

L' uso delle energie... in chirurgia

Prof. U. Parmeggiani

Lettura presentata al Workshop su Energy management-
Ligasure Technology- Sorrento 13 Aprile 2013

Il testo è pubblicato su “Rendiconti ed Atti” della
Accademia di Scienze Mediche e Chirurgiche – Soc. Naz.
Scienze Lettere e Arti in Napoli vol CLXIV (2011)

Quando si parla di uso terapeutico del calore il pensiero va, forse, alla applicazione del caldo secco nelle artralgie o nella maturazione di un ascesso, va alla applicazione di caldo umido nelle flebiti superficiali e perfino alla ipertermia distrettuale nel trattamento di alcuni sarcomi ma, di solito non si pensa ad una applicazione antichissima eppure attualissima che il calore trova nella attività chirurgica di tutti i giorni; il bisturi elettrico è l' espressione applicativa del calore in campo operatorio. Applicazione, tutt'altro che recente, dal momento che fin dall' antichità il calore è stato utilizzato in campo chirurgico per ridurre il sanguinamento ed ottenere delle incisioni relativamente esangui. Fin dalla preistoria si può dire che l' uomo si sia accorto delle capacità coagulative del calore sia per esposizione diretta dei tessuti ad esso, sia per esposizione dei tessuti ad una pietra o ad un metallo arroventato, e degli effetti che il calore produce sulla materia vivente in funzione della sua intensità e della durata della sua applicazione. Lo schema seguente illustra gli effetti del calore in relazione alla temperatura che è capace di sviluppare sul tessuto con il quale viene in contatto:

- $> 50^{\circ}$ riduzione della attività enzimatica, coagulazione proteica
- $90-100^{\circ}$ essiccazione dei tessuti
- $100^{\circ} - 150^{\circ}$ vaporizzazione dell' acqua intra ed extracellulare
- $> 150^{\circ}$ carbonizzazione
- $> 300^{\circ}$ vaporizzazione diretta del tessuto
- $> 500^{\circ}$ incendio dei tessuti

L' unica differenza tra le applicazioni preistoriche del calore e l' applicazione dei moderni bisturi elettrici è che i moderni apparati permettono di modulare la intensità del calore erogato e tendono a concentrarla su spazi sempre più circoscritti, cioè soltanto lì dove serve.



Non c'è dubbio comunque che l'obiettivo principale è sempre quello di controllare il sanguinamento delle ferite, siano esse accidentali, traumatiche, siano esse prodotte intenzionalmente a scopo terapeutico. Da queste considerazioni e dalla constatazione che esiste una continuità concettuale nell'impiego "chirurgico" del calore in tutta la storia e la preistoria dell'uomo, nasce il proposito di ripercorrerla per intero, per descrivere come si è evoluto questo presidio chirurgico fino ai giorni nostri, nella tecnologia e nelle indicazioni applicative. Questa ricerca ci porta molto indietro nel tempo, al rapporto ancestrale che lega l'uomo alle fonti naturali di calore con le quali è venuto in contatto fin dalla sua comparsa sulla terra. L'alternarsi di giorno/caldo, notte/freddo ed il mutare delle stagioni è stato probabilmente il primo elemento di associazione tra la presenza della fonte primaria di calore, il sole ed il benessere per l'uomo; ma al tempo stesso l'uomo ha sperimentato anche effetti opposti del calore del sole: ad esempio, la siccità se è eccessivo. Poi l'uomo è venuto in contatto con altre fonti di calore naturali produttrici di morte e distruzione come le eruzioni vulcaniche, la attività vulcanica in generale, stabilendo fin da allora questa ambivalenza del calore che può essere benefico e ristoratore ma anche dannoso e distruttore. Quando l'uomo si è impadronito del fuoco ed ha imparato ad usarlo e governarlo ha probabilmente modificato questa iniziale dicotomia riconoscendo oltretutto che, alla attività distruttiva del fuoco di un incendio o di una colata lavica, seguiva una maggiore fertilità dei terreni su cui il fenomeno era avvenuto, e che comunque la capacità distruttiva del calore è in funzione alla sua modalità di erogazione. Il modo di concepire il rapporto con le fonti di calore si è perciò modificato nel tempo insinuando una capacità rigeneratrice nella stessa capacità distruttiva del calore.



