

Indicazioni per la sicurezza in elettrochirurgia in sala operatoria

Le indicazioni contenute nel documento sono state prodotte da un gruppo di professionisti individuati nell'ambito del Coordinamento della Rete delle sale operatorie sicure (SOSnet) della Regione Emilia-Romagna

Salvador Agosta	Azienda USL della Romagna
Antonella Benedetti	Azienda USL di Reggio Emilia
Ilaria Blandizio	Azienda USL di Bologna
Stefano Bonilauri	Azienda USL di Reggio Emilia
Anselmo Campagna	Servizio Assistenza ospedaliera, Regione Emilia-Romagna
Paola Caponcelli	Azienda ospedaliero-universitaria di Ferrara
Ivan Castenetto	Servizio ICT, tecnologie e strutture sanitarie, Regione Emilia-Romagna
Anna Maria Fabbri	Azienda USL di Ferrara
Luca Golinelli	Azienda USL di Modena Servizio Assistenza ospedaliera, Regione Emilia-Romagna
Franca Guzzo	Azienda USL di Modena
Paolo Lorenzini	Azienda USL di Bologna
Camilla Marchetti	Servizio ICT, tecnologie e strutture sanitarie, Regione Emilia-Romagna
Ottavio Nicastro	Servizio Assistenza ospedaliera, Regione Emilia-Romagna
Antonella Potalivo	Azienda USL della Romagna
Erminio Righini	Azienda USL di Ferrara
Evita Zoni	Azienda USL di Bologna

Il documento è stato posto in consultazione e condiviso con l'intero gruppo di lavoro (Determinazione n. 17680 del 7/11/2017 e s.m.i. del Direttore generale Cura della persona, salute e welfare).

Ideazione e realizzazione grafica

Federica Sarti - Agenzia sanitaria e sociale regionale dell'Emilia-Romagna

Stampa Centrostampa della Regione Emilia-Romagna, luglio 2019

Download Il documento è scaricabile in formato pdf dal sito Sicurezza delle cure della Regione Emilia-Romagna <http://salute.regione.emilia-romagna.it/assistenza-ospedaliera/sicurezza-cure/sale-operatorie-sicure-sos-net/>
[ultimo accesso giugno 2019]

Sommario

Premessa	5
Ambiti di applicazione	5
Acronimi	5
Gestione tecnica del sistema elettrochirurgico	6
Buone pratiche per la sicurezza in elettrochirurgia	7
Generatore elettrochirurgico e cavi	7
Elettrodo neutro e posizionamento della piastra	7
Elettrodo attivo e modalità operative	9
Impostazioni relative all'energia richiesta per le modalità di taglio e coagulazione	9
Casi d'uso: chirurgia mini-invasiva	10
Casi d'uso: coagulazione mediante argon (AEC)	10
Formazione	11
Riferimenti bibliografici	12
Allegati	13
Allegato 1. Poster "Buone pratiche per la sicurezza in elettrochirurgia" Fase pre-operatoria e Fase intra-operatoria	13
Allegato 2. Principi di funzionamento dell'elettrochirurgia	17

Premessa

L'elettrochirurgia è stata introdotta in sala operatoria negli anni '20 del secolo scorso ed è tuttora comunemente utilizzata.

Nonostante negli ultimi anni siano state sviluppate tecnologie per garantirne sempre maggiore sicurezza, l'elettrochirurgia rappresenta una fonte di rischio per il paziente; le lesioni più frequentemente riscontrate sono rappresentate dalle ustioni nel sito di applicazione dell'elettrodo neutro. Inoltre, seppur più raramente, l'elettrochirurgia può causare principi di incendio, esplosioni o shock elettrici, ovvero interferire con altri dispositivi medici elettronici impiantati. I rischi di lesioni possono peraltro estendersi agli operatori (elettrocuzione, ustione, ecc.).

Nell'ambito del Progetto regionale Sale operatorie sicure SOSnet, analizzando le fonti informative disponibili e dal confronto con gli operatori, si è rilevata la necessità di identificare - sulla base delle evidenze descritte in letteratura - le indicazioni in tema di sicurezza in elettrochirurgia e condividerle con tutti gli operatori interessati.

Seppure consapevoli della possibile sotto-segnalazione di eventi in Emilia-Romagna nel periodo 2004-2018, dall'analisi delle segnalazioni spontanee da parte degli operatori mediante *incident reporting* sono emersi 14 incidenti correlati all'elettrochirurgia di cui 12 relativi a episodi di ustioni di pazienti, 1 relativo a un evento di incendio e 1 relativo a un episodio di ustione di un operatore.

Questo documento fornisce indicazioni in tema di modalità operative dell'utilizzo dell'elettrochirurgia e dei relativi comportamenti degli operatori nei setting di sala operatoria, con l'obiettivo di minimizzare i rischi per i pazienti e per gli operatori stessi.

Ambiti di applicazione

Le indicazioni sono rivolte agli operatori delle *équipe* che utilizzano dispositivi medici di elettrochirurgia in sala operatoria in Emilia-Romagna e alle componenti tecniche interessate alla tematica.

Acronimi

AEC	Argon Enhanced Coagulation - coagulazione mediante argon
CIED	Cardiac Implantable Electronic Device
EB	elettrobisturi
EMI	interferenze elettromagnetiche
EtCO ₂	End Tidal CO ₂
ICD	Implantable Cardioverter-Defibrillator
PM	pacemaker
VLS	videolaparoscopia
W	watt. unità di misura della potenza

Gestione tecnica del sistema elettrochirurgico

Come per tutte le tecnologie sanitarie, l'utilizzo in sicurezza dei sistemi di elettrochirurgia passa anche da un efficace ciclo di gestione integrata che parte dalla programmazione del rinnovo tecnologico.

Riguardo all'acquisizione dei *device*, le procedure di gara (aziendali, di Area vasta o regionali) dovrebbero comprendere una congrua valutazione/definizione dei requisiti sui sistemi di sicurezza in linea con lo stato dell'arte della tecnologia, nonché un programma di formazione alla messa in servizio ed eventualmente un aggiornamento periodico se non già previsto al di fuori del processo di acquisizione.

Il collaudo di accettazione dovrebbe comprendere la verifica di quanto previsto in capitolato e offerto in gara e dovrebbe prevedere l'esecuzione di una esauriente e completa formazione degli operatori, in cui devono essere compresi gli aspetti sulla sicurezza del sistema elettrochirurgico.

Una corretta gestione degli accessori deve comprendere la verifica di compatibilità (senza utilizzo di adattatori¹) con il modello specifico di elettrobisturi, documentata da parte del fabbricante degli accessori stessi.

In ogni caso è bene prevedere, prima dell'avvio di una nuova fornitura, una verifica di idoneità orientata al mantenimento di tutte le funzioni di sicurezza con gli accessori forniti.

I controlli periodici dovrebbero comprendere una verifica di funzionalità del sistema elettrochirurgico, secondo periodicità e protocolli definiti a livello aziendale.

Gli approfondimenti tecnici relativi al funzionamento dell'elettrochirurgia sono disponibili in [Allegato 2](#).

¹ art. 2 pt. 25 del Regolamento UE 2017/745 del Parlamento europeo e del Consiglio del 5 aprile 2017 relativo ai dispositivi medici: «compatibilità»: la capacità di un dispositivo, compreso il software, quando utilizzato insieme a uno o più altri dispositivi, conformemente alla sua destinazione d'uso, di: a) conseguire le prestazioni senza perdere né compromettere la capacità di funzionare come previsto; e/o b) essere integrato e/o funzionare senza che sia necessario modificare o adattare alcuna parte dei dispositivi combinati; e/o c) essere utilizzato insieme ad altri dispositivi senza conflitti/interferenze o reazioni avverse.

Buone pratiche per la sicurezza in elettrochirurgia

Generatore elettrochirurgico e cavi

Il generatore per elettrochirurgia deve essere correttamente installato su un supporto che ne garantisca la stabilità, l'accessibilità e la possibilità di avvicinarlo al sito chirurgico. Durante il funzionamento, deve essere protetto da liquidi, ovvero gli operatori devono accertarsi che non venga accidentalmente bagnato.

È necessario rendere sempre disponibile il manuale d'uso agli operatori all'interno del Blocco operatorio.

Prima dell'utilizzo, in fase di allestimento del campo operatorio, è necessario che l'operatore ispezioni i cavi alla ricerca di rotture o crepe, sostituendoli prima di iniziare l'intervento chirurgico qualora si dovessero riscontrare difformità. Accertarsi che i cavi dell'elettrobisturi (EB) siano ben stesi, intervenendo tempestivamente qualora si riscontrino annodamenti o il cavo stesso risulti avvolto/arrotolato.

Durante l'allestimento del campo operatorio, durante l'intervento chirurgico o qualora sia necessario intervenire sul tavolo operatorio o sul campo sterile, evitare di trazionare i cavi.

Non utilizzare prolunghe elettriche per l'alimentazione del generatore o prolunghe per i cavi dell'elettrobisturi.

Durante l'intervento chirurgico mantenere i cavi il più possibile asciutti, evitandone peraltro l'immersione in liquidi.

