

Chirurgia ad alta frequenza: azione, rischi e loro riduzione

Le mani sono lo strumento di lavoro più importante dell'uomo. I guanti le proteggono dal freddo, dallo sporco, dalla contaminazione e dalle lesioni.

Nel settore medico, vengono utilizzati guanti speciali per la protezione dei pazienti e del personale. Utilizzati correttamente, i guanti medicali evitano la trasmissione reciproca dei germi tra il personale medico ed i pazienti.

Massima sensibilità, elevata elasticità e confortevole indossabilità sono altri requisiti imprescindibili di questo presidio. Grazie al loro ridotto spessore (0,2 mm), è possibile soddisfare ampiamente detti requisiti; si pone però la questione di quando e come un guanto chirurgico possa proteggere da tensioni di circa 1.300 Volt, abitualmente utilizzate nella chirurgia ad alta frequenza (HF)

1. Aspetti generali della chirurgia ad alta frequenza

Con l'ausilio dell'energia elettrica, convertita in calore, è possibile tagliare il tessuto biologico e fermare le emorragie. Poiché questa tecnologia lavora con elevate tensioni di corrente, sussistono determinati rischi, e per ridurli al minimo è importante essere consapevoli di come essa agisce.

1.1. Interazione tra corrente elettrica e tessuto biologico

La corrente elettrica agisce sull'organismo con tre diversi effetti: l'ef-

fetto faradico, l'effetto elettrolitico e l'effetto termico.

1.1.1. L'effetto faradico

Le cellule nervose e quelle muscolari possono essere eccitate elettricamente, e vengono quindi stimulate dalla corrente elettrica.

Nel tessuto umano l'effetto stimolante è massimo per una corrente alternata di circa 100 Hz, diminuisce costantemente all'aumentare della frequenza perdendo gradatamente il suo effetto dannoso e letale (Fig. 1).

1.1.2. L'effetto elettrolitico

La corrente elettrica provoca un flusso di ioni nel tessuto biologico. Gli ioni sono piccolissime particelle caricate elettricamente. Applicando una corrente continua gli ioni caricati

positivamente si dirigono verso il polo negativo, mentre gli ioni caricati negativamente si dirigono verso il polo positivo, danneggiando così il tessuto biologico. La corrente continua non è quindi indicata in chirurgia.

Se però si utilizza la corrente alternata con una frequenza molto elevata, le particelle caricate cambiano continuamente la loro direzione, esse cioè vengono indotte ad oscillare e non hanno quindi un'influenza nociva.

1.1.3. L'effetto termico

Grazie all'azione della corrente

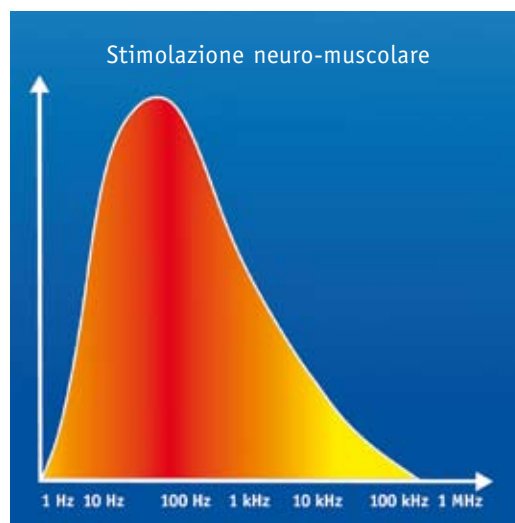


Fig. 1:
Dipendenza tra la frequenza della corrente alternata e l'effetto stimolante sulle cellule

elettrica il tessuto si riscalda. Il grado di riscaldamento dipende dai seguenti fattori:

- dalla densità di corrente
- dalla resistenza specifica del tessuto
- dal tempo di azione dell'energia elettrica

Maggiore è la densità di corrente, maggiore sarà l'aumento di temperatura e di conseguenza l'effetto termico. Sull'estremità dell'elettrocauterio monopolare (elettrodo attivo) la densità di corrente aumenta, si arriva alla formazione di un arco voltaico e quindi localmente ad una temperatura molto elevata. In questo punto è possibile tagliare o devitalizzare il tessuto. Al contrario, sulla grande superficie dell'elettrodo neutro la densità di corrente e lo sviluppo di temperatura sono così ridotti da non provocare alcun effetto.

2. Principio della chirurgia ad alta frequenza

Il principio della chirurgia ad alta frequenza si basa sui processi sopra descritti. Con l'ausilio dell'effetto termico è possibile tagliare il tessuto e fermare le emorragie. Per evitare danni al tessuto a causa dell'effetto elettrolitico o dell'irritazioni delle cellule nervose o muscolari a causa dell'effetto faradico, viene impiegata la corrente alternata a frequenza elevata (minimo 100 kHz).

