

# Studio sperimentale dell'effetto dell'Argon Beam Coagulator su tessuti organici in vista dell'impiego in chirurgia



Ann. Ital. Chir., LXXV, 1, 2004

**B. Falbo, M. Vene, R. Visini, T. Grottola,  
S. Di Paolo, N. Picardi**

Università degli Studi "G. d'Annunzio" Chieti  
Dipartimento di Scienze Chirurgiche Cliniche e Sperimentali  
Presidio Ospedaliero "SS. Annunziata" - I Divisione  
Clinicizzata di Chirurgia  
Direttore prof. Nicola Picardi

## Introduzione e scopi del lavoro

L'impiego dell'Argon Beam Coagulator (A.B.C.) è molto vantaggioso nella pratica chirurgica, in particolare per le resezioni di organi parenchimatosi (1). Esso dimostra infatti, la sua piena validità nel dominare le emorragie a "nappo" (4). Ciò consente una significativa riduzione delle perdite ematiche e un dominio visivo costante del campo operatorio (5) (10).

L'esperienza personale prolungata con questa strumentazione in svariate situazioni chirurgiche (7) (8), anche di tipologia non propriamente routinaria, ha stimolato la curiosità di conoscenza, nei confronti delle caratteristiche operative dal punto di vista chimico-fisico e delle modalità di interazione con i tessuti organici. È stato dunque interessante chiarire e dimostrare il particolare meccanismo che rende possibile la coagulazione con tale apparecchiatura, e quali conseguenze determina sui tessuti interessati dall'azione e su quelli vicini. In particolare era nostra intenzione conoscere a quali livelli di temperatura si verifica l'effetto coagulativo e le conseguenti alterazioni rispettivamente nei tessuti direttamente investiti dal flusso di Argon e sui tessuti adiacenti.

## Materiale e metodo di studio

Per valutare le caratteristiche della coagulazione con

## Abstract

### EXPERIMENTAL STUDY OF EFFECT OF ARGON BEAM COAGULATOR ON BIOLOGICAL TISSUE IN VIEW OF ITS SURGICAL USE

*The Argon Beam Coagulator has gained his space in surgery thanks to its operative characteristics, that are very useful in sealing the bleeding parenchymal tissue with minimal injury to the surroundings.*

*The aim of the present study is that of evaluate the physical properties of the instrument in its coagulation action. The experimental study with the Birtcher 6000 Argon Beam Coagulator has been designed to measure the top temperature that develops right where the Argon beam meets the tissue, while operating. Using a laser guided telethermometer, the searching of that temperature was uneasy right on the operator field because of the unwilling movements of the operator hand and those of the patient himself.*

*Therefore a similar protocol was made on a piece of meat coming from the butcher.*

*At the longest application of the beam coagulation on the same point the developed temperature was never higher than 100°C whilst a complete coagulation effects.*

*The advantage of the Argon Beam coagulation are therefore to seal the diffuse bleeding without injury to this adjacent tissues, never exposed to a temperature higher than that of boiling water.*

*The advantages are also evident in comparison with the more usual spray electrosurgery that is instead characterized by a wide carbonisation also with this spray option.*

**Key words:** Argon Beam Coagulator, operative temperature coagulation at low temperature.

l'A.B.C., ed i valori della temperatura operativa a livello del tessuto interessato, abbiamo disegnato un protocollo sperimentale.

L'approccio iniziale ad una tale indagine è stato condotto in sala operatoria, nel corso di interventi chirurgici correnti per l'emostasi sul letto della colecisti e per eventuali emorragie a nappo, cercando di misurare la temperatura che si sviluppava sul tessuto bersaglio dell'azione dell'A.B.C.

