

# Cos'è l'elettroerosione

di Claudio Vittoni del laboratorio **Aurodental S.n.c.**

La professione odontoiatrica sta sperimentando attualmente una "esplosione" tecnologica.

Strumenti computerizzati per la diagnosi parodontale, per l'analisi occlusale, per la fabbricazione dei restauri in laboratorio e per il pre-trattamento dei pazienti a chirurgia ortognatica, sono solo alcuni esempi dei prodotti attualmente disponibili. Molti di questi strumenti rappresentano il trasferimento della tecnologia industriale al settore odontoiatrico.

L'elettroerosione è un uso da oltre sessant'anni nell'industria degli utensili e degli stampi. L'idea dell'elettroerosione venne all'uomo dall'osservazione del fulmine, una forma naturale di elettroerosione. Alla fine del Settecento sir Joseph Priestly studiò il fenomeno della scarica elettrica ed il suo effetto erosivo sui conduttori metallici. Poco dopo la seconda guerra mondiale, i fratelli russi Lazarenko presentarono la loro prima macchina ad erosione elettronica. I progressi tecnologici che si sono avuti tra gli anni Cinquanta e gli anni Settanta hanno fatto sì che l'elettroerosione divenisse per l'industria un importante processo di fabbricazione. Particolarmente importante è stata l'invenzione del transistor, perché i comandi a stato solido hanno aumentato la velocità e l'affidabilità dell'apparecchiatura.

## La tecnologia dei computer

L'applicazione della tecnologia dei computer durante gli anni Ottanta ha fornito maggiore accuratezza al processo e ha reso possibile lo sviluppo di macchine per elettroerosione più sofisticate.

L'elettroerosione può essere definita come un processo di rimozione del metallo che utilizza una serie di scintille per erodere materiale da un pezzo in lavorazione in un mezzo liquido, in condizioni accuratamente controllate. Il mezzo fluido, solitamente un olio fluido, viene chiamato *fluido dielettrico*. Esso funge da isolante, conduttore e refrigerante e sciaqua via le particelle di metallo asportate dalle scintille.

## Un modello termoelettrico

L'esatta natura del processo di elettroerosione non è nota. E' stato proposto un modello termoelettrico per spiegare come calore ed elettricità possono agire insieme per rimuovere particelle di metallo in modo efficace e molto preciso. Secondo questo modello, un singolo ciclo di elettroerosione inizia quando si applica un voltaggio crescente all'elettrodo mentre questo si avvicina al pezzo da lavorare (foto 1). Il campo è alla sua forza massima nel punto più vicino tra l'elettrodo ed il pezzo da lavorare. Mentre il voltaggio aumenta, il fluido dielettrico inizia a decomporsi in particelle ionizzate le quali sono attratte verso la parte più intensa del campo elettrico. Al voltaggio massimo, un numero crescente di particelle ionizzate si unisce formando uno stretto canale centrato nella parte dove il campo elettrico è più forte (foto 2).

Si è accumulato un numero di particelle ionizzate sufficiente a superare l'effetto isolante del fluido dielettrico: si stabilisce quindi una corrente (foto 3).

Una volta stabilizzata la corrente, il voltaggio comincia a scendere e si ha un rapido accumulo di calore (foto 4).

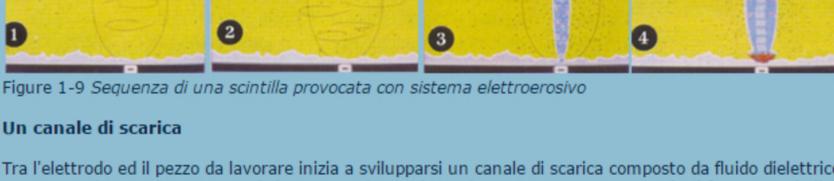


Figure 1-9 Sequenza di una scintilla provocata con sistema elettroerosivo

## Un canale di scarica

Tra l'elettrodo ed il pezzo da lavorare inizia a svilupparsi un canale di scarica composto da fluido dielettrico termovaporizzato, da un pezzo da lavorare e da un elettrodo. Attorno a questo canale si forma una bolla mano mano che si accumula la quantità di materiale vaporizzato (foto 5).

La corrente continua ad aumentare, creando nel canale di scarica un campo elettromagnetico estremamente intenso di ioni, che inibiscono l'espansione verso l'esterno della bolla di vapore. Quando il ciclo sta per essere completato, la corrente e il voltaggio si sono stabilizzati e il calore e la pressione all'interno della bolla di vapore hanno raggiunto il massimo (foto 6).

