

ENDOFOTOCOAGULAZIONE

Nella chirurgia vitreoretinica, l'uso del laser per i trattamenti endoculari via fibra ottica, è ormai divenuto una routine. Esistono diversi tipi di sorgenti che creano un'ampia scelta per ogni tipo di patologia. I requisiti essenziali per il laser da sala operatoria sono:

- massima compattezza e trasportabilità
- contenuto assorbimento elettrico
- uso di un raffreddamento compatibile con la sala.

I primi laser costruiti per sala operatoria, erano dei tubi Argon raffreddati ad aria derivati dai laser da studio ma, leggermente più efficienti. In ogni caso erano dispositivi capaci di assorbire più di 10 Kw per aver una uscita di 1 Watt. Dopo un trattamento, l'effetto di riscaldamento della sala operatoria, era come quello di 5 stufe elettriche accese insieme. Si cercava di mitigare il riscaldamento, convogliando l'aria d'uscita verso l'esterno, ma d'estate difficilmente si riusciva a mantenere la temperatura ad un valore accettabile.

L'evoluzione tecnica, ha portato alla costruzione di laser con rendimenti assai maggiori e soprattutto, eliminando il CW (emissione continua, Continuous Wave) e limitando l'erogazione a 1 secondo, si è riusciti a produrre laser che assorbono poco più di un faro alogeno. Una svolta essenziale si è avuta con l'introduzione del laser a diodo, che addirittura vede accrescere il suo rendimento di 100 volte con dimensioni 10 volte più piccole.

La tecnologia di oggi, ci ha portato laser completamente allo stato solido, con sistemi di duplicazione in frequenza tali da fornire, oltre che le ridotte dimensioni e bassi consumi, anche la scelta tra diverse lunghezze d'onda.

La terapia del trattamento laser, prevede la conversione di energia somministrata sotto forma di energia luminosa, in energia termica con conseguente riscaldamento e coagulazione dei tessuti interessati. Lo scopo principale dell'applicazione è quello di far assorbire al tessuto desiderato, una quantità di energia sufficiente a coagulare il tessuto stesso, evitando che parte del raggio venga riflesso.

Le frequenze

Un fattore essenziale di scelta per l'applicazione del laser è la lunghezza d'onda, o ovvero il suo colore. Il colore del laser ci permette di aggredire la porzione di tessuto più sensibile al trattamento. Sono disponibili a questo scopo diversi tipi di sorgente laser.

Controllo

Sembra un controsenso, ma i tubi laser, i diodi ed anche i laser a cristallo, in fondo, pur essendo tecnologicamente molto sofisticati, hanno un funzionamento dall'esterno estremamente semplice. Il tubo al plasma si accende come una lampada al neon, il laser a cristallo come una lampada flash ed il laser a diodi come un led.

Ma allora perché sono contornate da macchine così complicate e ricche di dispositivi automatici? Grossa parte dell'elettronica presente nel laser viene spesa per il suo controllo.

Il fenomeno di emissione infatti richiede, per poter essere utilizzato con sicurezza, sensori e controlli che impediscano di emettere radiazioni con parametri incontrollati.

I principali parametri sotto controllo sono:

potenza

durata dell'applicazione.

Potenza

È il parametro più importante perché da esso dipende l'efficacia, l'inefficacia o l'overdose dell'applicazione.

Il controllo della potenza è un problema di ardua soluzione soprattutto per i sistemi ad alta potenza e spesso richiede una sorveglianza continua del raggio d'uscita. In pratica, tutti i dispositivi laser hanno un sensore che misura l'intensità d'uscita del tubo, e intervengono, in tempo reale, su una eventuale fluttuazione della potenza. Purtroppo le fluttuazioni di potenza sono frequenti nei laser a plasma, dove l'emissione dipende dalla stabilità di moltissimi parametri, problema molto sentito anche nei laser a cristallo e in misura leggermente minore dai diodi. Comunque sistemi così "tirati" vanno incontro ad invecchiamento precoce, di cui va tenuto conto continuamente nel controllo della potenza. Le potenze variano a seconda del tipo di applicazione e dal tessuto interessato. Esse sono in genere regolabili da 10 milliwatt fino ad un massimo di 3 W. Nei laser da sala operatoria spesso sono disponibili telecomandi per facilitare le operazioni di settaggio. La regolazione della potenza dipende anche dal colore del laser, poiché se la percentuale di energia assorbita varia con il pigmento incontrato, a colori diversi, corrisponderanno potenze assorbite molto diverse. Per esempio, un trattamento retinico che con il blu (argon) richiede 350 mw di potenza, a 3 sec. richiederà, con il verde e lo stesso tempo, una potenza di 240 mw.

