



# Tecnica Ospedaliera

www.tecnicaospedaliera.it



**PORDENONE**  
IL NUOVO OSPEDALE

**GRANDI APPARECCHIATURE**  
IL RAPPORTO AGENAS

**DIGITAL PATHOLOGY**  
L'ESPERIENZA DELL'AOU FEDERICO II

**STERILIZZAZIONE**

Con il patrocinio di



# Linda Next Sur

POLTRONA PROGETTATA PER INTERVENTI DI CHIRURGIA AMBULATORIALE, ROBUSTA, FLESSIBILE, ERGONOMICA E COMPLETAMENTE SIMMETRICA.

LINDA NEXT SUR è progettata per soddisfare le esigenze dei flussi di lavoro chirurgici ambulatoriali, offrendo un posizionamento affidabile del paziente e facili regolazioni, con capacità di carico di lavoro sicuro di 300 kg. La poltrona può integrarsi perfettamente con l'illuminazione di livello chirurgico.

Braccioli chirurgici orientabili e regolabili in altezza

Gambale dotato di sezione estendibile

Tappezzerie Memory Foam e Soft Foam.

## ACCESSORI OPZIONALI

Batteria tampone  
Telecomando a infrarossi  
Motorizzazione indipendente della sezione gambe  
Ruote o base girevole 320°



Movimentazione con avviamento e arresto graduale di sicurezza su schienale e poggiatesta (**SOFT START - SOFT STOP**). Funzione **SLOW MODE** per movimenti ultra-rallentati di precisione. Dotata di 3 profili utente con 9 posizioni totali memorizzabili, 4 posizioni programmate di fabbrica (accomodamento, lettino, trendelenburg, fine lavoro)



**Tecnica  
Ospedaliera**



**In sovracoperta:**

RIMSA  
via Monterosa, 18/20  
20831 Seregno (MB)  
tel. 0362325709  
www.rimsa.it

# SOMMARIO APRILE 2025

## **EDITORIALE**

- 4 **La sostenibilità è un lavoro di squadra**

Umberto Nocco

## **DIREZIONE GENERALE**

- 6 **Politiche e modelli per una sanità più accessibile**  
AA.VV.

- 12 **Formazione e trasparenza per una gestione efficace del rischio**

AA.VV.

- 18 **Grandi apparecchiature: dotazione, distribuzione territoriale e obsolescenza**

Elena D'Alessandri

## **PROGETTAZIONE**

- 22 **Pordenone, il nuovo ospedale**  
Giuseppe La Franca

## **SPECIALE STERILIZZAZIONE**

- 28 **Sterilizzazione 2.0, una visione lean**  
Serena Pagani

- 34 **Centrali di sterilizzazione, il progetto dell'Azienda Ospedaliera dei Colli di Napoli**  
Ariel Faraglia

## **INGEGNERIA CLINICA**

- 38 **Elettrochirurgia, principi e utilizzo in sicurezza**  
Armando Ferraioli



**46 ARES Sardegna protegge le infrastrutture digitali**  
Patrizia Godi

**54 Digital pathology, l'esperienza dell'AOU Federico II**  
Francesca Morelli

## 01 HEALTH

**58 Dalla Piattaforma Nazionale di Telemedicina alle progettualità europee**  
Clara Re

**64 Intelligenza artificiale e medicina di precisione**  
Stefania Somarè

**68 Formazione medica immersiva e interattiva**  
Roberto Tognella



Anno LIV - Numero 3 aprile 2025

**Direzione, Redazione, Abbonamenti, Amministrazione e Pubblicità**

Casa Editrice Tecniche Nuove Spa  
via Eritrea, 21 - 20157 Milano - Italia  
telefono 02390901 - 023320391

**Direttore Responsabile** Ivo Alfonso Nardella

**Direttore Scientifico** Umberto Nocco

**Comitato Scientifico** Marco Di Muzio, Emanuele Di Simone, Danilo Gennari, Marco Giachetti, Giuseppe La Franca, Adriano Lagostena, Luigi Lucente, Luigi O. Molendini, Umberto Nocco, Fabrizio Pregliasco, Martino Trapani, Luciano Villa

**Coordinamento Editoriale** Corinna Montana Lampo  
corinna.montanalampo@tecnicheNuove.com

**Redazione** Cristina Suzzani - tel. 0239090318  
cristina.suzzani@tecnicheNuove.com

**Grafica e impaginazione**  
Grafica Quadrifoglio S.r.l. - Milano  
info@graficaquadrifoglio.it

**Immagine:** Adobe Stock, Shutterstock

**Hanno collaborato a questo numero**  
E. D'Alessandri, A. Faraglia, A. Ferraioli,  
P. Godi, G. La Franca, F. Morelli,  
U. Nocco, S. Pagani, C. Re, S. Somarè, R. Tognella

**Direttore commerciale** Cesare Gnocchi  
cesare.gnocchi@tecnicheNuove.com

**Sales Manager Divisione Healthcare** Luigi Mingacci  
luigi.mingacci@tecnicheNuove.com

**Direttore Divisione Progetti Speciali** Paolo Sciacca  
tel. 0239090390 - paolo.sciacca@tecnicheNuove.com

**Ufficio commerciale-vendita spazi pubblicitari**  
Milano - Via Eritrea, 21  
Tel. 0239090283-39090272  
commerciale@tecnicheNuove.com

**Uffici regionali**  
Bologna - Via di Corticella, 181/3 -  
Tel. 051325511 - Tel. 051324647  
Vicenza - Contrà S. Caterina, 29 - Tel. 0444540233  
commerciale@tecnicheNuove.com  
www.tecnicheNuove.com

**Coordinamento stampa e pubblicità**  
Fabrizio Lubner (responsabile),  
fabrizio.lubner@tecnicheNuove.com  
Alessandra Della Cerra tel. 0239090227  
alessandra.dellacerra@tecnicheNuove.com

**Ufficio abbonamenti**  
Domenico Cinelli (responsabile)  
servizioclienti@tecnicheNuove.com

**Abbonamenti**  
Tariffe per l'Italia:  
cartaceo annuale € 60,00;  
cartaceo biennale € 110,00;  
digitale annuale € 45,00

Tariffe per l'Estero: digitale annuale € 45,00.

