

## الکتروسرجری

(تاریخچه، اصول کاربرد و اجتناب از خطر)

دکتر بهادر اعلمی هرندی<sup>(۱)</sup>، دکتر سعیدرضا مهرپور<sup>(۲)</sup>

### Electrosurgery (History, Usage principles, Risk Avoidance)

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

#### خلاصه

استفاده از الکتروسیسته در اعمال جراحی تحول بزرگی را بوجود آورده است. جریان الکتروسیسته کمتر ۵ کیلوهرتز باعث الکترولیز شده و در اعمال جراحی زیبایی و از بین بردن پیاز مو بکار می‌رود. جریان الکتروسیسته 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 الکتروسیسته بالای ۳۵۰ کیلوهرتز اثر مرگ بار بر بدن ندارد ولی با ایجاد حرارت موجب بریدن و انعقاد نسوج بدن می‌گردد. جریان الکتروسیسته بالا و ولتاژ پایین باعث بریدن نسج و جریان الکتروسیسته پایین و ولتاژ بالا باعث انعقاد می‌شود. در الکتروکوتتری جریان الکتروسیسته از بدن عبور نمی‌کند بلکه حلقه فلزی بین دو قطب، گرم شده و حرارت آن باعث انعقاد نسوج می‌گردد.

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

واژه‌های کلیدی: الکتروسیسته، جراحی، انعقاد عروق با الکتروسیسته، کوتتری

#### 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 metallic 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; Electrocoagulation; 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

E-mail: mehrpour\_saeed@yahoo.com

دکتر سعیدرضا مهرپور

## تاریخچه

استفاده از گرما برای بند آوردن خونریزی سابقه طولانی دارد. «آمبرواز پاره»<sup>۱</sup> 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<sup>(۱)</sup>. استفاده از الکتریسیته برای بند آوردن خونریزی به سال ۱۹۲۶ باز می‌گردد. فیزیک‌دانی به نام «ویلیام بُوی»<sup>۲</sup> (شکل ۱) دستگاه برقی جهت بند آوردن خونریزی اختراع نمود که «هاروی کوشینگ»<sup>۳</sup> جراح مغز و اعصاب دانشگاه هاروارد (شکل ۲) آن را برای برداشتن تومورهای مغزی استفاده کرد<sup>(۳-۱)</sup>. پس از آن «کوشینگ» نتایج بیش از ۵۰۰ عمل جراحی مغز را به کمک دستگاه «بُوی» 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 به کار می‌رود به نام «بُوی» 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<sup>۴</sup> عبور می‌کند. به‌طور کلی دو نوع الکتریسیته

وجود دارد: جریان مستقیم که جریان برق از یک الکتروود خارج و در یک جهت حرکت کرده و به الکتروود دیگر وارد می‌شود؛ و جریان متناوب که جریان الکتریسیته مرتباً تغییر جهت می‌دهد. فرکانس این تغییرات در واحد زمان را با واحد هرتز<sup>۵</sup> (Hz) اندازه‌گیری می‌کنند. به‌طور کلی 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، فیبریلایسیون 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 ۳. اولین دستگاه الکتروسرجری طراحی شده توسط «بُوی»

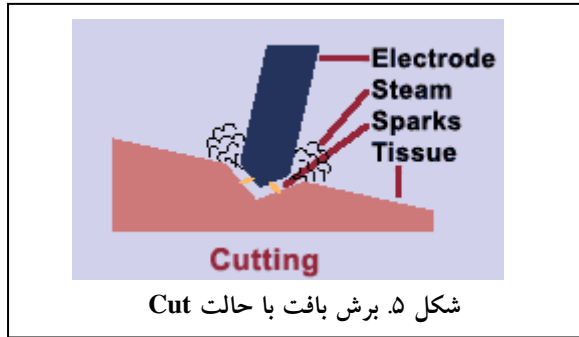


شکل ۲. هاروی کوشینگ (۱۸۶۹-۱۹۳۹)



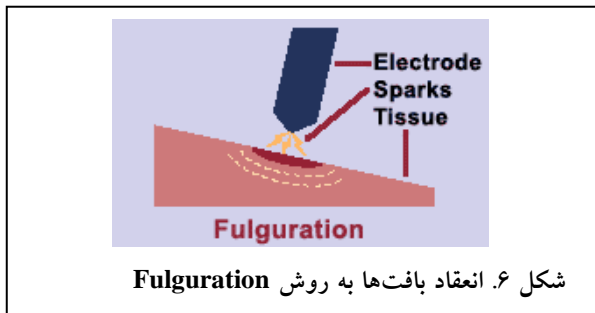
شکل ۱. ویلیام بُوی (۱۸۸۲-۱۹۵۸)

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 الکتروود باید از بافت اندکی فاصله داشته باشد تا cutting اتفاق بیافتد.