Durata

La durata dello spot, è il parametro che, insieme alla potenza, ci fornisce l'energia rilasciata dallo spot stesso. In pratica, per una certa energia erogata, pari p.e. a quella necessaria per la coagulazione del tessuto, si potrà regolare la potenza e la durata (in maniera inversa) per ottenere lo stesso risultato. Se aumenta la potenza, diminuirà il tempo necessario, e viceversa. Vi è però necessità di tenere presente che il tessuto assorbirà energia tanto più velocemente quanto più sarà alta la sua capacità termica; ciò comporta che, quando l'energia viene rilasciata lentamente (bassa potenza tempi lunghi), viene assorbita tutta ed uniformemente.

Quando si usa alta potenza per tempi brevi, l'energia non riuscirà a propagarsi correttamente, e si produrrà un aumento di temperatura superficiale, con conseguente effetto di ebollizione del tessuto (effetto esplosivo dell'impulso). La durata del trattamento è regolabile, in genere, da 0.01 a 1 secondo. Vi è, in molti laser, la possibilità di erogare potenza in continuo (CW). Questo può essere molto utile per dosare i trattamenti, osservandone l'effetto. In pratica, se si pone la potenza a valori sufficientemente bassi, si potrà osservare la coagulazione mentre essa avviene (colorazione bianca) e si potrà interrompere quando essa sarà sufficiente. Spesso i trattamenti laser, una volta scelta l'energia d'applicazione, vengono ripetuti uguali per una grossa superficie retinica; può essere utile allora, creare un sistema di ripetizione automatica. In questo caso la regolazione comprende più parametri, il tempo di esposizione e il tempo di pausa. Si può più semplicemente impostare il tempo di ripetizione, ma bisogna in questo caso, fare attenzione che, aumentando il tempo di esposizione, diminuirà il tempo di attesa e viceversa. Sarebbe meglio quindi impostare solo il tempo di pausa ad un valore tale da permettere all'operatore di tenere sotto controllo i movimenti.

Attuatore

L'attuatore o applicatore del laser, consiste in una fibra ottica del tutto simile a quella usata nell'illuminazione, ma che intercetta direttamente l'uscita del fascio laser e lo convoglia su una cannula, che viene poi inserita nella sclerotomia. La fibra ottica ci permette di portare il raggio trasmesso, fino sulla superficie retinica ed in ogni punto della camera vitrea. Le fibre ottiche sono di vario tipo, il tipo più semplice è quello retto ovvero con sonda perfettamente assiale.

Nei soggetti facchi è molto difficile raggiungere la periferia controlaterale con una sonda retta, senza toccare il cristallino, per questo vengono prodotte sonde incurvate nella parte terminale che permettono di scavalcare gli ostacoli. Un ostacolo ancora più pericoloso è l'anello di cerchiaggio, contro il quale urtare significa creare lacerazioni direttamente sulla retina; in questo caso, resta difficile anche l'uso della sonda curva, poiché la curvatura, essendo sulla punta, non corrisponde, una volta inserita, con l'indentazione. Resta la scelta migliore di chiudere il cerchiaggio (se presente) alla fine dell'intervento (dopo i trattamenti laser). Vengono prodotte anche sonde con aspirazione che, se da una parte sono molto utili a rallentare il riscaldamento della punta impedendo la produzione di

fastidiose bolle, dall'altra con una aspirazione non opportunamente controllata, provocano la fuoriuscita indesiderata di liquido durante i trattamenti.

Si dice spot o "punto", la zona colpita dal raggio laser. Lo spot determina la superficie di assorbimento, ovvero la zona in cui viene rilasciata l'energia luminosa.