Per abbonarsi a Tecnica Ospedaliera è sufficiente versare l'importo attraverso le seguenti modalità:

- Bonifico bancario - IBAN  
IT70K0100501607000000004537  
Intestato a TECNICHE NUOVE Spa  
- Conto corrente postale n. 394270  
Intestato a TECNICHE NUOVE Spa  
- Online su [www.tecnicheNuove.com](http://www.tecnicheNuove.com)  
Gli abbonamenti cartacei decorrono dal primo numero raggiungibile all'inserimento dell'ordine

**Servizio Clienti**  
Tel. 02.39.090.440  
servizioclienti@tecnicheNuove.com

**Stampa**  
New Press, Via della Trasversa 22, Lomazzo (CO)

**Copyright Tecniche Nuove - Milano**  
La riproduzione delle illustrazioni e articoli pubblicati dalla rivista, nonché la loro traduzione è riservata e non può avvenire senza espressa autorizzazione della Casa Editrice. I manoscritti e le illustrazioni inviati alla redazione non saranno restituiti, anche se non pubblicati e la Casa Editrice non si assume responsabilità per il caso che si tratti di esemplari unici. La Casa Editrice non si assume responsabilità per i casi di eventuali errori contenuti negli articoli pubblicati o di errori in cui fosse incorsa nella loro riproduzione sulla rivista.

**Associazioni**

**ANES** ASSOCIAZIONE NAZIONALE EDITORIA DI SETTORE

**Organo Privilegiato A.I.I.C. (Associazione Italiana Ingegneri Clinici)**  
Sotto gli auspici di S.I.T.O.  
(Società Italiana di Tecnica Ospedaliera)

**Periodicità** mensile - Poste Italiane Spa - Spedizione in abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma 1, DCB Milano

**Registrazione** Tribunale di Milano N. 17 del 16-1-1971 - Iscritta al ROC Registro degli Operatori di Comunicazione al n° 6419 (delibera 236/01/Cons del 30.6.01 dell'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni)  
Testata volontariamente sottoposta a certificazione e diffusione in conformità al Regolamento - ISSN 0392-4831

**Tecniche Nuove pubblica inoltre le seguenti riviste**  
Automazione News, Commercio Idrotermosanitario, Cucina Naturale, DM Il Dentista Moderno, Elettro, Electric Motor Engineering, Farmacia Ospedaliera, Fonderia Pressofusione, GT Il Giornale del Termoidraulico, HA Factory, Hotel Domani, Il Commercio Edile, Il Latte, Il Pediatra, Il Progettista Industriale, Imbottigliamento, Imprese Edili, Industria della Carta, Italia Grafica, Kosmetica, Lamiera, L'Erborista, Logistica, Macchine Agricole, Macchine Edili, Macchine Utensili, Medicina Integrata, Nautech, NCF Notiziario Chimico Farmaceutico, Oleodinamica Pneumatica, Organi di Trasmissione, Ortopedici & Sanitari, Plastix, RCI, Serramenti + Design, Stampi Progettazione e Costruzione, Technofashion, Tech Art Shoes, Tecnica Ospedaliera, Tecnologie del Filo, Tema Farmacia News, TF Trattamenti e Finiture, Utensili e attrezzature, VVQ - Vigne, Vini e Qualità, ZeroSottoZero

# L'elettrochirurgia

## principi e utilizzo in sicurezza

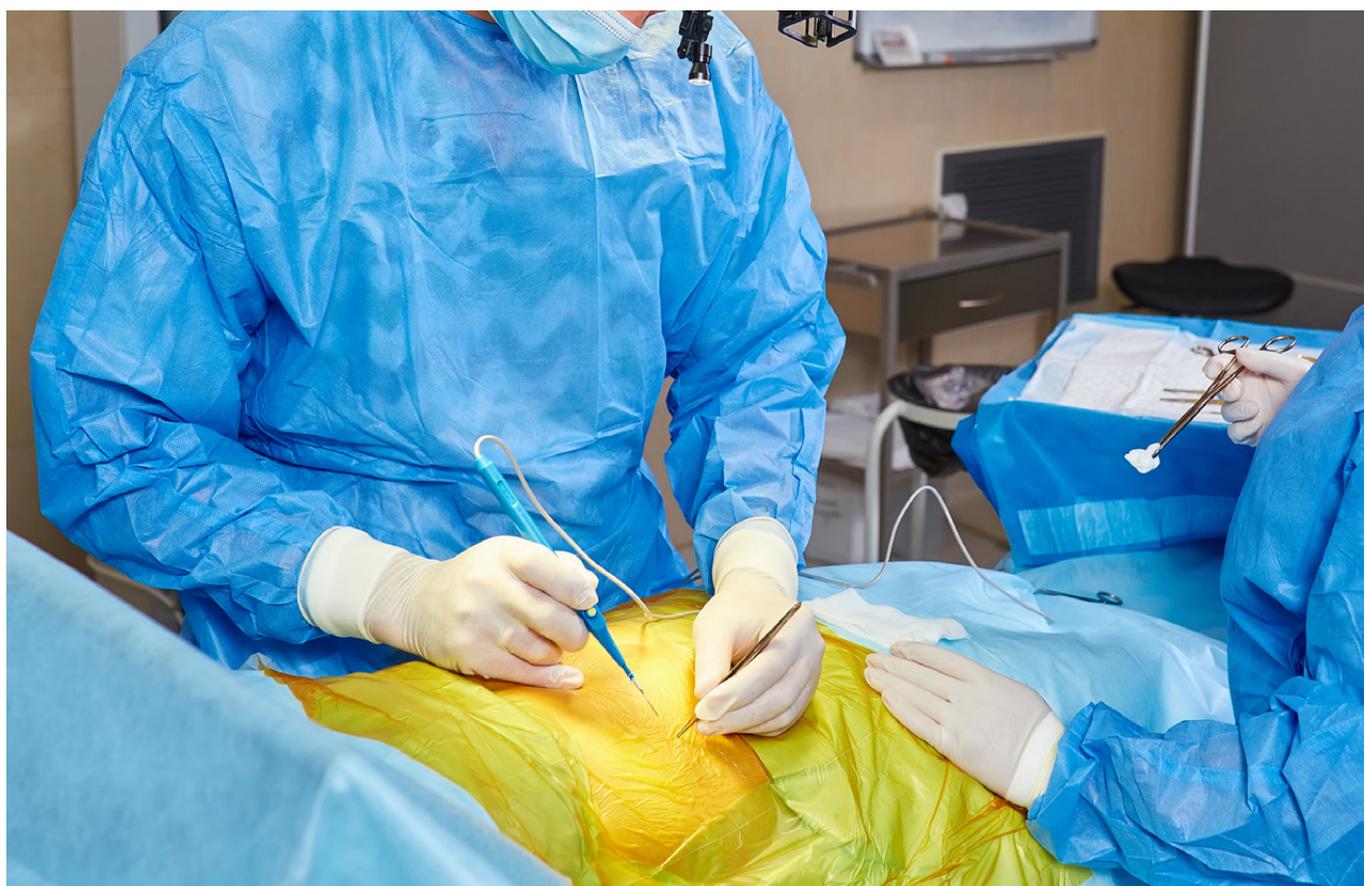
L'elettrochirurgia è una tecnica che impiega la corrente elettrica ad alta frequenza per realizzare taglio, ablazione e coagulo. Essa è la forma di energia chirurgica più comunemente utilizzata sia nella chirurgia a cielo aperto che in quella mininvasiva. Poiché i dispositivi elettrochirurgici sono parte integrante delle sale operatorie, una conoscenza non perfetta dell'elettrochirurgia può portare gravi complicazioni. L'obiettivo di questo articolo è affrontare i meccanismi delle possibili complicazioni, dopo aver esplicitato i principi di base dell'elettrochirurgia

