



La Haute Ecole de la Province de Namur
188-190 Rue Henry Blès
5000 Namur

COLLART Elodie

Spécialisation en Pédiatrie

Electrochirurgie et Autres Techniques de Coagulation

Travail réalisé dans le cadre du cours de Pathologies Chirurgicales

Année Académique 2008-2009

Professeur P. Ercicum

Table des Matières

| | |
|---|----|
| Tables des matières | 2 |
| Introduction : propriétés de l'électricité | 4 |
| Principes d'électrochirurgie | 4 |
| • Electrocoagulation | 4 |
| • Principes de l'électrochirurgie en salle d'opération | 5 |
| • Spectre de fréquence | 5 |
| Les effets de l'électricité sur les tissus | 5 |
| Les effets de l'électrochirurgie sur les tissus | 6 |
| • La section électrochirurgicale | 6 |
| • La fulguration | 6 |
| • La dessiccation | 7 |
| • Variables modifiant l'effet de l'électrochirurgie sur les tissus | 7 |
| L'électrochirurgie monopolaire | 8 |
| • Le mode monopolaire | 8 |
| • Le circuit monopolaire | 8 |
| L'électrochirurgie bipolaire | 8 |
| • Le mode bipolaire | 8 |
| • Le circuit bipolaire | 9 |
| Les systèmes électrochirurgicaux reliés au sol | 9 |
| • Division du courant | 9 |
| - Brûlure sur une zone de fuite | 10 |
| Les systèmes électrochirurgicaux isolés | 10 |
| • Les systèmes isolés | 10 |
| • Désactivation du système isolé | 11 |
| La plaque électrochirurgicale | 11 |
| • Fonction de la plaque électrochirurgicale | 11 |
| - Contact idéal de la plaque en fonction de la dispersion du courant | 11 |
| - Contact dangereux de la plaque en fonction de la concentration du courant | 12 |
| • Caractéristiques de la plaque électrochirurgicale | 12 |
| • Localisation de la plaque électrochirurgicale | 13 |
| - Protocoles de pose | 13 |
| - Positionnement usuel des plaques souples à usage unique | 13 |
| La fumée chirurgicale | 14 |
| • Spectre de la fumée chirurgicale | 14 |
| • Systèmes d'évacuation de la fumée | 14 |
| • Recommandations pratiques en électrochirurgie | 14 |
| Chirurgie par laser | 15 |
| • Effets biologiques du laser | 15 |
| - Les différences de température utilisées | 15 |
| • La section au laser | 15 |
| • Cibler la zone chirurgicale | 16 |
| • Applications du laser en chirurgie | 16 |
| - Retrait de polypes et amygdales | 16 |
| - Résection transurétrale | 16 |
| - Excavation de tissus | 16 |
| - Coagulation « à ciel ouvert » avec le laser et avec l'électrochirurgie | 16 |
| - Coagulation au bistouri électrique mono ou bipolaire | 17 |
| - Coagulation par aspiration | 17 |
| • Sécurité pour le patient et le chirurgien | 17 |

| | |
|--|----|
| • La fumée chirurgicale | 17 |
| • Rentabilité | 18 |
| • Laser versus électrochirurgie : conclusion | 18 |
| Chirurgie par ultrasons | 18 |
| • Principe de fonctionnement | 18 |
| • Avantages | 19 |
| Le Système LigaSure™ | 19 |
| • Présentation et principe de fonctionnement | 19 |
| • Avantages | 20 |
| • Applications en chirurgie | 21 |
| Recommandations de sécurité en salle d'opération | 21 |
| Conclusion | 22 |
| Bibliographie | 23 |

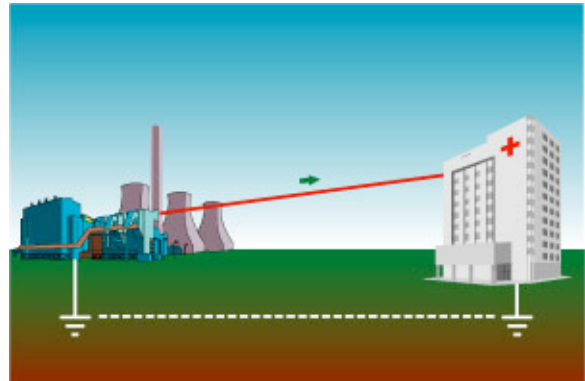
Introduction : propriétés de l'électricité

Courant = Flux d'électrons pendant un temps donné, mesuré en ampères

Circuit = Voie pour un flux ininterrompu d'électrons

Tension = Force poussant le courant à travers la résistance, mesurée en volts

Résistance = Obstacle au flux du courant, mesurée en ohms (= impédance)



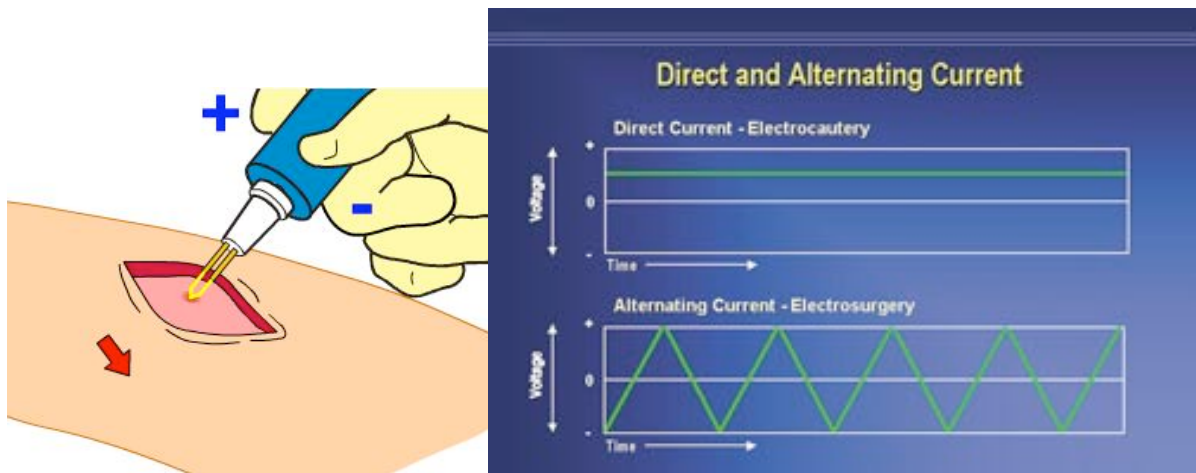
Plusieurs propriétés de l'électricité doivent d'abord être comprises pour comprendre l'électrochirurgie. Les électrons sont en orbite autour du noyau de l'atome. Un courant est produit quand les électrons glissent d'un atome vers l'orbite d'un atome adjacent. La tension est la « force » ou la « poussée » qui fournit aux électrons la capacité de voyager d'atome en atome. Si les électrons rencontrent une résistance, de la chaleur peut être produite. La résistance à un flux d'électrons est appelée impédance.

Un circuit complet doit exister pour permettre le flux d'électrons. Un circuit complet comprend un chemin intact à travers lequel les électrons peuvent voyager. Dans cette illustration, la tension est produite par un générateur donnant la force aux électrons de voyager à travers le circuit. La source originelle de ces électrons est la terre (le sol). Pour compléter le circuit, les électrons doivent retourner au sol. N'importe quel objet au sol peut compléter le circuit – permettant au flux d'électrons de se disperser dans le sol.