Mentre la parte del metallo è vaporizzata dalla corrente intensa, la maggior parte del metallo che si trova al di sotto del canale di scarica resta allo stato fuso, tenuta in sede dalla pressione della bolla di vapore. Quando il ciclo è finito, la corrente ed il voltaggio scendono a zero (foto 7), c'è una rapida diminuzione di temperatura che fa esplodere la bolla di vapore e consente l'espulsione del metallo fuso dal pezzo da lavorare. La superficie del pezzo da lavorare è raffreddata dal fluido dielettrico che affluisce, il quale elimina anche i residui dalla zona (foto 8).

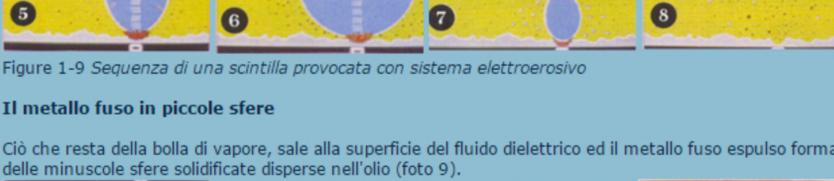


Figure 1-9 Sequenza di una scintilla provocata con sistema elettroerosivo

## Il metallo fuso in piccole sfere

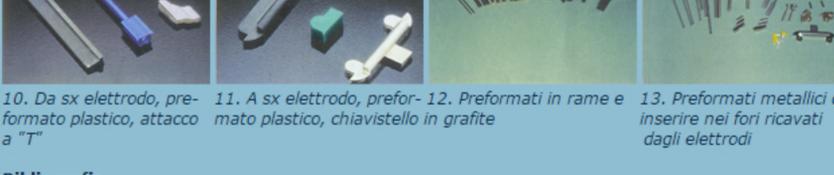
Ciò che resta della bolla di vapore, sale alla superficie del fluido dielettrico ed il metallo fuso espulso forma delle minuscole sfere solidificate disperse nell'olio (foto 9).

Si deve ricordare che in dato momento è in atto una sola sequenza di scintille, indipendentemente dalla grandezza dell'elettrodo.

Questo ciclo può verificarsi alla velocità di 250.000 volte al secondo. L'elettrodo è un fattore critico nel determinare la velocità e l'accuratezza del processo di elettroerosione.

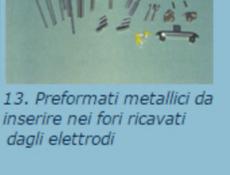
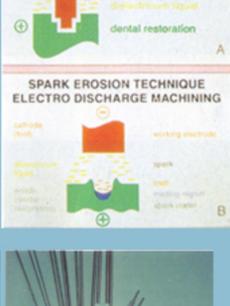
Gli elettrodi sono ricavati da due gruppi principali di materiali: metalli e grafite. La scelta del materiale dell'elettrodo destinato ad un determinato compito si basa su parecchi fattori, tra cui la velocità di rimozione del metallo, la resistenza all'usura, la finitura superficiale, la lavorabilità e il costo. La resistenza all'usura, specialmente negli angoli, è di importanza cruciale nella riproduzione dei particolari e delle dimensioni volute dal pezzo da lavorare.

Nelle foto 10-11-12-13 si vedono esempi di elettrodi di grafite per un chiavistello e mulinello (SAE Vertriebs GmbH, Int., Bremerhaven, Germania).



10. Da sx elettrodo, attacco a "T"

11. A sx elettrodo, preform - 12. Preformati in rame e preformato plastico, chiavistello in grafite



## Bibliografia

Il primo riferimento bibliografico nella letteratura odontoiatrica è quello di Ruebeling nel 1982. Egli descrisse un metodo per creare dei fori di diverso diametro (matrici) eseguiti con processo elettroerosivo tramite dei perni costruiti in rame dielettrico (foto 11-14). Una volta ottenuti questi fori tramite gli elettrodi si inseriranno all'interno degli stessi dei preformati metallici analoghi al diametro del foro eseguito (foto 15-16) e quindi saldati (saldatura autogena) allo scheletrato (foto 17). Questa tecnica fu messa a punto per poter realizzare attacchi di precisione su qualsiasi tipo di metallo: oro, cr-co, titanio.



14. Elettrodo in uso

15. Attacco chiave completato

16. Chiave inserita nel foro

17. Chiave inserita nel metallo

## Un unico metallo

L'alto intervallo di fusione delle leghe di metalli vili preclude la possibilità, secondo la tecnica descritta da Ruebeling, di applicare a disegni calcinabili e fonderli assieme alla parte di metallo fissa. Questo vantaggio ci dà la possibilità di non eseguirne, in un secondo tempo, la saldatura ed averla prima in un unico metallo (foto 18-19).