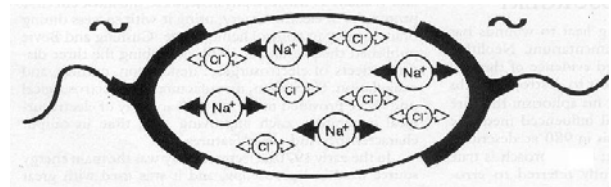


شکل ۵. برش بافت با حالت Cut

**Fulguration:** در این حالت جریان الکتریسیته با وقفه‌های طولانی به بافت می‌رسد، به طوری که 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؛ ذاتوره شده و سلول کلاپس می‌کند و موجب هموستاز می‌شود. در این مورد هم باید توجه داشت که جهت به دست آوردن این اثر باید نوک الکتروود از بافت فاصله داشته باشد. در این جا در حالی که نوک الکتروود 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



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

۳. تأثیرات گرمایی<sup>۱</sup>: جریان الکتریسیته بالاتر از ۳۵۰ کیلوهرتز تأثیرات مخرب قلبی بر روی بافت‌ها را ندارد و تأثیر گرمایی الکتریسیته بر نسوج خودنمایی می‌کند<sup>(۲)</sup> 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<sup>۲</sup> و انرژی<sup>۳</sup> 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

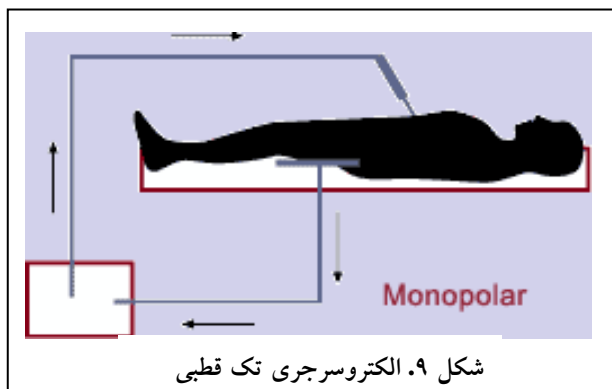
1. Thermal  
2. Current  
3. Power

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 الکتروود بازگشتی<sup>۱</sup> 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.

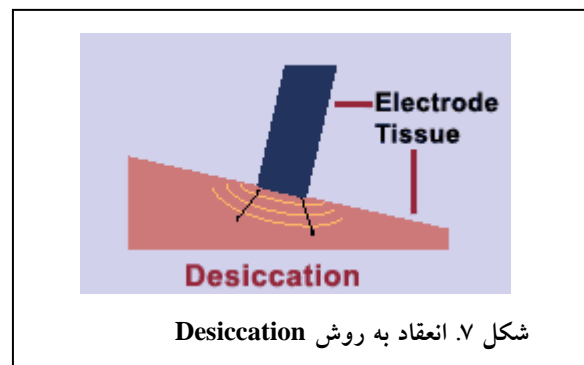
به‌طورکلی از دو نوع الکتروسرجری در اعمال جراحی استفاده می‌گردد:

**الکتروسرجری تک قطبی<sup>۲</sup>:** در این دستگاه یک قطب به‌صورت پدال زیر بدن گذاشته می‌شود و قطب دیگر الکتروود 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 الکتروود دیگر<sup>۳</sup> به دستگاه برگردانده می‌شود (شکل ۹).



نکته قابل توجه این است که زمانی که جریان الکتریسته در محلی کوچک تجمع می‌یابد<sup>۴</sup> اثرات گرمایی خود را بروز

**Desiccation:** در این حالت بر خلاف دو حالت قبل، نوک الکتروود 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.



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).



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

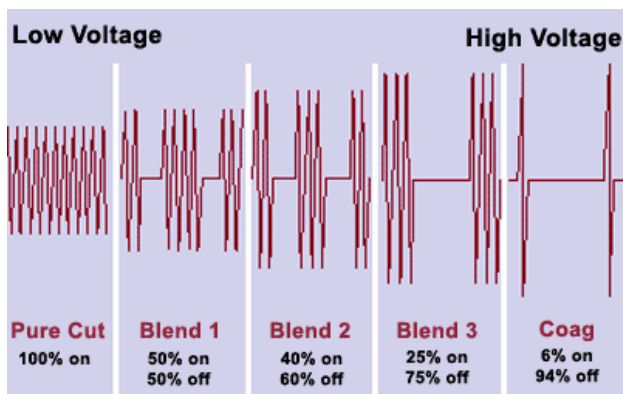


شکل ۱۱. در دو قطبی الکتروود فعال و الکتروود بازگشتی در مقابل هم قرار دارند.