Principes d'électrochirurgie

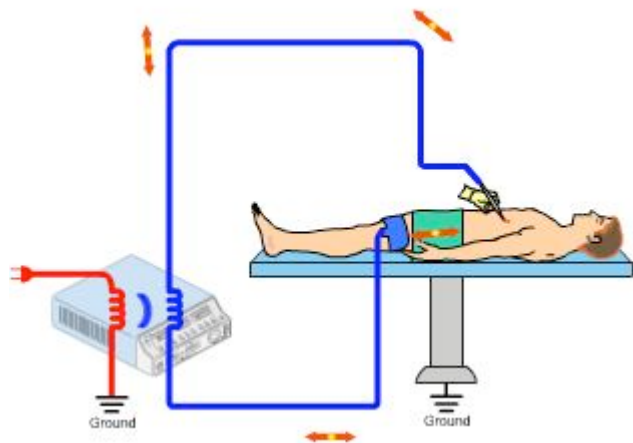
Electrocoagulation

Souvent, l'électrocoagulation est utilisée pour décrire l'électrochirurgie. Ce qui est incorrect. L'électrocoagulation réfère à un courant direct (électrons allant dans une direction) alors que l'électrochirurgie utilise le courant alternatif. Durant l'électrocoagulation, le courant n'entre pas dans le corps du patient. Seuls les fils chauffés sont en contact avec les tissus. En électrochirurgie, le patient est inclus dans le circuit et le courant traverse son corps.



Principes de l'électrochirurgie en salle d'opération

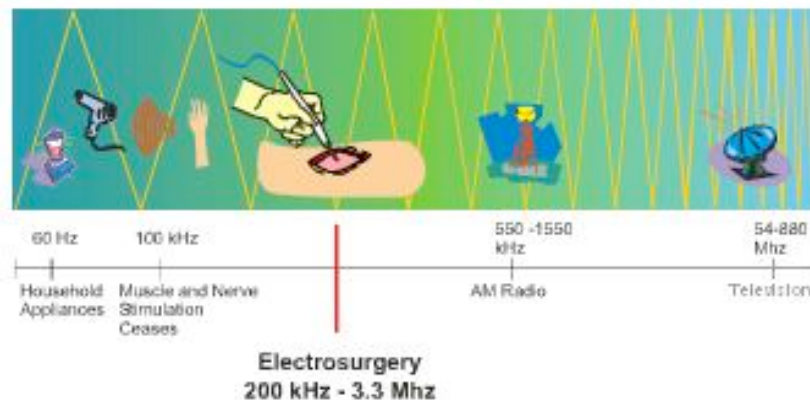
Les principes de l'électricité trouvent leur utilité en salle d'opération. Le générateur électrochirurgical est la source du flux d'électrons et de la tension. Le circuit est composé du générateur, d'électrodes actives, du patient et d'une électrode de retour, la plaque électrochirurgicale. Des chemins au sol sont nombreux, ils peuvent inclure la table d'opération, les étrières, les membres du personnel et l'équipement. Les tissus du patient créent l'impédance, produisant de la chaleur lorsque les électrons traversent la résistance.



Spectre de fréquence

Le courant électrique standard varie à une fréquence de 50 à 60 cycles par secondes (Hz). Les systèmes électrochirurgicaux peuvent fonctionner à cette fréquence mais étant donné que le courant serait transmis à travers le corps à 60 Hz, il pourrait résulter une stimulation neuromusculaire excessive, voire une électrocution.

Etant donné que la stimulation des nerfs et des muscles cesse à 100 kHz, l'électrochirurgie peut être utilisée en toute sécurité à des « radiofréquences » au-delà de 100 kHz. Un générateur électrochirurgical utilise un courant de 60 Hz et en augmente la fréquence jusque plus de 200 kHz. A cette fréquence, l'énergie électrochirurgicale peut traverser le patient sans risque d'électrocution et avec une stimulation neuromusculaire minimale.

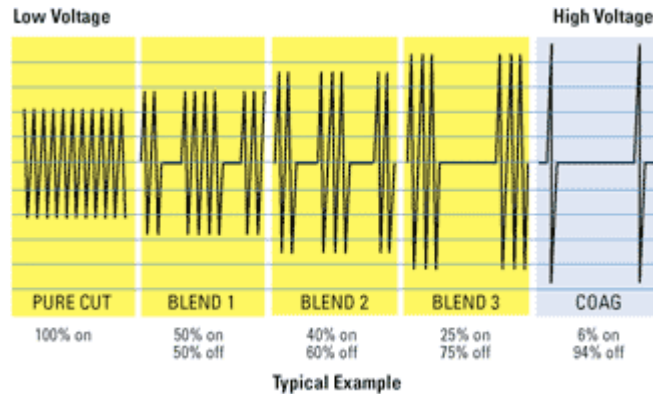


Les effets de l'électricité sur les tissus

Les générateurs électrochirurgicaux sont capables de produire une grande diversité d'ondes électriques. A toute modification de l'onde électrique correspond un effet sur les tissus. En utilisant une onde constante, le chirurgien peut soit détruire ou couper les tissus. Ce type d'onde produit de la chaleur très rapidement.

Utiliser une onde discontinue permet au générateur de modifier l'onde de telle façon que le cycle actif est réduit. Ce type d'onde produit moins de chaleur. A la place d'une destruction de tissus, une coagulation se produit.

Un « courant mixte » n'est pas un mélange de courants de section et de coagulation mais plutôt une modification du cycle actif. Lorsque vous allez de *blend 1* à *blend 3*, le cycle actif est progressivement réduit. Un cycle actif plus court produit moins de chaleur. En conséquence, *blend 1* est capable de détruire les tissus avec une hémostase minimale, alors que *blend 3* est moins efficace pour couper les tissus mais permet une hémostase maximale.

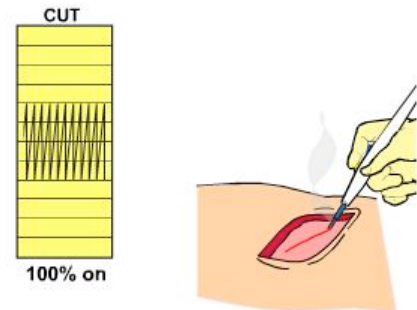


La seule variable déterminant si une onde permet la section des tissus et une autre la coagulation est la rapidité avec laquelle la chaleur est produite. Une forte chaleur produite rapidement permet la section. Une faible chaleur produite plus lentement permet la coagulation. N'importe lequel des cinq types d'ondes peut accomplir les deux tâches en modifiant seulement les variables qui ont un effet sur le tissu.

Effets de l'électrochirurgie sur les tissus

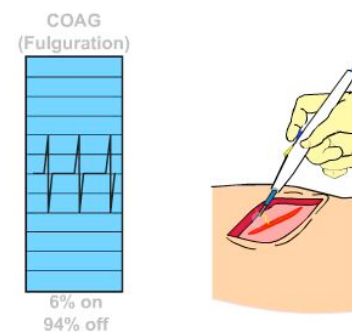
La section électrochirurgicale

La section électrochirurgicale divise les tissus grâce à des arcs électriques concentrant une chaleur intense sur le site chirurgical. Sur le tissu, le chirurgien produit un arc par une concentration maximale du courant. Pour créer cet arc, le chirurgien doit tenir l'électrode légèrement éloignée du tissu. Ceci produira une plus grosse charge de chaleur durant une courte période temps, résultant en la section du tissu.



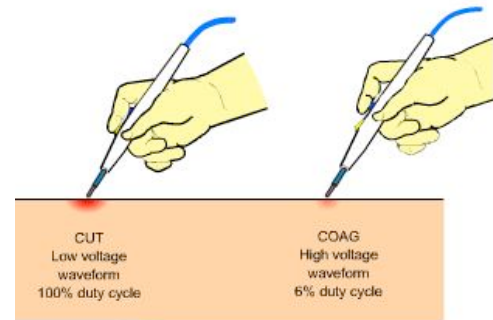
La fulguration

La fulguration électrochirurgicale (arc électrique associé à une onde de coagulation) coagule et calcine le tissu sur une large zone. Parce que le cycle actif est seulement de 6% environ, moins de chaleur est produite. Le résultat est une coagulation plutôt qu'une section cellulaire. Afin de passer outre la forte impédance de l'air, l'onde de coagulation a une tension significativement plus haute que celle du courant de section. L'utilisation d'un courant de coagulation à haute tension est préférée dans la chirurgie par coelioscopie.