**Armando Ferraioli**  
- bioingegnere,  
Studio d'Ingegneria  
Medica e Clinica  
(Cava de' Tirreni)

### KEYWORDS

elettrochirurgia,  
principi, pericoli,  
sicurezza, laparoscopia

electrosurgery,  
principles, hazards,  
safety, laparoscopic surgery



**E**lectrosurgery is the most commonly used form of surgical energy in both open and minimally invasive surgery. Although electro-surgical devices are ubiquitous in the operating rooms, the non-perfect knowledge of electro-surgery can lead to serious complications. The aim of this paper is to bridge such knowledge gaps by addressing the basic principles of electro-surgery as well as the mechanisms of its complications.

**L'**elettrochirurgia è la forma di energia chirurgica più comunemente usata per la sua disponibilità, basso costo e versatilità. Il principio di funzionamento dell'elettrobisturi contempla il transito di corrente elettrica alternata ad alta frequenza nei tessuti attraverso elettrodi metallici, avvalendosi di due meccanismi distinti:

- tecnica monopolare: si avvale di un elettrodo attivo di piccole dimensioni (manipolo) usato dal chirurgo e di un elettrodo neutro (piastra) di superficie più estesa, ben visibile e posizionata a diretto contatto con il paziente. I due elettrodi hanno diverse grandezza e densità di corrente e la loro intensità è inversamente proporzionale alla loro superficie
- tecnica bipolare: si avvale di due elettrodi (attivo e neutro) inclusi nelle due facce interne di una stessa pinza, tali da permettere alla corrente di attraversare esclusivamente il lembo di tessuto pinzato, evitando lesioni accidentali e permettendo idealmente di operare anche in prossimità di tessuti ritenuti sensibili.

L'elettrobisturi è un dispositivo comunemente usato in tutti i tipi di interventi chirurgici con finalità di coagulo e taglio che sfrutta il riscaldamento prodotto per effetto Joule dal passaggio di corrente a radiofrequenza. L'aumento della temperatura causato dall'elettrochirurgia è funzione della densità di potenza e del suo tempo di applicazione. Il suo livello può surriscaldare il tessuto fino a determinarne l'effetto voluto di coagulazione o taglio.

Il circuito elettrochirurgico è composto da tre elementi (figura 1): unità elettrochirurgica (elettrobisturi), elettrodo attivo ed elettrodo neutro. La figura 2 riporta lo schema a blocchi di una tipica unità elettrochirurgica.

L'oscillatore a radiofrequenza (RF) fornisce il segnale di base ad alta frequenza, che viene amplificato e modulato in modo da ottenere le forme d'onda volute, grazie a un generatore di funzioni che produce l'opportuna modulazione. L'uscita di potenza a radiofrequenza è attivata a intermittenza grazie a un interruttore manuale posto sul manipolo (elettrodo attivo) o mediante interruttore a pedale, azionato dal chirurgo. Un circuito di uscita collega il generatore di potenza agli elettrodi (attivo e neutro) mentre la potenza utile al funzionamento del dispositivo è fornita da un circuito di alimentazione collegato alla linea elettrica.

La corrente generata dall'unità chirurgica scorre attraverso l'elettrodo attivo (figura 3).

Per evitare la stimolazione di nervi e muscoli si usano preferibilmente frequenze maggiori di 0,3 MHz, mentre per minimizzare gli effetti della corrente di dispersione si usano frequenze minori di 5 MHz.

Gli elettrodi usati negli elettrobisturi hanno for-

me e grandezze diverse, relativamente al tipo d'applicazione e alla modalità operativa a cui sono destinati. L'elettrodo attivo è inserito nel manipolo che è opportunamente sagomato, per essere ergonomicamente impugnato e manipolato dal chirurgo. Esso entra in contatto con i tessuti trasferendo l'energia generata dall'unità elettrochirurgica che, mediante l'elettrodo neutro (piastra), consente il ritorno della corrente ad alta frequenza all'unità chirurgica, senza generare danni al paziente. Ciò si ottiene collocando l'elettrodo neutro (o piastra) a contatto del derma del paziente, lontano dal sito chirurgico.

