مجله جراحی استخوان و مفاصل ایران
انجمن جراحان ارتوپدی ایران
دوره پنجم، شماره ۱ (شماره مسلسل ۱۷)، پاییز ۱۳۸۵، صفحه‌های ۴۷-۴۱

الکتروسرجری

(تاریخچه، اصول کاربرد و اجتناب از خطر)

دکتر بهادر اعلمی هرندی[۱]، دکتر سعیدرضا مهرپور[۲]

Electrosurgery

(History, Usage principles, Risk Avoidance)

Bahador Alami Harandi, MD; Saeed Reza Mehrpour, MD
«*Tehran University of Medical Sciences*»

خلاصه

استفاده از الکتریسیته در اعمال جراحی تحول بزرگی را بوجود آورده است. جریان الکتریسیته کمتر ۵ کیلوهرتز باعث الکترولیز شده و در اعمال جراحی زیبایی و از بین پردن پیاز مو بکار می‌رود. جریان الکتریسیته بین ۲۰ تا ۳۵۰ کیلوهرتز در صورت عبور از بدن باعث تحریک شدید اعصاب، عضلات و حتی مرگ می‌شود و کاربرد زیادی در پزشکی ندارد. جریان الکتریسیته بالای ۳۵۰ کیلوهرتز اثر مرگ بار بر بدن ندارد ولی با ایجاد حرارت موجب بریدن و انعقاد نسوج بدن می‌گردد. جریان الکتریسیته بالا و ولتاژ پایین باعث بریدن نسج و جریان الکتریسیته پایین و ولتاژ بالا باعث انعقاد می‌شود. در الکتروکوتری جریان الکتریسیته از بدن عبور نمی‌کند بلکه حلقه فلزی بین دو قطب، گرم شده و حرارت آن باعث انعقاد نسوج می‌گردد .

در الکتروسرجری جریان الکتریسیته از بدن عبور می‌کند. در نوع تک قطبی یک پدال زیر بدن بیمار گذاشته می‌شود که به عنوان الکترود برگشتی عمل می‌کند و قطب دیگر در دست جراح است؛ در حالی‌که در الکتروسرجری دوقطبی جریان از یک الکترود وارد بدن شده و از الکترود دیگر که در فاصله کوتاهی از اولی قرار دارد، از بدن خارج می‌شود. الکتروسرجری تک قطبی در اعمال جراحی بزرگ و و دوقطبی در اعمال جراحی ظریف مثل جراحی دست کاربرد دارد. الکترود بازگشتی (پدال) را باید با دقت فراوان در محل مناسبی قرار داد تا از بروز سوختگی جلوگیری شود.

واژه‌های کلیدی: الکتریسیته، جراحی، انعقاد عروق با الکتریسته، کوتری

Abstract

The usage of electricity has revolutionized the surgical procedures. Electrical current less than 5 KHz, causes electrolysis and its main usage is in cosmetic procedures. Electrical current more than 20 and less than 350 KHz causes severe stimulation of nerves and muscles and even death and it does not have very much usage in medicine. Electrical current more than 350 KHz doesn't stimulate the nerves and muscles and its heat will have the useful clinical effects like cutting and coagulation. High electrical current with low voltage will cause cutting the tissues and high voltage current will cause more coagulation. In electrocautery the electrical current does not pass from the body and the heat in the metalic loop of electrocautery causes the cutting and coagulation.

In electrosurgery the electrical current passes from the body. In monopolar surgery, a return electrode is put underneath the patient and the other pole is in the surgeons' hand whereas in bipolar surgery the current passes from a small area of body between two electric points. Monopolar surgery is used in big surgeries and the bipolar is used in delicate ones. Attention should be paid in placement of the return electrode to prevent electrical burn.