Nel caso in cui si renda necessario fissare i cavi, non utilizzare fermateli Backhaus/strumenti metallici in quanto potrebbero fissurare l'isolante esterno dei cavi stessi.

A garanzia della sicurezza del paziente e degli operatori, assicurarsi che i cavi siano posizionati correttamente e che non creino impedimenti agli operatori di sala.

Una volta connesso l'elettrodo attivo e l'elettrodo neutro al generatore, non effettuare prove attivando l'elettrodo in aria: l'attivazione in aria potrebbe causare lesioni al paziente o all'operatore.

Elettrodo neutro e posizionamento della piastra

Prima di procedere al posizionamento dell'elettrodo neutro (piastra), è necessario accertarsi che il paziente non sia a contatto con parti metalliche e/o conduttrici del tavolo operatorio.

Valutare la cute dell'assistito prima e dopo l'utilizzo dell'elettrobisturi, segnalando e documentando eventuali lesioni comparse successivamente all'utilizzo dell'EB stesso.

Per aumentare la sicurezza e ridurre i rischi, utilizzare elettrodi neutri monouso e bipartiti. La piastra bipartita consente una distribuzione ottimale delle correnti di ritorno al generatore, riducendo il quantitativo di corrente elettrica per cm² e quindi limitando il rischio di lesioni elettriche.

Il posizionamento della piastra bipartita deve avvenire orientando la piastra verso il sito chirurgico (il cavo di ritorno della piastra sarà posizionato in direzione opposta al sito chirurgico stesso), così da garantire la corretta ripartizione delle correnti elettriche nelle due porzioni di piastra (Figura 1).

BUONA PRATICA **Posizionamento dell'elettrodo neutro**

L'elettrodo neutro deve essere posizionato:

- su cute integra, asciutta e priva di peli;
- in aree sovrastanti tessuto muscolare ben perfuso (non in aree sovrastanti tessuto adiposo, che risulta essere meno conduttivo);
- omolaterale rispetto al sito di utilizzo dell'elettrobisturi;
- il più vicino possibile al sito di utilizzo dell'EB.

Il posizionamento dell'elettrodo neutro deve avvenire dopo avere correttamente posizionato il paziente sul tavolo operatorio. Se durante l'intervento chirurgico è necessario variare il posizionamento del paziente, verificare nuovamente la corretta applicazione dell'elettrodo neutro.

Alcuni esempi di siti di posizionamento dell'elettrodo neutro sono riportati in Figura 2.

ATTENZIONE **Area di posizionamento**

Non posizionare l'elettrodo neutro su prominenze ossee, tessuto cicatriziale, tatuaggi, piercing, protesi metalliche o posizionarlo distalmente rispetto al tourniquet.

ATTENZIONE **Parti metalliche**

Posizionare l'elettrodo neutro in modo tale che eventuali parti metalliche presenti sul corpo del paziente non siano comprese lungo il percorso elettrochirurgico della corrente.

FIGURA 1. POSIZIONAMENTO DELLA PIASTRA BIPARTITA

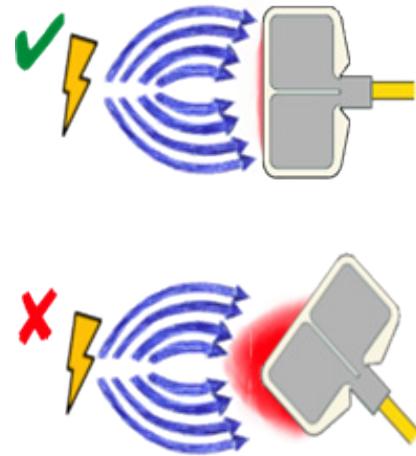
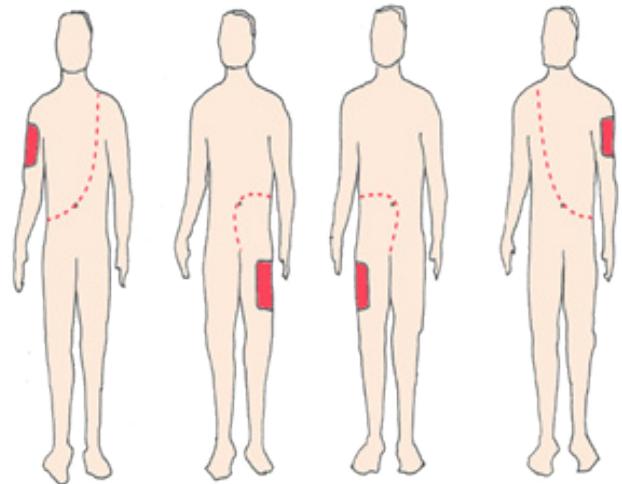


FIGURA 2. ESEMPI DI POSIZIONAMENTO DELL'ELETTRODO NEUTRO



Se disponibile, verificare il corretto posizionamento dell'elettrodo neutro tramite il sistema di monitoraggio interno del generatore.

La scelta della tipologia di elettrodo deve essere effettuata sulla base della dimensione della piastra stessa, che deve essere adeguata alla tipologia di paziente da sottoporre ad elettrochirurgia (adulto, pediatrico, neonatale).

È proibito alterare le piastre per elettrobisturi tagliandole o piegandole per ridurne la superficie. Nel caso si rendesse necessario ricorrere a piastre con superfici inferiori, utilizzare piastre monouso appropriate.

Elettrodo attivo e modalità operative

Successivamente al posizionamento dell'elettrodo neutro, alla sua connessione al generatore e alla connessione dell'elettrodo attivo al generatore, verificare le impostazioni relative alla funzione taglio e coagulazione del dispositivo di elettrochirurgia.

ATTENZIONE Attivazione in aria

Non attivare l'elettrobisturi in aria per testarne la funzionalità: può comportare lesioni al paziente o all'operatore.

Il chirurgo che aziona l'elettrodo attivo, deve osservarlo per tutta la durata dell'attivazione.

Al termine di ogni utilizzo è necessario riporre l'elettrobisturi in una custodia non conduttiva, così da proteggere operatori e pazienti da eventuali attivazioni accidentali.

Rispettare le misure di prevenzione degli incendi che possono scaturire dall'utilizzo dell'elettrochirurgia in presenza di materiale infiammabile (es. garze asciutte, gas anestetici, ecc.).

ATTENZIONE Pacemaker e ICD

Per pazienti portatori di PM/ICD assicurarsi di avere a disposizione il magnete come indicato in **Allegato 2**, paragrafo "Elettrochirurgia: rischi per pazienti con protesi impiantate (PM e ICD)".

Impostazioni relative all'energia richiesta per le modalità di taglio e coagulazione

Le impostazioni del generatore relativamente ai parametri di taglio e coagulazione devono prevedere il minor quantitativo di energia possibile per ottenere il risultato richiesto.

È consigliabile azionare l'elettrodo attivo per brevi periodi intermittenti, anziché per un solo periodo di più lunga durata.

BUONA PRATICA Richiesta di aumento di potenza

Se nella fase intraoperatoria viene richiesto un aumento di potenza, prima di procedere all'aumento della potenza erogata dal generatore, è necessario:

- verificare la funzionalità dell'elettrobisturi (nessun allarme attivo);
- corretta connessione degli accessori (manipolo, cavi, ecc.);
- corretto posizionamento della piastra.

Continue richieste di aumento di potenza

Se le richieste di aumento di potenza continuano, **sospendere la procedura** e verificare l'intero sistema per escludere malfunzionamenti, problemi di connessione degli accessori o dispersioni di correnti elettriche con conseguenti lesioni per il paziente. Una volta esclusi malfunzionamenti, problemi di connessione degli accessori o dispersioni, procedere all'aumento della potenza richiesta, considerando sempre di utilizzare la minore quantità di corrente possibile per ottenere l'effetto desiderato.

Casi d'uso: chirurgia mini-invasiva**Chirurgia mini-invasiva**

- prima dell'inizio dell'intervento verificare attentamente l'integrità dell'isolamento degli strumenti mini-invasivi
- utilizzare minori quantità di energia possibile e preferire, quando possibile, la modalità taglio
- preferire la modalità bipolare quando appropriato
- non attivare l'elettrodo attivo quando è a contatto con altri strumenti mini-invasivi

**Casi d'uso:
coagulazione mediante argon (AEC)**

La coagulazione mediante argon è una tipologia di elettrochirurgia che consente la coagulazione di tessuto grazie al passaggio di corrente elettrica dall'elettrodo attivo al tessuto mediante un flusso di gas argon ionizzato. Questa tecnologia consente la coagulazione di tessuti in assenza di contatto con l'elettrodo attivo, permettendo quindi all'operatore di raggiungere aree difficilmente accessibili. La coagulazione mediante gas argon è, di fatto, una coagulazione di tipo monopolare.

Coagulazione mediante argon (AEC)

- eseguire il riempimento del circuito (*prime*) prima dell'erogazione
- monitorare i segni di embolia gassosa, con particolare riferimento al monitoraggio della EtCO₂
- in caso di intervento videolaparoscopico, assicurarsi che gli allarmi di sovrappressione del pneumoperitoneo siano attivi e facilmente visibili dall'*équipe* durante l'intervento chirurgico e verificare che tali allarmi non vengano disabilitati

Utilizzo di elettrodo attivo AEC

Non posizionare l'elettrodo attivo AEC a diretto contatto con i tessuti in quanto il gas argon pressurizzato potrebbe essere forzato all'interno di vasi e causare emboli gassosi.