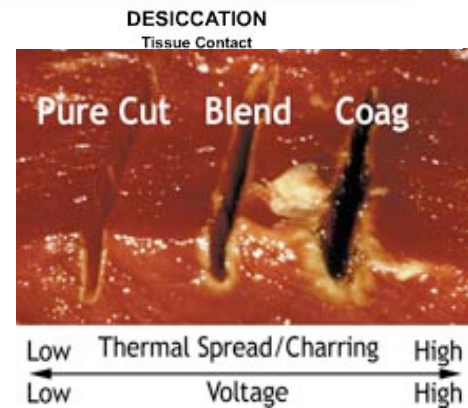


La dessiccation

La dessiccation électrochirurgicale survient quand l'électrode est en contact direct avec le tissu. La dessiccation est réalisée plus efficacement avec l'onde de section. En touchant le tissu avec l'électrode, la concentration du courant est réduite. Moins de chaleur est générée et aucune section n'est réalisée. Les cellules se déshydratent et forment un caillot plutôt que d'être vaporisées et d'exploser.



Beaucoup de chirurgiens sectionnent systématiquement les tissus avec le courant de coagulation. De la même façon, vous pouvez coaguler les tissus en utilisant le courant de section, en tenant l'électrode en contact direct avec les tissus. Il peut être nécessaire d'ajuster les réglages de puissance et la taille de l'électrode pour obtenir l'effet chirurgical désiré. L'avantage de coaguler avec le courant de section est l'utilisation d'une moindre tension. De la même façon, sectionner les tissus avec le courant de section peut aussi être accompli avec moins de tension. C'est un facteur important durant les procédures par coelioscopie.



Variables modifiant l'effet de l'électrochirurgie sur les tissus

- Type d'onde électrique
- Réglages de puissance
- Taille des électrodes
- Temps
- Manipulation des électrodes
- Type de tissu
- Escarre

Associées au type d'onde et aux réglages de puissance, d'autres variables influent les effets sur les tissus. Elles incluent :

Taille des électrodes : plus petites sont les électrodes, plus le courant est concentré. En conséquence, les mêmes effets sur le tissu peuvent être obtenus avec une plus petite électrode, même si le réglage de la puissance est réduit.

Temps : à n'importe quel réglage donné, plus le générateur est activé longtemps, plus de chaleur est produite. Et plus la chaleur est grande, au plus loin cela va s'étendre aux tissus adjacents (propagation thermique).

Manipulation des électrodes : cela détermine si l'on produit une section ou une coagulation. C'est fonction de la densité du courant et de la chaleur produite si l'on génère un arc électrique vers le tissu ou si l'électrode est en contact direct avec le tissu.

Type de Tissus : la résistance varie en fonction du type de tissu.

Escarre : l'escarre présente une résistance relativement importante au courant. Garder les électrodes propres et sans escarres améliorera la performance en maintenant une moindre résistance dans le circuit chirurgical.

Electrochirurgie monopolaire

L'électrode active est dans l'incision.

L'électrode de retour (plaque) est collée à un autre endroit sur le patient.

Le courant doit passer à travers le patient vers l'électrode de retour.

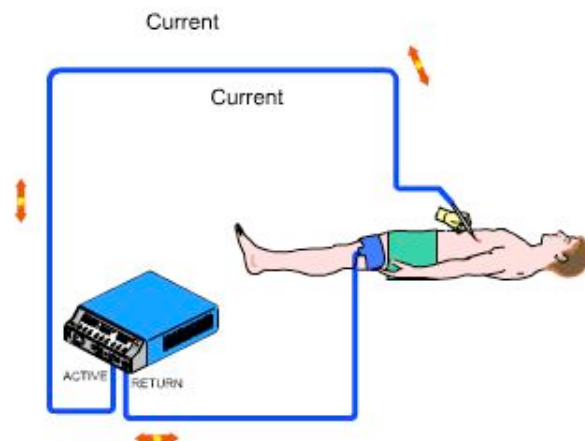
Mode monopolaire

Le mode monopolaire est le plus communément utilisé en électrochirurgie. Cela est dû à sa polyvalence et son efficacité clinique. En électrochirurgie monopolaire, l'électrode active est dans le site chirurgical. L'électrode de retour ou plaque électrochirurgicale est placée autre part sur le corps du patient. Le courant passe à travers le patient et complète le circuit en allant de l'électrode active vers l'électrode de retour.

Circuit monopolaire

Cette illustration représente un circuit monopolaire typique. Il y a quatre composants au circuit monopolaire :

- Le générateur
- L'électrode active
- Le patient
- L'électrode de retour (plaque)



Electrochirurgie bipolaire

La production active et les fonctions de retour du patient sont toutes deux accomplies sur le site de chirurgie.

Le chemin du courant est limité au tissu saisi entre les extrémités de la pince.

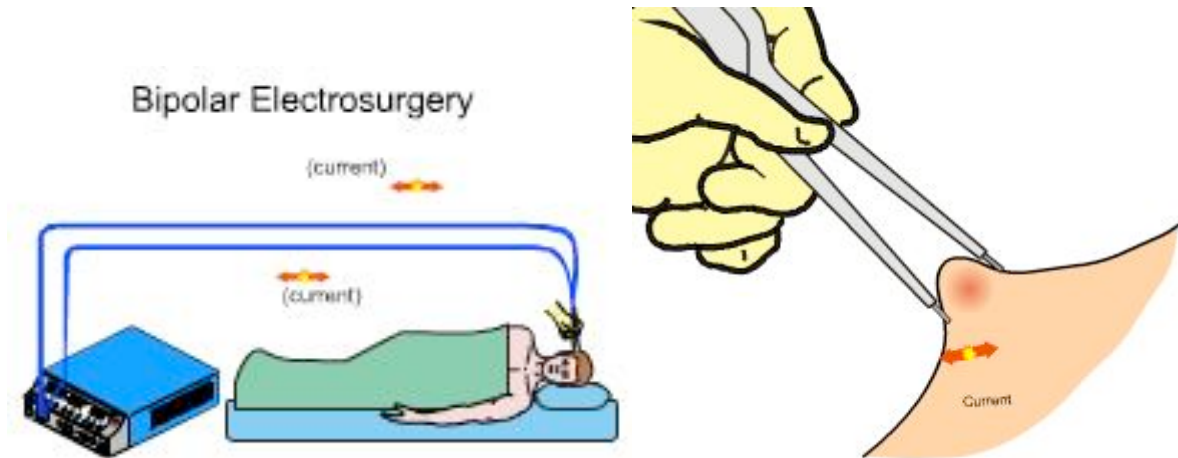
L'électrode de retour (plaque) ne doit pas être utilisée pour les procédures qui ne requièrent que le mode bipolaire.

Mode bipolaire

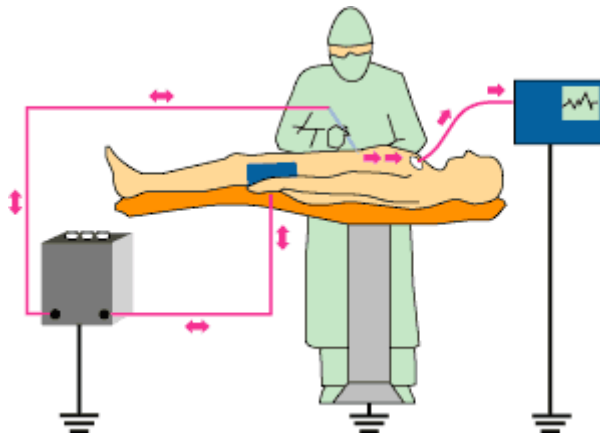
En électrochirurgie bipolaire, les fonctions d'électrodes actives et de retour sont toutes deux accomplies sur le site de chirurgie. Les deux extrémités de la pince jouent le rôle d'électrode active et de retour. Seulement le tissu saisi est inclus dans le circuit électrique. Etant donné que la fonction de retour est le rôle d'une extrémité de la pince, il n'est pas besoin d'une électrode-patient de retour.

Circuit Bipolaire

Cette illustration représente un circuit bipolaire typique.



