

# Metalli e correnti

A cura del Dott. Federico Ronchi



## Perché servono i metalli

I metalli sono stati ed ancora oggi sono molto impiegati in odontoiatria perché che riescono a soddisfare i requisiti meccanici richiesti ai restauri dentali. Le forze in gioco durante la masticazione si misurano nelle decine di chilogrammi ed ogni anno le superfici dei denti sono sottoposte ad alcune migliaia di cicli di lavoro, trituro e comprimendo un gran numero di cibi diversi per consistenza e grado di abrasività.

I metalli permettono, uno per l'altro, di creare parti di dente, ricoperture, travate, perni e viti implantari che in poco spazio e con grande plasticità di forma raggiungono resistenze meccaniche più che idonee al lavoro che devono svolgere.

Molti metalli possono inoltre essere lavorati con tecniche abbastanza semplici, di tipo artigianale: l'amalgama, in particolare, può essere creata direttamente nello studio dentistico ed essere plasmata a piacimento a freddo; i metalli preziosi (oro, argento, platino) e non preziosi (leghe di cromo, cobalto, nickel etc) impiegati per la creazione di ponti e corone possono essere modellati nel laboratorio odontotecnico con tecniche di fusione a cera persa, raffinate nella precisione, ma di tecnologia relativamente modesta. Esiste quindi tutta una serie di motivazioni pratiche per l'ampio uso dei metalli in odontoiatria.

Gli aspetti negativi dei metalli risiedono invece nel loro aspetto antiestetico, nella loro natura chimica e dall'essere chimicamente predisposti alla corrosione.

Da notare che in odontoiatria nessun metallo viene utilizzato puro, ma sempre sotto forma di leghe di più elementi. Anche quando si parla comunemente di "oro" in realtà ci si riferisce sempre ad una lega che possiede una certa percentuale più o meno grande di oro e altri costituenti

(quali ad esempio indio, gallio, stagno, palladio, rame, platino, argento, zinco, iridio, titanio, etc...) necessari per rendere più duro e rigido il metallo.

Esistono alcuni metalli che sono particolarmente nobili, stabili e biocompatibili ed altri che invece non possiedono queste caratteristiche ma, al contrario, si mostrano abbastanza reattivi sia da un punto di vista chimico che biologico. Le leghe dentali sono suddivise commercialmente in leghe preziose e leghe non preziose o vili. Il paziente dovrebbe sempre essere informato circa quale tipo di metallo venga impiegato per la realizzazione delle sue protesi: esistono ovvie differenze qualitative e di prezzo tra manufatti realizzati in una lega molto purita ad alto titolo d'oro ed equivalenti manufatti realizzati però impiegando leghe non preziose.

Metalli nobili	Metalli non nobili
Oro	Cromo
Platino	Cobalto
Argento	Nickel
	Molibdeno
	Rame
	Stagno
	Palladio

## Metalli tossici e non tossici

Da un punto di vista del comportamento biologico dei metalli in bocca esistono due fondamentali parametri da considerare ovvero la biocompatibilità e la immunocompatibilità. La biocompatibilità di un materiale è un concetto ampio che comprende l'assenza di tossicità acuta, la tollerabilità da parte di cellule e tessuti, l'assenza di cancerogenicità e mutagenicità,

Alcuni metalli sono palesemente tossici per l'organismo. Esempi di questi metalli sono il mercurio, il

cadmio, l'arsenico ovvero i metalli pesanti in genere. Questo genere di metalli non dovrebbe mai essere presente nei manufatti che vengono permanentemente posizionati all'interno della bocca dei pazienti. Ancora oggi in Italia il 40% delle otturazioni viene realizzato impiegando l'amalgama quale materiale ricostruttivo.

Esistono poi numerosi metalli odontoiatrici che non hanno una elevata tossicità specifica, ma che possono essere comunque pericolosi. Il palladio, il cromo, il cobalto, il nickel, il rame sono metalli tollerati in piccolissime dosi; in quantità maggiori possono essere invece citotossici (tossici per le cellule con cui vengono a contatto diretto).

Infine esistono i metalli nobili, in particolare l'oro, che sono estremamente stabili, poco soggetti alla reattività chimica con altre sostanze e tendenzialmente compatibili con le cellule ed i tessuti.

Il titanio tecnicamente non fa parte dei metalli nobili anche se la formazione di uno spesso strato di ossidi protettivi sulla sua superficie tende a renderlo poco reattivo.