Una traccia di questa concezione si trova alle radici di molte tradizioni mitologiche come il “Ragnarok” della mitologia scandinava in cui alla fine dei tempi un solo fuoco divoratore distruggerà il mondo per farne poi nascere uno nuovo e migliore.



Ma la associazione del concetto caldo/vita, freddo/morte e del caldo come fattore di distruzione/rigenerazione trova riscontro anche nel campo speculativo e razionale della filosofia greca, fin dai suoi albori; Eraclito sosteneva che il fuoco era principio e fine dell’ universo, e d’ altra parte, tutti i filosofi del pensiero occidentale riconoscevano nel fuoco uno dei costituenti primari del mondo e della vita.

Di qui a vedere nel calore un elemento terapeutico capace di distruggere il male e rigenerare la vita, ovvero restituire la salute, il passo è breve e le applicazioni in questo senso sono rintracciabili ad ogni latitudine: dall’ America, nella civiltà Maya, dove un dio, Kinich Hahau, rappresentato, non a caso, sotto forma di un disco solare fiammeggiante, distrugge i demoni portatori di malattia,



all’ estremo oriente dove, fin dal secondo millennio prima di Cristo è documentata una tecnica terapeutica ancor oggi in uso, la Moxa (Moe-Kousa in giapponese) che consiste nel fare ardere piccoli coni ottenuti con foglie di artemisia su punti ben precisi della superficie corporea in funzioni delle indicazioni richieste.

 **In Cina (2700-1500 a.C)**





Ignipuntura (moxa):
piccoli coni di foglie di
artemisia fatti ardere sulla cute

Se restringiamo il campo alla applicazione diretta del calore ad uso terapeutico possiamo risalire alla preistoria: in alcuni crani del neolitico ritroviamo infatti le

 **Nella preistoria**



**Causticazione a scopo rituale
o terapeutico**

tracce di causticazioni; se esse erano effettuate a scopo terapeutico o con significato magico evocativo è argomento di ipotesi e congetture mentre è ben documentato l'uso del cauterio (strumento metallico riscaldato o portato alla incandescenza) nelle culture mediche delle civiltà indiane(Sushruta 800 a.C), ed egiziana (papiro di Ebers: tumori sottocutanei asportati con il cauterio)

 **Egizi Assirobabilonesi
Indiani**

**Cauterio a scopo
emostatico-terapeutico**



e nella civiltà greca dove l'uso del cauterio riceve una più precisa codificazione ed anche una prima forma di codificazione come si evince da uno degli aforismi più noti attribuiti ad Ippocrate **“Quello che non curano le medicine cura il ferro, quello che non cura il ferro cura il fuoco, quello che non cura il fuoco è incurabile”**. Qui l'ordine gerarchico colloca il fuoco in un punto ben preciso della scala terapeutica, dopo il ferro, cioè dopo il tagliente a lama fredda ed avverte di non tentare di usare il cauterio (il fuoco) per indicazioni avventate come alcuni tipi di tumore, forse i tumori maligni.

Della civiltà greca la cultura, anche quella medico-chirurgica, viene travasata nella civiltà Romana. La mentalità pratica dei romani applicò principi e tecniche terapeutiche apprese dai greci alla medicina di guerra, nella cura delle ferite nella quale la applicazione del cauterio ” *ferramentum candens*” o ferro incandescente, serviva allo stesso tempo ad assicurare l'emostasi ed anche forse inconsapevolmente, la sterilizzazione dei margini di ferita. Ma poiché, riguardo alla cultura medica romana, disponiamo di una documentazione sicuramente più ampia e dettagliata, delle altre, da essa possiamo ottenere l'ampio ventaglio di indicazione nelle quali il cauterio trovava applicazione, indicazioni che riguardavano non solo la chirurgia di guerra o di urgenza ma anche la chirurgia di elezione.