Formazione

La formazione in tema di sicurezza dei dispositivi elettromedicali, con focus specifico sui dispositivi per elettrochirurgia, deve essere continua e garantita a tutti gli operatori coinvolti nell'utilizzo dei dispositivi stessi.

Le Aziende sanitarie organizzano in autonomia la formazione con le modalità e gli strumenti formativi concordati tra la funzione di Risk Management, i Servizi Formazione, Ingegneria Clinica e le strutture/UO coinvolte nell'utilizzo dell'elettrochirurgia.

Riferimenti bibliografici ²

Alkatout I, Schollmeyer T, Hawaldar NA, Sharma N, Mettler L (2012). Principles and Safety Measures of Electrosurgery in Laparoscopy. *JSLs: Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons*, 16(1): 130-139.

<https://doi.org/10.4293/108680812X13291597716348>

AORN. (2012). RP Summary: Recommended Practices for Electrosurgery. *AORN Journal*, 95(3): 388-390.

<https://doi.org/10.1016/j.aorn.2011.12.006>

Apfelbaum JL, Caplan RA, Barker SJ, Connis RT, Cowles C, Ehrenwerth J, American Society of Anesthesiologists Task Force on Operating Room Fires (2013). Practice advisory for the prevention and management of operating room fires: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Operating Room Fires. *Anesthesiology*, 118(2): 271-290.

<https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e31827773d2>

Great Ormond Street Hospital (NHS) (2014). Surgical diathermy.

<https://www.gosh.nhs.uk/health-professionals/clinical-guidelines/surgical-diathermy>

Medicines and Healthcare products Regulatory Agency (MHRA) (2015). Electrosurgery: top tips.

<https://www.gov.uk/government/publications/electrosurgery-top-tips>

Ministero del Lavoro, della salute e delle politiche sociali (2009). Manuale per la sicurezza in sala operatoria. Raccomandazioni e checklist.

http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_1119_allegato.pdf

Regione Emilia-Romagna (2010). Raccomandazioni per la sicurezza in sala operatoria.

http://salute.regione.emilia-romagna.it/assistenza-ospedaliera/sicurezza-cure/raccomandazionisalaoperatoria.pdf/at_download/file/raccomandazioni-sala-operatoria.pdf

Spruce L, Braswell ML (2012). Implementing AORN Recommended Practices for Electrosurgery. *AORN Journal*, 95(3): 373-387.

<https://doi.org/10.1016/j.aorn.2011.12.018>

² tutti i link sono stati verificati a giugno 2019

Allegati

Allegato 1. Poster “Buone pratiche per la sicurezza in elettrochirurgia” Fase pre-operatoria e Fase intra-operatoria

I poster contenenti la sintesi delle buone pratiche per la sicurezza in chirurgia e presentati nelle pagine successive sono disponibili in formato pdf sul sito Sicurezza delle cure della Regione Emilia-Romagna

<http://salute.regione.emilia-romagna.it/assistenza-ospedaliera/sicurezza-cure/sale-operatorie-sicure-sos-net/>

[ultimo accesso giugno 2019]

Buone pratiche per la sicurezza in elettrochirurgia

FASE PRE-OPERATORIA

Cavi

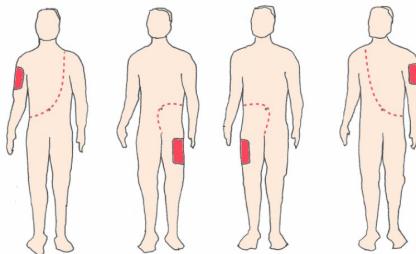
- Ispezionare i cavi alla ricerca di rotture o crepe
- Non trazionare, non avvolgere, non annodare
- Non utilizzare prolunghe
- Mantenere asciutti i cavi
- Non fissare i cavi con fermateli Backhaus
- I cavi non devono creare impedimenti agli operatori

Elettrodo neutro (piastra)

- L'assistito non deve essere in contatto con parti metalliche/conduttrici del letto operatorio
- Valutare la cute prima e dopo l'utilizzo dell'EB
- Utilizzare piastre bipartite monouso
- Non riposizionare piastre applicate in modo non corretto, sostituirle con piastre nuove
- Utilizzare piastre di dimensione appropriata (adulto, bambino, neonato)
- Non tagliare/piegare/alterare le piastre

Posizionamento elettrodo neutro (piastra)

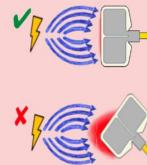
- Su cute integra, asciutta, pulita e priva di peli
- In aree sovrastanti tessuto muscolare ben perfuso, omolaterale al sito di utilizzo dell'EB
- Il più vicino possibile al sito di utilizzo dell'EB
- Applicarlo dopo aver posizionato l'assistito
- **Verificare la corretta adesione della piastra dopo ciascun eventuale riposizionamento dell'assistito**



ATTENZIONE



- **NON posizionare elettrodo neutro** su prominenze ossee, tessuto cicatriziale, tatuaggi, piercing, protesi metalliche, distale al tourniquet
- **NON attivare EB in aria**
- **Evitare che eventuali parti metalliche presenti nel paziente si trovino sul percorso della corrente**



Coagulazione mediante Argon (AEC)

- Eseguire il riempimento (prime) del circuito prima dell'erogazione
- VLS: assicurarsi che gli allarmi di sovrappressione del pneumoperitoneo siano attivi e facilmente visibili dall'équipe, e che non possano essere disabilitati

Chirurgia mini-invasiva

- Ispezionare attentamente l'integrità dell'isolamento degli strumenti mini-invasivi

Riferimenti bibliografici

Spruce, L., & Braswell, M. L. (2012). Implementing AORN Recommended Practices for Electrosurgery. *AORN Journal*, 95(3), 373–387. <https://doi.org/10.1016/j.aorn.2011.12.018>
 Alkhatout, I., Schollmeyer, T., Hawaldar, N. A., Sharma, N., & Mettler, L. (2012). Principles and Safety Measures of Electrosurgery in Laparoscopy. *JSL: Journal of the Society of Laparoscopic Surgeons*, 16(1), 130–139. <https://doi.org/10.4293/108680812X1329159716348>

Buone pratiche per la sicurezza in elettrochirurgia

FASE INTRA-OPERATORIA

Elettrodo attivo

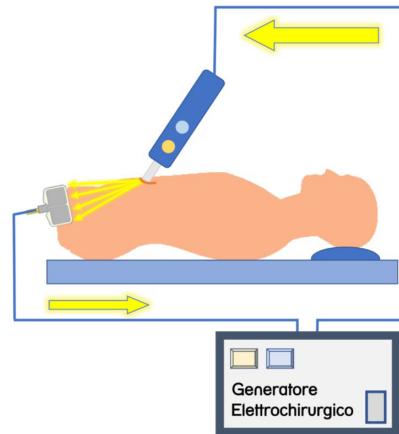
- Osservare l'elettrodo durante l'attivazione
- Rimuovere l'escara lontano dal sito chirurgico
- Rispettare le misure per la prevenzione degli incendi
- **Riporlo in una custodia non conduttiva dopo l'utilizzo**
- Assicurarsi la pronta disponibilità del magnete in caso di pazienti portatori di PM/ICD

Chirurgia mini-invasiva

- Utilizzare minore quantità di energia possibile preferendo la modalità "taglio"
- Attivare l'elettrodo per brevi periodi intermittenti
- Preferire modalità bipolare quando appropriato
- Non attivare a contatto con altri strumenti

Coagulazione mediante Argon (AEC)

- Monitorare i segni di embolia gassosa (in particolare EtCO₂)
- VLS: assicurarsi che gli allarmi di sovrappressione del pneumoperitoneo siano attivi e facilmente visibili dall'équipe, e che non possano essere disabilitati



ATTENZIONE



- Se vengono richiesti aumenti di potenza, **CONTROLLARE** EB, connessione accessori, posizionamento piastra
- Se continuano le richieste di aumento di potenza, **SOSPENDERE LA PROCEDURA e verificare l'intero sistema** (elettrodo attivo, elettrodo neutro, generatore EB)
- **NON posizionare elettrodo attivo AEC a contatto con i tessuti**
- **Garantire la pronta disponibilità di un magnete per pazienti portatori di PM o ICD**

Riferimenti bibliografici

Spruce, L., & Braswell, M. L. (2012). Implementing AORN Recommended Practices for Electrosurgery. *AORN Journal*, 95(3), 373-387. <https://doi.org/10.1016/j.aorn.2011.12.018>
 Alkatout, J., Scholmeyer, T., Hawaldar, N. A., Sharma, N., & Mettler, L. (2012). Principles and Safety Measures of Electrosurgery in Laparoscopy. *JSL: Journal of the Society of Laparoscopic Surgeons*, 16(1), 130-139. <https://doi.org/10.4293/108680812X13291597146348>

Allegato 2. Principi di funzionamento dell'elettrochirurgia

Cenni di funzionamento dell'elettrobisturi

L'elettrobisturi è un apparecchio elettromedicale progettato e costruito per effettuare una "distruzione controllata" dei tessuti corporei a scopo chirurgico (Azienda ospedaliero-universitaria Policlinico Vittorio Emanuele, Catania, 2010).