La biocompatibilità dei metalli viene normalmente valutata attraverso una serie di prove sperimentali in vitro che valutano la risposta delle cellule ed alcuni test in vivo per verificare l'eventuale reazione tissutale.

I risultati di questo genere di verifiche sono generalmente



# Metalli e correnti

A cura del Dott. Federico Ronchi



applicabili a qualsiasi essere vivente e permettono di riconoscere i metalli biocompatibili da quelli scarsamente tollerati.

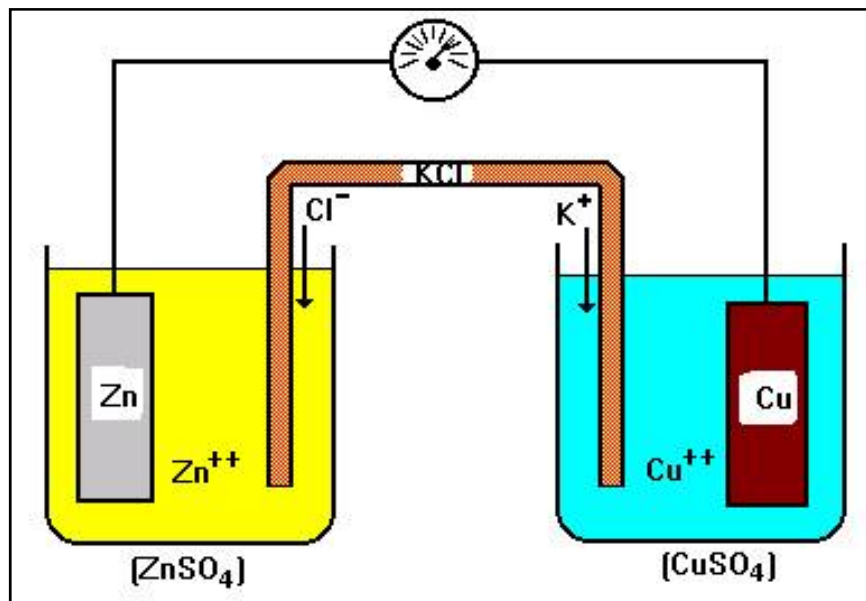
Rimane tuttavia escluso da questo sistema di analisi l'aspetto soggettivo del paziente che verrà in contatto con il metallo in questione, ovvero la sua risposta immunologica ed allergica.

A livello sperimentale non esiste modo di prevedere l'immunocompatibilità di un metallo, essendo questo parametro dipendente dalla totale unicità e variabilità del sistema immunitario di ogni singola persona.

Esattamente come succede con i pollini, presenti nell'aria in quantità infinitesimali, di per sé atossici ed innocui, ma che possono causare reazioni anche importanti nel soggetto allergico, anche i metalli possono essere relativamente biocompatibili per le cellule, ma non tollerati dalla soggettività immunologica del paziente. Inoltre il sistema immunitario deve venire a contatto con la sostanza per un certo periodo di tempo prima che la reazione immunologica si instauri. Ciò significa che a livello diagnostico è possibile verificare la presenza o assenza di reazioni avverse solo a distanza di tempo ed è esclusa qualsiasi possibilità predittiva.

## Accoppiamenti elettrici e pile

Fino a tempi molto recenti l'impiego di metalli in odontoiatria è stato molto esteso e grande è stata la varietà dei metalli impiegati. La combinazione di metalli dissimili in un ambiente acquoso pone tuttavia delle problematiche di tipo corrosivistico, infatti quando due metalli con potenziale elettrochimico differente vengono immersi all'interno di una soluzione salina conduttiva si ha la formazione di una coppia elettrochimica e la creazione



di una pila elettrica. Nel caso del cavo orale la saliva si comporta da elettrolita mentre i percorsi di scarica si formano in modo dinamico attraverso i tessuti e durante i contatti in masticazione.

Tutti gli elementi metallici puri sono classificati in base alla loro elettronegatività e vanno a formare la cosiddetta serie elettrochimica. Gli elementi con le posizioni più alte in tale serie sono i metalli più stabili ed inerti da un punto di vista chimico e della loro tendenza a corrodersi e vanno a costituire i metalli nobili. Nelle posizioni più basse delle serie si trovano invece i metalli fortemente reattivi. Quando si considerano due metalli, maggiore è la differenza di posizione della serie elettrochimica e maggiore è la differenza di potenziale che la coppia di metalli instaura e quindi il voltaggio che l'ipotetica cella può esprimere.