Gli strumenti utilizzati erano rappresentati dal coagulatore ad Argon (Birtcher 6400), termometro digitale a microprocessore per telerivelazione termica a puntatore

laser (Asita AS 62), da un cronometro a contasecondi. L'organizzazione degli operatori partecipanti alla ricerca era così strutturata: a) Il chirurgo operatore che attiva l'A.B.C. per ottenere la coagulazione del tessuto secondo la necessità della procedura chirurgica; b) Un secondo sperimentatore per dirigere e mantenere collimato il mirino laser del teletermometro sul punto di coagulazione scelto dal chirurgo al momento dell'attivazione dell'A.B.C. e per tutta la durata del suo impiego; c) Un terzo sperimentatore deputato a contare i secondi, in condizione di collimazione, tra l'inizio e la fine dell'azione coagulativa; d) Un quarto sperimentatore delegato a leggere la temperatura sul display del termometro del secondo operatore, per lasciare questi libero di controllare che il mirino laser fosse centrato nel punto di coagulazione durante tutta l'attivazione dell'A.B.C. senza distrarsi a controllare il display.

#### Metodo di rilevazione della temperatura

Quando la luce bersaglio del puntatore laser del teletermometro è fissa e stabile su un'area precisa, il chirurgo attiva l'A.B.C. esattamente sullo stesso punto su cui va a collimare il flusso dell'Argon attivato. Quindi si legge sul display la massima temperatura di coagulazione rilevata durante la procedura associando il rilevamento termometrico alla durata di persistenza del raggio nel punto prescelto.

Nonostante tutti questi accorgimenti, per la necessità di mantenere sterile il campo operatorio, e quindi di avere l'operatore con il teletermometro a distanza, i micro-tremori delle sue mani, associati ai movimenti respiratori del paziente, rendevano discontinui i rilevamenti nella loro precisione spaziale, e dunque aleatori nella loro attendibilità (vedi Tab. I).

Il nuovo protocollo sperimentale, sviluppato sulla base di questa prima esperienza ha introdotto l'uso di tessuto muscolare proveniente da macelleria, ripetendo i tempi già descritti, sia pure su materiale organico non vivente. Con questo secondo disegno sperimentale era molto più facile eliminare le problematiche legate alla necessità di osser-

Tab I - RILEVAMENTI EFFETTUATI SUL VIVENTE IN CAMERA OPERATORIA PER UNA DURATA DELLA COAGULAZIONE DI CIRCA 3 SECONDI.

	<i>Sul letto della colecisti</i>	<i>Sulla superficie dello stomaco</i>
Coagulazione spray a bassa regolazione	62°C	79°C
Coagulazione con A.B.C. a bassa regolazione	49°C	49°C
Coagulazione con A.B.C. a media regolazione	61°C	68°C
Coagulazione con A.B.C. ad alta regolazione	80°C	73°C

Tab II - RILEVAMENTI EFFETTUATI SU TESSUTO MUSCOLARE ANIMALE NON VIVENTE

	<i>1 sec.</i>	<i>2 sec.</i>	<i>3 sec.</i>	<i>4 sec.</i>	<i>5 sec.</i>	<i>6 sec.</i>
Coagulazione pin-point	35°C		205°C			
Coagulazione spray	85°C					
Coagulazione con A.B.C.	45°C	60°C	65°C	70°C	75°C	100°C

vare la sterilità ed abolire le difficoltà relative ai movimenti respiratori: si poteva avvicinare il teletermometro al bersaglio e ridurre l'errore riferibile ai tremori dell'operatore. Con questo secondo metodo i rilevamenti su tessuto animale si sono dimostrati facile e ripetibili, ed hanno reso possibile il confronto di vari modi di applicazione in chirurgia generale della elettrocoagulazione (senza Argon) e l'A.B.C. in regolazione automatica e con flusso base (risultati in Tab. II).

#### Risultati

Vengono riportati in tabella i risultati ottenuti sul vivente ricordando peraltro i motivi della loro relativa attendibilità.

Le fotografie microscopiche delle parti trattate con A.B.C., con le differenti durate dell'applicazione del flusso attivato (ad 1, 2, 3, 4, 5, 6 secondi), che evidenziano il netto passaggio tra tessuto coagulato e tessuto sano e l'espansione del processo coagulativo al tessuto sano circostante con l'aumentare del tempo di applicazione (vedi foto 1, 2, 3, 4) (6).