L'impiego dell'elettrobisturi nasce dalla necessità, durante gli interventi chirurgici, di minimizzare le perdite di sangue dovute alla recisione dei vasi sanguigni del paziente e per permettere ai chirurghi e agli operatori sanitari di lavorare in campo esangue. Rispetto al bisturi tradizionale, tuttora utilizzato nella prima incisione della cute per ottenere lembi precisi, l'elettrobisturi consente di effettuare operazioni più lunghe, con risultati migliori e con un decorso post-operatorio più semplice per il paziente.

Attraverso l'uso del bisturi elettrico, il taglio (e il coagulo) viene realizzato sfruttando l'effetto Joule: un conduttore attraversato da una corrente elettrica, dipendentemente dalla resistenza elettrica specifica del tessuto, dalla densità di corrente e dal tempo di applicazione, dissipa energia sotto forma di calore, provocando nei tessuti diverse trasformazioni a seconda della temperatura raggiunta (taglio mediante esplosione del contenuto acquoso delle cellule, coagulo mediante evaporazione dello stesso in base alla velocità di aumento della temperatura).

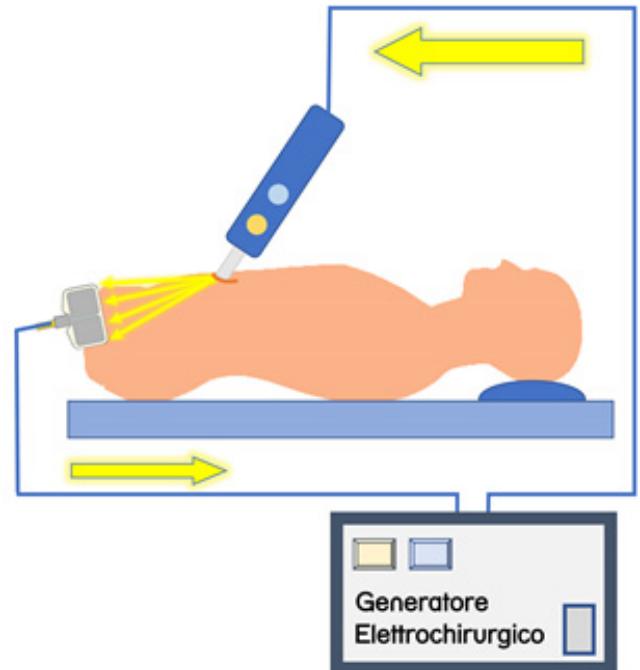
Il sistema elettrochirurgico si compone essenzialmente di tre parti:

- un generatore di segnali ad elevata frequenza (indicativamente 0,2-5MHz), indicato spesso come generatore a radiofrequenza

- un elettrodo attivo manovrato dal chirurgo e chiamato manopolo, che concentra la corrente prodotta dal generatore portandola ad alta densità
- un elettrodo di ritorno (noto anche come neutro, piastra paziente o elettrodo di dispersione) che raccoglie la corrente a bassa densità chiudendo il circuito attraverso il paziente.

Scegliendo opportunamente la forma dell'elettrodo attivo, l'intensità della corrente erogata e, soprattutto, la sua forma d'onda, si possono ottenere azioni di taglio, di coagulo oppure di taglio e coagulo insieme.

FIGURA A1. SCHEMA GENERALE DI UN ELETTROBISTURI



Taglio

Per poter realizzare un'azione di taglio occorre applicare una forma d'onda della corrente sinusoidale (o parasinusoidale), di ampiezza costante e sufficientemente elevata. L'elettrodo attivo è solitamente a punta sottile (simile a un ago).

La fase di taglio si caratterizza per il rapido surriscaldamento del tessuto biologico: tra la punta dell'elettrodo e il tessuto si stabilisce un piccolo arco elettrico che non si estingue fino a quando scorre la corrente. La temperatura che viene raggiunta è tanto elevata da superare la temperatura di ebollizione dell'acqua; il liquido intracellulare ed extracellulare evapora in maniera repentina, provocando l'esplosione delle cellule e permettendo, in questo modo, la separazione dei tessuti. L'arco elettrico mantiene sempre la stessa posizione, in asse rispetto alla punta dell'ago, lasciando dietro di sé un solco aperto, il taglio.

Coagulo

Nel caso dell'azione di coagulo, l'acqua contenuta nelle cellule deve evaporare in maniera più lenta senza causare la distruzione delle cellule stesse. Questo surriscaldamento, più lento, è ottenuto alimentando l'elettrodo, manovrato dal chirurgo, con una corrente modulata. In particolare, la coagulazione può essere ottenuta con due diversi procedimenti: per essiccamento e per folgorazione.

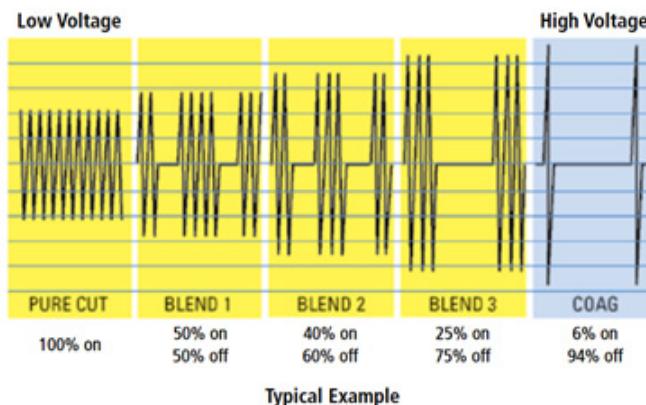
Taglio e coagulo

Dosando opportunamente l'effetto Joule prodotto dalla corrente è possibile ottenere un effetto di taglio e coagulo combinato.

Poiché le forme d'onda che producono i due effetti sono diverse, la forma d'onda totale, utilizzata in questo caso, sarà una combinazione delle due precedentemente descritte.

Con un accurato dosaggio delle componenti "veloci" di taglio e di quelle "lente" di coagulo è possibile ottenere una condizione ottimale di taglio e nello stesso tempo di coagulazione del tessuto reciso.

FIGURA A2. FORME D'ONDA RELATIVE ALLA MODALITÀ DI TAGLIO, TAGLIO E COAGULO CONTEMPORANEI E COAGULO (COVIDIEN, REV. 2008/03)³



³ Tutte le figure tratte da COVIDIEN rev. 2008/03 sono riprodotte con il permesso di COVIDIEN AG or its affiliate. © 2008, COVIDIEN AG or its affiliate, 5920 Longbow Drive, Boulder, CO 80301. All rights reserved.

Modalità di funzionamento

La tecnologia elettrochirurgica offre essenzialmente due modalità di funzionamento per l'erogazione di energia:

- monopolare
- bipolare

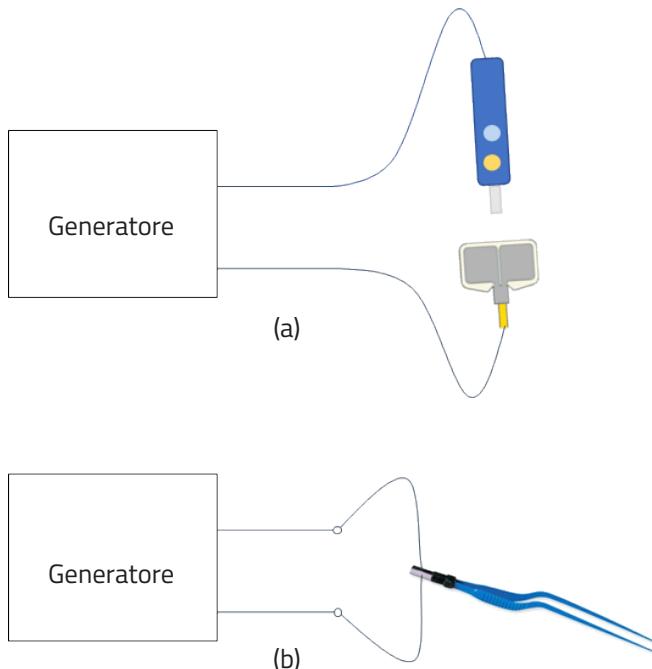
Nella modalità monopolare, la corrente viene trasmessa dal generatore all'elettrodo attivo, attraversa il paziente producendo l'effetto desiderato e torna al generatore, attraverso l'elettrodo neutro, in un circuito completo.

Poiché la superficie dell'elettrodo neutro è molto più grande di quella dell'elettrodo attivo, la corrente viene distribuita su un'ampia area, riducendo al minimo il riscaldamento del tessuto a contatto con la piastra dispersiva.

Nella modalità bipolare, lo strumento utilizzato è costituito da una pinza metallica. In questo caso, la potenza in radiofrequenza viene inviata alle due punte della pinza e non è necessario un elettrodo di dispersione, poiché entrambi gli elettrodi - attivo e di ritorno - sono integrati nello strumento. La corrente rimane confinata nel tessuto tra le pinze.

