



Misure di temperatura in camera anteriore mediante microsonda termica interna nella facoemulsificazione bimanuale e tradizionale

Si era osservato da tempo che poteva essere eseguita una facoemulsificazione senza lo sleeve. Il faco di Louis Girard negli anni '70 era privo di sleeve. E si era visto che si poteva rimuovere il cristallino via pars-plana con le punte da frammentazione senza sleeve.

Negli anni altri hanno provato e pubblicato articoli sull'argomento. Ma la tecnica non ha avuto seguito, nemmeno ad opera degli stessi Autori che ebbero l'intuizione di presentarla.

Quando nel giugno 1999 abbiamo presentato la tecnica bimanuale in live surgery al Congresso Soi-Aiccer di Roma si suscitò grande interesse nell'ambito del Congresso, era la prima volta che questa tecnica veniva presentata dal vivo. Ma anche questa volta non ebbe seguito e fu presto nuovamente dimenticata. Perché?

Eliminare il sistema di raffreddamento evidentemente non era cosa da potersi fare a cuor leggero e si temeva

di incorrere in gravi rischi di surriscaldamento dei tessuti ed ustione dell'incisione.

Bisognava capire meglio l'andamento delle temperature nella facoemulsificazione per valutare a pieno le possibilità della nuova tecnica.

Così in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Ottica di Arcetri (I.N.O.) abbiamo eseguito uno studio volto a seguire l'andamento della temperatura assoluta del campo operatorio durante interventi di facoemulsificazione condotti alternativamente con sleeve (tecnica tradizionale) e senza sleeve (tecnica bimanuale). Per registrare le temperature descritte abbiamo impiegato una termocamera Nikon Laird S270 sensibile all'infrarosso termico nella regione dei 3-5mm. con range di misurazione da -20 a $+250$ °C $\pm 0,2$ °C. Le sequenze acquisite sono state registrate su supporto magnetico e contemporaneamente, in formato digitale, su personal computer.

Queste riprese dimostrarono come la faco senza sleeve produca meno calore nell'incisione rispetto alla faco tradizionale con lo sleeve (Figura 3 e 4).

Tuttavia la cornea rappresenta uno schermo termico notevole e la termografia non riusciva a valutare la variazione di temperatura all'interno della camera anteriore. Avevamo un quadro preciso dell'andamento delle temperature, ma non completo.

Volevamo conoscere, in particolare, quale fosse l'importanza del con-

gliare, all'interno della camera anteriore, il liquido impiegato per il raffreddamento della tip (il BSS convogliato in c.a. dallo sleeve) a confronto con l'infusione "fredda" che entrava direttamente in camera anteriore dalla bottiglia di BSS (tecnica bimanuale).

Per questo scopo abbiamo impiegato una microsonda termica digitale messa a punto dall'I.N.O. ed introdotta in camera anteriore attraverso una porta di servizio, durante interventi di facoemulsificazione.

La sonda, collegata ad un display e ad un computer, era ricoperta da una guaina di silicone che lasciava scoperto soltanto il bulbo introdotto all'interno, così da non essere influenzata nella misurazione dai fluidi in uscita dalla camera anteriore. Aveva una frequenza di misurazione di 0.25 secondi e range di misurazione da -2 a $+80$ °C $\pm 0,1$ °C. Veniva introdotta all'interno della camera anteriore attraverso una porta di servizio. Le



Figura 1. Misurazione della temperatura interna con termometro digitale durante facoemulsificazione con tecnica tradizionale



Figura 2. Misurazione della temperatura interna con termometro digitale durante facoemulsificazione bimanuale.

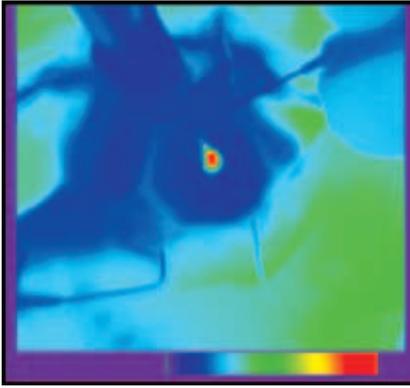


Figura 3. Immagine termografica con sleeve: $t^{\circ}\text{max}$ raggiunta 47.7°.

temperature raggiunte sono state visualizzate su un display, memorizzate e stampate.

Sono stati operati dallo stesso chirurgo 12 occhi di 8 pazienti affetti da cataratte confrontabili per durezza (3+) e caratteristiche cliniche (4 interventi bilaterali).

È stata effettuata anestesia topica con benoxinato 0,4% collirio.

L'apparecchio facoemulsificatore Optikon 2000 Pulsar Minimal Stress con manipolo SLIM in titanio è stato usato con due tip entrambe della Optikon:

- tip standard in titanio (diametro esterno 1,10 mm e diametro interno 0,90 mm) con sleeve
- microtip (diametro 0,69 mm) senza sleeve.

Sei interventi sono stati effettuati con la tecnica tradizionale e sei interventi con la tecnica bimanuale sleeveless. Negli interventi bilaterali un occhio è stato operato con la tecnica tradizionale e l'altro con la tecnica bimanuale sleeveless.

