

**Influenza dell'ossigenopatia  
iperbarica sulla sopravvivenza  
dei lembi cutanei  
(Studio sperimentale)**

Estratto da:

**RIVISTA ITALIANA  
DI CHIRURGIA PLASTICA**

D. Fasano, G. Gasparini, D. Frigerio,  
G. Montacchini

*Cattedra di Chirurgia Plastica dell'Università degli Studi  
di Parma - Direttore: Prof. F. Papadia  
Divisione di Chirurgia Plastica dell'U.S.L. n. 4 di Parma  
Primario: Prof. F. Papadia*

## SUMMARY

**The influence of hyperbaric oxygen therapy  
in skin flaps survival. Experimental study.**

The reasons that can produce delay and necrosis of a cutaneous flap are generally the drastic reduction of the arterial supply or the congestion secondary to an inadequate venous drainage. Other local factors like irradiation and traumatism or general ones like diabetes, arteriosclerosis and smoke can compromise cutaneous flap's vascularization, especially in a random cutaneous flap and make it an high risk one.

Many Authors have tried to influence cutaneous flaps survival by sympathetic, vasomotor and no-coagulative drugs. Hyperbaric oxygen therapy have been employed to increase the endurance of the tissue to ischemia.

In this paper the Authors shortly remember the physic and physiologic principles of the hyperbaric oxygen therapy. Breathing pure oxygen (100% of concentration) to a positive pressure increases oxygen tension in blood with a secondary increase of oxygen gradient and spreading from blood to the tissues. It is considered the possible efficacy of this process in the treatment of high risk cutaneous flaps.

The Authors report their results of an experimental study on 20 rats. 10 animals have been treated with hyperbaric oxygen therapy (2 ATA for two hours twice a day for one week), while the other 10 have not been treated.

The results have shown a significative increase of the viable part of the skin flap in the treated

## INTRODUZIONE

Uno degli obiettivi fondamentali del chirurgo plastico è quello di poter influenzare la perfusione cutanea al fine di ottenere la sopravvivenza di lembi a rischio o di migliorare i rapporti larghezza-lunghezza a cui notoriamente sono vincolati i lembi random. Questi rapporti possono essere ancor più sfavorevoli in caso di compromissione della vascolarizzazione per cause locali (irradiazioni, traumi) o generali (diabete, aterosclerosi, fumo).

I meccanismi che possono portare alla sofferenza ed alla necrosi di un lembo cutaneo possono essere ricondotti fondamentalmente alla drastica riduzione dell'apporto arterioso od allo stato di congestione dovuto ad un relativo eccesso di perfusione arteriosa non accompagnato da un corrispondente drenaggio venoso.

---

animals. No sign of toxicity and no serious complication were reported.

It is certainly inadequate to transpose these results in clinic practice also for the great difference existing between cutaneous vascularization in rat and in man. However the Authors think that O.T.I. could represent a useful complementary procedure in the treatment of high risk cutaneous flaps.

Attualmente, almeno per quanto concerne i lembi random, si ritiene che la necrosi cutanea sia da attribuire essenzialmente ad un insufficiente apporto arterioso a livello del microcircolo. Secondo Reinisch il meccanismo fisiopatologico fondamentale è da ricercare nell'apertura di shunts artero-venosi che bypassano il circolo capillare (29), mentre secondo Kerrigan sarebbe l'insufficienza arteriosa primitiva il *primum movens* della sofferenza cutanea dei lembi (22).

Sulla base di questi presupposti molti Autori hanno tentato di influenzare la sopravvivenza dei lembi cutanei con presidi differenti applicati topicamente o per via generale allo scopo di incrementare il flusso sanguigno od aumentare la tolleranza tissutale all'ischemia (13, 21). Farmaci simpaticolitici, vasodilatatori ed anticoagulanti sono stati utilizzati per incrementare l'apporto vascolare (1, 23), mentre l'ossigenoterapia iperbarica e sostanze stabilizzanti la membrana cellulare sono state impiegate per aumentare la tolleranza tissutale all'ischemia (6, 7, 19, 20, 26, 28).