Keywords: Electricity; Surgery; Elecrocoagulation; Cautery

دریافت مقاله: ۵ ماه قبل از چاپ **مراحل اصلاح و بازنگری:** ۱ بار **پذیرش مقاله:** ۱ ماه قبل از چاپ

(۱): ارتوپد، دانشگاه علوم پزشکی تهران
(۲): دستیار ارتوپدی، دانشگاه علوم پزشکی تهران
نشانی نویسنده رابط: تهران، خ کارگر شمالی، بیمارستان دکتر شریعتی، بخش ارتوپدی
دکتر سعیدرضا مهرپور E-mail: mehrpour_saeed@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

تاریخچه

استفاده از گرما برای بند آوردن خونریزی سابقه طولانی دارد . «آمبرواز پاره»[1] برای اولین بار از آهن گداخته برای بند آوردن خونریزی در بیمارانی که در جنگ دچار زخم‌های عمیق و قطع عضو شده بودند استفاده نمود(۱). استفاده از الکتریسیته برای بند آوردن خونریزی به سال ۱۹۲۶ باز می‌گردد. فیزیک‌دانی به‌نام «ویلیام بُووی»[2] (شکل ۱) دستگاه برقی جهت بند آوردن خونریزی اختراع نمود که «هاروی کوشینگ»[3] جراح مغز و اعصاب دانشگاه هاروارد (شکل ۲) آن‌را برای برداشتن تومورهای مغزی استفاده کرد(۳-۱). پس از آن «کوشینگ» نتایج بیش از ۵۰۰ عمل جراحی مغز را به کمک دستگاه «بُووی» منتشر کرد.

از آن پس استفاده از الکتریسیته برای بند آوردن خونریزی‌های حین عمل عمومیت یافت و هنوز دستگاه‌هایی که برای این کار در امریکا به‌کار می‌رود به‌نام «بُووی» معروف است (شکل ۳).

هم اکنون طیف وسیعی از وسایل الکتریکی وجود دارد که در تمام این وسایل؛ انرژی الکتریکی به بافت بدن منتقل شده و باعث بریدن نسوج و بند آمدن خونریزی می‌شود.

الکتریسیته‌ای که ما از آن استفاده می‌کنیم از یک قطب مثبت و یک قطب منفی به وجود آمده و جریان ناشی از آن، از یک هادی[4] عبور می‌کند. به‌طور کلی دو نوع الکتریسیته وجود دارد: **جریان مستقیم** که جریان برق از یک الکترود خارج و در یک جهت حرکت کرده و به الکترود دیگر وارد می‌شود؛ و **جریان متناوب** که جریان الکتریسیته مرتباً تغییر جهت می‌دهد. فرکانس این تغییرات در واحد زمان را با واحد هرتز[5] (Hz) اندازه‌گیری می‌کنند.

به‌طورکلی تاثیر الکتریسیته بر روی بافت‌های بدن به چند صورت است:

۱. الکترولیز: جریان الکتریسیته AC و یا DC با فرکانس بسیار پایین (<۵kHz) که باعث جابه‌جایی سریع یون‌ها و تخریب کامل بافت‌ها می‌شود (شکل ۴). هم اکنون از تأثیرات الکترولیزی الکتریسیته در عمل‌های زیبایی مثل از بین بردن پیاز مو در خانم‌هایی که موی زیاد در صورت دارند استفاده می‌شود.

۲. تاثیر فارادیک: جریان الکتریسیته بین ۲۰ تا ۳۵۰ کیلوهرتز که در صورت عبور از بدن باعث تحریک شدید اعصاب و عضلات، آسیب شدید بافتی، فیبریلاسیون قلب و حتی مرگ می‌گردد. این الکتریسیته در جراحی کاربرد ندارد.

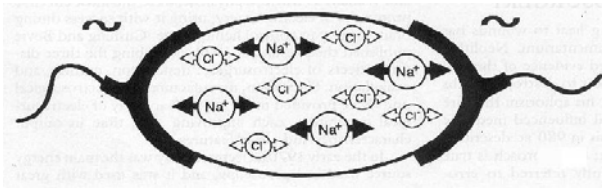
1. Ambroise Pare
2. William Bovie
3. Harvey Cushing
4. Conductor
5. Hertz

شکل ۱. ویلیام بُووی
(۱۸۸۲-۱۹۵۸)

شکل ۲. هاروی کوشینگ
(۱۸۶۹-۱۹۳۹)

شکل ۳. اولین دستگاه الکتروسرجری طراحی شده توسط «بُووی»

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۴. الکترولیز بافت توسط الکتریسیته که باعث نابودی بافت می‌شود.