La densità di corrente (ovvero il rapporto tra corrente generata e area di contatto relativa alla punta del bisturi con il tessuto) che sulla punta del bisturi è elevatissima, è determinante. Pertanto, la densità di corrente dipende dalla dimensione dell'elettrodo attivo, perché più piccola è la superficie di contatto maggiore è il valore della stessa (figura 4).

Si determinano pertanto scelta e uso di elettrodi di dimensioni abbastanza ridotte per garantire uno sviluppo di calore localizzato che normalmente raggiunge circa 100°C in tempi dell'ordine dei ms. Per la ragione opposta, l'elettrodo neutro deve avere un'area di dimensioni abbastanza grandi da ridurre la densità di corrente e la resistenza di contatto (limitando così il riscaldamento dei tessuti interessati a valori fisiologicamente accettabili) ed evitare effetti indesiderati. Gli elettrodi neutri (dispersivi) sono in generale di due tipi: resistivi o capacitivi.

Entrambi possono essere forniti in modalità sia monouso sia riutilizzabili, hanno struttura e aspetto simili e sono costituiti da una sottile lamina metallica rettangolare, ricoperta all'esterno da uno strato di materiale isolante e di un gel all'interno. Nell'elettrodo resistivo, il gel è costituito da materiale adesivo conduttivo, mentre nell'elettrodo capacitivo il gel è costituito da materiale adesivo dielettrico, non conduttivo. In elettrochirurgia sono due le modalità di funzionamento per l'erogazione di energia.

La tecnica monopolare è quella di più comune uso ed è diffusa in tutte le specialità chirurgiche: la corrente trasmessa dal generatore all'elettrodo attivo interagisce con il paziente producendo l'effetto preordinato e attraverso la piastra paziente (o elettrodo neutro) ritorna al generatore completando il circuito. La tecnica bipolare è usata quando la porzione di tessuto su cui si vuol-

#### Link a figura 1

**Circuito elettrochirurgico**  
<https://static.tecnichenuove.it/tecnicaospedaliera/2025/03/Figura-Elettrochirurgia1.jpg>



#### Link a figura 2

**Schema a blocchi di una tipica unità elettrochirurgica**  
<https://static.tecnichenuove.it/tecnicaospedaliera/2025/03/Figura-Elettrochirurgia2.jpg>



#### Link a figura 3

**Esempio del metodo monopolare di chirurgia in HF con l'utilizzo di un elettrodo neutro**  
<https://static.tecnichenuove.it/tecnicaospedaliera/2025/03/Figura-Elettrochirurgia3.jpg>



#### Link a figura 4

**Interazione dell'elettrodo attivo - corpo umano - elettrodo neutro**  
<https://static.tecnichenuove.it/tecnicaospedaliera/2025/03/Figura-Elettrochirurgia4.jpg>



le intervenire è piccolissima, come in interventi di microchirurgia dove le potenze in uso sono minori rispetto a quelle usate nella tecnica monopolare (figura 5).

Si usano in questo caso pinze bipolari, specifiche per questa tecnica, in cui i due elettrodi (attivo e neutro) sono collocati ognuno all'interno di una delle due estremità della pinza. Serrando tra esse il tessuto che s'intende trattare, la corrente passerà da un'estremità all'altra dell'elettrodo bipolare, sfruttando come ponte elettrico il tessuto interposto tra i rebbi della pinza. Il percorso della corrente in questo caso è breve e il tessuto coagulato è relativo a una zona limitata, anche con bassi valori di potenza.

L'effetto principale che si ottiene con l'elettrochirurgia bipolare è la coagulazione del tessuto attraverso la sua essiccazione.

Poiché l'area dei due elettrodi (rebbi) della pinza bipolare è generalmente circa 2-3 mm<sup>2</sup>, la corrente che vi scorre è concentrata. Confrontando la densità di corrente di un circuito monopolare e quella di uno bipolare, essendo quest'ultimo costituito da due elettrodi, avrà un'area maggiore generando minore densità di corrente e quindi di potenza.

Clinicamente ciò significa che in modalità bipolare è necessaria minore energia per produrre un effetto simile a quello ottenuto in modalità monopolare, il danno tissutale è ampiamente ridotto, perché fluendo meno energia attraverso il tessuto, la conduzione di calore è considerevolmente minore (perché minore sarà la distanza percorsa dalla corrente).

Oltre alle modalità monopolare e bipolare presenti in quasi tutti gli elettrobisturi in commercio, esistono altre due modalità presenti nelle unità elettrochirurgiche destinate alle pratiche di alta chirurgia: coagulazione argon plasma (APC) e sintesi dei vasi a radiofrequenza. Per la modalità APC (figura 6) l'apparecchiatura è costituita da un erogatore di gas argon associato a un generatore di corrente ad alta frequenza, oltre a manipoli e terminali in teflon, di lunghezza e morfologia diverse in base al tipo di applicazione chirurgica previsto (laparoscopica o laparotomica).

La figura 6 mostra la coagulazione di un tessuto con l'erogazione di un gas inerte (argon) in uso con una corrente ad alta frequenza che ne provoca ionizzazione e fuoriuscita attraverso l'estremità distale della sonda, dove è presente l'elettrodo.

**Link a figura 5**  
**Esempio di metodo bipolare utilizzato in chirurgia in HF**  
<https://static.tecnichenuove.it/tecnicaospedaliera/2025/03/Figura-Elettrochirurgia5.jpg>



**Link a figura 6**  
**Coagulazione argon plasma**  
<https://static.tecnichenuove.it/tecnicaospedaliera/2025/03/Figura-Elettrochirurgia6.jpg>



**Link a figura 7**  
**Denaturazione del collagene**  
<https://static.tecnichenuove.it/tecnicaospedaliera/2025/03/Figura-Elettrochirurgia7.jpg>



Il flusso di gas argon ionizzato è carico elettricamente e, se la distanza fra elettrodo (posizionato nella parte terminale del manipolo) e tessuto da trattare è adeguata, si trasforma in un plasma biancastro, in presenza di un campo elettrico approssimativamente di 500 V/mm. Il flusso di plasma devia automaticamente alle aree già coagulate (che presentano alto livello di resistenza elettrica e basso livello di conducibilità) per investire le aree emorragiche.