L'elemento con posizione più elevata nella serie elettrochimica, quindi più nobile, si comporta da catodo e riceve corrente. L'elemento meno nobile è più anodico e va in contro a corrosione. Non esistono quindi metalli anodici o catodici in senso assoluto, il comportamento elettrico e di corrosione dipende dall'accoppiamento: lo stesso metallo può quindi comportarsi da anodo o da catodo in funzione degli

altri metalli presenti. Per ciascuna coppia di metalli in un ideale sistema bimetallico è possibile calcolare il potenziale elettrico che si instaura.

L'entità della corrente che la pila può esprimere dipende dalla differenza di potenziale come previsto dalla legge di Ohm ( $V=IR$ ), a condizione che la resistenza sia una costante.

Gli effetti di corrosione sull'elettrodo che diventa sacrificale sono proporzionali, a loro volta, alla corrente presente; maggiore la corrente, più importante sarà la quantità di prodotti di corrosione rilasciati nel cavo orale e verso i tessuti.

Se da un punto di vista di elettrochimica le correnti di corrosione sono predicibili e calcolabili con sistemi teorici, sfortunatamente tale approccio non trova riscontro in odontoiatria, dato che i metalli impiegati sono sempre combinati sotto forme di leghe composte da più costituenti. Ogni lega ha caratteristiche elettrochimiche specifiche dettate dalla specifica composizione e piccole variazioni di alcuni elementi possono variarne notevolmente il comportamento.

Nel cavo orale poi sono spesso presenti numerosi corpi metallici dissimili ed è quindi presente un

# Metalli e correnti

A cura del Dott. Federico Ronchi



complesso sistema di celle e di corrosioni. Un insieme costituito da diverse generazioni di otturazioni in amalgama, ponti e corone in svariate leghe nobili e non diviene un complesso elettrochimico dal comportamento non prevedibile, valutabile solo clinicamente e non tramite criteri teorici.

Tale realtà si scontra di fatto con le normative comunitarie che richiedono che i metalli ad uso odontoiatrico ed odontotecnico siano valutati e certificati per la loro stabilità e resistenza alla corrosione. La certificazione che accompagna una lega marchiata CE si riferisce ad una valutazione ottenuta in vitro e considera normalmente la singola lega inserita da sola in una soluzione elettrolitica e confrontata con un elettrodo standard di riferimento. Simili condizioni sperimentali mal rappresentano la complessità clinica ed il polimetallismo comunemente riscontrato. Ben più utile risulta invece essere una valutazione in vivo del comportamento del nuovo restauro metallico nel contesto dell'ambiente d'impiego realmente presente, sebbene tale approccio ad hoc non sia facilmente certificabile.

A complicare ulteriormente il quadro elettrochimico e corrosionistico intraorale intervengono inoltre ulteriori fattori esterni che influenzano la tipologia e la velocità di corrosione dei metalli.

La sollecitazione meccanica innesca corrosione da stress nelle zone di concentrazione degli sforzi (carichi masticatori abnormi, ganci ritentivi o attacchi di precisione di protesi scheletrate, sottoposti a continue inserzioni e disinserzioni). La tensione d'ossigeno varia tra zone esposte e zone interne dei manufatti, con conseguente variazione del potenziale ossidoriduttivo. Sullo stesso manufatto si possono pertanto generare correnti e processi corrosivi perché le varie parti risultano immerse in ambienti diversi con tenori d'ossigeno variabili. Le leghe di apporto per le saldature dei

manufatti protesici sono meno nobili e fungono da anodo rispetto alle leghe usate per le corone.

Gli stessi microrganismi interagiscono con le superficie metalliche creando variazioni di tensione d'ossigeno, di pH e delle chimica locale, contribuendo a fenomeni di alterazione localizzata. L'insieme di questi fenomeni chimici e fisici comporta il passaggio di deboli correnti nei tessuti e la dispersione nel cavo orale e nei tessuti di ioni metallici ed altri prodotti di corrosione.

## Tatuaggi della gengiva

Un fenomeno direttamente legato alla presenza di corrosione elettrochimica è la formazione di tatuaggi gengivali che, esattamente come nel caso dei tatuaggi artistici o cosmetici, sono il risultato di una dispersione di prodotti pigmentati all'interno del tessuto.