Negli interventi con la tecnica bimanuale sleeveless l'infusione era fornita da un infusore da noi progettato, posto in una porta laterale.

È stata usata come fluido di irrigazione una soluzione salina bilanciata arricchita con bicarbonato, destrosio e glutatione (BSS PLUS) di temperatura 20°C ad inizio intervento; la bottiglia era posta a 90 cm di altezza rispetto al livello dell'occhio.

Negli interventi eseguiti con la tecni-

ca tradizionale i valori dei parametri impostati erano i seguenti: power fissato al 40%, flow rate di 30cc/min e vacuum 200mmHg. Con la tecnica bimanuale sleeveless i valori medi dei parametri impostati erano: power 30% flow rate 30cc/min, vacuum 250 mmHg.

Le sequenze acquisite con la termocamera sono state registrate su videoregistratore e contemporaneamente in formato digitale su personal computer. Aree di temperatura diversa hanno emissioni diverse nell'infrarosso ed appaiono nell'acquisizione, in bande colorate. Si possono misurare i gradienti di temperatura e, con opportuna calibrazione, le temperature assolute.

La telecamera è stata montata lateralmente al microscopio per riprendere un campo operatorio più ampio di quello visto dal chirurgo ed esaminare l'intera tip del faco ed i liquidi di infusione e di deflusso³.

In sei dei dodici occhi (3 eseguiti con tecnica tradizionale e 3 con tecnica bimanuale sleeveless), ottenuto il consenso informato del paziente, è stata misurata anche la temperatura all'interno della camera anteriore mediante la microsonda termica digitale introdotta all'interno della camera anteriore attraverso una porta di servizio per tutta la durata dell'intervento.

RISULTATI

Tecnica tradizionale

Durante la facoemulsificazione del cristallino la temperatura della tip, dello sleeve e del tunnel è salita più volte sopra i 45°C in tutti i pazienti, in un caso ha raggiunto i 47,5°C. La temperatura si è innalzata velocemente azionando gli ultrasuoni; in due secondi si è prodotto un innalzamento di 20°C anche con un uso non eccessivo di ultrasuoni.

Interrompendo l'azione del faco la temperatura è scesa quasi altrettanto velocemente. I picchi di temperatura più elevati si sono registrati nel tunnel,

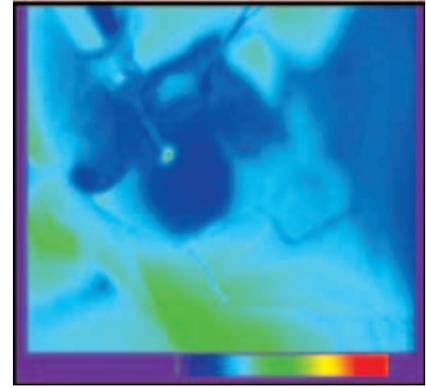


Figura 4. Immagine termografica senza sleeve: $t^{\circ}\text{max}$ raggiunta = 28°

dove è maggiore l'attrito, e lungo tutto lo sleeve. In particolare si è notato un marcato riscaldamento del cono alla base della tip e della BSS che usciva dalle porte di servizio.

Con la microsonda termica abbiamo osservato che la temperatura all'interno della camera anteriore subiva rialzi termici paralleli a quelli evidenziati dalla termocamera all'interno del tunnel, anche se meno rapidi e più modesti, dell'ordine di 4°-5°C.

Tecnica bimanuale sleeveless

Con la tecnica bimanuale sleeveless le temperature raggiunte durante la facoemulsificazione sono state in tutti i casi notevolmente inferiori rispetto a quelle raggiunte con la tecnica tradizionale. A parità di condizioni l'incremento di temperatura della microtip è stato dell'ordine di pochi gradi.

Il riscaldamento è stato evidenziato soltanto a livello della tip e del tunnel. Non si è evidenziato riscaldamento ne' del liquido che usciva dalla porta di servizio, nè di quello all'interno della camera anteriore rilevato con la microsonda termica, anzi la temperatura all'interno della camera anteriore si è mantenuta al di sotto del valore iniziale da noi misurato di 31,5°C.

La temperatura massima di 28°C è stata raggiunta nel tunnel, in un paziente di 81 anni affetto da cataratta brunescente. Nell'occhio controlaterale dello stesso paziente, impiegando la tecnica tradizionale, si era avuto il picco massimo di temperatura di

47.5°C, le cataratte erano assai simili per caratteristiche e durezza.

DISCUSSIONE

In tutti gli interventi registrati non si sono avute ustioni del tunnel clinicamente evidenti.

Nei casi effettuati con la tecnica tradizionale abbiamo rilevato un significativo innalzamento della temperatura, che era invece modesto con la tecnica bimanuale sleeveless.

I maggiori rialzi termici si sono avuti con i nuclei più duri e quando l'apparecchio era usato nella funzione "continuo" per più di 1 secondo.

L'analisi delle registrazioni ottenute con la microsonda in camera anteriore ha evidenziato che la temperatura della camera si innalza più lentamente rispetto al tunnel e raggiunge valori assoluti minori. Con la tecnica tradizionale l'incremento è stato di 4-5°C.