L'effetto di coagulazione è così omogeneo e uniforme e si autolimita (l'argon, essendo gas inerte, non determina vaporizzazione e/o carbonizzazione dei tessuti).

Il sistema di sintesi vasale regola la tensione di uscita necessaria al compimento della sintesi, prendendo come riferimento l'impedenza del tessuto o del vaso nel manipolo dello strumento, modulandone l'erogazione.

Per il coagulo esso usa una combinazione di pressione fornita sia dal manipolo (pinza) sia dalla radiofrequenza applicata ai tessuti. L'emostasi chirurgica è il processo di controllo del sanguinamento durante l'intervento chirurgico atto a fornire un campo chirurgico libero, ridurre la perdita di sangue prevenendo complicazioni. Con il bisturi a radiofrequenza l'emostasi non è affidata alla formazione del trombo nel vaso, ma è raggiunta attraverso la fusione di collagene ed elastina (proteine fibrose), che forniscono elasticità e resistenza ai tessuti della parete intima (strato della parete dell'arteria a diretto contatto con il sangue) del vaso sanguigno, creando una sintesi permanente. In questo caso, le pareti del vaso sanguigno risultano saldate tra loro. Il sistema attraverso la pinza confina il suo effetto al tessuto target o al vaso, senza carbonizzazione e con minima diffusione termica ai tessuti adiacenti (inferiore a 3 mm).

Questa tecnica è applicabile ai vasi arteriosi o venosi fino a un massimo di 7 mm (figura 7). L'unità elettrochirurgica dotata di un sistema di sintesi vasale identifica in automatico le caratteristiche d'impedenza del tessuto situato all'interno delle morse dello strumento (pinza), distribuendo l'appropriato quantitativo di energia elettrica per effettuare la sintesi completa e permanente dei vasi. Le pinze laparoscopiche usate in questa modalità hanno la caratteristica di alloggiare nell'elettrodo una lama fredda e tagliente così da tagliare il tessuto solo dopo aver effettuato la sintesi.

## Modalità circuitali

Elettrobisturi riferito a terra: l'elettrodo neutro è riferito a terra per le alte frequenze tramite impedenza nota (es. con un condensatore) dove la corrente a 50 Hz della rete viene fermata, perché il condensatore a quella frequenza presenta un'impedenza molto alta, mentre per la radiofrequenza quella frequenza è praticamente un corto circuito. Rimangono comunque inalterate le condizioni di pericolosità per i contatti accidentali (figura 8).

Elettrobisturi flottante: questa configurazione risulta la migliore in quanto offre le maggiori garanzie di sicurezza visto che il circuito paziente è sempre separato dalla terra del sistema di protezione o di equalizzazione di potenziale. La parte applicata, infatti, non è riferita a terra, la corrente erogata dal manipolo non può fluire per contatti accidentali verso terra ma deve richiudersi attraverso l'elettrodo neutro (figura 9).

## Differenze tra elettrochirurgia ed elettrocauterizzazione

I termini elettrochirurgia ed elettrocauterizzazione sono spesso confusi, anche se entrambe le procedure sono applicate in diverse specialità mediche e si diversificano in termini sia di strumenti usati sia di modalità di applicazione della corrente.

Le differenze fra le due procedure in termini di applicazione terapeutica e strumenti usati sono:

- l'elettrochirurgia è una procedura che converte l'energia elettrica in energia termica, consente il fluire della corrente elettrica attraverso il tessuto del paziente per ottenere il risultato desiderato. L'elettricità usata garantisce che la corrente passi in sicurezza attraverso il tessuto del paziente evitando di produrre l'effetto scossa elettrica. Il calore creato dalla resistenza del tessuto alla corrente elettrica e gli strumenti usati per applicare la corrente sono elettrodi variamente conformati in grado di tagliare, coagulare o persino fondere il tessuto
- l'elettrocauterizzazione utilizza la corrente elettrica per riscaldare un apposito filo metallico applicato successivamente al tessuto bersaglio per bruciare o coagulare l'area identificata del tessuto da trattare. Si applica direttamente sull'area di trattamento. Con questa tecnica, il calore viene fatto passare attraverso un filo metallico resistente usa-

### Link a figura 8 Elettrobisturi riferito a terra

<https://static.tecnichenuove.it/tecnicaospedaliera/2025/03/Figura-Elettrochirurgia8.jpg>



### Link a figura 9 Elettrobisturi flottante

<https://static.tecnichenuove.it/tecnicaospedaliera/2025/03/Figura-Elettrochirurgia9.jpg>



to come elettrodo caldo che viene posizionato direttamente sull'area di trattamento da eliminare. Questa è una tecnica in uso in situazioni superficiali in genere identificate da dermatologi, oftalmologi, chirurghi plastici, urologi e specialità correlate.

## Pericoli dell'elettrochirurgia

Benché l'avanzamento delle tecnologie abbia ridotto significativamente le complicanze elettrochirurgiche, ancora gravi sono le ustioni che si verificano soprattutto in procedure specialistiche come quelle laparoscopiche. La maggior parte di tali ustioni non sempre è riscontrata in fase d'intervento chirurgico, il che può determinare gravi morbidità o anche casi di mortalità postoperatoria. Tali ustioni sono, inoltre, associate a una maggiorazione dei costi derivanti da interventi chirurgici ripetuti, ospedalizzazione prolungata, richieste di risarcimento per negligenza. La tabella 1 (pagina 42) riporta una classificazione pratica dei rischi elettrochirurgici.