Da Celso e dagli altri autori medici romani (Rufo di Efeso, Leonida di Alessandria) apprendiamo infatti che il cauterio trovava larga applicazione in terapia: per la asportazione di tumori cutanei, per la asportazione della mammella, nell' incisione di ascessi e nel trattamento delle varici. A questo proposito vale la pena di ricordare che sia Caio Mario, il vincitore dei Cimbri e dei Teutoni, sia C. Tullio Cicerone, soffrivano di vistose varici degli arti inferiori : Cicerone, che indossava abitualmente la lunga toga sanatoria e poteva nascondere le vene varicose sotto di essa, non pensava affatto a farsi operare, mentre , Caio Mario, che indossava la corta di tunica militare e non poteva nasconderle, decise di farsele operare ma dopo avere

sperimentato l' intervento su un arto, rinunciò a farsi operare all' altro arto affermando che il "rimedio era peggiore del male ". E in effetti questo, come altri interventi in cui fosse o no previsto l' uso del cauterio, eseguito senza alcun efficace controllo del dolore non doveva essere facilmente tollerato, anche da pazienti con una soglia del dolore probabilmente più elevata della nostra.

Con la caduta dell' impero romano d' Occidente, la cultura in generale ed anche quella medico-chirurgica si conserva e si evolve in ambito bizantino. Ezio da Amida (502-575d.C.) e Paolo da Egina (625-690d.C.) rappresentano gli epigoni di questa cultura e forniscono una ampia e completa sistematizzazione dell' uso del cauterio con la sua precisa indicazione in chirurgia di urgenza e in chirurgia di elezione.

L' espansione dell' Islam su tutte le ex provincie bizantine del mediterraneo meridionale, dalla Spagna alla Turchia, trasferisce molto del sapere medico bizantino nella nuova cultura che il mondo arabo elabora integrandola con gli apporti della medicina persiana ed indiana con le quali esso viene in contatto per via di conquista. Da questa elaborazione nasce la fioritura di autori e di testi medici che verranno poi utilizzati nella cultura medica occidentale. In questi testi l' uso del cauterio riceve un impulso straordinario fino ad essere proposto, a scopo emostatico, prima di qualsiasi altra forma di emostasi; Ali ibn Al Abbas al Maiusi, noto in Occidente come Ali Abbàs (930-994).

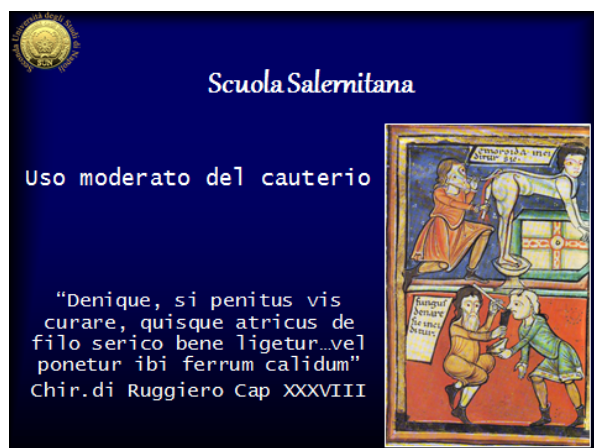


Il cauterio trova altresì larga applicazione nella chirurgia di elezione ed in quasi ogni tipo di patologia (Abu Al Qasim Al Zahrawi detto Albucasis): il repertorio dello strumentario chirurgico usato nel mondo arabo dimostra la precisa indicazione di ogni ferro per la sua specifica applicazione.