Systèmes électrochirurgicaux reliés au sol

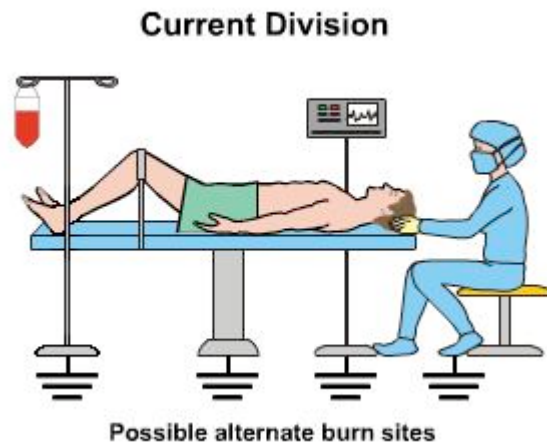


La technologie électrochirurgicale a beaucoup évolué depuis son apparition dans les années 1920. Les générateurs fonctionnent grâce au courant alternatif et augmente sa fréquence de 50-60 Hz à plus de 200 kHz. A la base, les générateurs utilisaient des courants venant du sol à partir d'une prise murale. On pensait que, une fois le courant entré dans le corps du patient, il retournerait au sol via la plaque. Mais l'électricité cherche toujours le chemin offrant le moins de résistance. Quand plusieurs objets conducteurs sont en contact avec le patient et mènent au sol, le courant choisira comme chemin vers le sol l'objet le plus conducteur – qui peut ne pas être l'électrode de retour. La concentration du courant à ce point de contact peut amener à une brûlure au site de contact.

Division du courant

Avec le phénomène appelé division du courant, le courant peut se séparer (ou se diviser) et suivre plus d'une voie vers le sol. Le circuit vers le sol est complété soit lorsqu'il voyage à travers le circuit électrochirurgical prévu via la plaque, soit via un site de sortie différent référencé. Les patients sont donc exposés à des risques de brûlures par les courants de fuite via des zones de moindres résistances car :

- (1) Le courant suit la voie la plus conductrice ;
- (2) N'importe quel objet en contact avec le sol, pas seulement le générateur, peut compléter le circuit ;
- (3) L'environnement chirurgical offre de nombreuses voies alternatives vers le sol ;
- (4) Si la résistance du chemin alternatif est assez faible et si le courant qui passe par cette voie est suffisamment concentré, une brûlure involontaire peut être induite sur la zone de fuite.



Brûlure sur une zone de fuite

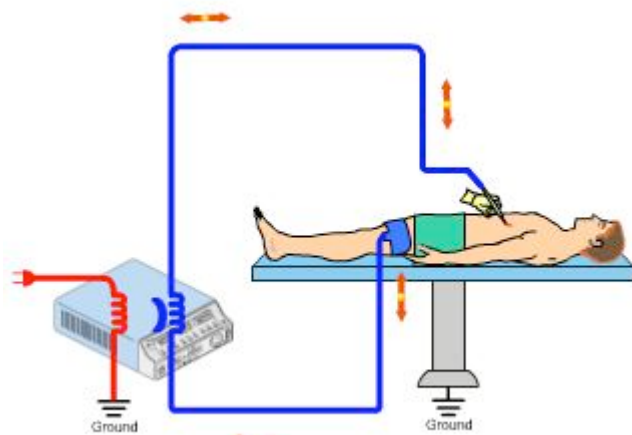
Cette image montre une brûlure sur une zone de fuite lorsqu'un générateur électrochirurgical au sol était utilisé avec un dispositif d'ECG référencé au sol. L'électrode de l'ECG a offert un chemin vers le sol de moindre résistance ; cependant, cela n'a pas dispersé le courant sur une zone assez large. La chaleur a produit une brûlure sur une zone de fuite alternative due à la concentration du courant. La zone concernée étant située sous l'électrode ECG.



Systemes électrochirurgicaux isolés

Systeme isolé

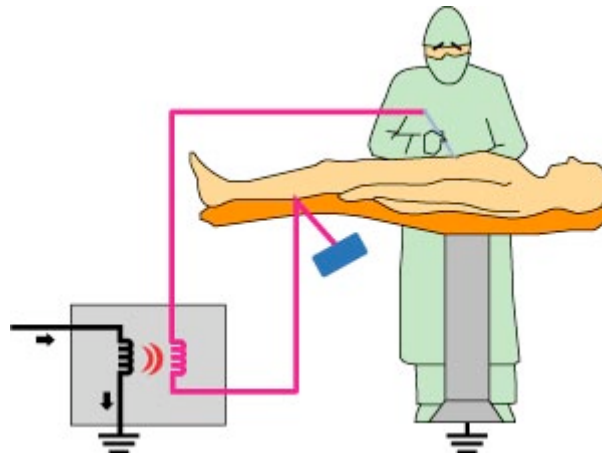
En 1968, l'électrochirurgie fut révolutionnée par la technologie du générateur isolé. Le générateur isolé isole le courant thérapeutique du sol en le référençant dans le circuit du générateur. Autrement dit, dans un système électrochirurgical isolé, le circuit n'est pas complété par le sol mais par le générateur. Même si des objets conducteurs restent à proximité du champ opératoire, le courant électrochirurgical des générateurs isolés n'inclura pas ces objets au sol dans le circuit. L'énergie électrochirurgicale isolée reconnaît la plaque électrochirurgicale comme étant la voie de retour préférentielle au générateur.



En supprimant le sol comme référence pour le courant, le générateur isolé élimine beaucoup des risques inhérents aux systèmes reliés au sol, notamment la division du courant et les brûlures des zones de fuite.

Désactivation du système isolé

Si le circuit vers l'électrode de retour est brisé, un générateur isolé désactivera le système car le courant ne peut pas retourner à sa source.



Les générateurs avec des circuits isolés minimisent les risques de zones de fuites alternatives mais ne protègent pas le patient des brûlures de la plaque.

Historiquement, les brûlures dues aux plaques électrochirurgicales entrent pour 70% des blessures reportées lors d'électrochirurgie. Les plaques électrochirurgicales ne sont pas des électrodes « inactives » ou « passives ». Les seules différences entre l'électrode « active » et la plaque électrochirurgicale sont leur taille et leur conductivité relative. La qualité de la conductivité et la zone de contact entre la plaque et le patient doivent être maintenues pour prévenir une blessure au site de la plaque électrochirurgicale.

La plaque électrochirurgicale

Fonction de la plaque électrochirurgicale

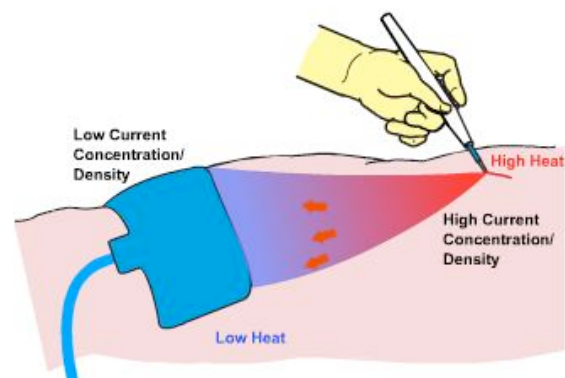
La fonction de la plaque électrochirurgicale est de permettre la sortie du courant du corps du patient de manière sécurisée. Une brûlure du site de la plaque survient lorsque la chaleur produite, par rapport au temps, n'est pas dissipée de manière sécurisée par la taille ou la conductivité de la plaque.

$$\text{BURN} = \frac{\text{CURRENT} \times \text{TIME}}{\text{AREA}}$$

Contact idéal de la plaque en fonction de la dispersion du courant

La plaque électrochirurgicale idéale collecte le courant délivré au patient pendant l'électrochirurgie et le décharge de manière sécurisée. Pour éliminer le risque d'une concentration du courant, la plaque doit présenter une large zone de contact avec une faible résistance. L'électrode doit être placée sur un tissu conducteur pour assurer la sécurité du site opératoire.