۳. تأثیرات گرمایی[1]: جریان الکتریسیته بالاتر از ۳۵۰ کیلوهرتز تاثیرات مخرب قبلی بر روی بافت‌ها را ندارد و تأثیر گرمایی الکتریسیته بر نسوج خودنمایی می‌کند[۴] و این در حقیقت همان تأثیری است که ما از الکتریسیته در اعمال جراحی انتظار داریم.

دستگاه الکتریکی که برای بریدن نسوج و یا انعقاد به کار می‌روند دارای پارامترهای ولتاژ؛ جریان[2] و انرژی[3] است و فرمول آن (انرژی = ولتاژ × جریان) می‌باشد.

در این جا باید با دو مفهوم بسیار مهم در دستگاه الکتروسرجری آشنا شویم:

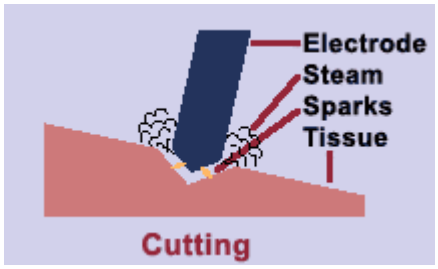
حالت CUT: دگمه CUT بر روی دستگاه به معنای بریدن نمی‌باشد. در هنگام فشردن CUT، از دستگاه جریان بیشتر و ولتاژ کمتری می‌گیرید.

حالت COAG. دگمه COAG بر روی دستگاه به معنای منعقد کردن نمی‌باشد! در هنگام فشردن دگمه COAG، از دستگاه ولتاژ بالا و جریان کمتری می‌گیرید.

نکته مهم این است که بریدن یا منعقد کردن بافت، به نحوه استفاده از کوتر بستگی دارد؛ نه به فشردن دگمه COAG و یا CUT.

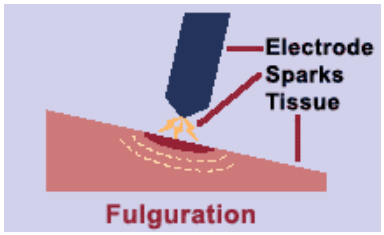
به سه حالت می‌توان به دو اثر مهم بریدن و منعقد کردن بافت دست یافت. دانستن این سه حالت در استفاده درست از دستگاه الکتروسرجری اهمیت زیادی دارد: ۱) cut، ۲) fulguration و ۳) desiccation.

Cut: در این حالت دستگاه، جریان ثابت را بدون وقفه به بافت تحمیل می‌کند، همچنین جریان بالا و ولتاژ پایین است. در این حالت آب داخل سلولی سریعاً بخار و سلول منفجر می‌شود. بنابراین انعقاد رخ نمی‌دهد و بافت سریعاً بریده می‌شود. نکته مهم این است که نوک الکترود باید از بافت اندکی فاصله داشته باشد تا cutting اتفاق بیافتد.



شکل ۵. برش بافت با حالت Cut

Fulguration: در این حالت جریان الکتریسیته با وقفه‌های طولانی به بافت می‌رسد، به‌طوری‌که در ۹۶٪ واحد زمان؛ دستگاه خاموش و فقط در ۴٪ از زمان، جریانی با ولتاژ بسیار بالا به بدن می‌فرستد (شکل ۶). این «روشن» و «خاموش» شدن موجب می‌شود که سلول منفجر نشود و پروتئین‌های داخل سلولی در زمان‌های «خاموش» دستگاه؛ دناتوره شده و سلول کلاپس می‌کند و موجب هموستاز می‌شود. در این مورد هم باید توجه داشت که جهت به‌دست آوردن این اثر باید نوک الکترود از بافت فاصله داشته باشد. در این جا در حالی که نوک الکترود از بافت فاصله دارد دگمه COAG را فشار می‌دهید. توجه کنید در حین استفاده از دگمه COAG ، ولتاژ بسیار بالایی را به بدن تحمیل می‌کنید و بالقوه احتمال آسیب نسوج بسیار بیشتر از زمانی است که از دگمه CUT استفاده می‌کنید. در اعمال جراحی برای هموستاز در خونریزی‌های سطحی و وسیع از fulguration استفاده می‌گردد که به آن spray coagulation نیز گفته می‌شود.