**Diffusione termica laterale.** La diffusione termica laterale è la causa più comune di ustioni elettrochirurgiche indesiderate, con gravi sequele se a essere coinvolti sono intestino, uretere e vasi sanguigni. L'entità di tali lesioni è determinata da dispositivo usato, potenza d'uscita, tempo di permanenza e impedenza tissutale. I dispositivi monopolari generano maggiore diffusione termica laterale durante la coagulazione rispetto a quelli bipolari e ultrasonici.

**Calore residuo.** Diversi dispositivi energetici trattengono il calore dopo la disattivazione per un periodo di tempo variabile. I dispositivi a ultrasuoni hanno il calore residuo maggiore rispetto al coagulatore monopolare, bipolare e a fascio argon. I chirurghi devono evitare il contatto con strutture importanti usando i dispositivi energetici prima che si raffreddino del tutto dopo la disattivazione.

**Attivazione involontaria.** L'attivazione involontaria di dispositivi elettrochirurgici può causare ustioni indesiderate: è buona norma riporli separatamente da altri dispositivi in una fondina di plastica.

**Estensione termica diretta** (effetto peduncolo, funneling ovvero scavo a galleria). Si verifica

## Tabella 1. Classificazione dei rischi elettrochirurgici

- |   |
|---|
| <p>1. Ustioni indesiderate (paziente):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Elettrodo attivo                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• diffusione termica laterale</li> <li>• calore residuo</li> <li>• attivazione involontaria</li> <li>• estensione termica diretta (effetto peduncolo, tunnelling ovvero scavo a galleria)</li> </ul> </li> <li>b. Elettrodo dispersivo                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• scarso contatto con la pelle</li> <li>• scadente o insufficiente collegamento del cavo</li> </ul> </li> <li>c. Deviazione di corrente                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• guasto dell'isolamento</li> <li>• accoppiamento diretto</li> <li>• accoppiamento capacitivo</li> <li>• accoppiamento antenna</li> <li>• lesione del sito alternativo</li> </ul> </li> </ul> |
| 2. Scosse elettriche e ustioni da guanto (équipe chirurgica)  |
| 3. Pennacchio chirurgico  |
| 4. Esplosione   |
| 5. Fuoco chirurgico   |
| 6. Interferenze elettromagnetiche con altri dispositivi: <ul style="list-style-type: none"> <li>a. dispositivi elettronici impiantabili</li> <li>b. elettrocardiogramma</li> <li>c. sistema di videoimmagini.</li> </ul>  |

**Link a figura 10**  
**Effetto peduncolo con ustione elettrochirurgica nell'area ristretta remota**  
<https://static.tecnichenuove.it/tecnicaospedaliera/2025/03/Figura-Elettrochirurgia10.jpg>



quando l'elettrodo attivo tocca una struttura con un peduncolo stretto o una stretta banda di adesione (figura 10).

L'aumentata densità di corrente in quell'area stretta, remota, causa bruciatura involontaria. Per ridurre tale rischio si usa la frequenza effettiva più bassa in un breve tempo di attivazione (2-3 sec.) o si evita l'uso di dispositivi monopolari in queste aree.

**Ustioni dovute all'elettrodo dispersivo.** Il design dell'elettrodo dispersivo con un'ampia superficie mira a creare bassa densità di corrente per dissipare la corrente in modo sicuro. Esso va attentamente applicato a un'area muscolare con bassa impedenza, preferibilmente allocato vicino al sito dell'operazione ma lontano da qualsiasi protesi metallica, in quelle aree della pelle con maggiore impedenza (es. contorno del corpo irregolare, prominenze grasse).

Vanno, invece, evitati tessuto cicatriziale e siti in cui la pelle è ricca di peli.

Le ustioni dovute all'elettrodo dispersivo si verificano quando vi è un contatto inadeguato dell'elettrodo con il paziente a causa di un distacco

parziale dell'elettrodo dispersivo o di un'elevata impedenza nell'area di applicazione della pelle. L'elevata densità di corrente causa tali ustioni. Le ustioni elettrochirurgiche si manifestano in genere al termine dell'intervento chirurgico, ma quelle che si manifestano successivamente non sono della stessa natura.

La tecnologia usata per monitorare la qualità dell'elettrodo di ritorno (CQM) è stata sviluppata in modo mirato per prevenirle mediante una piastra suddivisa con un processore del generatore che monitora la quantità di contatto e l'impedenza della piastra applicata. In caso di scarso contatto o elevata impedenza, il sistema emetterà un allarme e arresterà il generatore. In sintesi, le principali cause di ustioni possono derivare anche da un difetto dell'isolamento ogni volta che si verifica una dispersione di corrente elettrica attraverso la guaina.

Questi problemi sono addebitabili alle frequenti sterilizzazioni che inevitabilmente indeboliscono la guaina oltre al verificarsi di problemi più comunemente legati all'usura. Tutte le parti che compongono un elettrobisturi vanno pertanto opportunamente testate.

**Difetti dell'isolamento.** È un'anomalia che si riscontra nello strato isolante dell'elettrodo attivo, tanto da rappresentare una punta attiva extra in grado di trasmettere l'intera potenza ai tessuti circostanti.

Una percentuale non trascurabile degli strumenti laparoscopici riutilizzabili rispetto ai monouso presenta questo problema, per lo più nel terzo distale.

Gli strumenti robotici presentano più guasti d'isolamento rispetto a quelli laparoscopici, risultando difficilmente identificabili se non attraverso accurate ispezioni. Il loro cattivo funzionamento può produrre un'elevata densità di corrente, causa di gravi ustioni.

Per meglio identificare queste anomalie di funzionamento, prima dell'intervento chirurgico si usano rilevatori speciali. La tecnologia di monitoraggio degli elettrodi attivi (AEM) affronta sia i guasti d'isolamento sia l'accoppiamento capacitivo. Essa è composta sia da strumenti AEM sia dal monitor AEM, che può essere montato sulla maggior parte dei generatori. Rispetto agli strumenti tradizionali, lo strumento AEM è dotato di due strati extra: schermo conduttivo e isolamento esterno (figura 11). Lo schermo conduttivo agisce come un secondo elettrodo dispersivo per riportare le correnti vaganti al monitor AEM e arrestare il generatore quando tali correnti sono elevate (figura 12).