La modalità bipolare offre poche possibilità di dispersione involontaria della corrente nel corpo del paziente; per questo è indicata in interventi delicati, specialmente di microchirurgia. Le potenze generate sono minori del caso monopolare.

FIGURA A3. TIPOLOGIE DI UTILIZZAZIONE DI UN ELETTROBISTURI: MONOPOLARE (A) E BIPOLARE (B)

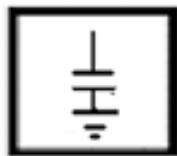


Classificazione degli elettrobisturi in relazione al circuito di uscita in alta frequenza

Al fine di comprendere i possibili effetti indesiderati causati dall'utilizzo del sistema elettrochirurgico è necessario conoscere le due possibili tipologie del circuito complessivo elettrobisturi-paziente, identificate attraverso i simboli in **Figura A4:**

- circuito con uscita riferita a terra in alta frequenza
- circuito con uscita flottante in alta frequenza

FIGURA A4. SIMBOLI UTILIZZATI CON UN CIRCUITO PAZIENTE RIFERITO A TERRA (SINISTRA) E ISOLATO (DESTRA) IN ALTA FREQUENZA



Circuito con uscita riferita a terra



Circuito con uscita flottante

- Circuito paziente riferito a terra alle alte frequenze: aggiungendo tra il circuito paziente e la terra un'impedenza capacitiva che presenta un valore di impedenza molto elevato a bassa frequenza, è possibile bloccare i disturbi in bassa frequenza (tipici della 50 Hz) lasciando invece passare la corrente in alta frequenza tipica dell'azione terapeutica del sistema elettrochirurgico, per la quale rimane il riferimento a terra.
- Parti applicate al paziente flottanti anche in alta frequenza: in questo caso, attraverso l'elettrodo neutro, la corrente erogata dal manipolo attivo non si richiude a terra ma all'interno del generatore. Il paziente è quindi isolato da terra, in quanto il circuito è completato dal generatore e non dalla terra.

Per comprendere vantaggi e svantaggi dei due sistemi ancora oggi utilizzati è necessario considerare che la corrente erogata dal generatore e che attraversa il paziente a scopo terapeutico non è mai totalmente raccolta dall'elettrodo neutro.

Preferendo il percorso a più bassa impedenza, può avvenire che in parte la corrente (correnti di dispersione) segua percorsi differenti da quelli progettati. Se la superficie di raccolta della corrente non è sufficientemente estesa,

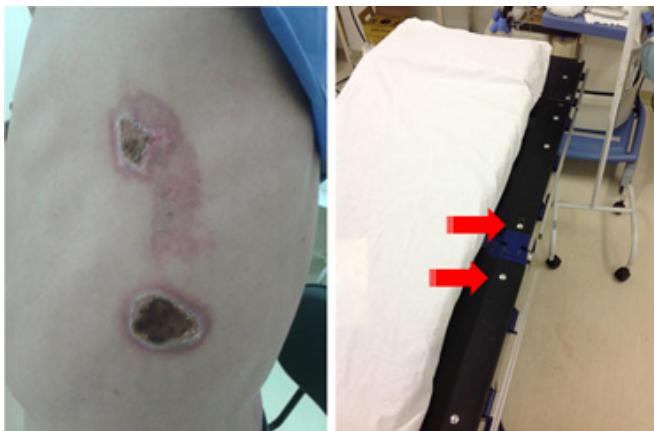
è possibile che vengano prodotte ustioni anche gravi su cute e tessuti del paziente. Le correnti di dispersione non possono essere eliminate ma soltanto contenute; si tenga presente che il limite normativo è equivalente a una potenza dispersa di 2W.

Se il circuito è riferito a terra e il paziente entra in contatto accidentale verso terra (direttamente o attraverso un percorso a bassa impedenza), il circuito si chiude, sia attraverso l'elettrodo neutro sia tramite questo percorso secondario. È quindi assolutamente necessario che il paziente sia isolato da terra, e per questo assume estrema importanza il materassino ad alto isolamento che ricopre il tavolo operatorio (tavolo che potrebbe essere collegato a terra nelle sale operatorie).

L'ambiente chirurgico offre molti percorsi alternativi a terra e se l'impedenza del percorso alternativo è sufficientemente bassa e la corrente che fluisce verso terra in quel percorso è sufficientemente concentrata, potrebbe verificarsi una ustione indesiderata nel sito di messa a terra alternativo. Per esempio, la presenza del sistema di monitoraggio ECG riferito a terra applicato al paziente durante la procedura elettrochirurgica potrebbe offrire un percorso a minore impedenza. La corrente potrebbe essere raccolta su un'area non abbastanza grande, provocando bruciature nel sito di messa a terra, corrispondente in questo caso all'elettrodo ECG.

Anche la presenza di liquidi sul materassino isolante o un contatto diretto tra paziente e tavolo operatorio può portare alla nascita di ustioni nei siti di contatto. Ne deriva che la sicurezza del paziente è assicurata nel momento in cui questo è opportunamente isolato dal tavolo operatorio attraverso appositi presidi, che devono necessariamente essere oggetto di assidua manutenzione.

FIGURA A5. USTIONI DOVUTE ALLA PRESENZA DI SITI ALTERNATIVI DI RACCOLTA DELLA CORRENTE TERAPEUTICA A CAUSA DEL CONTATTO ACCIDENTALE DEL PAZIENTE CON PARTI METALLICHE DEL TAVOLO OPERATORIO (BISINOTTO ET AL, 2017)⁴



Se l'isolamento del paziente è rispettato, è opportuno specificare che le correnti disperse (che non si raccolgono all'elettrodo neutro) sono estremamente basse e per questo non pericolose.

Nel momento in cui viene utilizzato un sistema flottante, il secondario del trasformatore presenta verso massa un'impedenza molto elevata isolando il circuito elettrobisturi-paziente da terra anche alle alte frequenze. Ne consegue che il percorso della corrente non potrà chiudersi a terra ma solo all'interno del generatore.

Anche in questo caso, non è però esclusa la presenza di correnti di dispersione che, pur non raggiungendo mai valori elevati, sono generalmente di intensità maggiore

che nel caso di circuito con uscita riferita a terra. Per mantenere bassi tali valori è necessario che l'impedenza verso massa si mantenga elevata nel tempo; ciò è dipendente dalla qualità dell'elettrobisturi e dal mantenimento delle sue prestazioni al passare del tempo, condizione che può essere accertata attraverso una periodica manutenzione, comprensiva della misura delle correnti di dispersione.

La presenza di altri apparecchi elettromedicali con parti conduttive applicate al paziente e/o protesi metalliche può, in ogni caso, portare a ustioni in siti alternativi. Ogni componente metallica presente sul corpo del paziente (elettrodi conduttivi applicati, protesi metalliche, piercing) e posizionata lungo il percorso elettrochirurgico concentra la corrente sull'area conduttiva che, se sufficientemente piccola, può provocare lesioni gravi al paziente. Non è quindi consigliabile utilizzare elettrodi ad ago per la rilevazione ECG o impiegare elettrodi intravenosi o altri aghi durante procedure elettrochirurgiche. Sulla pelle non deve trovarsi alcuna parte metallica, compresi i cavi per il monitoraggio ECG.

Come raccomandazione di carattere generale, valida sia per elettrobisturi riferiti a terra che flottanti, vale la regola di posizionare l'elettrodo di ritorno in modo tale che eventuali parti metalliche presenti sul corpo del paziente non siano comprese lungo il percorso elettrochirurgico della corrente. Inoltre, la distanza minima tra l'elettrodo attivo e gli elettrodi ECG dovrebbe essere di almeno 15 cm.

⁴ Tutte le figure tratte da Bisinotto et al, 2017 sono riprodotte con il permesso degli autori. Tutti i diritti sono riservati.

Elettrochirurgia: rischi per pazienti con protesi impiantate (PM e ICD)

Da oltre 50 anni *pacemaker* (PM) e defibrillatori impiantabili (ICD) rappresentano una soluzione per il trattamento delle aritmie cardiache, disturbi del ritmo cardiaco che possono manifestarsi con episodi sia di rallentamento (bradicardia) sia di accelerazione (tachicardia) della frequenza cardiaca. Questi *device* sono utilizzati per erogare una stimolazione elettrica del tessuto cardiaco allo scopo di ripristinare il ritmo cardiaco fisiologico.

Pacemaker e defibrillatori impiantabili sono suscettibili di interferenze elettromagnetiche (EMI) dovute a campi elettromagnetici ambientali o a passaggi di corrente di lieve entità attraverso il corpo del paziente. Nonostante i progressi della tecnica abbiano permesso di realizzare dispositivi sempre più performanti e resistenti - grazie ad avanzate tecniche di filtraggio del rumore - alle più comuni sorgenti EMI come quelle derivanti dai cellulari, l'utilizzo delle tecniche elettrochirurgiche (così come delle tecniche di ablazione a radiofrequenza, della radioterapia e della strumentazione dentale) può ancora dare luogo a malfunzionamenti del *device*. In particolare, l'utilizzo di sistemi elettrochirurgici può essere la causa di interferenze interpretabili dal dispositivo come reali segnali cardiaci. In questi casi, data la complessità e la multifunzionalità dei moderni CIED (*cardiac implantable electronic device*), nonché la variabilità delle patologie e dei pazienti trattati, la programmazione pre-operatoria deve essere individualizzata sul paziente, sul tipo di *device* e sull'intervento che deve essere eseguito.