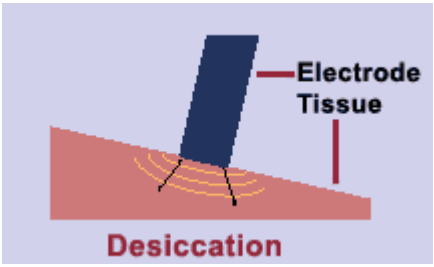


شکل ۶. انعقاد بافت‌ها به روش Fulguration

1. Thermal
2. Current
3. Power

Archive of SID
www.SID.ir

Desiccation : در این حالت بر خلاف دو حالت قبل، نوک الکترود در تماس مستقیم با بافت قرار می‌گیرد و سلول‌ها به آرامی گرم می‌شود و انعقاد صورت می‌گیرد (شکل ۷). Desiccation را هم می‌توان از حالت «CUT» یا «COAG» از روی دستگاه به دست آورد؛ اما باید توجه داشت که حالت COAG؛ به علت ولتاژ بالا آسیب بافتی زیادی را به بافت‌ها وارد می‌کند؛ بنابراین حالت انتخابی جهت هموستاز از طریق Desiccation؛ حالت CUT می‌باشد. یعنی با گرفتن رگ خونریزی دهنده با کلامپ برای ایجاد انعقاد، دگمه CUT را به جای دگمه COAG فشار دهید. البته در بافت‌هایی که مقاومت بالایی دارند مانند بافت اسکار ممکن است مجبور شویم جهت هموستاز از حالت COAG استفاده کنیم تا با استفاده از ولتاژ بالا تأثیرات انعقادی را به دست آوریم.



شکل ۷. انعقاد به روش Desiccation

در ادامه دو مفهوم بسیار مهم که بیشتر وقت‌ها اشتباه می‌شود را توضیح می‌دهیم:

الکتروکوتری: ساده‌ترین دستگاه الکتریکی در اطاق عمل می‌باشد که عمدتاً در مطب‌ها و درمانگاه‌ها جهت عمل‌های بسیار ساده استفاده می‌شود (شکل ۸).

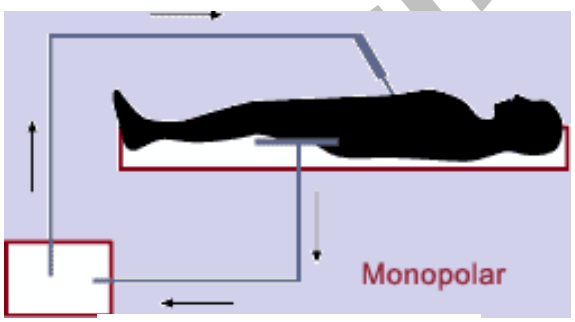
شکل ۸. وسایل الکتروکوتری

در الکتروکوتری از جریان DC استفاده می‌شود و جریان الکتریسیته هیچ‌گاه به بدن منتقل نمی‌شود بلکه جریان الکتریسیته حلقه فلزی (لوپ) را گرم می‌کند و برخورد این حلقه داغ بر روی نسج تأثیر می‌گذارد.