Gli studi sperimentali e clinici effettuati hanno condotto a risultati spesso contraddittori e pertanto la ricerca sull'argomento appare ancora giustificata.

La ossigenoterapia iperbarica (O.T.I.), che trova le sue origini nella seconda metà del secolo scorso, è nata inizialmente come strumento di cura nella malattia da decompressione rivelandosi successivamente presidio prezioso nelle infezioni clostridiali e da germi anaerobi, nella terapia della gangrena gassosa e delle intossicazioni da CO (2, 3). Si effettua facendo respirare al paziente ossigeno puro al 100% a pressioni superiori a quella atmosferica all'interno di una camera a tenuta in cui la pressione dell'aria aumenta in relazione alla pressione dell'O<sub>2</sub> respirato. L'azione

dell'O.T.I. consiste nell'incremento della tensione di O<sub>2</sub> nel sangue e di conseguenza nell'aumento del gradiente di ossigeno dal sangue ai tessuti con una sua più cospicua diffusione periferica.

È noto che di norma l'ossigeno viene veicolato ai tessuti in forma prevalentemente combinata con l'emoglobina la quale, in condizioni fisiologiche, è quasi completamente saturata. In condizioni di ossigenazione iperbarica la quota fisicamente disciolta nel plasma, minima in condizioni normobariche, aumenta notevolmente. Pertanto un'importante quota aggiuntiva di ossigeno si rende disponibile per le esigenze metaboliche tissutali (4, 17). L'impiego di questa metodica non è tuttavia esente da alcuni potenziali effetti tossici che si manifestano prevalentemente a carico dell'apparato respiratorio, del sistema nervoso centrale e dell'occhio. Un'attenta valutazione preliminare del paziente ed un continuo monitoraggio durante la terapia rendono comunque la O.T.I. scevra di serie complicanze (10, 24).

Le potenzialità applicative dell'ossigeno sono indubbiamente notevoli sia perché è elemento indispensabile per il metabolismo tissutale, sia perché possiede altre importanti attività (anti-infettiva, angiogenetica, stimolante i processi riparativi tissutali e la sintesi del collagene) di indubbio interesse pratico (8, 18, 27).

Sulla base di queste premesse hanno trovato spazio diverse indicazioni all'impiego dell'O.T.I., soprattutto in condizioni cliniche caratterizzate da compromissione vascolare (8). Anche in chirurgia plastica questa metodica è stata impiegata con discreto successo da parte di diversi Autori nell'ambito di protocolli terapeutici delle ustioni (14, 15, 31), di lesioni da raggi (9, 11, 25) e di gravi traumatismi degli arti, in particolare di quelli inferiori, so-

Lembo disegnato



lembo scolpito e  
sollevato





lembo suturato.



a) Lembo trattato con O.T.I.  
b) lembo non trattato.

con O.T.I. la zona vitale media è stata di 27,4 mm mentre nei lembi non trattati la medesima è risultata di 13 mm (fig. 3).

#### DISCUSSIONE

Nell'ambito delle sostanze utilizzate per incrementare la sopravvivenza dei lembi

cutanei a rischio, l'ossigenoterapia iperbarica ha portato a risultati spesso contraddittori sia nell'ambito sperimentale che clinico (5, 6, 7, 9, 11, 12, 14, 15, 19, 20, 25, 26, 27, 28, 30, 31).