La reazione avversa più comune che si verifica quando un dispositivo è esposto a una interferenza elettromagnetica è chiamata *oversensing*. Nel caso del *pacemaker*, le

interferenze elettromagnetiche potrebbero essere interpretate come una normale attività cardiaca del paziente. Pertanto, il PM potrebbe inibire la stimolazione determinando bradicardia o una prolungata asistolia, situazione particolarmente grave per pazienti *pacemaker*-dipendenti. Per un paziente con un soddisfacente ritmo intrinseco, l'inibizione del PM invece non determinerebbe conseguenze rilevanti.

Per quanto riguarda il defibrillatore, il dispositivo potrebbe interpretare le interferenze elettromagnetiche come attività elettrica ad alta frequenza e quindi fibrillazione ventricolare, con la conseguente erogazione di terapie inappropriate (shock).

Strategie per ridurre il rischio delle interferenze elettromagnetiche

Alcuni importanti accorgimenti per ridurre l'esposizione del *cardiac implantable electronic device* agli effetti della elettrochirurgia sono:

- lavorare con la più bassa energia efficace dell'elettrobisturi
- ridurre l'applicazione a brevi intervalli ripetuti di 5 secondi o meno
- verificare la presenza di meccanismi di protezione dalle EMI (funzioni protettive e filtri per le interferenze esterne, presenza di algoritmi per la minimizzazione di effetti avversi causati da interferenze)
- posizionare in maniera intelligente l'elettrodo neutro in modo tale che il percorso della corrente sia quanto più possibile lontano dal CIED. Per esempio, preferire un posizionamento dell'elettrodo di ritorno sull'arto omolaterale rispetto a quello sottoposto a intervento

chirurgico; evitare, invece, il suo posizionamento sull'arto controlaterale.

È bene inoltre ricordare che i problemi di *oversensing* sono ridotti per procedure in cui l'applicazione elettrochirurgica sia inferiore all'ombelico e l'elettrodo neutro venga posizionato all'estremità inferiore del corpo (coscia o glutei). L'utilizzo dell'elettrochirurgia monopolare sull'addome superiore, torace, arti, capo, collo comporta invece un maggiore rischio di interferenze elettromagnetiche.

Strategie di intervento: il magnete

Le strategie di intervento che possono avere luogo durante la fase pre-operatoria di paziente con CIED sottoposto a elettrochirurgia sono essenzialmente due:

- riprogrammazione del *device*;
- applicazione di un magnete a uso clinico.

La riprogrammazione è oggi la soluzione preferita e viene solitamente eseguita da personale tecnicamente addestrato in quanto il funzionamento del *device* è relativamente complesso. Lo svantaggio principale di questa tecnica deriva tuttavia dalla impossibilità di modificare, in maniera rapida durante l'intervento chirurgico, i parametri precedentemente impostati.

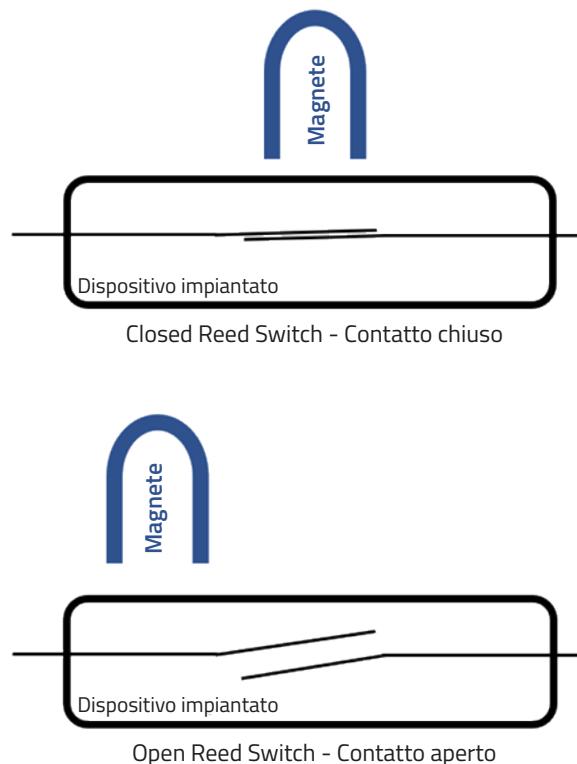
Per questo, l'applicazione di un magnete a uso clinico è anch'essa una strategia utilizzata nella fase pre-operatoria per modificare temporaneamente la programmazione dei *cardiac implantable electronic device*.

Pacemaker e defibrillatori impiantabili sono provvisti di interruttori magnetici (*magnetic reed switch*) che rispondono all'applicazione esterna di magneti a uso clinico, per eseguire alcune delle funzioni di base. L'attivazione

dell'interruttore magnetico attraverso il posizionamento di un magnete esterno non richiede un addestramento particolare, è veloce e rapidamente modificabile attraverso la semplice rimozione del magnete, rendendola un'ottima opzione per la riprogrammazione temporanea dei CIED in situazioni di emergenza.

I magneti a uso clinico, realizzati in lega ferrosa, sono disponibili in varie forme (ciambella, ferro di cavallo, rettangolo o barra) e sono progettati per essere opportunamente posizionati sopra il sito di impianto. Una volta posizionato, il magnete agisce sull'interruttore magnetico che nella maggior parte dei casi è un interruttore cosiddetto a lamelle.

FIGURA A6. ESEMPIO DI MAGNETIC REED SWITCH



Esso è costituito da due strisce di metallo realizzate in materiale magnetico contenute in una capsula di vetro. In condizioni standard, le strisce sono separate e non possono toccarsi costituendo un interruttore aperto; l'applicazione di un adeguato campo magnetico esterno fa sì che le strisce vengano in contatto, costituendo un interruttore chiuso e portando a un improvviso cambiamento di tensione rilevato da un amplificatore. Questo amplificatore attiva il generatore di impulsi del *device* in modo che esso esegua precise funzioni di base:

- modalità di stimolazione asincrona nel *pacemaker*;
- sospensione della terapia antitachicardia nel defibrillatore impiantabile.

Agendo in questo modo è possibile evitare nel *pacemaker* l'inibizione del *pacing* causato dalle interferenze elettromagnetiche. Inoltre, si possono anche evitare alterazioni indesiderate della frequenza cardiaca determinate dall'effetto delle EMI sugli algoritmi per la risposta in frequenza. Nel defibrillatore impiantabile l'attivazione dell'interruttore disattiva il riconoscimento delle aritmie, evitando l'erogazione di shock inappropriati causati da interferenze elettromagnetiche. Non è però possibile, allo stesso tempo, determinare una stimolazione antibradicardica asincrona; per questo, nel caso di un paziente con ICD, che sia anche PM-dipendente, è necessaria la riprogrammazione del dispositivo in asincrono, in quanto il magnete consente solo la disattivazione delle terapie.

È importante sottolineare che in alcuni casi l'utilizzo del magnete può rivelarsi inappropriato o non necessario. Per esempio, nel caso in cui il paziente portatore di *pacemaker* abbia un ritmo spontaneo valido, l'applicazione del magnete può determinare una competizione tra ritmo

spontaneo del paziente e stimolazione asincrona del PM. In questi casi, è possibile procedere senza l'applicazione del magnete (ferma restando la necessità di averlo a portata di mano), monitorando attentamente il paziente durante tutto il percorso chirurgico e riducendo al minimo i possibili rischi.

In particolare, è indispensabile ricordare che l'utilizzo dell'elettrobisturi per brevi applicazioni limitate a 4-5 secondi è associato a basse probabilità di conseguenze nella grande maggioranza dei casi. I defibrillatori, per esempio, richiedono un certo tempo di rilevazione di segnali elettrici continui ad alta frequenza (in genere per diversi secondi) per soddisfare i criteri di rilevazione dell'aritmia. Pertanto, brevi applicazioni di elettrobisturi intervallate da diversi secondi di pausa sono raramente associate a falsa detezione di aritmie.

Elettrochirurgia in laparoscopia: rischi da lesioni elettriche indirette

Particolare attenzione deve essere posta nell'utilizzo dell'elettrobisturi durante tecniche chirurgiche in laparoscopia. Sempre più utilizzata nelle sale operatorie, la tecnica laparoscopica permette di inserire nella cavità addominale del paziente strumenti chirurgici come pinze, forbici, bisturi elettrico ecc. attraverso piccole incisioni. In questo modo, è possibile eseguire manovre di coagulazione, taglio e sutura in maniera mini-invasiva evitando al paziente una operazione "a cielo aperto".

Gli strumenti vengono introdotti nel corpo del paziente attraverso dispositivi chiamati trocar, costituiti da una cannula alla cui estremità esterna sono presenti valvole per l'insufflazione del gas nell'addome del paziente e di

ritenzione per evitare la fuoriuscita del gas stesso. Nella cannula viene inserito un mandrino appuntito o con punta smussa, che permette allo strumento di penetrare attraverso la parete addominale o toracica.