Invece con la tecnica bimanuale sleeveless grazie all'infusione fredda la temperatura della camera è stata addirittura inferiore ai fisiologici 31,5°C e non ha subito innalzamenti durante l'intervento. Quindi l'analisi delle registrazioni e lo studio delle temperature massime raggiunte con le due tecniche dimostrano che, a parità di parametri usati e di durezza del nucleo, la tecnica bimanuale sleeveless produce innalzamenti termici minori rispetto alla tecnica tradizionale sia nel tunnel che all'interno della camera anteriore. La facoemulsificazione con la tecnica bimanuale sleeveless richiede un tempo di emulsificazione del cristallino leggermente più lungo rispetto alla tecnica tradizionale e la potenza necessaria alla frammentazione del nucleo è inferiore. Ne consegue che non solo il calore prodotto è minore ma si ha più tempo per dissiparlo. La tip del facoemulsificatore possiede infatti energia ed oscilla lungo il suo asse maggiore muovendosi a velocità ultrasonica in mezzi di differente densità. La sua estremità distale frammenta il cristallino e la parte di energia che non viene usata per

emulsificare il cristallino viene dispersa in calore. L'energia termica prodotta dalla tip è proporzionale al quadrato della potenza usata. Inoltre il calore prodotto è proporzionale anche al coefficiente di attrito tra le superfici a contatto ed alla estensione delle superfici stesse. Con la tecnica bimanuale sleeveless si impiegano valori di potenza minori rispetto a quelli usati con la tecnica tradizionale e questo è una causa di minore produzione di calore. Inoltre anche il calore prodotto per attrito è minore in quanto impieghiamo una tip di dimensioni ridotte e quindi con superfici a contatto minori. Infine il coefficiente di attrito titanio-tessuti è minore di quello titanio-silicone. Tuttavia il calore prodotto va dissipato.

Si verifica infatti un'ustione quando si produce calore in eccesso rispetto alle possibilità di dissiparlo.

In un intervento di facoemulsificazione il sistema per dissipare il calore è basato sull'infusione. Nella tecnica tradizionale l'infusione porta la BSS attraverso l'interno del manipolo fino al cono e lungo tutta la tip per sfociare in camera anteriore dove contribuisce al mantenimento della profondità della camera ed alla rimozione del materiale emulsificato.

A dissipare il calore provvede anche il sistema di aspirazione che riprende il liquido dalla camera e lo riporta all'esterno riattraversando la tip ed il manipolo in senso inverso. Valori troppo bassi di infusione o di aspirazione possono quindi determinare improvvisi innalzamenti di temperatura. Nella tecnica tradizionale con sleeve si verifica un riscaldamento della BSS per contatto con il vibratore acustico (la tip) e questo rappresenta un ulteriore quantitativo di calore che entra in camera anteriore e giustifica l'innalzamento termico che abbiamo registrato con la microsonda posta all'interno dell'occhio.

Nella tecnica bimanuale sleeveless l'infusione entra da una porta laterale senza venire a contatto col vibratore

acustico che viene invece raffreddato dal flusso laminare in uscita. Abbiamo quindi in questo caso un continuo apporto di soluzione fredda anche durante l'azione degli ultrasuoni; questo spiega i valori di temperatura inferiori addirittura al valore fisiologico all'interno della camera anteriore misurati con la microsonda.

Lo studio ha dimostrato, al di là della comprensione dei fenomeni termici, che la tecnica della microtip riduce drasticamente le cause di ustione del tunnel inducendo innalzamenti di temperatura molto inferiori rispetto alla tecnica tradizionale. L'analisi delle registrazioni effettuate, ed in particolare il confronto tra le temperature massime raggiunte nei diversi casi (Figura 2 e 3) testimoniano che le temperature raggiunte nella facoemulsificazione con micropunta priva di sleeve ed infusione separata sono sistematicamente inferiori a quelle raggiunte nella facoemulsificazione tradizionale con sleeve.

Realizzato con la collaborazione di G.D. Panzardi.

Bibliografia

1. Bissen-Miyajima H, Shimmura S, Tsubota K. Thermal effect on corneal incisions with different phacoemulsification ultrasonic tips. *J. Cataract Refract Surg* 1999 Jan; 25 (1): 60-4.
2. Tsuneoka H, Shiba T, Takahashi Y. Feasibility of ultra-sound cataract surgery with a 1,4mm incision. *J. Cataract Refract Surg* 2001 Jun; 27(6):934-40.
3. Panzardi G. Minimal stress technique offers advantages for cataract removal. *Ocular Surgery News international edition Jan 2000*; 11 (1): 18-19.
4. Panzardi G. Teflon Phaco tip performs cataract surgery thorough 1 mm incision. *Ocular Surgery News US edition Jan 15 2000*; 18 (2):38.
5. Panzardi G. The use of thermography for temperature analysis during phacoemulsification. *Phacoemulsification principles and techniques cap 13.1 pp.55-258*, Slack Incorporated Thorofare NJ. 2002.