این دستگاه برای بیمارانی که جریان عبور الکتروسیسته ممکن است برای آنها خطرانی به وجود آورد مثل افرادی که «پیس میکر»<sup>۴</sup> دارند مناسب می‌باشد.<sup>(۵،۶)</sup>

اما باید توجه داشت که اثرات گرمایی و هموستاز در دو قطبی به مراتب کمتر از جریان تک قطبی می‌باشد و در جراحی‌های مغز و جراحی‌های ظریف دست کاربرد دارد. در جراحی‌های بزرگ به خصوص آنهایی که خونریزی زیاد دارد بهتر است از جریان تک قطبی استفاده گردد.<sup>(۷)</sup>

**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.

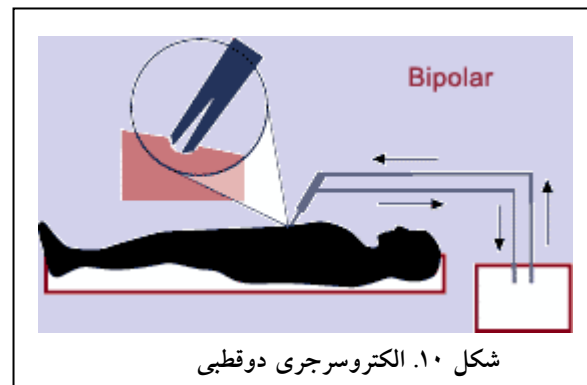


شکل ۱۲. حالت Blended در دستگاه‌های الکتروسرجری جهت بدست آوردن تأثیرات بافتی متفاوت

می‌دهد. بنابراین در نوک الکتروود که تجمع زیادی دارد اثرات گرمایی قابل توجه می‌باشد در حالی که در الکتروود دیگر که سطح وسیعی دارد اثرات گرمایی خیلی ناچیز است. بنابراین توجه به این نکته بسیار حیاتی است که همیشه قبل از عمل؛ محل الکتروود دیگر (الکتروود بازگشتی) توسط پزشک بازبینی شود. کنده شدن تدریجی الکتروود بازگشتی از پوست بیمار باعث افزایش شدت<sup>۱</sup> جریان در آن محل و باعث سوختگی‌های نابه‌جا می‌شود. بنابراین محل چسباندن الکتروود بازگشتی باید این خصوصیات را داشته باشد: کاملاً تمیز و اصلاح شده<sup>۲</sup> 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 دو قطبی<sup>۳</sup>:

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



1. Density
2. Shave
3. Bipolar electrocautery

**Smoke evacuation**

مطالعات متعددی نشان داده‌اند<sup>(۸-۱۰)</sup> 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<sup>(۹،۱۰)</sup>. 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 هنگامی که 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 الکتروود 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 الکتروود بازگشتی را بازرسی کنید. کنده شده تدریجی الکتروود بازگشتی از سطح بدن بیمار باعث سوختگی‌های عمیق و خطرناک برای بیماران می‌شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳. سوختگی محل الکتروود بازگشتی

- از الکتروودهای 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؛ در حین عمل از دو جفت دستکش استفاده کنید. زیرا سوراخ شدن دستکش در حین عمل باعث ایجاد جرقه در دست جراح می‌شود<sup>(۱۱)</sup>.

- 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 جزئی از مدار الکتریکی می‌باشد؛ اما آن چه باعث

<p>الکتروسرجری</p> <p>- برای جلوگیری از سوختگی در ناحیه الکتروود بازگشتی، همیشه محل قرارگیری این الکتروود باید توسط پزشک بررسی شود.</p>	<p>مجله جراحی استخوان و مفاصل ایران/ دوره پنجم، شماره ۱، پاییز ۱۳۸۵</p> <p>می‌شود بیمار دچار تحریک شدید و فیبریلاسیون نشود فرکانس بالای جریان می‌باشد (بیش از ۳۵۰ کیلوهرتز).</p> <p>- الکتروسرجری تک قطبی بیشتر در اعمال جراحی بزرگ و الکتروسرجری دو قطبی در اعمال جراحی ظریف و در بیمارانی که «پیس میکر» دارند استفاده می‌شود.</p>
---	---

### References

- O'Conner JL, Bloom DA, William T.** Bovie and electrosurgery. *Surgery*. 1996;119(4):390-6.
- Karmolowsky EV, Tucker RD.** The urological application of electrosurgery. *J Urol*. 1991;146:669-74.
- 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.
- Schmidt WH.** High frequency currents in surgery. *Surg Clin North Am*. 1939; 19: 1545-56.
- 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.
- Ronzer MA.** Review of electrical interference in implanted cardiac devices. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2003;26(4):923-5.
- Chehrazi B, Collins WF Jr.** A comparison of effects of bipolar and monopolar electrocoagulation in brain. *J Neurosurg*. 1981;54(2):197-203.
- Ott D.** Smoke and particulate hazards during laparoscopic procedures. *Surgical Services Management*. 1997;3 (3):11-2.
- Ulmer BC.** Air quality in the operating room. *Surgical Services Management*. 1997;3(3):18-21.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).** Control of Smoke From Laser/Electric Surgical Procedures. *Appl Occup Environ Hyg*. 1999;14 (2):71.
- 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.