A livello istologico si possono identificare delle inclusioni di particelle in un reticolo fibroso, spesso con una maggiore densità attorno ai vasi. Si ritiene comunemente che l'unica causa di tatuaggi iatrogeni intraorali sia da attribuire alla inclusione traumatica di particelle durante operazioni di preparazione protesica di elementi ricostruiti in amalgama, quando polveri di tale materiale vengono ad essere dispersi direttamente dalla fresa in regioni di gengiva microabrasa.

Sebbene tale meccanismo sia sicuramente causa di una certa quota di tatuaggi, non spiega e non giustifica tutte le pigmentazioni che invece si osservano con comparsa tardiva e progressiva espansione attorno ad elementi dentali ricostruiti in amalgama e ricoperti con corone in lega aurea.

Simili colorazioni gengivali si notano anche a livello interprossimale quando i materiali a contatto sono dissimili e molto più raramente nel caso di otturazioni in amalgama su denti contigui. La natura elettrochimica di alcuni tipi di tatuaggi è ben evidenziata dalle metallosi determinate in alcune circostanze dagli impianti in titanio: sebbene la dispersione di prodotti di corrosione non sia generalmente visibile perché manifesta a livello intraosseo, occasionalmente nelle regioni frontali si assiste alla comparsa di aloni scuri intragengivali quando lo strato connettivale è molto sottile. La natura di questi tatuaggi non è quindi legata ad eventi meccanici di dispersione di particelle bensì alla modificazione chimica delle superfici.

## Significato biologico delle correnti

Oltre al possibile cedimento strutturale dei manufatti metallici soggetti a corrosione intraorale tale fenomeno interessa l'odontoiatra perché alla base dell'interazione biologica tra restauro e ospite.

Vari fenomeni di perturbazione dell'ambiente biologico sono possibili e da prendere in considerazione: creazione di correnti indotte sui tessuti con potenziali che sono di magnitudine comparabile con la polarizzazione cellulare, la liberazione nella saliva ma anche il trasporto elettroforetico di prodotti ionici di corrosione all'interno dei tessuti, la dispersione di elementi metallici tossici, l'interazione tra le

# Metalli e correnti

A cura del Dott. Federico Ronchi



sostanze rilasciate ed il sistema immunitario.

Gli effetti della liberazione di sostanze esogene da parte delle leghe inserite nel cavo orale possono essere di tipo locale e localizzato oppure di tipo sistemico e dipendono dalla reattività soggettiva del paziente.

Non esistono regole prestabilite per definire chi è a rischio di sviluppare un'intolleranza o franca allergia ad uno specifico metallo, tuttavia esistono metalli frequentemente reattivi, quali il nickel, ed esiste una certa correlazione con il livello di esposizione. In teoria un metallo che non sia nelle condizioni di rilasciare alcun prodotto di corrosione potrebbe risultare del tutto invisibile al sistema immunitario per mancanza dell'antigene a cui reagire.

Al contrario si può affermare che il continuo rilascio di prodotti di corrosione porta l'organismo a doversi confrontare con queste entità esogene e la quantità può essere un fattore sia d'innescò della risposta allergica sia di esacerbazione della stessa. La elevata incidenza dell'allergia al nickel, per esempio, probabilmente dipende non tanto da caratteristiche biologiche specifiche di questo metallo ma piuttosto dal fatto che esso è contenuto in infiniti materiali di uso comune ed alimenti (Monete, chiavi, bigiotteria, stanghette degli occhiali, l'acciaio delle pentole e delle stoviglie, etc etc)

Minimizzare o eliminare le correnti galvaniche a livello orale acquisisce quindi il significato di contenere al massimo l'esposizione ad antigeni metallici potenzialmente reattivi.

Esistono vari quadri di patologia orale delle mucose per i quali è descritto il letteratura uno specifico beneficio legato all'eliminazione dell'esposizione alla corrente elettro galvanica. Quello maggiormente descritto è in assoluto il lichen planus e le lesioni lichenoidi.