La cultura chirurgica occidentale, sopravvissuta grazie all' opera di recupero dei testi greco-romani nei monasteri benedettini, si irradia da essi verso la chirurgia laica ed in particolare, da Montecassino a Salerno, in quella scuola Ippocratica che a Salerno fiorì e trovò la sua sede elettiva, ancora prima di essere raggiunta dagli influssi della medicina araba. L' opera chirurgica di Ruggiero di Frugardo ne è la prova, essa infatti descriva largamente l' uso del cauterio ma lo propone in associazione o in alternativa alla lama fredda ed alle legature nel trattamento dell' ernia inguinale

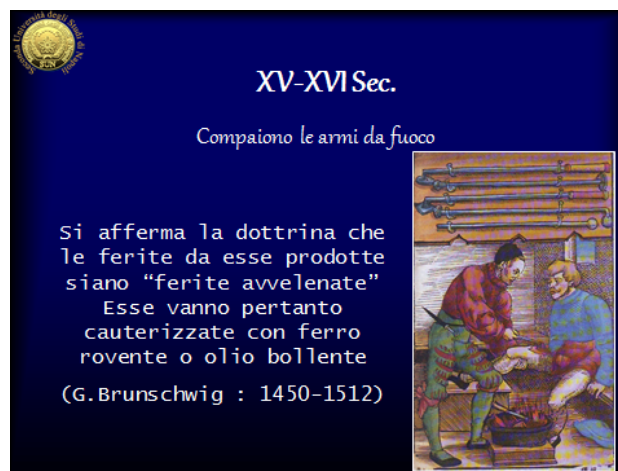
(*roptura magna*)” *Si vero roptura magna sit...per incisionem et incensionem curare sic consuenimus*” *Cap XXX* e delle emorroidi “ *Quisquis atricus de filo serico bene ligetur...vel ponetur ibi ferrum calidum*” *Cap XLIX*.



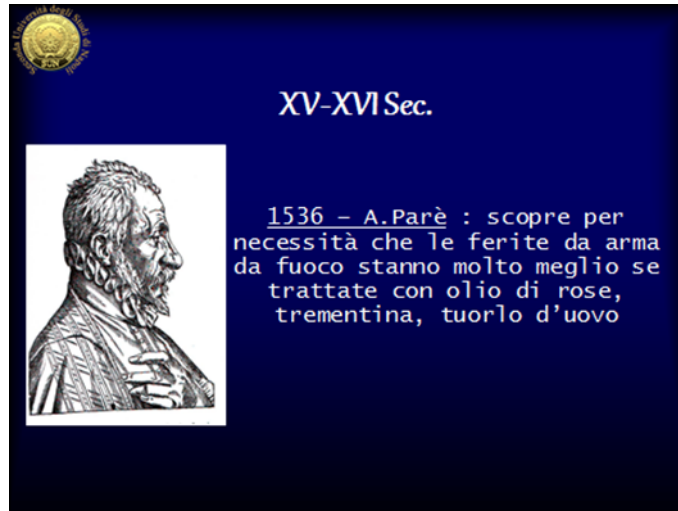
Nonostante l' innegabile influsso che la medicina araba e la sua chirurgia esercitarono sui medici e chirurghi occidentali, nel secoli XII e XIII, la tradizione greco-romana rimase sempre viva tra di loro e si esprime attraverso un uso oculato del cauterio che continuò ad essere impiegato in misura equilibrata con i taglienti e le legature e non in misura quasi esclusiva come nella chirurgia araba. Anzi, il progredire delle conoscenze nelle chirurgie occidentali vedono un progressivo

recupero dei taglianti rispetto al cauterio il cui uso viene sempre più limitato alla chirurgia traumatologica. Guglielmo da Saliceto (1210-1277), Guido Lanfranchi (metà 200-1315), Guy di Chauliac (1300-1368) e Herry di Mondeville (1260-1320) sono gli autori che rispecchiano questa evoluzione del pensiero chirurgico occidentale.

