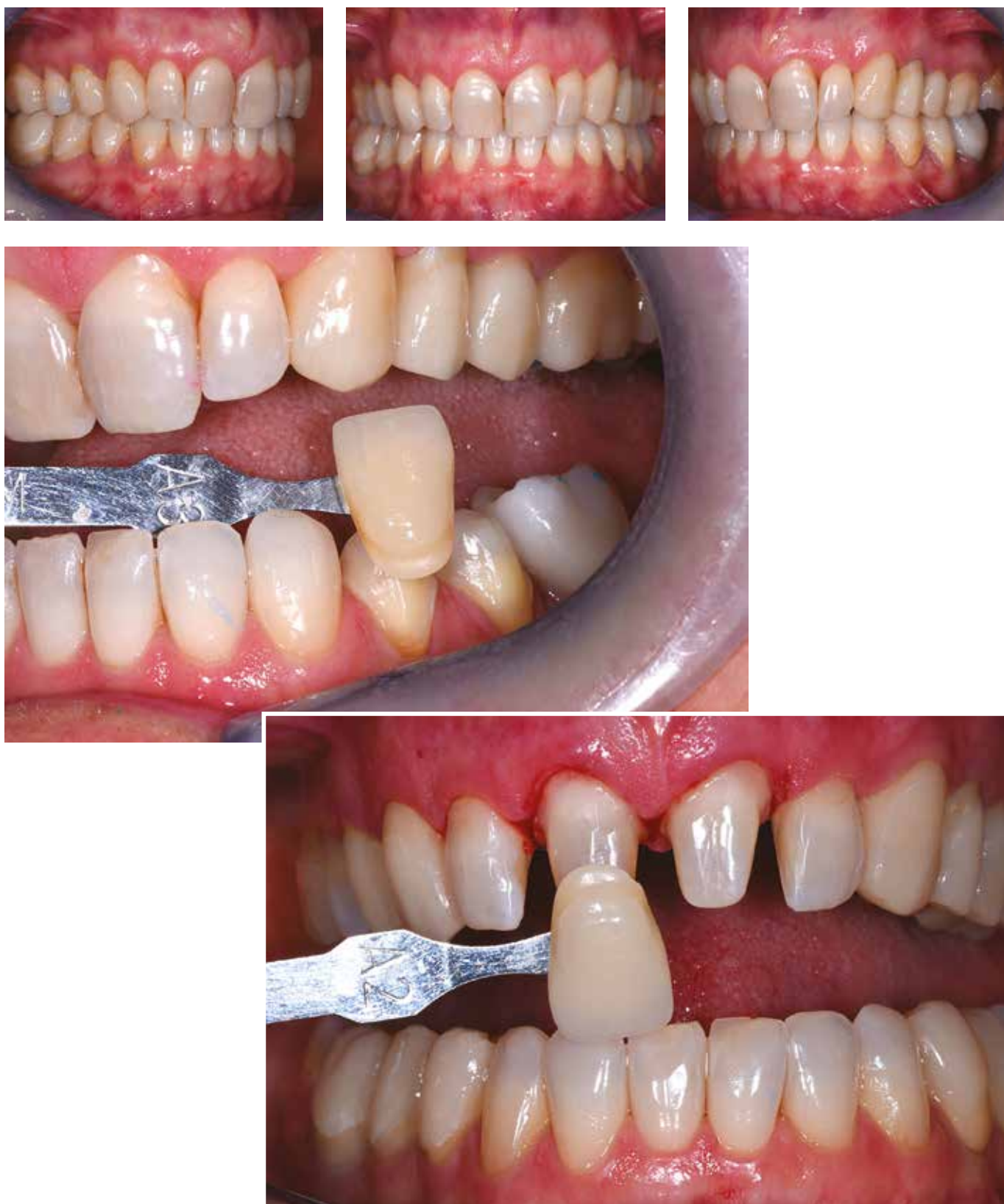
La necessità di ristabilire guide funzionali fisiologiche, precedentemente compromesse da parafunzioni

con alterazione della corretta dinamica occlusale, ha consigliato l'utilizzo di "addition" posizionate nei punti con maggiore usura.

Dopo uno studio con articolatore a valori individuali sono stati eseguiti gli inserti guida in disilicato di litio. In questo caso la finitura della texture di superficie ha richiesto particolare accuratezza e l'utilizzo di cementi

e tecniche di cementazione hanno svolto un ruolo determinante.

La sensibilità degli operatori ha permesso un'integrazione bio-morfo-funzionale adeguata e duratura, contrastando le forze di attrito dinamico presenti.



In questo caso, tipicamente protesico, la correzione della forma e del colore degli elementi dentari anteriori superiori, permettono un sensibile cambiamento del sorriso e delle labbra.

A differenza delle situazioni precedenti, la struttura in zirconia tetrago-

nale con ceramizzazione superficiale in ceramica feldspatica dedicata, unite alla tecnica di finitura superficiale proposta, consentono di ottenere un nuovo aspetto naturale degli elementi dentari.

A seguito vengono brevemente descritte le principali fasi realizzative:

presa del colore, provvisori, struttura in zirconia, ceramizzazione finale.

Determinare il colore dei monconi stessi, prima e dopo limatura, fornisce le prime indicazioni al laboratorio odontotecnico per la struttura di base.





L'adeguato colore della zirconia tetragonale facilita la possibilità di una stratificazione soddisfacente.

La texture di superficie eseguita con la tecnica descritta in precedenza offre l'accostamento voluto agli elementi dentari esistenti e la realizzazione di un manufatto esteticamente integrato.

## Conclusioni

La pratica riabilitativa odontoiatrica deve oggi considerare molteplici fattori che condizionano il risultato estetico-funzionale per il paziente. La conoscenza dei limiti e delle possibilità delle tecniche di lucidatura e texture eseguite dal laboratorio odontotecnico rivestono attualmen-

te una notevole importanza per la soluzione di casi clinici ad alto valore estetico.





## Bibliografia

1. Halling J. (1981) - Introduzione alla Tribologia, ISBN 8885009743.
2. Hutchings I. (2016) - Leonardo da Vinci's studies of friction.
3. Amontons G. (1699) - De la résistance cause'e dans les machines, Mémoires de l'Académie Royale A, 19/12/1699, ripubblicato in Histoire de l'Académie Royale des Sciences.
4. Gruppo di Ricerca in Didattica della Fisica, Università di Pavia - Breve storia delle ricerche e delle teorie sull'attrito.
5. The Philosophical Transactions of the Royal Society of London, from their commencement in 1665, to the year 1800.
6. Coulomb C.A. (1785) - Théories des Machines Simples, en ayantégard au frottement de leurs parties et à la roideur des cordages, Mémoire de Math ématique et de Physique de l'Académie Royale.
7. Nature - The Life and Work of G.A. Hirn - Febbraio 1890, A.G. Greenhill.
8. Tomlinson G.A. (1929) - A Molecular Theory of Friction, Philosophical Magazine, 7, p.905-939.
9. Bhushan B. (2002) - Introduction to tribology, John Wiley & Sons.
10. Burwell J.T (1957) - Survey of possible wear mechanisms, Wear p.119-141.
11. Quinn T.F.J. (1991) - Physical analysis for tribology, Cambridge University Press.
12. Lim S. C. and Ashby M. F. (1987)- Mechanism maps. Acta Metallurgica, Wear.
13. Bowden F.P. and Tabor D. (1938) - The area of contact between stationary and between moving surfaces.