الکتروسرجری: در الکتروسرجری جریان الکتریسیته پس از خروج از دستگاه وارد بدن بیمار شده، از آن عبور می‌کند و از الکترود بازگشتی[1] خارج می‌شود. در حقیقت بدن بیمار جزئی از مدار الکتریکی می‌باشد. همان‌طور که گفته شد فرکانسی که در این دستگاه به کار می‌رود بیش از ۳۵۰ کیلوهرتز می‌باشد و ضمن عبور از بدن تحریک عصبی-عضلانی ایجاد نکرده و فقط اثر حرارتی از خود نشان می‌دهد.

به‌طورکلی از دو نوع الکتروسرجری در اعمال جراحی استفاده می‌گردد:

الکتروسرجری تک قطبی[2]: در این دستگاه یک قطب به‌صورت پدال زیر بدن گذاشته می‌شود و قطب دیگر الکترود در دست جراح است. در حقیقت دستگاه؛ جریان الکتریسیته‌ای تولید می‌کند که از یک طرف وارد بدن بیمار می‌شود و پس از گذراندن مسیری از بدن بیمار توسط الکترود دیگر[3] به دستگاه برگردانده می‌شود (شکل ۹).



شکل ۹. الکتروسرجری تک قطبی

نکته قابل توجه این است که زمانی که جریان الکتریسته در محلی کوچک تجمع می‌یابد[4] اثرات گرمایی خود را بروز

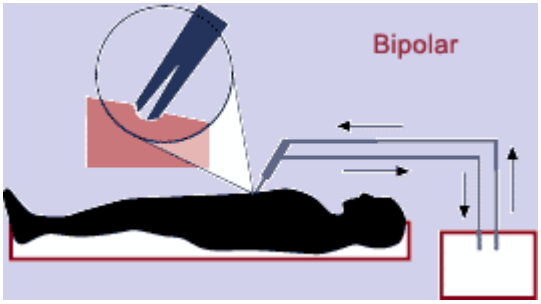
1. Plate
2. Monopolar electrosurgery
3. Return electrode
4. Current concentration

Archive of SID
www.SID.ir

می‌دهد. بنابراین در نوک الکترود که تجمع زیادی دارد اثرات گرمایی قابل توجه می‌باشد در حالی‌که در الکترود دیگر که سطح وسیعی دارد اثرات گرمایی خیلی ناچیز است. بنابراین توجه به این نکته بسیار حیاتی است که همیشه قبل از عمل؛ محل الکترود دیگر (الکترود بازگشتی) توسط پزشک بازبینی شود. کنده شدن تدریجی الکترود بازگشتی از پوست بیمار باعث افزایش شدت[1] جریان در آن محل و باعث سوختگی‌های نابه‌جا می‌شود. بنابراین محل چسباندن الکترود بازگشتی باید این خصوصیات را داشته باشد: کاملا تمیز و اصلاح شده[2] باشد؛ در محل عضلانی مریض باشد؛ بر روی برآمدگی‌های استخوانی نباشد؛ بر روی بافت اسکار نباشد؛ بر روی پروتزهای فلزی نباشد؛ تا حد امکان به محل جراحی نزدیک باشد.

الکتروسرجری دوقطبی[3]:

در الکتروسرجری دو قطبی نیز جریان از یک الکترود فعال وارد بدن می‌شود و از یک الکترود دیگر که نزدیک به الکترود اول است از بدن خارج می‌شود (شکل ۱۰). در حقیقت الکتریسیته مسیر بسیار کوتاهی را در بدن طی می‌کند. واضح است که در هنگام استفاده از دو قطبی، نیاز به استفاده از الکترود بازگشتی نمی‌باشد زیرا هر دو الکترود نزدیک به هم و در دست جراح است (شکل ۱۱).