La scoperta della polvere da sparo e la comparsa delle armi da fuoco introduce nella traumatologia di guerra un fattore nuovo: poiché le armi da fuoco sono ritenute opera diabolica, le ferite che esso produce sono avvelenate e pertanto devono essere purificate con il fuoco;



non basta, occorrono misure curative anche sull' arma che ha prodotto la ferita. Ancora nel XVI secolo le misure previste per una ferita da arma da fuoco consistono nella estrazione del proiettile, nella causticazione della ferita e nell' uso di un unguento da applicare sul proiettile(unguento da arma).Ma già durante il XVI secolo, alcuni autori illuminati come Ambroise Parè testimoniano l' utilità, anche nella traumatologia di guerra, di legature e taglianti. Il Parè infatti, non disponendo, sul campo di battaglia del fuoco necessario, evita di causticare le ferite e le tratta con una medicazione a base di olio di rose: scopre l' indomani che queste ferite stanno meglio di quelle causticate

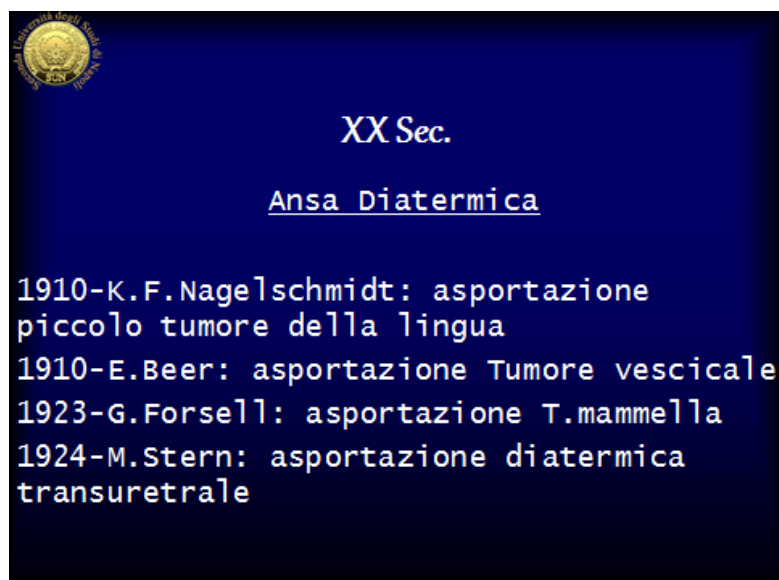


Lo stesso autore dimostra, nella amputazione di arto, che la legatura preventiva assicura una migliore emostasi del moncone. Cionondimeno il calore conserva un ruolo emostatico in chirurgia di guerra ed in circostanze di emergenza: sulle navi da guerra del XVII-XVIII sec. si usa ancora la pece bollente per coprire il moncone di amputazione di un arto.

La sicurezza delle conoscenze anatomiche però consente ormai un approccio razionale ed anatomico alla chirurgia, anche se il suo reale decollo continua ad essere frenato dai due grandi limiti storici: il rischio di infezione ed il dolore. È il secolo XIX che permette di abbattere questi due limiti con l' introduzione dell' anestesia, alla metà del secolo e con l' affermazione, negli anni successivi delle tecniche di antisepsi prima e asepsi poi. Grazie a questi due fondamentali sostegni la chirurgia riceve sulla fine del secolo XIX, un impulso impressionante sia per tipologia di interventi che per numero di interventi. Rimane ancora senza soluzione moderna il problema dell' emostasi che viene assicurata soltanto attraverso un lungo tempo di legature che allunga sensibilmente la durata degli interventi. Ma, giusto sul finire del secolo, una nuova scoperta si afferma sul piano pratico e trova quasi subito un applicazione in campo chirurgico : la illuminazione elettrica. Questa scoperta assicura una migliore luce sul tavolo operatorio e trova la conseguente applicazione in campo endoscopico (cistoscopio - 1879) ma che ben presto trova anche applicazione emostatica quale novello cauterio. Certo l' osservazione del filamento incandescente delle prime lampadine ha stimolato la fantasia di qualche chirurgo che però doveva arrestarsi di fronte alla consapevolezza che il contatto di quel filamento incandescente con una parte del corpo avrebbe provocato la stimolazione neuromuscolare con conseguenti contrazioni tonico-cloniche.