**Accoppiamento diretto.** Si verifica generalmente a opera di un errore del chirurgo quando si trasferisce energia a causa di un contatto fisico tra due conduttori. Il tessuto interessato può essere esposto a lesioni termiche. I chirurghi devono tenere la punta dell'elettrodo attivo ben in vista prima di attivarla. Un'altra possibilità di accoppiamento diretto può verificarsi se l'elettrodo attivo è usato per coagulare un punto di sanguinamento lungo una linea di punti metallici, il che può generare un arco metallo-metallo di 1.000°C e la fusione dei punti metallici.

**Accoppiamento capacitivo.** Avviene per induzione elettromagnetica. Quando l'elettrodo attivo induce corrente attraverso il suo isolamento intatto in un conduttore vicino, dà origine a un condensatore.

La corrente indotta nel secondo conduttore può causare gravi ustioni. L'entità di tale corrente indotta aumenta con: vicinanza dei due conduttori,

isolamento più sottile, tensione maggiore e tempo d'attivazione più lungo.

Esso si verifica quando la corrente elettrica indotta in un elettrodo produce una corrente in presenza di due conduttori vicini nonostante siano protetti da perfetto isolamento. L'accoppiamento capacitivo è prerogativa degli elettrobisturi monopolari. Le conseguenze sul paziente dipendono da quanta corrente è trasferita e con quale intensità. Le lesioni maggiori si verificano in caso di coagulo dove è trasferita tensione maggiore rispetto alla fase di taglio. Strumenti più lunghi e cannule più strette aumentano tale rischio. La tecnologia adattativa nei generatori moderni può ridurre tale rischio, erogando l'energia effettiva più bassa in base al feedback del tessuto. La tecnologia di monitoraggio degli elettrodi attivi AEM è progettata per eliminare i rischi derivanti da guasti dell'isolamento e dell'accoppiamento capacitivo.

**Accoppiamento antenna.** Questo fenomeno di recente studiato in elettrochirurgia comporta l'emissione di energia elettromagnetica dal cavo dell'elettrodo attivo (antenna emittente) che può essere catturata da un cavo inattivo presente nelle vicinanze (antenna ricevente).

Conduttori dell'ECG, neuromonitor e cavo della telecamera possono funzionare come antenna ricevente. L'accoppiamento antenna è simile all'accoppiamento capacitivo e può causare ustioni al paziente. Per prevenire tali ustioni, si raccomanda di separare la torre laparoscopica dal generatore, evitare la disposizione parallela dei cavi (figura 13) e usare una potenza in watt inferiore.

**Scosse elettriche e ustioni da guanto.** I guanti chirurgici sono usati principalmente per proteggere paziente e team chirurgico da infezioni.

Tre sono i meccanismi in cui la corrente dispersa può passare attraverso i guanti: conduzione di corrente continua, accoppiamento capacitivo e rottura dielettrica ad alta tensione. Per ridurre al minimo questo rischio, andrebbe usata la potenza di uscita effettiva più bassa ed evitata l'attivazione aperta e prolungata. È importante ottemperare la sostituzione dei guanti o usare doppi guanti in caso di interventi chirurgici prolungati.

**Fumo chirurgico.** Durante un intervento chirurgico, l'uso di qualsiasi dispositivo energetico chirurgico può causare produzione di fumo. Il fumo

**Link a figura 11**  
**Strumento di monitoraggio degli elettrodi attivi (AEM) dove sono evidenziati i due strati aggiuntivi**  
<https://static.tecnichenuove.it/tecnicaospedaliera/2025/03/Figura-Elettrochirurgia11.jpg>



**Link a figura 12**  
**Strumento e circuito di monitoraggio degli elettrodi attivi**  
<https://static.tecnichenuove.it/tecnicaospedaliera/2025/03/Figura-Elettrochirurgia12.jpg>



**Link a figura 13**  
**Disposizione per ridurre l'accoppiamento dell'antenna**  
<https://static.tecnichenuove.it/tecnicaospedaliera/2025/03/Figura-Elettrochirurgia13.jpg>



chirurgico è formato per il 95% da vapore acqueo (che funge da vettore) e per il 5% da altri materiali. Il fumo con un alto livello di particolato riduce la visibilità laparoscopica e può portare varie complicazioni. I dispositivi bipolari e ultrasonici, producendo meno fumo, garantiscono visibilità meno compromessa rispetto ai dispositivi monopolari. Nel fumo chirurgico possono essere presenti oltre 40 gas e sostanze dannose, quali la formaldeide (altamente tossica), e cancerogene, quali il benzene, che possono causare irritazione a occhi e respiratorie superiori nel personale presente in sala, mentre le particelle più piccole possono raggiungere anche le vie aeree più basse. Oltre alle sostanze chimiche nocive, il fumo chirurgico può contenere cellule maligne vitali, batteri e virus che possono esporre a infezione il personale. La strategia per ridurre tali potenziali pericoli si divide in tre fasi: ridurre la produzione di fumo, evacuazione del fumo in sicurezza, uso di adeguati DPI.

**Esplosioni.** Le esplosioni durante le operazioni chirurgiche sono rare ma se si verificano possono essere fatali. Gli anestetici infiammabili non sono più usati in gran parte dei Paesi.