18. Scheletrato

19. Attacco chiave

20. Attacco chiave chiuso

21. Attacco chiave aperto

Dopo aver rivestito la parte primaria, in ceramica o in acrilico, posizioneremo il modello sul piattello ritrovando il parallelismo precedentemente determinato per la rettifica del fresaggio e dell'attacco stesso. Una volta eseguita la monofusione e fatta calzare sul fresaggio, eseguiremo l'operazione di elettroerosione sopra citata. Esistono comunque altri dispositivi, visibili nelle foto da 20 a 29.



22. Scheletrato inserito con perni frizionanti

23. Visione dei perni frizionanti

24. Visione di un lavoro con attacco a "T"

25. Attacco "T" con vite d'espansione

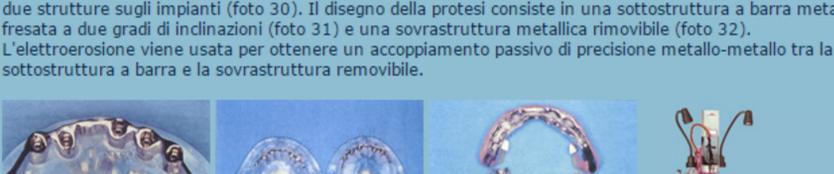
26. Attacco Stift - parte primaria

27. Attacco Stift - parte secondaria

28. Corone doppie coniche parte primaria

29. Corone doppie coniche parte sec. in monofusione con lo scheletrato

Nel dicembre 1982, il Dott. Alfred S. Windler brevettò negli Stati Uniti un sistema per migliorare l'intimità di due strutture sugli impianti (foto 30). Il disegno della protesi consiste in una sottostruttura a barra metallica fresata a due gradi di inclinazioni (foto 31) e una sovrastruttura metallica rimovibile (foto 32). L'elettroerosione viene usata per ottenere un accoppiamento passivo di precisione metallo-metallo tra la sottostruttura a barra e la sovrastruttura rimovibile.



30. Mesostruttura superiore su impianti

31. Mesostrutture facilitate detersibili (dal paziente) ed ispezionabili

32. Strutture secondarie rimovibili-fisse

33. Elettroerosore

## Prototipo a controllo numerico

Nel 1993 a Elferhausen viene presentato un nuovo grande programma sull'elettroerosione da parte di Gunter Ruebeling, odontotecnico Master di Bremerhaven (Germania). Questo progetto prevede un nuovo prototipo (foto 33) a controllo numerico per elettroerosione in grado di soddisfare tutte le esigenze di connettività ai protesi fissi - numerici combinata e protesi su impianti.

## Struttura fissa e rimovibile

E' facile da ciò immaginare che unendo questo tipo di progettazione al paziente ad un chiavistello si sarebbe potuta ottenere la costruzione di una struttura fissa ma rimovibile dal paziente con tutti i vantaggi che da questo derivano (foto 34-35).



34. Struttura inferiore

35. Strutture rivestite in antagonismo

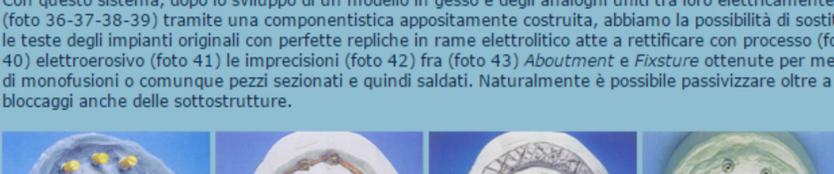
Infatti a Brescia nel 1994 durante il Congresso Internazionale di elettroerosione, vengono illustrate dal Sig. Gunter Ruebeling e dal Prof. Heiner Weber DDS dell'università di Tubingen (Germania) le evoluzioni di nuovi attacchi e la possibilità tramite il sistema "SECOTEC EDM2000" di poter "passivizzare" tutte le strutture costruite su impianti. Questo sistema di "passivazione" nasce da un'esigenza clinica molto sentita.

## Una protesi passiva

Diverse università infatti, a livello mondiale sottolineano la necessità di introdurre nel cavo orale, dei manufatti protesici che possono avere nel rapporto fra impianto, costruzione protesica e viti di fissaggio, la massima intimità. Ciò al fine di ottenere una protesi assolutamente passiva senza cioè tensioni trasmesse agli impianti attraverso le sovrastrutture avvitate che possono mettere a rischio l'osteointegrazione ottenuta fino a quel momento.