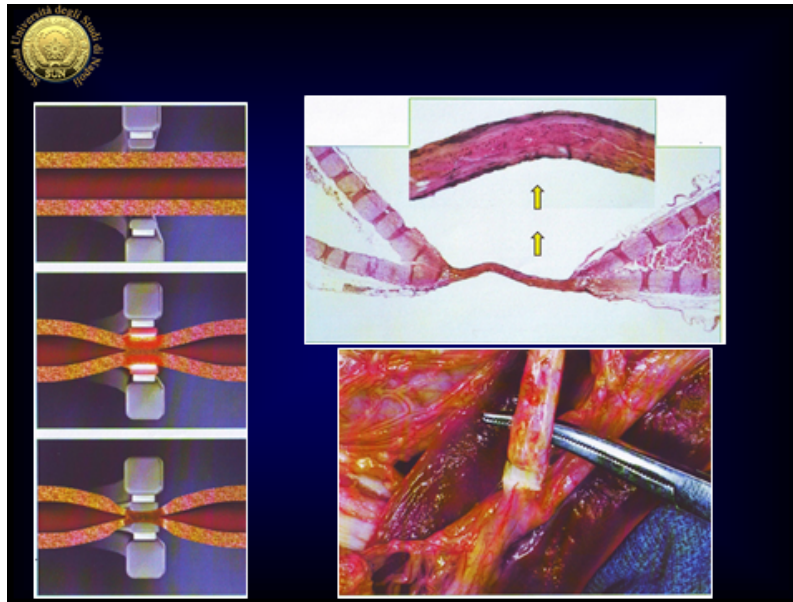
Nel 1891 D' Arsonval, fisico francese, dimostrò che la corrente alternata ad alta frequenza, con una frequenza cioè superiore a 10.000 Hz (10 KHz) poteva, se applicata sui tessuti viventi, produrre gli stessi effetti termici senza provocare la stimolazione neuromuscolare. La strada per un nuovo tipo di cauterio (l'elettrobisturi) era oramai aperta e nel giro di qualche decennio vengono messe a punto apparecchiature in grado di consentire di asportare tumefazioni neoplastiche in maniera pressochè esangue. In questo modo vengono asportati tumori di ogni sede: tumori linguali (Nagelschmidt 1910), tumori della mammella (Forsell 1923) e viene anche descritta la asportazione di tumori vescicali per via cistoscopica (Beer 1910).



La successiva puntualizzazione dei principi fisici che regolano l'elettrochirurgia (Mc Neal 1929), ha definito anche i diversi tipi di applicazione con i quali essa può essere impiegata:

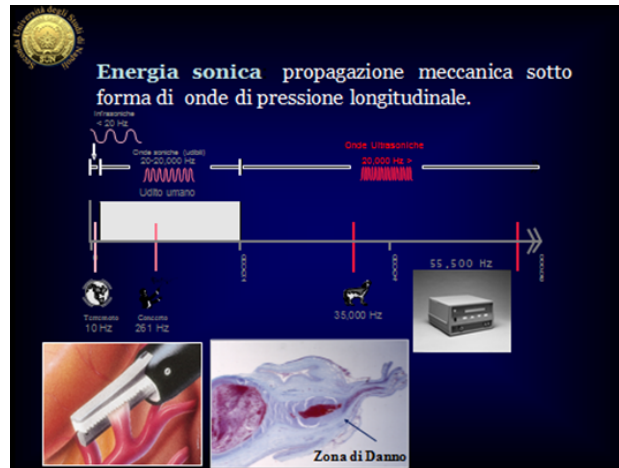
- 1- Elettrocauterizzazione in cui si scalda l' elettrodo attivo che viene applicato sui tessuti come vero e proprio cauterio
- 2- Elettrochirurgia nella quale il tessuto si riscalda a causa della resistenza che oppone alla corrente, con effetti variabili in funzione della intensità e della durata della applicazione, per cui con applicazioni lente ed a bassa intensità si otterrà la essiccazione e la coagulazione dei tessuti, con applicazioni rapide ed intense si otterrà un arco voltaico che produce la vaporizzazione dei tessuti e quindi la loro sezione (taglio). Con la combinazione tra i due tipi di applicazione descritti si ottiene la elettrovaporizzazione dei tessuti cioè la loro distruzione. Questo tipo di apparecchi ha costituito e costituisce tuttora il più diffuso mezzo tecnico di supporto alla attività chirurgica; esso ha però un limite nella natura stessa del principio cui si ispira : esso richiede infatti una placca metallica che applicata al corpo del paziente, consente di scaricare a terra la carica elettrica erogata; inoltre la diffusione del calore, intorno al punto di applicazione, comporta dei rischi se le strutture contigue sono sensibili agli effetti del calore e possono essere danneggiate. Per ovviare a questi inconvenienti è stata messa a punto una tecnica "bipolare" nella quale le due branche della pinza coagulante contengono ciascuna uno dei due poli attraverso i quali passa la corrente e si esercita l' effetto termico. Si rende così superflua la placca per la messa a terra e si ottiene una minore diffusione termica intorno al punto di applicazione. Le apparecchiature che utilizzano questa tecnica lavorano su ordini di frequenza oscillanti tra i 350 KHz ed i 3 MHz (corrispondenti approssimativamente alle frequenze delle onde radio AM).

Dispositivi ancora più evoluti utilizzano frequenze ancora più alte: 50-880 MHz (corrispondenti approssimativamente alle frequenze delle onde radio FM) combinate con pinze la cui applicazione è regolata in maniera computerizzata in modo da arrestare automaticamente la erogazione non appena raggiunta la temperatura necessaria. L' abbinamento di calore e compressione sui tessuti determina un effetto di "saldatura" che permette di sigillare vasi arteriosi anche di discrete dimensioni (fino a 0.7 cm di diametro), sui quali viene risparmiata la tradizionale legatura.