In linea di massima è possibile impiegare la chirurgia ad alta frequenza in due modi: per tagliare e per coagulare.

2.1. Taglio del tessuto

La corrente ad alta densità riscalda il liquido contenuto nelle cellule del corpo in maniera così rapida che la pressione risultante del vapore può far scoppiare la membrana cellulare (Fig. 2). Questo principio si sfrutta per tagliare e in misura minore per coagulare il tessuto. In questo caso i piccoli vasi si restringono, causando l'emostasi.

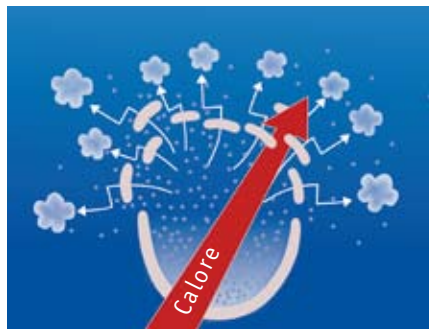


Fig. 2:
Processo nella cellula durante il taglio



Fig. 3:
Processo nella cellula durante la coagulazione

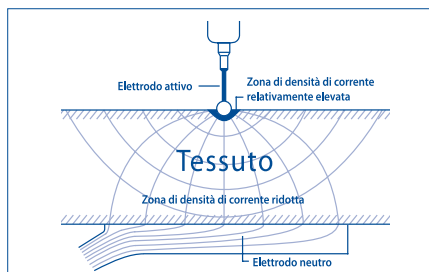


Fig. 4:
Azione mediante tecnica monopolare

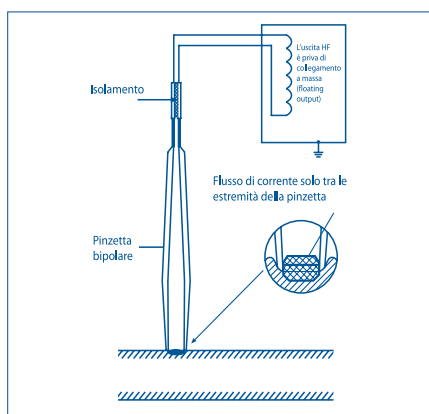


Fig. 5:
Azione mediante tecnica bipolare

2.2. Coagulazione

Il lento riscaldamento del tessuto provoca l'evaporazione del liquido all'interno e all'esterno delle cellule, senza distruggere le pareti cellulari (Fig. 3). Il tessuto si ritira, e i componenti coagulanti vengono devitalizzati termicamente.

Si ottiene quindi l'arresto del flusso ematico, anche di vasi di grandi dimensioni.

3. Tecniche della chirurgia ad alta frequenza

Nella chirurgia ad alta frequenza vengono utilizzati due metodi che si distinguono per il comportamento della corrente elettrica: la tecnica monopolare e quella bipolare.

3.1. La tecnica monopolare

Nella tecnica monopolare si verifica un forte effetto termico sull'elettrodo attivo sottile (punta dell'elettrocauterio) dovuto all'aumento della densità di corrente. È possibile quindi tagliare o coagulare il tessuto adiacente al campo operatorio. Nel tessuto più distante la densità elettrica si riduce notevolmente, e senza l'effetto termico la corrente fluisce dal corpo sotto forma di energia elettrica lungo il grande elettrodo neutro (Fig. 4).

Rispetto al taglio con lo scalpello risultano i seguenti vantaggi:

- si evitano le emorragie
- si evita la contaminazione
- si protegge il tessuto

Il grado di coagulazione dell'area tagliata dipende dalla forma dell'elettrodo e dall'esecuzione del taglio, mentre la profondità di coagulazione dipende dall'intensità della corrente ad alta frequenza.

3.2. La tecnica bipolare

La tecnica bipolare viene adottata soprattutto in ambito microchirurgico

e neurochirurgico, e può essere utilizzata solamente per la coagulazione. Si lavora con un elettrodo attivo bipolare (pinzetta), in cui i due poli sono a contatto con il campo operatorio. L'elettrodo neutro non è necessario.

L'energia elettrica viene condotta nella pinzetta, sulle estremità l'effetto termico provoca la coagulazione del tessuto (Fig. 5).