## Le teste degli impianti

Con questo sistema, dopo lo sviluppo di un modello in gesso e degli analoghi uniti tra loro elettricamente (foto 36-37-38-39) tramite una componentistica appositamente costruita, abbiamo la possibilità di sostituire le teste degli impianti originali con perfette repliche in rame elettrolitico, a rettificare con processo (foto 40) elettroerosivo (foto 41) le imperfezioni (foto 42) fra (foto 43) *Aboutment* e *Fixsture* ottenute per mezzo di monofusioni o comunque pezzi sezionati e quindi saldati. Naturalmente è possibile passivizzare oltre a dei bloccaggi anche delle sottostrutture.

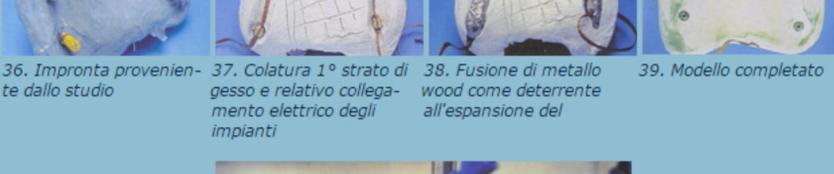


36. Impronta proveniente dallo studio

37. Colatura 1° strato di gesso e relativo collegamento elettrico degli impianti

38. Fusione di metallo wood come deterrente all'espansione del

39. Modello completato



40. Fissaggio mesostruttura agli artigli dell'elettroerosione

41. Sostituite le teste degli impianti con delle repliche in rame, la struttura sta per essere "rettificata"

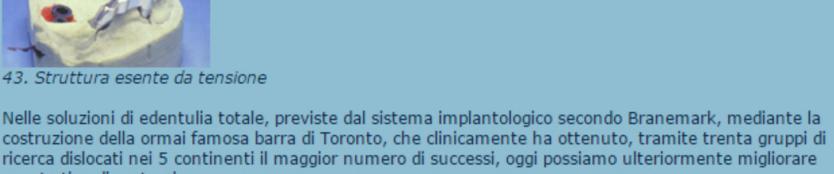
42. Visione delle aboutment dopo l'erosione



43. Struttura esente da tensione

Nelle soluzioni di edentulia totale, previste dal sistema implantologico secondo Branemark, mediante la costruzione della ormai famosa barra di Toronto, che clinicamente ha ottenuto, tramite trenta gruppi di ricerca dislocati nei 5 continenti il maggior numero di successi, oggi possiamo ulteriormente migliorare questo tipo di costruzione.

Così come dichiarato dallo stesso Prof. Ingvar Branemark alcune problematiche di questa costruzione riguardano: la fonetica (foto 44) l'igiene (foto 45) e l'estetica (foto 46).



44. Vista intraorale della barra

45. Barra di Toronto

46. Vista intraorale degli impianti



47. Vista intraorale degli impianti

48. Vista intraorale degli impianti

49. Visione linguale di una mesostruttura fissa, ma rimovibile da paziente

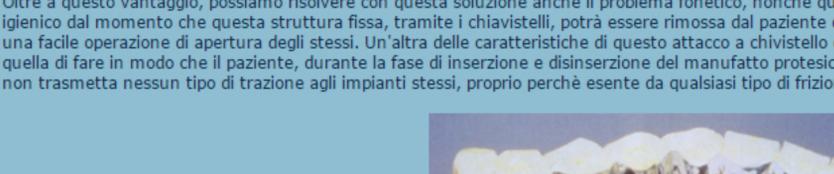


50. Vista intraorale degli impianti

## Esigenze estetiche

E' importante sottolineare che il professionista è spesso obbligato a posizionare gli impianti non dove l'estetico vorrebbe, ma in corrispondenza di aree in cui il tessuto osseo della collocazione dell'impianto stesso. E' quindi necessario, a volte, risolvere con sottostrutture (foto 47-48-49-50) lamellari primarie portanti, che possono, per mezzo di una parte secondaria, esaudire un'esigenza estetica fondamentale per il paziente.

Oltre a questo vantaggio, possiamo risolvere con questa soluzione anche il problema fonetico, nonché quello igienico dal momento che questa struttura fissa, tramite i chiavistelli, potrà essere rimossa dal paziente con una facile operazione di apertura degli stessi. Un'altra delle caratteristiche di questo attacco a chiavistello è quella di fare in modo che il paziente, durante la fase di inserzione e disinserzione del manufatto protesico, non trasmetta nessun tipo di trazione agli impianti stessi, proprio perché esente da qualsiasi tipo di frizione.



47. Vista intraorale degli impianti

48. Vista intraorale degli impianti

49. Visione linguale di una mesostruttura fissa, ma rimovibile da paziente



50. Vista intraorale degli impianti