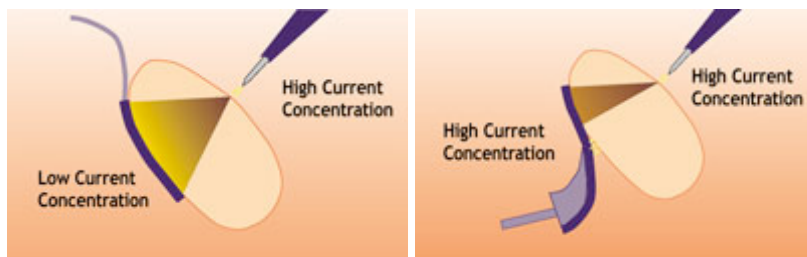
À nouveau, les seules différences entre l'électrode active et la plaque sont leur taille et leur conductivité.



Concentrez les électrons au niveau de l'électrode active et une forte chaleur est produite. Dispersez ce même courant sur une plaque comparativement plus large et une faible chaleur est produite.

Contact dangereux de la plaque en fonction de la concentration du courant

Si la surface de la zone de contact entre le patient et la plaque électrochirurgicale est diminuée, ou si l'impédance de cette zone est augmentée, une situation dangereuse peut se développer. Dans le cas d'une zone de contact réduite, le courant est concentré sur une petite zone. Si la concentration à la plaque augmente, la température au site de la plaque augmente. Si la température du site de la plaque augmente assez, une brûlure peut survenir chez le patient. La surface de la zone d'impédance peut être modifiée par : une pilosité excessive, du tissu adipeux, des proéminences osseuses, une infiltration de liquide, un décollement de la plaque, des tissus cicatriciels, et beaucoup d'autres variables.



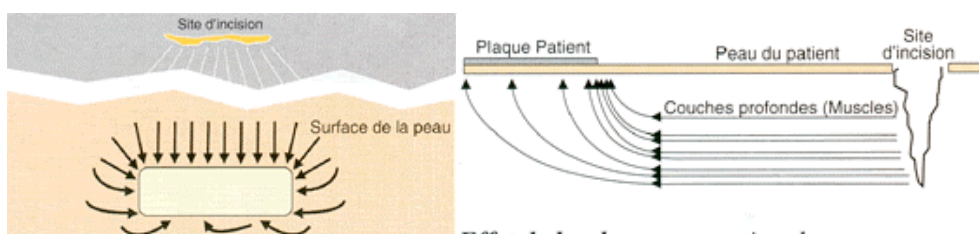
Plus l'énergie est concentrée, plus grand est l'effet thermodynamique.

Caractéristiques de la plaque électrochirurgicale

La conception et la structure de la plaque sont donc essentielles pour obtenir une sécurité du patient optimale.

Une plaque électrochirurgicale doit avoir les caractéristiques suivantes :

- **Avoir une adhésion parfaite au niveau de la peau :** Pour obtenir la meilleure adhésion possible, il est nécessaire d'avoir des plaques très fines et très souples.
- **Avoir une conduction du courant optimale :** L'utilisation d'un adhésif conducteur hydrophile, tout en permettant d'établir un contact le meilleur possible, assurera en plus une jonction parfaite dans le temps grâce à l'absorption de la transpiration. Le retour du courant HF sera de plus optimisé tout au long de l'intervention grâce aux ions de la perspiration.
- **Avoir une bordure isolante :** Ceci est essentiel et évite l'infiltration de tous antiseptiques et fluides chirurgicaux.
- **Eviter les zones d'échauffement et prévenir les brûlures :** La structure de la plaque devra aussi être conçue pour éviter les effets d'angle et les effets de bord. Ceci peut être obtenu par des anneaux de répartition à base de gels adhésifs conducteurs ayant des impédances différentes. La transition du courant vers l'intérieur de la plaque étant facilitée, les phénomènes de bord et d'angles sont ainsi diminués. Le concept de répartition d'impédance permet de réduire la taille des plaques et de faciliter la pose au plus près de la zone opératoire.



Effet d'angle : concentration supérieure du courant dans les deux angles de la plaque les plus proches du site d'incision.

Effet de bord : concentration du courant sur le bord de la plaque le plus proche du site d'incision.

- **La taille** : La zone conductrice doit être suffisante afin d'éviter une concentration de la chaleur et cependant avoir une surface réduite afin de pouvoir appliquer la plaque le plus près possible de la zone opératoire.

- **Compatibilité avec les bistouris** : Les plaques utilisées doivent être certifiées compatibles avec le bistouri.

Localisation de la plaque électrochirurgicale

Choisir : Zone musculaire bien vascularisée

Eviter : Zone insuffisamment vascularisée

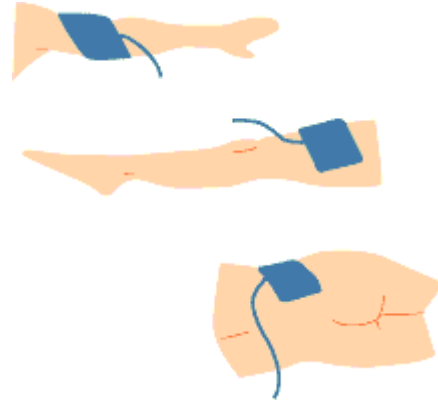
Contours irréguliers du corps

Proéminences osseuses

Considérer : Site d'incision et champ opératoire

Position du patient

Autre équipement sur le patient



Protocoles de pose

- Vérifier l'intégrité du câble et le système d'alarme plaque du générateur d'électrochirurgie ;

- Préparer et tondre le site d'application choisi ;

- Choisir un site bien vascularisé, le plus près possible du site opératoire (importance de la taille de la plaque). Eviter les proéminences osseuses et la proximité des prothèses métalliques ;

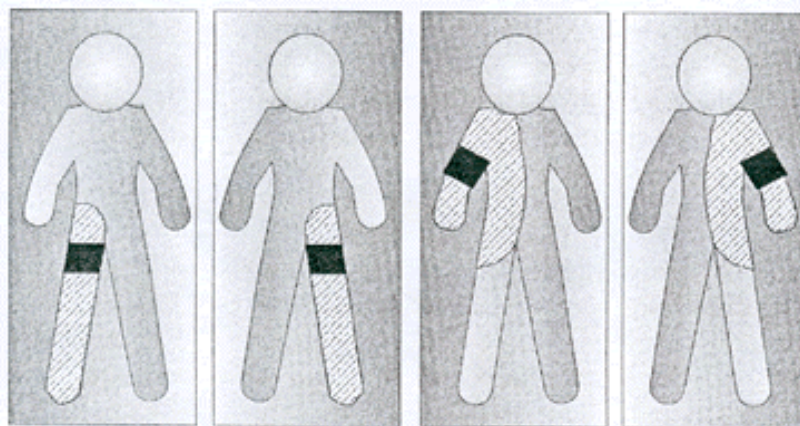
- Appliquer la plaque en prenant soin de bien la lisser sur toute la surface ;

- Vérifier le bon contact plaque/peau ;

- Eviter tout trajet cardiaque.

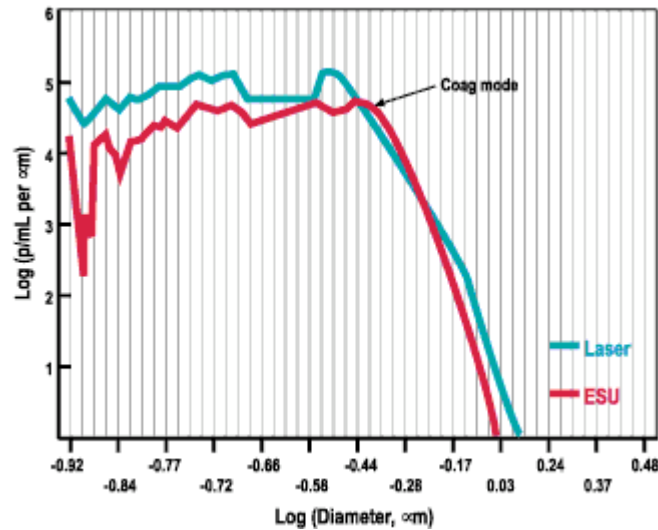


Positionnement usuel des plaques souples a usage unique



Fumée chirurgicale

Spectre de la fume chirurgicale



La fumée chirurgicale est produite lorsque les tissus sont échauffés et que le liquide intracellulaire est vaporisé par l'action thermique d'une source d'énergie.