شکل ۱۰. الکتروسرجری دوقطبی

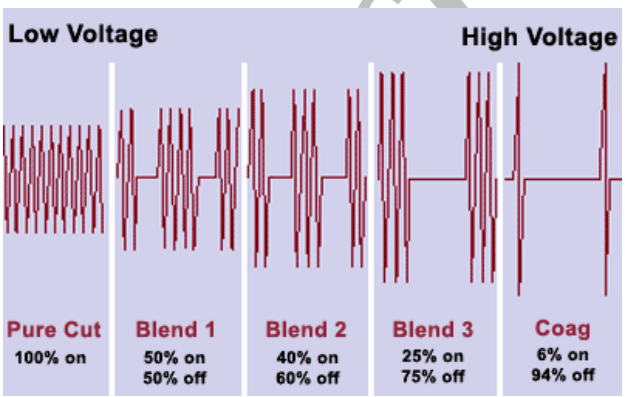
1. Density
2. Shave
3. Bipolar electrosurgery

شکل ۱۱. در دو قطبی الکترود فعال و الکترود بازگشتی در مقابل هم قرار دارند.

این دستگاه برای بیمارانی که جریان عبور الکتریسیته ممکن است برای آنها خطراتی به وجود آورد مثل افرادی که «پیس میکر»[4] دارند مناسب می‌باشد[۵،۶].

اما باید توجه داشت که اثرات گرمایی و هموستاز در دوقطبی به مراتب کمتر از جریان تک قطبی می‌باشد و در جراحی‌های مغز و جراحی‌های ظریف دست کاربرد دارد. در جراحی‌های بزرگ به‌خصوص آنهایی که خونریزی زیاد دارد بهتر است از جریان تک قطبی استفاده گردد[۷].

Blended: در دستگاه‌های جدید الکتروسرجری علاوه بر دو حالت CUT و COAG، حالت‌های Blended یا (مخلوط) نیز وجود دارد که ترکیبی از این دو حالت می‌باشد (شکل ۱۲). برای مثال در حالت cut می‌توان کمی هموستاز را نیز به دست آورد.



شکل ۱۲. حالت Blended در دستگاه‌های الکتروسرجری جهت بدست آوردن تأثیرات بافتی متفاوت

4. Pace maker

Archive of SID
www.SID.ir

Smoke evacuation:

مطالعات متعددی نشان داده‌اند[۸-۱۰] که دود ناشی از بخار شدن بافت‌ها حاوی مواد سمی و خطرناکی است که هم برای بیمار و هم برای جراح بسیار مضر هستند. در دود ناشی از تبخیر بافت‌های بیماران مبتلا به بیماری‌های ویروسی مزمن مانند هپاتیت و ایدز؛ حتی پارتیکل‌های ویروسی نیز یافت شده است. سرطان‌زا بودن این دود که بیشتر به علت وجود بنزن می‌باشد؛ ثابت شده است[۹,۱۰]. بنابراین دود ناشی از تبخیر بافت‌ها هم عفونی و هم سرطان‌زا می‌باشد. پس باید به‌طور موثری این دودها قبل از استنشاق جراح از محل عمل خارج شود.

چند نکته ایمنی دیگر به شرح زیر است:

– همیشه مراقب نوک کوتر در هنگامی‌که از آن استفاده نمی‌کنید باشید؛ زیرا بیشتر سوختگی‌های بیماران به‌علت فعال شدن نابه‌جای نوک قلم کوتر توسط دست جراح و یا کارکنان ایجاد می‌شود.

– سوختگی‌های زیر الکترود بازگشتی همیشه ناشی از عدم توجه به‌وجود می‌آید و از لحاظ قانونی برای جراح مشکل‌ساز خواهد بود. بنابراین همیشه قبل از عمل جراحی، خودتان محل الکترود بازگشتی را بازرسی کنید. کنده شده تدریجی الکترود بازگشتی از سطح بدن بیمار باعث سوختگی‌های عمیق و خطرناک برای بیماران می‌شود (شکل ۱۳).

شکل ۱۳.سوختگی محل الکترود بازگشتی

– از الکترودهای بازگشتی یکبار مصرف استفاده کنید.

– قبل از شروع به عمل و بعد از پهن کردن شان‌ها محل مناسبی برای گذاشتن قلم کوتر مهیا کنید. معمولاً شرکت‌ها خود محلی را برای قرار دادن قلم کوتر درست می‌کنند(holster).