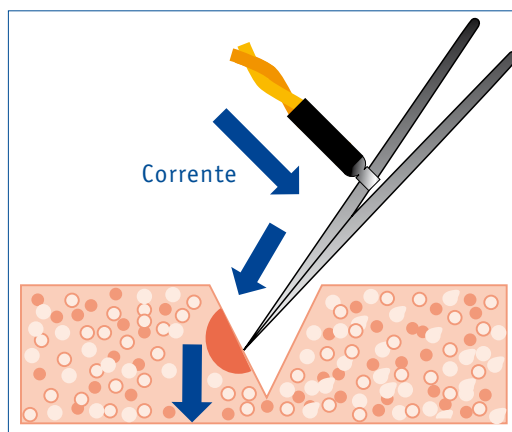


Fig. 6: Flusso ideale di corrente nella chirurgia monopolare ad alta frequenza

4. Impiego sicuro della chirurgia ad alta frequenza

Gli elevati standard tecnici di sicurezza e le innovazioni tecniche fanno della chirurgia ad alta frequenza, se impiegata correttamente, un metodo operatorio sicuro. Già soltanto la conoscenza dei rischi connessi contribuisce ad evitare certi effetti come ad esempio il formarsi di scariche elettriche in punti indesiderati. I guanti chirurgici non sono necessari a fini di protezione, devono però essere naturalmente indossati per motivi igienici.

4.1. Rischi per il paziente

Se tra il campo operatorio e l'elettrodo neutro sussiste un contatto con un oggetto collegato a massa (ad es. il tavolo operatorio), si possono verificare dispersioni indesiderate. Anziché fluire lungo l'elettrodo neutro, l'energia elettrica fluisce infatti lungo questa superficie di contatto. Quanto minore è questa superficie (elevata densità di corrente), tanto maggiore è l'effetto termico e quindi il rischio di un'ustione.

4.2. Sicurezza per il paziente

Per proteggere il paziente è necessario rispettare i seguenti punti:

- conservazione corretta (luogo asciutto e isolato)
- nessun contatto con oggetti collegati a massa
- nessun contatto locale pelle-pelle (tra medico/assistente e paziente, tra singole parti del corpo del paziente)
- cavi corti, nessun punto di contatto
- non annodare i cavi, nessun

fissaggio con morsetti metallici

- attento utilizzo dei disinfettanti (l'alcol contenuto è infiammabile con le scintille elettriche)
- appoggio del manipolo portaelettrodi nel luogo appositamente previsto
- utilizzo della minor tensione possibile
- posizionamento corretto degli elettrodi neutri

4.3. Rischi per l'utilizzatore

La chirurgia ad alta frequenza è un metodo operatorio sicuro sia per il chirurgo che per il paziente grazie agli effetti sopra descritti. Tuttavia possono sempre verificarsi scariche elettriche indesiderate. Se ciò si verifica sulla mano del chirurgo, il fenomeno viene chiamato scarica disruptiva. Per effetto dell'arco voltaico che si forma tra lo strumento chirurgico e la mano del medico, si sviluppa calore per un breve periodo. L'elevata temperatura provocata distrugge da un lato la pellicola del guanto chirurgico, dall'altro può provocare ustioni dolorose alla mano.

Le "perforazioni termiche" si verificano soprattutto quando si coagula con un elettrodo monopolare tramite la pinzetta. Se questa non è ancora in contatto con il tessuto, oppure se l'elettrodo viene attivato troppo presto, il flusso di corrente non può passare all'elettrodo neutro attraverso il paziente. La corrente elettrica può fluire quindi non attraverso il paziente, bensì attraverso la pinzetta alla mano. Se la superficie di contatto della pinzetta con la mano del chirurgo è molto esigua (la pinzetta cioè viene tenuta solo leggermente) e quindi la densità di corrente è molto elevata, si verifica un forte sviluppo di calore. Si ottiene quindi lo stesso effetto desiderato nella chirurgia ad alta frequenza, ma nel punto errato. L'energia termica è talmente elevata che si verificano scariche disruptive: la pellicola di lattice si fonde, il guanto si fora e possono verificarsi ustioni alla mano dell'utilizzatore.

L'elevato riscaldamento locale può distruggere sia i guanti chirurgici in lattice naturale che in lattice sintetico.

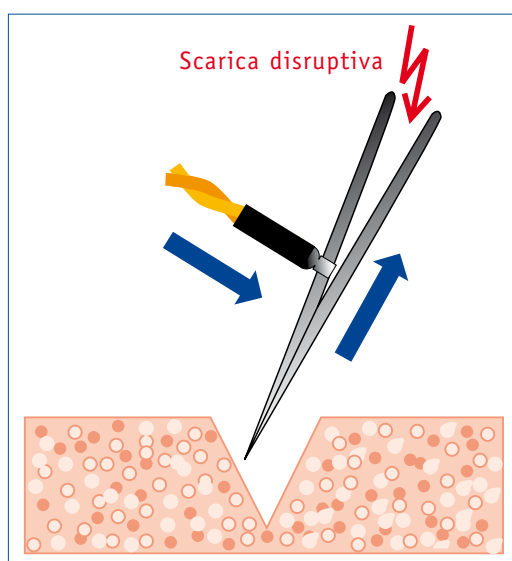


Fig. 7: Coagulazione in direzione dell'aria

4.4. Suggerimenti per l'utilizzatore

Come per il paziente, anche per l'utilizzatore esistono provvedimenti con i quali è semplice evitare gli incidenti:

- controllo dell'apparecchio prima della messa in funzione: evitare di annodare i cavi, collegare correttamente gli elettrodi e gli interruttori, ecc.
- utilizzare in linea di massa gli accessori adatti all'apparecchio
- utilizzare pinzette isolate
- applicare l'elettrodo attivo dapprima sempre sul tessuto, oppure, in caso di coagulazione, sulla pinzetta, dopodiché attivare l'apparecchio
- cambiare regolarmente i guanti durante l'operazione: i grassi cutanei ed il contatto con i liquidi degradano lentamente la pellicola di lattice, riducendo a lungo andare la resistenza del guanto



Fig. 8: Guanto da elettricista, guanto chirurgico

pareti di spessore di 2,3 mm (Fig. 8).

Per ottimizzare la sensibilità e l'indossabilità, le pareti dei guanti chirurgici hanno uno spessore di soli 0,2 mm circa (1/10 dello spessore dei guanti da elettricista).

Per questo motivo detti guanti offrono sì una certa protezione, ma sicuramente non una protezione al 100% dalle scariche

disruptive. A questo punto è necessario tuttavia far presente che utilizzando correttamente la chirurgia ad alta frequenza, non è necessario proteggersi con i guanti. Il potere isolante della gomma dipende non solo dal suo spessore, ma anche dalle sue caratteristiche fisiche.

Con lunghi e continui interventi il materiale dei guanti tende a deteriorarsi, cioè assorbe sempre più il sudore e le secrezioni della ferita operatoria, riducendo ulteriormente il potere isolante della gomma. Con guanti chirurgici freschi e asciutti è possibile ridurre la probabilità delle scariche disruptive. Nel proprio interesse, il chirurgo dovrà cambiare regolarmente i guanti nel corso di operazioni prolungate.

Per aumentare ulteriormente la sicurezza, si consiglia di indossare due paia di guanti. In questo modo lo strato in gomma viene raddoppiato, e lo strato d'aria tra le superfici in gomma possiede un ulteriore potere isolante.

Resistenza specifica di diversi materiali in $[\Omega \cdot \text{cm}]$ per corrente alternata nell'intervallo 0,3-1 Megahertz [MHz]

Tessuto biologico		Metallo	
Sangue	$0,16 \cdot 10^3$	Argento	$0,16 \cdot 10^{-5}$
Muscoli, reni	$0,2 \cdot 10^3$	Rame	$0,17 \cdot 10^{-5}$
Fegato, milza	$0,3 \cdot 10^3$	Oro	$0,22 \cdot 10^{-5}$
Cervello	$0,7 \cdot 10^3$		
Polmone	$1,0 \cdot 10^3$		
Tessuto adiposo	$3,3 \cdot 10^3$		

Guanto chirurgico in lattice naturale: $10^{10} - 10^{12} [\Omega \cdot \text{cm}]$

5. Il guanto chirurgico offre una protezione efficace se utilizzato nella chirurgia ad alta frequenza?

I guanti chirurgici devono proteggere dalle lesioni provocate dalla corrente ad alta frequenza. In linea di massima la gomma è un materiale isolante. L'effetto isolante dipende dalla composizione fisica della pellicola in gomma e dal suo spessore. Più spessa è la pellicola in gomma, maggiore sarà l'effetto protettivo.

La chirurgia ad alta frequenza lavora con tensioni medie di 1.200 V e con picchi di fino a 4.000 V. Secondo la norma EN 60903, per proteggersi da tensioni così elevate sono necessari guanti da elettricista con classe di protezione II con

6. Riepilogo

Fondamentalmente si può affermare che durante l'utilizzo della chirurgia ad alta frequenza non è necessario proteggersi con i guanti, e a questo scopo i guanti chirurgici non possono nemmeno essere considerati guanti protettivi. Utilizzando correttamente la chirurgia e con un generatore ad alta frequenza regolarmente funzionante, non si prevede la dispersione della corrente elettrica attraverso il medico. Se si verificano tuttavia correnti "condotte erroneamente" durante il lavoro e di conseguenza scariche disruptive, è possibile ovviare a ciò con provvedimenti di sicurezza ed un ulteriore isolamento, ad esempio con pinzette speciali, oppure indossando due paia di guanti chirurgici uno sopra l'altro, per ridurre al minimo la probabilità delle scariche disruptive.

Print Information

Media Owner and Producer: Semperit Technische Produkte GmbH., Publisher: Division Sempermed, Modocenterstrasse 22, A-1031 Vienna, Tel. +43-1-79 777-621, Fax: +43-1-79 777-630, E-Mail: sempermed@semperit.at, Editor: Martina Büchele, Text: Dr. Michael Höchtel, Peter Pöcksteiner.