Les recherches ont montré que la fumée produite par l'électrochirurgie est similaire dans sa composition de celle produite par un laser chirurgical. Si l'on évacue les volutes de fumée produites par un laser, il faut en faire de même avec la fumée générée par les générateurs électrochirurgicaux. De l'ADN viral, des bactéries, des substances cancérigènes et des agents irritants sont connus pour être présents dans la fumée électrochirurgicale. Comme indiqué par les recommandations universelles, un système d'évacuation des fumées doit être utilisé.

Le NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) et le CDC (Center for Disease Control) ont également étudié la fumée chirurgicale. Ils ont conclu :

« Les recherches ont confirmés que les volutes de fumée peuvent contenir des gaz et des vapeurs toxiques tels que du benzène, du cyanure d'hydrogène, et du formaldéhyde, des bio-aérosols, du matériel vivant ou mort (dont du sang) et des virus. »

Systèmes d'évacuation de la fumée

De nouveaux produits ont été introduits pour une évacuation de la fumée plus facile et plus efficace. Les systèmes d'évacuation de la fumée peuvent, aujourd'hui, être directement couplés à un bistouri électrique standard.

Recommandations pratiques en électrochirurgie

L'association des infirmières de salle d'opération (AORN) ont révisé les recommandations pratiques en électrochirurgie dans le « *1994 AORN Standards and Recommended Practices for Perioperative Nursing* ». Elles y ont inclus une recommandation en matière d'évacuation de la fumée chirurgicale ; cette recommandation a été mise à jour en 1998.

« Les volutes de fumée générées par l'électrochirurgie contient des produits chimiques. Le "Occupational Safety and Health Administration" recommande l'utilisation de systèmes d'évacuation de la fumée pour réduire les risques potentiels aigus et chroniques sur la santé des patients et du personnel. »

AORN Recommended Practices for Electrosurgery 2003

Chirurgie par laser

Ces dernières années, la technologie laser a trouvé une utilisation à grande échelle dans presque tous les domaines, y compris la chirurgie. Le laser est « l'intensification de lumière », et un faisceau laser permet de couper ou de coaguler. Les lasers et l'électrochirurgie travaillent tous deux sur un principe biologique similaire : le fluide cellulaire est chauffé de manière intensive, ce qui amène la membrane cellulaire à exploser (section) ou à se déshydrater (coagulation).

La chirurgie au laser a été introduite au début des années 1950, mais n'est devenue populaire qu'au cours des dix dernières années. Il existe de nombreux types de lasers.

Effets biologiques du laser

En électrochirurgie, la forte densité du courant appliquée par l'électrode électrochirurgicale active provoque une action de coupe, à condition que l'électrode ait une petite surface.

Selon la forme de l'électrode, la fréquence et la modulation des ondes, la tension, le courant et l'impédance du générateur, la coupe peut être lisse, sans aucun arc, ou elle peut carboniser et brûler les tissus.

Cette grande variété d'effets sur les tissus est souvent ignorée ou incomprise, c'est pourquoi certains chirurgiens prétendent que la coupe avec un scalpel électrochirurgical offre une meilleure cicatrisation de la plaie qu'au laser, alors que d'autres prétendent le contraire. La coagulation électrochirurgicale peut-être effectuée de nombreuses manières différentes – du contact lent et délicat avec un bistouri électrique bipolaire, à la carbonisation par la lumière et la combustion par fulguration. L'effet biologique, en conséquence, sera sensiblement différent, allant de la déshydratation des tissus doux à la combustion, voire même à la carbonisation.

Les différences de températures utilisées

La température lors des différents processus de la coagulation peut varier de 100°C à plus de 500°C.

À la vue de ces nombreuses possibilités, et en regardant les bandes vidéo produites par d'éminents chirurgiens, on peut voir pourquoi les déclarations sont faites en faveur de la chirurgie au laser.

Le faisceau laser a un effet semblable à la coupe électrochirurgicale, sans contact avec les tissus, mais vu qu'il y a moins de variables entrant en compte avec le laser, la découpe est plus uniforme. Cela pourrait être un avantage pour certains chirurgiens, mais un inconvénient pour d'autres, cela en fonction de nombreux facteurs.

La coagulation au laser est similaire à la coagulation par fulguration, mais peut-être plus contrôlable et prévisible. Encore une fois, cela dépend de l'instrumentation et de l'expérience, ainsi que les différentes modalités.

La section au laser

L'électrode active électrochirurgicale utilisée pour la section peut être une micro-aiguille, une lancette, un couteau, un fil ou un lasso, ou même un scalpel ou des ciseaux énergisés. Cela montre les nombreuses possibilités et l'importance de choisir le dispositif adéquat - parce que l'électrode détermine également la performance de coupe. En outre, le courant est un facteur important dans la performance de coupe. Un courant non modulé est plus approprié pour la coupe au scalpel, alors que la modulation du courant donne une coupe avec coagulation prédéterminée.

L'intensité du courant sélectionnée, ainsi que l'impédance de sortie du générateur, sont également importants en matière de performance de coupe. Au vu des nombreux paramètres et du choix, il n'est pas étonnant que certains chirurgiens ne soient pas satisfaits de la performance de coupe de leurs

systèmes électrochirurgicaux ; certains estiment que le choix de la bonne électrode garantit à lui seul les résultats escomptés. Si tous les paramètres mentionnés sont pris en considération, et compris, la coupe électrochirurgicale sera la plus proche de ce que désirent les chirurgiens.

La section au laser semble être plus simple en ce qui concerne le nombre de paramètres à prendre en considération ; le chirurgien n'a besoin que de viser et sélectionner la bonne intensité. Cependant, l'excavation de tissus n'est tout simplement pas possible avec le laser.

Cibler la zone chirurgicale

Le ciblage de l'intervention chirurgicale est évidemment plus simple avec la méthode électrochirurgicale parce que, même sous le microscope, l'électrode active est d'abord alignée sur l'approche, puis seulement le générateur est activé. Avec une pince à coagulation unipolaire ou bipolaire, le ciblage est non seulement plus simple, mais la pince est également utilisée pour fermer mécaniquement les vaisseaux. C'est quelque chose que le laser ne peut pas faire.

Le ciblage du faisceau laser est beaucoup plus difficile, et nécessite généralement un coûteux système optique. Une fois que le laser est activé, le faisceau doit se trouver sur la cible, il n'y a pas de manipulation mécanique possible.

Applications du laser en chirurgie

Retrait de polypes et amygdales

Le retrait de polypes nasaux, des amygdales et de polypes coliques est devenu une méthode établie de traitement par électrochirurgie. Alors que le fil étrangle le polype, le courant électrochirurgical le coupe et coagule simultanément.

Sans la modalité électrochirurgicale, la polypectomie endoscopique ne serait pas possible. Le laser n'est pas adapté à cette procédure chirurgicale.

Résection transurétrale

La chirurgie endoscopique de la vessie est devenue possible après que l'électrochirurgie ait été introduite. Alors que la cryothérapie a aussi été utilisée dans cette discipline, elle n'a pas été établie comme une méthode pratique.

Le laser (YAG) est maintenant mis en place pour certains processus de coagulation dans la vessie, avec des résultats prometteurs. Cependant, la résection transurétrale reste une opération électrochirurgicale.

Excavation de tissus

Les électrodes électrochirurgicales actives peuvent être façonnées dans toutes les formes adaptées aux exigences anatomiques. La résection de tissus, en particulier dans la chirurgie des tumeurs avec l'utilisation d'un fil ou d'un lasso, est une méthode pratique et préventive par rapport à la résection de tissus à l'acier froid.

Le faisceau laser n'est pas adapté pour l'excavation de tissus.