Nei trattamenti transpupillari, il diametro dello spot dipende dal generatore: quando il target è a fuoco, ha sempre lo stesso valore. Assai differente è il comportamento della superficie dello spot quando il raggio viene proiettato sulla retina. Essendo i due percorsi ottici differenti, quello dell'osservazione e quello del laser (fibra ottica), la messa a fuoco non incide con D diametro dello spot, ma si usa solo per avere una visione chiara della zona da trattare. D raggio laser trasportato dalla fibra ottica, ha un diametro fisso nel punto di uscita e dipendente solo dal diametro interno della fibra ottica. Appena uscito da essa, si aprirà a ventaglio con un angolo solido, producendo un tronco di cono, con superficie minore a contatto della fibra ottica stessa. Il tronco di cono, intercettata la superficie retinica, produce uno spot avente area uguale alla sezione colpita. La sua superficie dipende solo dalla sua distanza con la superficie retinica.

L'applicazione con fibra ottica del raggio laser, quindi, impone al chirurgo, una accurata messa a fuoco del bersaglio e, soprattutto un corretto posizionamento della sonda rispetto ad esso. Un posizionamento scorretto, rispetto alla retina, produce valori indesiderati d'ampiezza dello spot. Consideriamo ora l'energia del trattamento: essa produrrà effetti diversi se distribuita su una superficie diversa. In effetti, ad una superficie piccola, corrisponderà una densità di energia maggiore, o se si vuole, una potenza maggiore. Avendo quindi trovato la potenza giusta da emettere, per coagulare una porzione di retina, cambiando la distanza da essa si avrà o un trattamento insufficiente o una iperdose in grado di provocare un trattamento esplosivo (ebollizione superficiale).

Si deve quindi fare molta attenzione, a mantenere costante la distanza sonda-retina, per assicurare una costanza dei trattamenti.

È generalmente facile tenere sotto controllo la distanza, quando si usano sistemi di visualizzazione diretti; assai più complicato è farlo con i sistemi grandangolari. Esistono infatti per questi sistemi, delle forti distorsioni tra il centro e la periferia, poiché tutti i grandangoli, ingrandiscono gli oggetti vicini e rim-piccoliscono quelli lontani. La distorsione è tale che una distanza di 1 mm. sulla retina in periferia, sembra meno della metà nella porzione foveale. Per non incorrere in problemi, si consiglia di fare prima i trattamenti periferici ed infine quelli centrali riaggiustando (avvicinando) la distanza dalla retina. Molto utile in tutti questi casi, è l'osservazione del laser di puntamento (*aiming beam*), che avendo le stesse vicissitudini ottiche del raggio principale, ci da in ogni momento, una idea precisa della dimensione dello spot. Si ricordi che l'intensità del raggio di controllo è regolabile, per cui non si tralasci di adattarlo fino ad avere una chiara visione della superficie da trattare.

Se per qualsiasi motivo, la luce del fondo fosse troppo elevata, per una corretta osservazione dell'*ai-ming beam*, si consiglia di ridurre l'intensità dell'en-doilluminatore o, dove fosse possibile, allontanare o puntare la fibra ottica dell'illuminazione lontano dal punto da trattare.

Infine, anche il mezzo in cui si sta facendo il trattamento, assume un ruolo importante riguardo al dosaggio. Infatti, la capacità termica, cambia da materiale a materiale. E cambia di conseguenza la modalità con cui il calore si trasmette attraverso i tessuti e la maniera in cui si accumula sulla punta della sonda.

Tenendo come riferimento l'acqua, per quanto riguarda la capacità termica, lavorando in PFCL si avrà una dissipazione maggiore verso il liquido e quindi un impatto minore, mentre in silicone l'effetto di dissipazione diminuisce, e si ha di nuovo il pericolo di trattamenti esplosivi. In aria la capacità termica è talmente più bassa che l'overdosaggio è assicurato (mantenendo gli stessi parametri). La punta della sonda, in via teorica non dovrebbe avere problemi se l'energia luminosa emessa, fosse tutta trasmessa all'esterno. Purtroppo sull'interfaccia, parte dell'energia viene assorbita dalla fibra ottica, provocandone il riscaldamento: ciò provoca la comparsa di bolle sulla sonda e determina un lento peggioramento della trasmissione (invecchiamento). Tutto questo dipende dal mezzo all'interfaccia. In acqua è molto facile la vaporizzazione con la creazione di bolle, in PFCL è più difficile, mentre in olio di silicone l'effetto è accentuato. Lavorando in aria, si ha un veloce deterioramento e la bruciatura molto rapida della sonda.