شکل ۱۴. قلم کوتر و محل قرار دادن آن (holster)

– برای جلوگیری از اثرات الکتریسیته و جرقه‌های ناگهانی در دست خود[1]؛ در حین عمل از دو جفت دستکش استفاده کنید. زیرا سوراخ شدن دستکش در حین عمل باعث ایجاد جرقه در دست جراح می‌شود[۱۱].

– از حداقل انرژی در دستگاه استفاده کنید و همیشه به یاد داشته باشید که ولتاژ بالا (استفاده از COAG) اثرات مخربی بر روی بافت‌های اطراف می‌گذارد که احتمال عفونت و تأخیر در بهبود زخم را افزایش می‌دهد.

– همیشه نوک کوتر را تمیز نگاه دارید تا مجبور نشوید دائماً قدرت دستگاه را حین عمل بالا ببرید. کثیف بودن نوک کوتر مقاومت زیادی را در برابر جریان الکتریسیته وارد می‌کند.

به طور خلاصه:

– استفاده از وسایل الکتریکی در جراحی‌ها بسیار مناسب و گاه حیاتی می‌باشد؛ به شرط اینکه جراح روش استفاده صحیح از آن را بداند.

– الکتروکوتری ساده‌ترین وسیله بند آوردن خون می‌باشد که بیشتر در مطب‌ها استفاده می‌شود. در الکتروکوتری جریان الکتریسیته هیچ گاه وارد بدن نمی‌شود.

– در الکتروسرجری؛ جریان الکتریسیته وارد بدن بیمار می‌شود و بدن بیمار جزیی از مدار الکتریکی می‌باشد؛ اما آن چه باعث

1. Bovie bite

Archive of SID
www.SID.ir

می‌شود بیمار دچار تحریک شدید و فیبریلاسیون نشود فرکانس بالای جریان می‌باشد (بیش از ۳۵۰ کیلوهرتز).

– الکتروسرجری تک قطبی بیشتر در اعمال جراحی بزرگ و الکتروسرجری دو قطبی در اعمال جراحی ظریف و در بیمارانی که «پیس‌میکر» دارند استفاده می‌شود.

– برای جلوگیری از سوختگی در ناحیه الکترود بازگشتی، همیشه محل قرارگیری این الکترود باید توسط پزشک بررسی شود.

References

1. O'Conner JL, Bloom DA, William T. Bovie and electrosurgery. *Surgery*. 1996;119(4):390-6.

2. Karmolowsky EV, Tucker RD. The urological application of electrosurgery. *J Urol*. 1991;146:669-74.

3. Bovie WT: From Cushing H. Electrosurgery as an aid to the removal of intracranial tumors with a preliminary note on a new surgical-current generator. *Surg Gyn Obstet*. 1928;47:751-84.

4. Schmidt WH. High frequency currents in surgery. *Surg Clin North Am.* 1939; 19: 1545-56.

5. Dawes JC, Mahabir RC, Hillier K, Cassidy M, de Haas W, Gillis AM. Electrosurgery in patients with pacemakers/implanted cardioverter defibrillators. *Ann Plast Surg*. 2006;57(1):33-6.

6. Ronzer MA. Review of electrical interference in implanted cardiac devices. *Pacing Clin Elelctrophysiol*. 2003;26(4):923-5.

7. Chehrazi B, Collins WF Jr. A comparison of effects of bipolar and monopolar electrocoagulation in brain. *J Neurosurg*. 1981;54(2):197-203.

8. Ott D. Smoke and particulate hazards during laparoscopic procedures. *Surgical Services Management*. 1997;3 (3):11-2.

9. Ulmer BC. Air quality in the operating room. *Surgical Services Management*. 1997;3(3):18-21.

10. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Control of Smoke From Laser/Electric Surgical Procedures. *Appl Occup Environ Hyg*. 1999;14 (2):71.

11. Neal JG, London SD, Kheir JN, Hunter FP, Thacker JG, Edlich RF. Studies of determinants of glove hole puncture during electrosurgery. *J Biomed Mater Res*. 1996;33(4):285-90.

.

Archive of SID

www.SID.ir