Coagulation « à ciel ouvert » avec le laser et avec l'électrochirurgie

Pour cette intervention chirurgicale, les deux modalités sont peut-être aussi valables, et certains se prononcent en faveur du laser comme étant une modalité plus prévisible. D'autre part, si le chirurgien choisit le type d'onde, l'intensité, et l'électrode appropriées, il peut produire des résultats prévisibles et délicats. Des dermatologues et des gynécologues ont prouvé que l'électrochirurgie est à l'abri des complications. Toutefois, si des paramètres importants ne sont pas soigneusement pris en compte, ni l'électrochirurgie ni le laser ne seront à l'abri de complications.

Il est généralement affirmé que le faisceau laser est plus efficace en ce qui concerne la coagulation de précision. Sous le microscope, toutefois, on peut démontrer que le processus micro-électrochirurgical peut-être égal et peut-être même plus simple à appliquer si une unité de microchirurgie et les électrodes sont utilisées.

Coagulation au bistouri électrique mono ou bipolaire

Avec une bonne utilisation, les procédures d'électrochirurgie sont devenues plus simples, ce qui a permis une diminution du temps d'intervention et donc une diminution de la perte de sang, en particulier lorsque le bistouri électrique bipolaire est utilisé. Avec une pince bipolaire et un générateur, les procédures microchirurgicales délicates peuvent être effectuées.

La chirurgie au laser n'a pas de possibilités de participation de cette importante intervention chirurgicale.

Coagulation par aspiration

De nombreuses procédures chirurgicales, de la micro à la macro-chirurgie, en ORL, neurochirurgie, laparoscopie et procédures microchirurgicales, utilisent des canules d'aspiration et une combinaison de l'aspiration et la coagulation. Le courant haute-fréquence transportant les canules d'aspiration va coaguler les tissus saignant dès que le liquide sera retiré du corps. Du simple saignement de nez à l'opération de neurochirurgie ou de la laparoscopie, la coagulation par aspiration en mode unipolaire (et, plus récemment, bipolaire) est devenue une procédure standard de consultation externe et dans les interventions chirurgicale majeure.

L'utilisation couplée du laser et de l'aspiration ne semble pas pratique et, par conséquent, ils ne sont pas associés.

Sécurité pour le patient et le chirurgien

Les deux méthodes, que ça soit l'électrochirurgie ou le laser, sont des procédures sécurisées tant que le matériel est maintenu en parfait état de fonctionnement et que toutes les exigences techniques sont remplies. Des accidents chirurgicaux ont été signalés, à la fois avec l'électrochirurgie et le laser. La plupart ont été causées par un manque d'attention et de respect des exigences et procédures.

La fumée chirurgicale

L'électrochirurgie et la chirurgie au laser sont tous deux connus pour produire des fumées, par rapport à la chirurgie à l'acier froid. La fumée provient de la combustion de tissus, ce qui devient un problème majeur dans la chirurgie endoscopique. Avec l'électrochirurgie, la quantité de fumée produite peut-être soit significative, soit négligeable ; dans les applications bipolaire ou de section par courant non-modulé, il y a très peu de fumée, s'il y en a.

Avec la chirurgie au laser, il y a toujours une grande quantité de fumée en raison de la très haute température qui amène la cellule à brûler. En électrochirurgie, c'est vrai également quand une coagulation par fulguration, ou de gros mélange de coupe, sont effectués. Toutefois, dans les procédures délicates, telles que la section microchirurgicale ou la coagulation bipolaire, le processus chirurgical est réalisé à basse température et, ainsi, il y a déshydratation des tissus plutôt que combustion.

En particulier dans les interventions par laparoscopie, des insufflateurs à débit augmenté et épuisement de fumée sont nécessaires lorsque des applications au laser sont effectuées. Ce n'est pas forcément nécessaire au cours des procédures électrochirurgicales.

Rentabilité

Une règle de base établit que chaque watt sortant d'un laser coûte environ €1000, comparativement aux €10 que coutent les équipements électriques. Cela signifie qu'en moyenne le laser coûte entre €20 000 et €50 000 par rapport au coût d'une unité électrochirurgicale compris entre €1000 et €5000.

Les dépenses de fonctionnement – l'entretien et les coûts de réparation – sont dans une relation similaire. Les unités électrochirurgicales sont relativement fiables, et en cas de panne, la réparation dépasse rarement 20% du prix d'achat.

Laser versus électrochirurgie : conclusion

« Le laser devra montrer plus de fonctionnalités, d'applications et de fiabilité avant d'exceller dans l'arsenal de la technologie et des procédures chirurgicales. Le laser va trouver sa place, mais, aujourd'hui, il y a un enthousiasme excessif et un manque d'objectivité affiché par de nombreux promoteurs de lasers. Les chirurgiens sont critiques et veulent de l'objectivité. »

Karl Hausner, Président de « Elmed inc. » <http://www.elmed.com/Electrosurgery/Info/lasvselec.htm>

Chirurgie par ultrasons

Principe de fonctionnement

Certains instruments chirurgicaux utilisent l'énergie produite à partir des vibrations ultrasonores.

L'énergie par ultrasons est une solution de rechange efficace à l'électrochirurgie et est à la base de l'efficacité de l'instrument chirurgical. Le dispositif coupe et coagule en utilisant des températures plus basses que celles utilisées par l'électrochirurgie ou les lasers. L'électricité ne passe pas par l'intermédiaire du patient.



Le scalpel activé par les ultrasons (UAS) est caractérisé par sa capacité à couper et coaguler des tissus en même temps et avec relativement peu de chaleur et de lésion thermique latérale. Le UAS a été utilisée en routine dans un certain nombre d'interventions chirurgicales, y compris les chirurgies laparoscopiques et les chirurgies ouvertes du poumon et du foie.

Le mécanisme de base pour la coagulation des saignements par UAS est similaire à celle des lasers ou l'électrochirurgie, en ce sens que les vaisseaux sont comprimés et occlus avec des protéines dénaturées. Toutefois, la manière dont la protéine est dénaturée est différente pour chaque modalité. L'électrochirurgie et les lasers dénaturent les protéines en chauffant les tissus avec du courant électrique dans un premier temps et ensuite à très haute température. L'UAS dénature les protéines en transférant l'énergie mécanique vers des ultrasons à haute fréquence de vibrations (25-55 kHz). La vibration brise les liaisons hydrogène et produit de la chaleur par frottement. Cette chaleur générée par frottement produit une température maximale plus basse ainsi qu'une plus lente augmentation de la température des tissus qu'avec la chaleur de l'électrochirurgie. Le mécanisme de coupe pour l'UAS est

également différent de celui observé avec l'électrochirurgie ou la chirurgie au laser. L'UAS coupe les tissus par une lame vibrante à 25-55 kHz sur une distance de plus de 100 µm.

En revanche, la section par électrochirurgie ou par laser s'accomplit lorsque la température est élevée au point que la pression du liquide intracellulaire fasse exploser les cellules.

Avantages

L'utilisation de la chirurgie par ultrasons offre aux chirurgiens des avantages importants :

- Risque minimal de lésions thermiques tissulaires ;
- Carbonisation et dessiccation minimales ;
- La technologie à ultrasons peut diminuer la nécessité de ligaturer, puisqu'elle permet une coupe et une coagulation simultanée ;
- Moins d'instruments à utiliser, ce qui permet de simplifier les procédures ;
- L'électricité ne passe pas par l'intermédiaire du patient ;
- Une plus grande précision à proximité de structures vitales ;
- Faible fumée pour une meilleure visibilité sur le site chirurgical.

Lorsque l'effet est prolongé, une chaleur secondaire est produite ce qui permet la coagulation de plus gros vaisseaux. La pression exercée sur le tissu avec la lame écrase les vaisseaux sanguins et permet de former un clou hémostatique. La précision de la coupe et de la coagulation est contrôlée par le chirurgien en ajustant le niveau de puissance, la pointe de la lame, la traction sur les tissus et la pression de la lame. Convertir l'énergie des vibrations ultrasonores au moyen d'un instrument chirurgical peut réduire les saignements grâce à la coagulation simultanée lors de la section. La coupe et la coagulation simultanées signifient que les procédures peuvent être effectuées rapidement. La coagulation est effectuée à basse température sans passage de courant électrique dans le corps du patient.