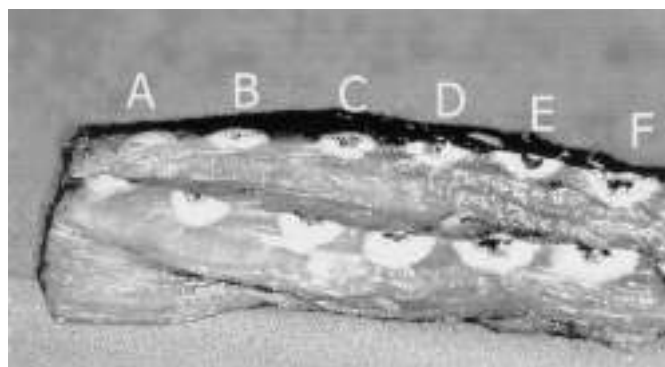


Foto. 1: Taglio di apertura della zona di tessuto animale trattata con A.B.C.

- A) 1 secondo
- B) 2 secondi
- C) 3 secondi
- D) 4 secondi
- E) 5 secondi
- F) 6 secondi

Si noti il progressivo approfondimento della zona coagulata.

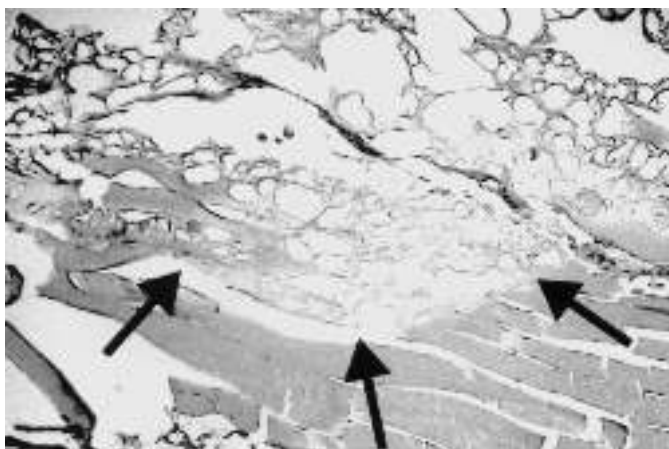


Foto 2: Particolare istologico del tessuto dopo 1 secondo di trattamento.

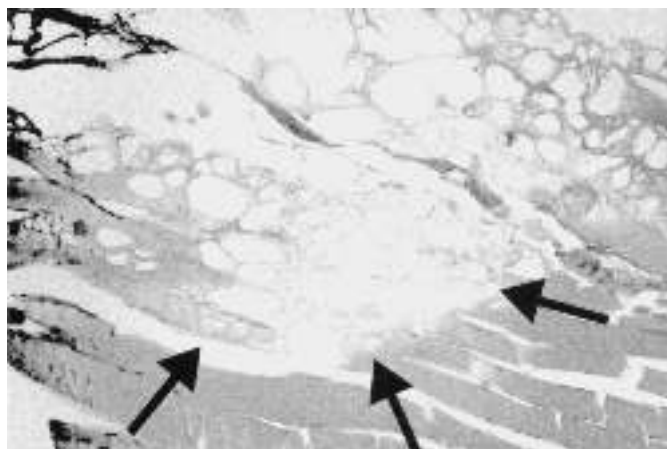


Foto 3: Particolare istologico del tessuto dopo 4 secondi di trattamento.

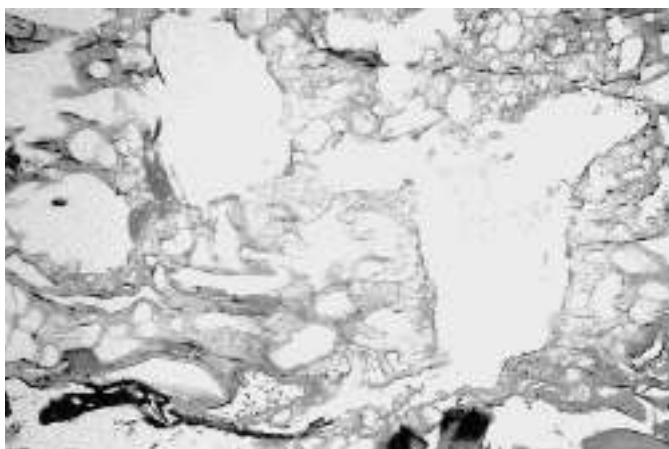


Foto 4: Particolare istologico del tessuto dopo 6 secondi di trattamento.