I trocar possono essere monouso o pluriuso, metallici o plastici, eventualmente con il mandrino provvisto di lame che favoriscano la penetrazione; esistono di diversi diametri generalmente da 3 mm a 15 mm.

Anche considerando i sistemi di sicurezza di cui gli elettrobisturi moderni sono dotati, quando l'elettrochirurgia viene utilizzata nel contesto della chirurgia mini-invasiva, si possono individuare fonti di rischio aggiuntive rispetto al caso di chirurgia *open*. Il personale di sala operatoria deve sempre ricordare che la corrente sceglie sempre il percorso che offre una minore resistenza al suo fluire. Se, quindi, si verifica un'interruzione nel normale percorso di ritorno della corrente monopolare dall'elettrodo attivo a quello di ritorno, la corrente cercherà un percorso alternativo producendo effetti non voluti, come l'ustione indesiderata di tessuti non *target* del paziente.

Il potenziale pericolo per il paziente deriva essenzialmente da 3 condizioni:

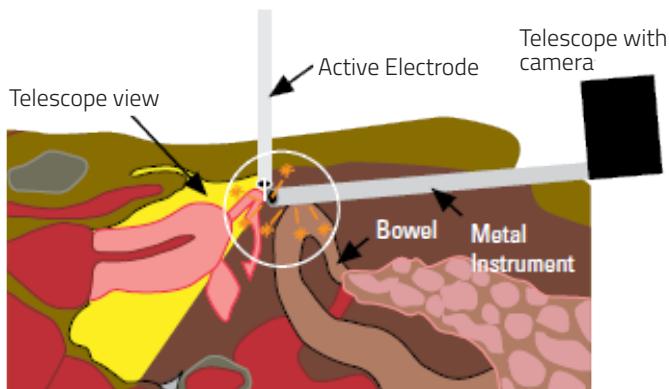
- contatto diretto,
- interruzione nell'isolamento,
- accoppiamento capacitivo.

Contatto diretto

L'accoppiamento diretto si verifica quando il chirurgo attiva accidentalmente il generatore mentre l'elettrodo attivo si trova in prossimità o in contatto con un altro strumento conduttivo.

Durante la chirurgia mini-invasiva lo spazio in cui il chirurgo può muovere gli strumenti è limitato e questo può portare a un contatto involontario tra essi mentre il generatore è in funzione. L'attivazione dell'elettrobisturi in queste situazioni provoca il trasferimento di parte della corrente dall'elettrodo attivo allo strumento metallico adiacente: la corrente cerca quindi un percorso per raggiungere l'elettrodo neutro applicato, con conseguenti possibili danni per il paziente.

FIGURA A7. ACCOPIAMENTO DIRETTO QUANDO L'ELETTRODO ATTIVO ENTRA IN CONTATTO NON INTENZIONALE CON UN ALTRO ELETTRODO O UNO STRUMENTO CONDUTTIVO (COVIDIEN, REV. 2008/03)³



ATTENZIONE Utilizzo di elettrodo attivo AEC

Quando si attiva il generatore, tutte le componenti distali degli strumenti devono essere visibili, così da evitare scintille o contatto involontario tra gli stessi.

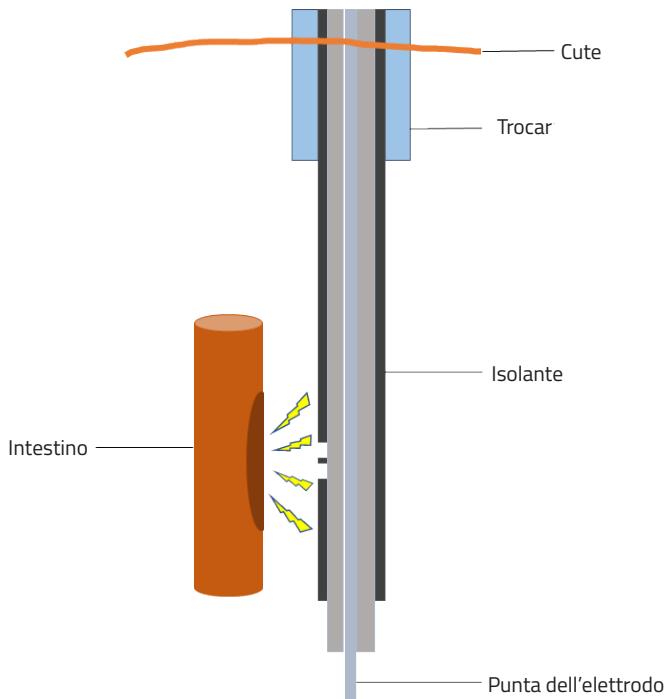
Interruzioni nell'isolamento

Poiché la strumentazione è completamente circondata dai tessuti del paziente, estrema importanza acquista la presenza dell'isolamento che circonda completamente l'elettrodo attivo ad eccezione della punta. Qualsiasi interruzione o difetto nell'isolamento dello strumento contribuisce a creare un percorso alternativo per la corrente. Paradossalmente, piccoli, spesso non rilevabili difetti nell'isolamento dell'elettrodo attivo risultano più pericolosi di difetti più grandi: la corrente è infatti più concentrata ed è quindi più probabile che produca un'ustione significativa al tessuto adiacente, con conseguente lesione grave per il paziente.

Con il passare del tempo guasti dell'isolamento possono verificarsi a seguito del normale utilizzo dello strumento chirurgico: introduzione e rimozione continuativa dell'elettrodo all'interno di trocar, utilizzo di tensioni elevate e frequente sterilizzazione attraverso l'impiego di vapore ad alte temperature sono tutte condizioni che possono causare la degradazione dello strato isolante.

Un'accurata ispezione degli strumenti laparoscopici prima e dopo l'uso chirurgico può aiutare a ridurre il rischio elettrochirurgico causato da interruzioni dell'isolamento. In ogni caso, difetti di minuscole dimensioni non possono essere rilevati nemmeno dal più vigile del chirurgo/personale di sala operatoria. E l'ispezione - per quanto accurata - non impedisce che si verifichi un guasto dell'isolamento durante la procedura chirurgica.

FIGURA A8. INTERRUZIONE NELL'ISOLAMENTO DELL'ELETTRODO ATTIVO E CONSEGUENTE LESIONE A TESSUTO NON TARGET DEL PAZIENTE A CAUSA DI CORRENTI DI DISPERSIONE AD ALTA DENSITÀ

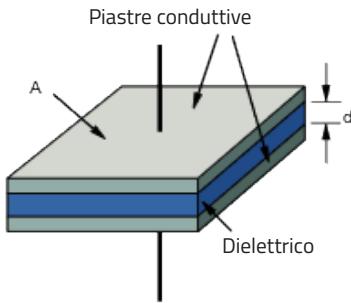


Accoppiamento capacitivo

Per accoppiamento capacitivo si intende il trasferimento di una corrente elettrica dall'elettrodo attivo verso elementi conduttivi (tessuti del paziente, trocar, altri strumenti metallici) posti nelle vicinanze, anche in presenza di isolamento integro. Ciò avviene a causa della presenza di capacità parassite, attraverso le quali la carica presente in un conduttore può spostarsi in un secondo conduttore, anche in presenza di un elemento isolante.

Un accoppiamento capacitivo si verifica ogni volta che un isolante separa due conduttori percorsi da corrente alternata.

FIGURA A9. RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DI UN CONDENSATORE



$$I_c = v \cdot 2\pi \cdot f \cdot C$$

$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$$

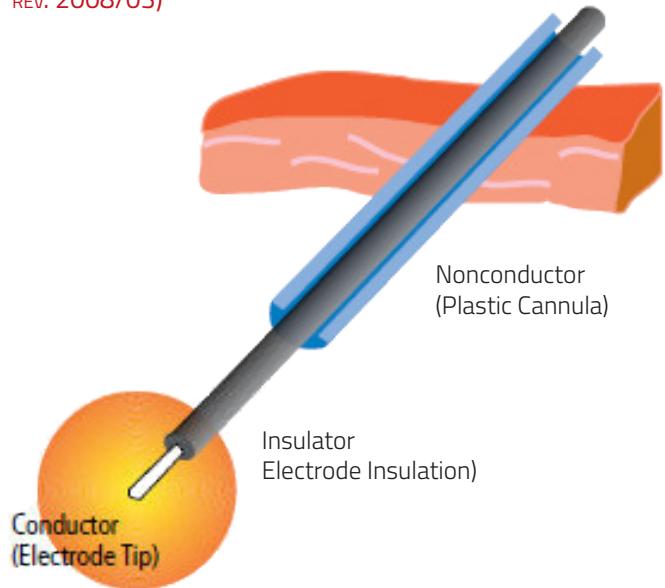
L'ampiezza della corrente indotta è direttamente proporzionale alla tensione e frequenza utilizzata; inoltre è dipendente dalla distanza tra i due elementi conduttivi, dalla loro superficie e dal materiale che si interpone tra gli elementi conduttivi (costante dielettrica ϵ).