## Misurazione delle correnti galvaniche

I corpi metallici presenti in bocca possono essere valutati per la loro capacità di produrre energia elettrica e per la conseguenziale tendenza ad essere soggetti a fenomeni di corrosione e quindi a rilasciare sostanze nel cavo orale. La misurazione delle correnti galvaniche viene effettuata mediante l'utilizzo di un galvanometro ad alta sensibilità, ovvero di un microamperometro in grado di misurare correnti elettriche nella grandezza dei microampere. Il processo di misura prevede di cortocircuitare il corpo metallico soggetto ad indagine con la gengiva adiacente, che costituisce il polo di riferimento, e misurare la corrente di scarica complessiva. Esattamente come per una pila elettrica la cella presenta una specifica differenza di potenziale o voltaggio ed è in grado di produrre una certa quantità di corrente per un certo lasso di tempo. La valutazione del grado di attività del restauro metallico può essere fatta registrando il picco massimo di corrente rilevato oppure, con i nuovi apparecchi digitali ad elevata velocità di campionamento, tracciando tutto il grafico di scarica della cella. Nel secondo caso è possibile calcolare accuratamente

anche l'energia totale sprigionata dalla cella galvanica.

Alcuni accorgimenti tecnici rendono più precisa e ripetibile la misurazione elettrica, in particolare l'impiego di puntali costruiti interamente in carbonio che permettono di evitare la creazione di una seconda coppia bimetallica tra la superficie da misurare ed il puntale di misura stesso. Inoltre l'operatore deve fare attenzione a mantenere il più breve e simile possibile il percorso di scarica attraverso la gengiva, per non avere variazioni importanti di resistenza elettrica legati ai tessuti.

La misurazione viene effettuata spostando di volta in volta il puntale sonda da un corpo metallico al successivo e permettendo allo strumento di effettuare tutto il campionamento della corrente. Completata la misura il restauro analizzato si trova a potenziale zero perché tutta la carica elettrica è stata dissipata; non è possibile quindi ripetere immediatamente la misura ed occorrono alcune ore perché la cella si rigeneri.

I valori misurati possono essere trascritti manualmente oppure, con i nuovi apparecchi, salvati su computer assieme a tutto il grafico di scarica.

Dai dati raccolti è possibile definire quale sia il restauro metallico maggiormente attivo da un punto di



# Metalli e correnti

A cura del Dott. Federico Ronchi



vista elettrochimico, si può valutare in senso assoluto se le correnti elettriche siano elevate oppure no e, di conseguenza, quanti sali di corrosione si liberano nel cavo orale e siano disponibili per l'assorbimento.

Sebbene non esistano ancora estesi studi scientifici che mettano in correlazione la presenza di correnti elettriche endorali con specifici quadri patologici esiste una valutazione quantomeno statistica di quelli che possono essere considerati valori di norma delle correnti galvaniche misurate. Il riferimento ad un parametro di tipo statistico chiaramente non garantisce che a bassi livelli di corrente e di esposizione a prodotti di corrosione vi sia l'assenza di effetti collaterali. In questo caso la norma è costituita semplicemente dal range di valori più comunemente riscontrati in una popolazione sottoposta a misura e si assume, senza dimostrazione, che la tale gruppo di persone sia costituita, mediamente, da persone sane.

La tabella **Tab.2** riassume le i range di misurazione mentre il colore indica il percentile a cui si applica.

Nel caso si riscontri l'indicazione a rimuovere corpi metallici dalla bocca si inizia generalmente da quello con la carica elettrica maggiore, che spesso coincide con un restauro in cui sono uniti assieme nella stessa struttura più metalli diversi. Un tipico esempio di questa situazione sono le corone in oro apposte a monconi ricostruiti con amalgama e viti metalliche.

Valore misurato	Percentile	Possibile interpretazione
<b>0.0 <math>\mu</math>A</b>		<i>Restuari non metallici e quindi non conduttivi: otturazioni in composito, corone metal free</i>
<b>0.0 - 1.0 <math>\mu</math>A</b>	10° Percentile	<i>Otturazioni in amalgama molto vecchie, elettrochimicamente stabili</i>
<b>1.0 - 5.0 <math>\mu</math>A</b>	40° Percentile	<i>Valori frequenti su otturazioni in amalgama quando non sono presenti altri restauri metallici dissimili</i>
<b>5.0 - 12 <math>\mu</math>A</b>	70° Percentile	<i>Valori tipici su amalgama in presenza di corone in oro e su protesi relativamente stabili</i>
<b>12 .0 - 20.0 <math>\mu</math>A</b>	90° Percentile	<i>Valori che indicano sicuramente una instabilità elettrochimica. Tipica in presenza di vari metalli accoppiati direttamente o indirettamente</i>
<b>25.0 - 35.0 <math>\mu</math>A</b>	99° Percentile	<i>Instabilità molto marcata: valori riscontrabili su corone che ricoprono otturazioni in amalgama, impianti protesizzati con leghe instabili</i>