I microfotogrammi sono tutti dello stesso ingrandimento.

### Discussione dei risultati della sperimentazione

L'Argon Beam Coagulator utilizza un flusso di gas argon (2), gas nobile non comburente, per trasferire energia elettrochirurgica ai tessuti (9). L'utilizzo di questo gas determina una distribuzione uniforme e superficiale delle cariche elettriche che permette la coagulazione tissutale in assenza di necrosi (3) (11) (12).

I rilievi effettuati nel primo protocollo, per quanto invalidati dai problemi già riportati, hanno comunque evidenziato una temperatura massima sul bersaglio mai superiore agli 80°C. I rilievi effettuati nella seconda fase hanno evidenziato con maggiore precisione la notevole differenza di temperatura di coagulazione tra A.B.C. e l'elettrocoagulazione a pin point e spray.

Sul tessuto animale, a parità di tempo (1 sec.) la differenza tra A.B.C. e la elettrocoagulazione spray è di 40°C. La coagulazione pin-point raggiunge un buon livello di coagulazione a 3 sec., raggiungendo però la temperatura di 205°C. Nelle stesse condizioni l'A.B.C. raggiungeva al massimo 65°C e cioè 140°C in meno con un note-

vole risparmio spaziale dell'interessamento tissutale e senza traccia di carbonizzazione. Soltanto mantenendo l'ABC nello stesso punto, per più di 6 sec. si raggiunge la temperatura di 100°C che comunque risulta essere molto inferiore di quella dell'elettrochirurgia classica e non seguita da carbonizzazione.

Notevolmente interessante è stata la valutazione della superficie coagulata con le differenti modalità: l'ABC si è dimostrato nettamente superiore dal punto di vista dell'uniformità della coagulazione, lo spessore ottenuto con questa tipologia di tecnica è stato pari a pochi mm su tutta la superficie interessata risparmiando del tutto il tessuto al di sotto della zona trattata. Non sono state riscontrate zone di carbonizzazione e le regioni interessate dalla coagulazione si sono trasformate in una "cortina" aderente al tessuto sano.

Questi due ultimi aspetti lasciano prevedere un minore impegno biologico per i processi di guarigione cicatriziale, per minore attività macrofagica richiesta e minori tempi di riassorbimento del tessuto mortificato. Naturalmente non è possibile ottenere riscontri obiettivi di quanto sopraccitato per l'impossibilità di fare osservazioni sul tessuto vivente a meno di ricorrere ad una sperimentazione in vivo su animali.

### Conclusioni

L'uso dell'ABC nelle situazioni di emorragia profusa da vaste superfici cruentate ci ha fatto rilevare rimarchevoli vantaggi rispetto alle altre forme di elettrocoagulazione. I vantaggi possono essere identificati in:

- A) bassa temperatura di coagulazione nel periodo di tempo necessario ad ottenere la coagulazione.
- B) Assenza di carbonizzazione.

C) Riduzione di volume e profondità dell'insulto tissutale.

D) Riduzione conseguente dei pericoli legati alla caduta delle escare.

Il basso costo d'esercizio determinato dalla facilità di reperimento del gas in natura, unito al determinante risparmio di risorse (trasfusioni di sangue, materiale coagulante) associato ai notevoli benefici per il paziente, verificabili in una più pronta guarigione e in una notevole ed obiettiva diminuzione delle complicanze, ci portano ad affermare che l'ABC può essere in casi selezionati un valido strumento operativo alternativo all'elettrocoagulazione classica, anche al di fuori della chirurgia resettiva degli organi parenchimatosi. Dall'osservazione diretta dell'esperienza conseguita, l'ABC è sempre presente in camera operatoria perché esso rappresenta per un chirurgo, che abbia imparato ad utilizzarlo, una marcia in più, una possibilità per accedere ad una emostasi stabile, non alla fine dell'intervento, ma passo passo mentre si prosegue nell'operazione.

Oltre a tutti i vantaggi precedentemente trattati, ci sono da aggiungere quelli evidenti nella chirurgia resettiva parenchimale, con minore necessità di trasfusioni di sangue, minore utilizzo di fili di sutura e di altro materiale coagulante, e soprattutto riduzione delle febbri postoperatorie determinate dal riassorbimento dei tessuti (con risparmio di terapie antibiotiche prolungate, spesso superflue) vantaggi che sfociano in una notevole diminuzione della degenza del paziente.