Durante procedure mini-invasive, un effetto capacitivo indesiderato non è eliminabile, in quanto è dovuto alla presenza di conduttori percorsi da correnti alternate ad alta frequenza a distanze ridotte. Come detto, infatti, l'elettrodo attivo conduttivo è circondato da una guaina isolante, a sua volta circondata da una cannula metallica conduttiva, il trocar. Grazie al campo elettrico presente tra i due conduttori, la corrente che scorre nell'elettrodo può indurre una corrente nel secondo conduttore. Poiché in alcune procedure vengono impiegate elevate differenze di potenziale, bisogna tenere presente che i campi elettrici sono estesi per distanze significative e quindi si possono creare accoppiamenti capacitivi anche con materiali conduttivi non in diretto contatto con l'isolante.

Anche utilizzando trocar con cannule interamente in plastica la presenza delle capacità parassite non può essere eliminata. Si deve infatti ricordare che il ruolo

conduttore/isolante è relativo: il tessuto del paziente in questo caso completa la definizione di condensatore, essendo conduttivo rispetto alla plastica.

FIGURA A10. SISTEMA A CANNULA ISOLANTE IN PLASTICA (COVIDIEN, REV. 2008/03)³



Il caso peggiore si verifica quando una cannula metallica viene tenuta in posizione da un'ancora di plastica (sistema a cannula ibrida). La cannula metallica crea, anche in questo caso, un condensatore con l'elettrodo attivo; tuttavia l'ancoraggio plastico impedisce alla corrente di dissiparsi attraverso la parete addominale del paziente, richiudendosi poi attraverso l'elettrodo neutro. Concentrandosi alla giunzione tra plastica e metallo, in un'area quindi molto ristretta, la corrente capacitiva parassita può provocare lesioni viscerali, spesso al di fuori del campo visivo laparoscopico.

FIGURA A11. ACCUMULO DI CARICA ALLA GIUNZIONE METALLO-ANCORA PLASTICA IN UN SISTEMA A CANNULA IBRIDA

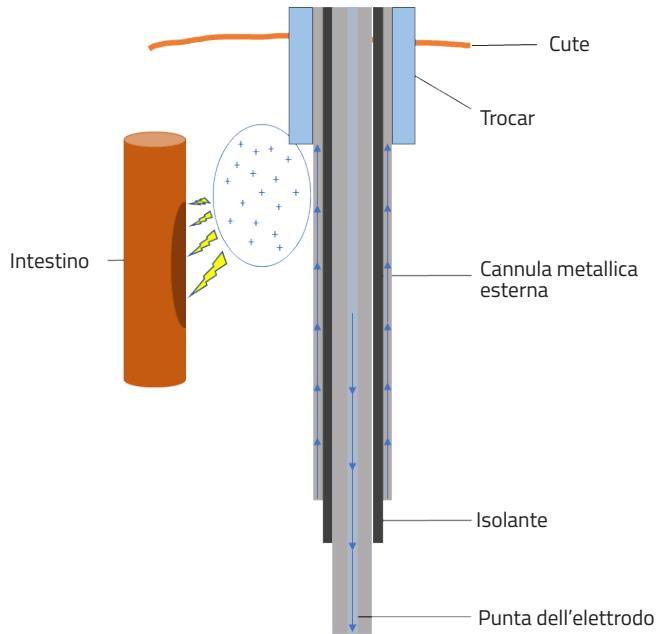
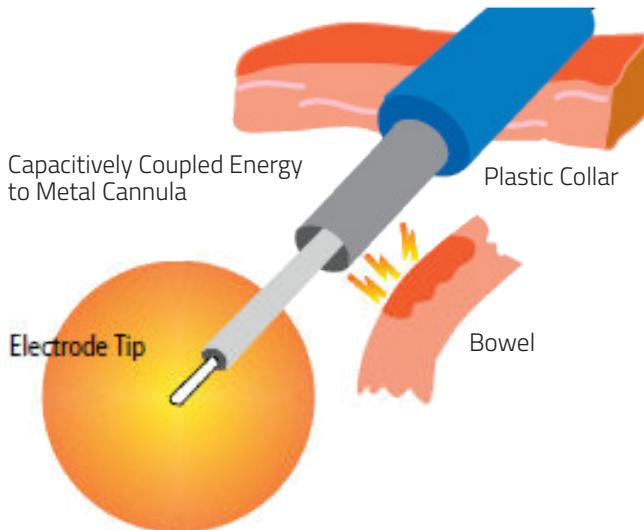


FIGURA A12. SISTEMA A CANNULA IBRIDA (COVIDIEN, REV. 2008/03)³



Le cannule interamente in metallo minimizzano questo rischio poiché l'ampia interfaccia tra la cannula conduttiva e la parete addominale fornisce un percorso a bassa impedenza, attraverso il quale la corrente elettrochirurgica può essere condotta in sicurezza all'elettrodo di ritorno.

NOTA Le cannule monouso, che hanno un tubo canalare conduttivo e un mozzo e/o un involucro non conduttivo, possono essere utilizzate, a condizione che la porzione della cannula che si interfaccia con il sito di inserimento nella parete addominale sia conduttiva.

Il ridotto campo visivo intrinseco alla chirurgia laparoscopica impedisce al chirurgo di osservare direttamente tessuti situati lontano dalla punta dell'elettrodo attivo. A causa di questa visione limitata, il chirurgo ha meno probabilità di rilevare il danno termico causato dall'energia dispersa. Per questo, è buona consuetudine verificare, al termine di ogni intervento, che il tessuto intorno al sito chirurgico sia intatto e privo di lesioni.

Le correnti da accoppiamento capacitivo sono minimizzate in elettrodi attivi bipolari poiché i campi elettrici si annullano a vicenda.

ATTENZIONE Evitare sistemi a cannula ibrida

Quando possibile, evitare sistemi a cannula ibrida (cannula metallica con superficie esterna isolata). Utilizzare apparecchi equipaggiati di moderni sistemi di sicurezza finalizzati alla minimizzazione delle problematiche relative al guasto dell'isolamento e all'accoppiamento capacitivo.

Riferimenti bibliografici dell'Allegato 2⁵

Alkatout I, Schollmeyer T, Hawaldar NA, Sharma N, Mettler L (2012). Principles and Safety Measures of Electrosurgery in Laparoscopy. *JLS Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons*, 16(1): 130-139.

<https://doi.org/10.4293/108680812X13291597716348>

Azienda ospedaliero-universitaria Policlinico Vittorio Emanuele, Catania. (2010) Quaderni per la qualità e la sicurezza del paziente n. 10. Prevenire gli errori nella gestione delle tecnologie: l'elettrobisturi.

https://www.policlinicovittorioemanuele.it/sites/default/files/documenti_uo/grc/grc03-2010.pdf

Bisinotto FMB, Dezenab RA, Bisinotto Martins L, Cordeiro Galvão M, Martins Sobrinho J, Calçado MS (2017). Burns related to electrosurgery - Report of two cases. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, vol. 67 no. 5, Campinas Sept/Oct 2017.

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-70942017000500527

Branca FP (2000). *Fondamenti di ingegneria clinica*. vol.1, Springer Verlag.

Brill AI, Feste JR, Hamilton TL, Tsarouhas AP, Berglund SR, Petelin JB, Perantinides PG (1998). Patient safety during laparoscopic monopolar electrosurgery. Principles and guidelines. Consortium on Electrosurgical Safety During Laparoscopy. *JLS Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons*, 2(3): 221-225.

Calvanese R (2017). Facciamo il punto sul paziente con DEVICE (PM/ICD) da sottoporre a chirurgia.

http://www.anmco.it/uploads/u_cms/media/2017/9/80903431bfac78c45923362e2accb39a.pdf

Covidien (rev. 2008/03). Principles of electrosurgery.

https://www.asit.org/assets/documents/Principals_in_electrosurgery.pdf

Jacob S, Panaich SS, Maheshwari R, Haddad JW, Padanilam BJ, John SK (2011). Clinical applications of magnets on cardiac rhythm management devices. *Europace*, 13(9): 1222-1230.

<https://pdfs.semanticscholar.org/1ee0/5ebb3e213f07ac8d2fb4d4f79e9e616f53d7.pdf>

Liu Q, Sun X (2013). Indirect electrical injuries from capacitive coupling : a rarely mentioned electrosurgical complication in monopolar laparoscopy. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 92(2): 238-241.

Massarweh NN, Cosgriff N, Slakey DP (2006). Electrosurgery: history, principles, and current and future uses. *J Am Coll Surg*, 202(3): 520-530

Philosophe R (2003). Avoiding complications of laparoscopic surgery. *Fertility and Sterility*, 80 (Supplement 4): 30-39.

[https://www.fertstert.org/article/S0015-0282\(03\)01189-0/fulltext](https://www.fertstert.org/article/S0015-0282(03)01189-0/fulltext)

Vilos G, Latendresse K, Gan BS (2001). Electrophysical properties of electrosurgery and capacitive induced current. *Am J Surg*, 182(3): 222-225.

[https://www.fertstert.org/article/S0015-0282\(03\)01189-0/fulltext](https://www.fertstert.org/article/S0015-0282(03)01189-0/fulltext)

Vilos G, Latendresse K, Gan BS (2001). Electrophysical properties of electrosurgery and capacitive induced current. *Am J Surg*, 182(3): 222-225.

⁵ tutti i link sono stati verificati a giugno 2019