En revanche, l'électrochirurgie et les lasers coagulent par la combustion (coagulation par oblitération) à des températures plus élevées (150-400°C). Le sang et les tissus sont desséchés et oxydés (carbonisés), permettant la formation d'escarres et de caillots de la zone de saignement.

D'autres appareils à ultrasons sont utilisés pour saisir les organes ou des vaisseaux sanguins avec un support à l'extrémité de la sonde et permettent également de couper les organes ou des vaisseaux sanguins pendant que le sang coagule et que les saignements sont arrêtés par la chaleur produite à partir des vibrations mécaniques.

Le système LigaSure™

Présentation et principe de fonctionnement

Le système LigaSure™ conçu par la société Valleylab (groupe TYCO) est un dispositif chirurgical qui permet l'hémostase de vaisseaux de diamètre allant jusqu'à 7 mm. Il nécessite l'emploi d'un générateur d'électrochirurgie dédié, type *Ligasure Vessel Sealing System*. Son fonctionnement est basé sur le principe de la thermofusion. Certaines pinces LigaSure™ permettent également la section dans un même geste. Les pièces à main sont réutilisables ou à usage unique pour la chirurgie ouverte, à usage unique pour la chirurgie endoscopique.

Il existe plusieurs techniques de ligature vasculaire efficaces : fils de suture, clips hémostatiques, agrafes chirurgicales, électrocoagulation de type mono ou bipolaire ou ultrasonique. Le dispositif LigaSure™ permet une hémostase de qualité particulièrement rapide, sans introduction de matériel exogène, sans risque de migration dans l'organisme. Par rapport aux pinces bipolaires classiques, la diffusion thermique aux tissus adjacents est limitée (2-3 mm) et la résistance obtenue est voisine de 3 fois la pression systolique. Il n'y a pas de carbonisation ni de formation de thrombus. L'utilisation de la pince LigaSure™ permettant à la fois la préhension, la fusion en quelques secondes et, dans certains cas, la section du vaisseau, pourrait réduire le temps opératoire. Son efficacité a notamment été démontrée en *gynécologie* où son utilisation pourrait permettre de réaliser plus d'hystérectomies par voie vaginale, de diminuer les pertes sanguines mais également permettre un gain de temps opératoire. Pour toutes les *procédures chirurgicales endoscopiques*, son intérêt majeur est la rapidité du geste et une visibilité accrue du fait qu'il n'y ait pas de production de fumée. La diminution des pertes sanguines et l'efficacité de l'hémostase sans introduction de matériel exogène présente également un intérêt important en *chirurgie pédiatrique*.

La littérature publiée sur ce dispositif comprend plusieurs essais cliniques randomisés et de nombreuses séries de patients. L'intérêt de l'utilisation du système est démontré de façon peu discutable dans quelques indications (essentiellement hémorroïdectomies et hystérectomies par voie vaginale) par plusieurs essais randomisés récents. Cependant, aucune étude n'a comparé ce dispositif aux pinces bipolaires conventionnelles. Le prix de marché du générateur d'électrochirurgie dédié (de l'ordre de 37 000€) est quatre fois plus élevé que le prix moyen d'un bistouri bipolaire dont les services de chirurgie sont équipés. La gamme d'instruments comprend soit l'option d'une pince réutilisable avec une électrode à usage unique soit l'option d'un instrument complet à usage unique, option qui devrait s'imposer à terme. Le prix de marché d'un instrument complet à usage unique est de l'ordre de 300€.

L'utilisation de ces systèmes de ligature vasculaire serait donc réservée, au moins dans un premier temps, aux procédures chirurgicales endoscopiques et/ou particulièrement compliquées en chirurgie digestive, gynécologie-obstétrique et en urologie. On s'attend néanmoins à une évolution importante de l'utilisation de ce dispositif.

Avantages

- Utilisé avec confiance sur les faisceaux tissulaires et les vaisseaux sanguins, jusque, et incluant, des vaisseaux de 7mm de diamètre, sans aucune section ou isolation.
- La technologie brevetée de coagulation de vaisseaux Valleylab reforme le collagène dans les murs des vaisseaux et connecte les tissus de façon permanente.
- Un caillot naturel est créé à partir du collagène du patient, assurant ainsi que ce caillot ne contienne pas de matière étrangère.
- Le mécanisme de feedback du générateur émet une alarme lorsque le cycle de coagulation est complet, éliminant ainsi le travail hypothétique.
- Le caillot translucide, donc visible, permet une indication de son intégrité, augmentant ainsi l'assurance du chirurgien.
- Des études cliniques publiées démontrent que les clous hémostatiques supportent 3x la pression sanguine systolique.
- Minimalise les escarres, la carbonisation des tissus et réduit la diffusion thermique, au contraire de l'électrochirurgie mono ou bipolaire standard.
- Réduit les risques potentiels de blessures par aiguilles contaminées.

Applications en chirurgie

- Adhésiolyse
- Appendicectomie
- Colectomie
- Gastrectomie
- Hystérectomie par voie vaginale
- Salpingo-ovarectomie
- Splénectomie
- Chirurgie assistée par ordinateur
- Néphrectomie
- Surrénalectomie
- Nissen

Recommandations de sécurité en salle d'opération

- « Le bistouri électrique ne doit pas être utilisé en présence d'agents inflammables (p.ex., alcool et/ou agents de teinture)

AORN Recommended Practices for Electrosurgery 2003

- Eviter les environnements enrichis en oxygène
- L'utilisation d'un étui non-conducteur est recommandée par :
 - ECRI, Los Angeles Fire Marshall, AORN
 - « Cutting Your Legal Risks of Electrosurgery » in *OBG Management*



« L'électrode active doit être placée dans un étui propre, sec et bien isolé, lorsqu'il n'est pas utilisé »

AORN Recommended Practices for Electrosurgery 2003

- Ne pas utiliser de cathéters en caoutchouc ou d'autres matériaux comme une gaine sur l'électrode active.

- Le caoutchouc et les autres matériaux plastiques peuvent s'enflammer avec les réglages de haute puissance et la présence d'un environnement enrichi en oxygène

- Utiliser des gaines isolantes homologuées par le fabricant

Les radiofréquences ne sont pas toujours confinées par l'isolation. Des fuites de courant surviennent.

- Il est recommandé de :
 - Ne pas enrouler les fils autour d'instruments métalliques
 - Ne pas lier les fils ensemble



Conclusion

En conclusion, malgré l'émergence de nouvelles techniques (laser, ultrasons, ...), l'électrochirurgie reste la méthode la plus utilisée en salle d'opération.

En effet, le bistouri électrique est un instrument polyvalent, qui peut être utilisé dans de nombreuses interventions chirurgicales, et dont l'évolution en a fait un allier fiable, efficace et sécurisant pour le chirurgien.

Cependant, les nouvelles méthodes, telles que le laser, ont leurs avantages ; elles se développeront et, peut-être, nous montreront à l'avenir une plus grande variété de possibilités.

Bibliographie

<http://cedit.php.fr/servlet/siteCedit?Destination=reco&numArticle=04.01/Av1/04>

http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/2042/7719/1/actaend_2003_5_805-809.pdf

http://fr.wikipedia.org/wiki/Ultrasons_focalis%C3%A9s_de_haute_intensit%C3%A9

<http://www.ebme.co.uk/arts/coagcut/index.htm>

<http://www.elmed.com/Electrosurgery/Info/lasvselec.htm>

<http://www.espacelabo.com/>

<http://www.exhausmed.com/nouv.plaque%20electrochirurgicale.asp>

<http://www.gazettelabo.fr/hybride/materiel/cadre.htm>

<http://www.gb.bissinger-medizintechnik.com>

<http://www.grosseron.com>

<http://www.labexchange.com/>

<http://www.labover.fr/>

<http://www.medline.be/shoponline#catalogue>

<http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=9823>

http://www.sfed.org/documents_sfed/files/mediatheque/vd07_bistourielec.pdf

http://www.threepharm.ro/medical/download_brochure.php?id=31

<http://www.valleylab.com/>