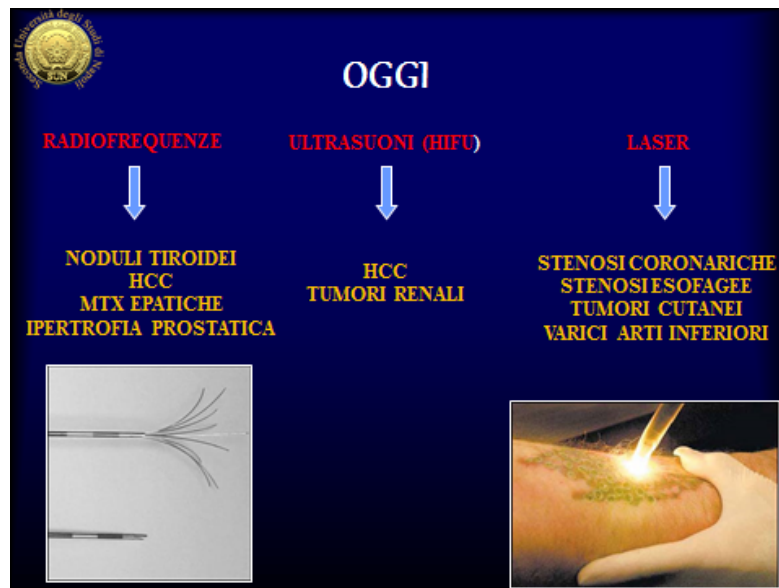


Con le stesse frequenze lavorano anche altri dispositivi ad ago singolo o multiplo che viene infisso nel tumore dove sviluppa un effetto coagulante, essiccante e necrotizzante che si diffonde per 0.5-1 cm attorno al punto di applicazione. Con questo sistema possono essere efficacemente trattate metastasi epatiche, focolai di epatocarcinoma con diametri fino a 2.5- 3 cm, noduli tiroidei e neoplasie paratiroidi. Le più recenti acquisizioni in campo fisico hanno permesso di sviluppare utili applicazioni anche in campo sanitario: è quanto è accaduto con gli ultrasuoni (frequenze superiori ai 20 KHz) per i quali dopo le applicazioni diagnostiche dell' effetto Doppler e degli echi di rimbalzo di una sorgente ad ultrasuoni, si sono sviluppati apparecchi che sfruttano il cosiddetto "effetto termico" degli ultrasuoni. Tale effetto si produce sui tessuti attraversati dagli ultrasuoni come conseguenza della conversione della energia meccanica degli ultrasuoni (compressione/decompressione) in energia termica. Esso pertanto dipende da due fattori : dalla sorgente di US (frequenza ,durata, tempo di esposizione) e dalle proprietà dei tessuti (assorbimento ,attenuazione, impedenza acustica, circolo ematico, attività replicativa cellulare).L' effetto termico sui tessuti viene misurato come incremento di temperatura per unità di volume nell' unità di tempo ($T = \text{cal/cm}^3/\text{sec}$)-esso si ricava dalla formula $T = 0.0055\alpha I$ dove α è il coefficiente di assorbimento e I e l' indice termico, espresso dal rapporto tra potenza acustica in un punto e potenza acustica necessaria a produrre in quel punto l' incremento di 1 ° C di temperatura. Con apparecchi che lavorano utilizzando 55-60 KHz si ottengono temperature che producono gli stessi effetti delle radio- frequenze (sigillazione coagulativa dei tessuti); inoltre ,apposite pinze che lavorano in questo modo producono , per un effetto di cavitazione che si

sviluppa la centro della linea di applicazione, anche la sezione al centro dell' area "sigillata". Una unica applicazione consente così di ottenere l' emostasi sul tessuto e di sezionare al centro della linea di emostasi con risparmio di tempo che viene particolarmente apprezzato in chirurgia laparoscopica nella quale, emostasi di una superficie e la sua sezione, richiedono introduzione ed estrazione di due strumenti diversi.



L' impiego di luce monocromatica polarizzata su una unica lunghezza d' onda (LASER) ha trovato posto anche essa in campo chirurgico anche se l' effetto termico che il laser sviluppa sui tessuti su cui viene focalizzato ha trovato finora applicazioni limitate al campo oculistico (laser ad eccimeri) o al campo estetico (trattamento di cicatrici, cellulite, epilazione ecc.).In campo chirurgico le applicazioni riguardano per lo più i tentativi di ricanalizzare organi cavi occlusi dalla crescita endoluminale di una neoplasia<. In questi casi si utilizzano laser ad Argon o al CO₂ e si sfrutta l' effetto di vaporizzazione che il fascio laser produce nel suo punto di applicazione.



Certo, dal primitivo cauterio, molto tempo e molta tecnologia è passata e già si esplorano nuove vie come quella di applicare a distanza fasci di ultrasuoni ad alta energia (HIFU) con effetto termico distruttivo su aree predeterminate del corpo umano ,ma, sostanzialmente, l' effetto che si ricerca di ottenere è lo stesso di quello che si richiedeva, con minori costi e minori pretese al vecchio, dimenticato, cauterio.

Testi consultati -

- 1- Magister Ruggiero da Frugardo
Post mundi fabricam/manuale di chirurgia
Traduzione e note di G. Lauriello
Ed. Gaia - 2011
- 2- Giuseppe Peuso
La medicina romana Ciba- Geigy ed.1985
- 3- I.M. Rutkow
Storia illustrata della Chirurgia
Antonio Delfino ed. (Medicina – Scienze)- Roma 1996
- 4- Storia della medicina 3° vol.
Antonio Delfino ed. (Medicina – Scienze)- Roma 1994

5- Luciano Sterpellone

Stratigrafia di un passato /Storie parallele della medicina

Punto e linea ed. 1990

6- Manouras A. et al.

Novel hemostatic devices in thyroid surgery:electrothermal bipolar vessel sealing system and harmonic scalpel

Expert Rev Med Devices 2008