Quindi l'ABC non va visto solo come un mezzo di agilità e di tranquillità per l'opera del chirurgo ma, come un mezzo per ridurre i tempi operatori, ridurre i tempi di degenza, ridurre la morbidità, ridurre la necessità di trasfusioni di sangue, tutto a vantaggio del paziente, e della spesa sanitaria.

## Riassunto

Il coagulatore ad Argon (A.B.C.) ha guadagnato il suo spazio in chirurgia per le sue caratteristiche modalità di azione, in quanto rende possibile la coagulazione delle emorragie parenchimali a "nappo" con un minimo danno tissutale nei tessuti adiacenti.

L'obiettivo di questo studio è stato quello di valutare le proprietà fisiche di questo tipo di coagulazione.

Lo studio sperimentale sull'ABC è stato disegnato per misurare la temperatura massima che si raggiunge quando il flusso di argon raggiunge il tessuto bersaglio, durante l'intervento. Usando un teletermometro tale misurazione, sul campo operatorio, non è stata facile a causa dei movimenti involontari della mano dell'operatore con il teletermometro e dei movimenti respiratori del paziente. Successivamente un protocollo simile è stato effettuato, per ovviare alle problematiche suddette, utilizzando tessuto muscolare animale proveniente da macelleria.

La temperatura del tessuto investito dal flusso non ha mai superato i 100°C.

I vantaggi dell'ABC sono quindi nel dominio delle emorragie parenchimali a "nappo" senza danneggiare i tessuti circostanti e risultano particolarmente evidenti nel confronto con l'elettrochirurgia a spray usuale, che invece produce carbonizzazione nei tessuti trattati.

## Bibliografia

- 1) Canard J.M.: *Clinical application of Argon Plasma Coagulation in gastrointestinal Endoscopy: Has the time come to replace the laser?* Endoscopy, 33(4):353-357, 2001.
- 2) Cook G.A.: *Argon, Helium and Rare Gases*. Interscience. New York, 1961.
- 3) Farin G.: *Technology of argon plasma coagulation with particular regard to endoscopic applications*. Endosc Surg Allied Technol, 2(1):71-77, 1994.
- 4) Grund K.E.: *Argon Plasma Coagulation (APC): Ballyhoo or Breakth Rough?* Endoscopy, 29:196-198, 1997.
- 5) Grund K.E., Straub T., Farin G.: *New Haemostatic techniques: argon plasma coagulation*. Baillieres Best Pract Res Clin Gastroenterol, 13(1):67-84, 1999.
- 6) Norton I.D., Wang L.: *In vivo characterization of colonic thermal injury caused by argon plasma coagulation*. Gastrointest Endosc, 55(6):631-6, 2002.
- 7) Picardi N., Marchetti P.: *Studio sperimentale ed applicazioni cliniche del bisturi elettronico a potenza modulata*. Ann Ita Chir, 55:595-607, 1983.
- 8) Picardi N.: *Sul trattamento radicale dell'epatocarcinoma a localizzazione profonda e multipla. Ruolo delle nuove tecnologie, specie in caso di localizzazioni multiple*. Ann Ital Chir, 70(4):529-538, 1999.
- 9) Platt R.C.: *Argon plasma electrosurgical coagulation*. Biomed Sci Instrum, 34:332-7, 1997.
- 10) Postema R.R.: *Haemostasis after partial hepatectomy using argon beam coagulation*. Br Surg, 80:1563-1565, 1993.
- 11) van Hillegersberg R.: *Fundamentals of laser surgery*. Eur J Surg, 163(1):3-12, 1997.
- 12) Watson J.P., Bennet M.K.: *The tissue effect of argon plasma coagulation on esophageal and gastric mucosa*. 52(3):342-5, 2000.

Autore corrispondente:

Dott. Benito FALBO  
Via Aldo Moro, 60  
83013 MERCOGLIANO (AV)  
E-mail: docben@virgilio.it  
Tel.: 347-7754328