**Incendi chirurgici.** L'incendio chirurgico si verifica quando i tre fattori del triangolo del fuoco (ossigeno, scintilla, calore) coesistono. La maggior parte di tali incendi coinvolge i teli chirurgici, la cui infiammabilità aumenta con l'aumentare della concentrazione di ossigeno quando quest'ultimo supera il 30%. Alcune raccomandazioni generali per prevenire gli incendi chirurgici sono:

- a) ossidante (ossigeno):
  - quando ritenuto opportuno, usare un sistema di ossigeno chiuso anziché aperto
  - evitare l'accumulo di ossigeno sotto i teli
- b) fonte d'innesco (scintilla):
  - evitare l'uso di dispositivi energetici durante gli interventi chirurgici a testa, collo e torace quando si usano alte concentrazioni di ossigeno
  - non usare dispositivi energetici per entrare in trachea durante la tracheostomia
  - quando non in uso, riporre i dispositivi elettrochirurgici lontano dal paziente e dai teli
- c) fonte di propagazione (calore):

- se possibile, evitare preparazioni cutanee a base di alcol
- attendere il tempo necessario (più di 3') affinché un'eventuale preparazione alcolica per la detersione della pelle si asciughi
- evitare tamponi a base alcolica per la pelle.

### Interferenza elettromagnetica (EMI) con altri dispositivi

**Dispositivi elettronici impiantabili.** È in aumento l'uso di dispositivi elettronici impiantabili, come pacemaker, defibrillatori cardioverter e neurostimolatori; quindi, non è raro operare portatori di tali dispositivi. I campi elettromagnetici associati a elettrochirurgia possono interferire con il loro funzionamento, causando effetti avversi noti come ipotensione, aritmie da danno miocardico e asistolia.

L'effetto clinico dipende in larga misura dalla dipendenza del paziente dal dispositivo impiantato. Per prevenire tali problemi anche di grave entità, l'approccio dovrebbe essere specifico per il paziente e multidisciplinare con produttiva comunicazione tra cardiologo, chirurgo, anestesista e personale di

sala operatoria. È improbabile che l'uso di dispositivi monopolari in procedure al di sotto dell'ombelico interferisca con pacemaker e defibrillatori cardioverter. Durante l'intervento chirurgico è consigliabile usare strumenti bipolari o ultrasonici, soprattutto nei pazienti dipendenti dal dispositivo. Se vanno usati dispositivi monopolari:

- posizionare l'elettrodo dispersivo per mantenere il percorso della corrente lontano dal dispositivo impiantato
- posizionare il generatore lontano dal dispositivo impiantato
- usare brevi utilizzi alla minima energia possibile
- usare la modalità di taglio anziché quella di coagulazione (che richiede meno tensione)
- non veicolare l'elettrodo attivato sul dispositivo impiantato.

Poiché le EMI possono influenzare l'ECG, è necessario usare un metodo ulteriore che consenta di controllare il polso periferico (pulsossimetria, linea arteriosa o palpazione) avvalendosi della disponibilità di apparecchiature di stimolazione e

## Interferenze

*I campi elettromagnetici associati a elettrochirurgia possono interferire con il funzionamento di dispositivi elettronici impiantabili, causando effetti avversi come ipotensione, aritmie da danno miocardico e asistolia.*

defibrillazione temporanee.

Dopo l'intervento chirurgico, il paziente rimane in un ambiente dove è monitorato con apparecchiature accessibili per la stimolazione esterna e la cardioversione-defibrillazione, fino al ripristino delle impostazioni preoperatorie del dispositivo.

**ECG.** Oltre alle bruciature del sito alternativo sugli elettrodi ECG, l'elettrochirurgia può anche essere causa di distorsioni del segnale ECG. Gran parte di questa distorsione è causata dall'arco elettrochirurgico. Per ridurre tale interferenza è fondamentale: aumentare la distanza tra i cavi del generatore e quelli dell'ECG; usare la potenza effettiva più bassa; in modalità di taglio, usare attivazioni brevi per ridurre l'effetto dell'arco elettrico; evitare l'attivazione aperta.

**Sistema di video imaging.** Il flusso di corrente elettrica ad alta frequenza all'interno del circuito elettrochirurgico è associato a onde elettromagnetiche nello spazio circostante i cavi del circuito del sistema di imaging video. Poiché le frequenze elettrochirurgiche sono si-

## Fonti bibliografiche

**1)** Armando Ferraioli: Manuale di ingegneria biomedicale. Dispositivi medici, normative, apparecchiature elettromedicali e nozioni fondamentali. Dario Flaccovio Editore (PA) 2a Edizione, 2023

**2)** Armando Ferraioli: Ingegneria dell'apparato respiratorio e ventilazione artificiale meccanica. Dario Flaccovio Editore (PA), 2 Tomi, 2022

mili a quelle del sistema video, tali onde possono interferire con il sistema di imaging video della laparoscopia. L'interferenza sullo schermo può variare da punti di rumore. Questa interferenza aumenta con una maggiore potenza in uscita, una tensione più elevata, archi elettrochirurgici e la stretta vicinanza del generatore al sistema video. Le moderne unità elettrochirurgiche hanno un circuito di controllo automatico della potenza che regola la potenza in uscita al wattaggio effettivo più basso che riduce l'interferenza.

Inoltre, gran parte dei moderni sistemi video è provvista di schermatura elettromagnetica per ridurre l'interferenza. Il modo più semplice per ridurre tale interferenza è separare il sistema video dall'unità elettrochirurgica.

# aerocom

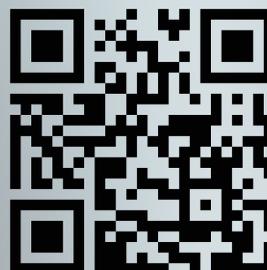
*dal 1983 il Vostro partner per la posta pneumatica*

*Le nostre soluzioni di trasporto sono sempre personalizzate, efficienti, silenziose e sicure.*

**aerocom** è il vostro partner affidabile per la progettazione e la realizzazione chiavi in mano di impianti di posta pneumatica all'avanguardia.

*Automatizziamo i punti di spedizione e ricezione, offriamo controllo da remoto e ci impegniamo costantemente per la pulizia dei componenti.*

*Le provette, le sacche, le medicine e le cartelle cliniche sempre a portata di mano, in un battito di ciglio.*



**aerocom** GCT  
Viale Europa, 54/1,  
26855 Lodi Vecchio (LO)  
Tel +39 0371460046

[www.aerocom.it](http://www.aerocom.it)  
[commerciale@aerocom.it](mailto:commerciale@aerocom.it)