Comando

Come per gli altri dispositivi, il comando del laser va eseguito con un semplice pedale e il sistema di emissione laser va manipolato con una certa attenzione, per quanto riguarda le emissioni indesiderate, il laser è una macchina che deve avere precisi requisiti di sicurezza verso il paziente e verso l'utilizzatore, essendo, il raggio emesso, tendenzialmente pericoloso. Non a caso è catalogato nei dispositivi medici di classe IIb.

Il dispositivo principale per la sicurezza del paziente è, come abbiamo visto, un rigoroso controllo dei parametri di trasmissione dell'energia. La fibra ottica porta direttamente all'esterno il raggio senza ulteriore protezione e questo significa che, volendo, è possibile colpire o osservare il laser in emissione senza ulteriori controlli. Sebbene sia difficile che un operatore punti contro qualcuno la fibra ottica e schiacci il pedale, è invece possibile, che il pedale venga schiacciato fortuitamente, mentre qualcuno guarda la fibra. Si cerca quindi di evitare tale eventualità, adottando le seguenti precauzioni:

proteggendo il pedale con una copertura rigida, in cui si inserisce il piede; ciò non dà la possibilità di schiacciamenti fortuiti; chi prepara la macchina, deve avvertire l'operatore e il personale circostante, che il filtro di protezione è stato inserito e che viene attivata l'emissione;

chiunque debba assistere al trattamento dall'esterno del microscopio, è tenuto ad indossare gli occhiali di protezione.

Riguardo all'operatore esiste invece un sistema di filtri che lo isola otticamente nel momento in cui si ha emissione laser. Applicando il laser direttamente con la fibra sulla retina, il riflesso viene percepito interamente dall'operatore. Anche se lo spot viene riflesso con dimensioni maggiori, vi è sempre una possibilità di fecalizzazione anomala sulla superficie (vedi laser in aria), tale da produrre danni sulla retina dell'operatore o, nella migliore delle ipotesi, un forte abbagliamento.

Questo è vero per il laser nel visibile, mentre per l'infrarosso si potranno avere danni senza averne percezione visiva.

I filtri più efficaci sono quelli esattamente centrati sulla lunghezza d'onda dell'emissione laser. Infatti, essendo lo spettro di emissione laser molto stretto, si potrebbero utilizzare dei filtri che tagliano solo la frequenza desiderata, facendo passare tutte le altre. Si avrebbe così un filtro estremamente luminoso e in grado di bloccare completamente l'emissione, senza dare colorazione visibile, con una visualizzazione sempre chiara e ben contrastata.

Purtroppo ciò non è possibile, soprattutto per questioni di costo; si preferisce perciò, usare dei filtri: arresta o passa-banda, oppure, passa-alto o passa-basso.

Questo significa che, il filtro funziona da una data lunghezza d'onda in poi, lasciando così una colorazione residua. Per esempio, un filtro passa-basso per il verde, produce una colorazione arancio intenso. Il filtro per l'operatore può essere sia fisso che elettricamente collegato al laser:

nel primo caso si inserisce all'inizio del trattamento;

nel secondo, si inserisce automaticamente prima dell'emissione laser;

il personale all'esterno si munirà, come filtro, di appositi occhiali di protezione.

Se l'operatore vuole provare l'emissione prima di entrare nell'occhio, potrà farlo puntando il probe verso una superficie lontana, dopo aver avvertito il personale, il raggio riflesso da una superficie a più di 2 metri di distanza, non ha nessun effetto, ma ci dà la possibilità di vedere, dalla uniformità d'illuminazione dello spot proiettato, se il sistema di trasmissione è efficace.

Per finire, le norme di sicurezza prevedono che un addetto faccia rispettare tutte le precauzioni del caso o ottimale immediato, come si ottiene con l'Argon laser, vi è il rischio di un superdosaggio.