I presupposti teorici su cui si basa l'azione dell'ossigenoterapia iperbarica appa-

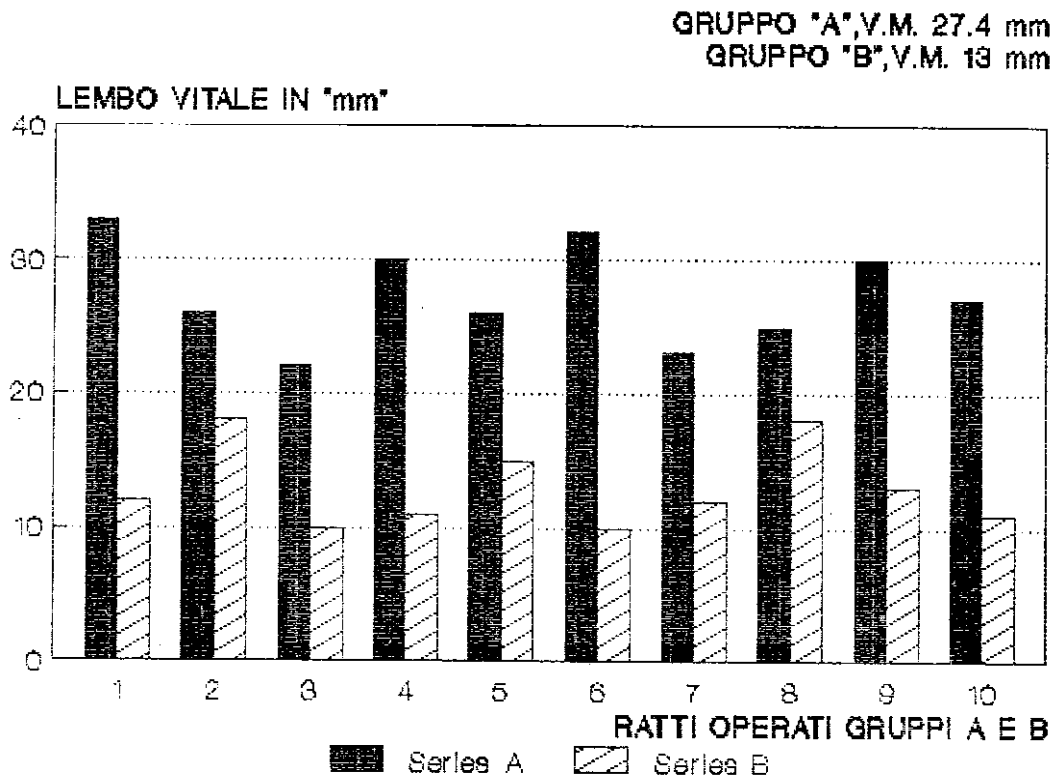


Fig. 3. — Rappresentazione grafica dei risultati.

iono piuttosto attraenti e consistono in un incremento della quota di ossigeno disciolto nel plasma con conseguente aumento dell'ossigeno disponibile per le esigenze metaboliche tissutali. Le modalità di somministrazione non sono tuttavia ancora completamente codificate e molte variabili differenti sono state considerate. Da studi effettuati da altri Autori appare che la valutazione contemporanea di tutti questi parametri comporterebbe uno studio molto complesso e pertanto abbiamo ritenuto opportuno stabilire un protocollo caratterizzato dall'applicazione dell'O.T.I. nel momento, ai dosaggi ed alla frequenza che avevano consentito i migliori risultati negli studi precedenti. L'obiettivo è stato pertanto di confrontare l'effetto di una O.T.I. «ottimale» sui lembi cutanei a rischio. I risultati ottenuti hanno mostrato,

almeno nel ratto, un significativo incremento della zona vitale dei lembi trattati rispetto a quelli degli animali di controllo.

Pur essendo indubbiamente inadeguato voler trasporre direttamente questi dati all'esperienza clinica, anche per le notevoli differenze esistenti fra la vascolarizzazione cutanea del ratto e quella dell'uomo, ci pare che anche questo studio confermi che l'O.T.I. potrebbe rappresentare, se applicata in modo idoneo, un utile presidio complementare nel trattamento dei lembi cutanei a rischio.

#### RIASSUNTO

Gli Autori, dopo aver brevemente ricordato le basi fisiche e fisiologiche dell'ossigenoterapia iperbarica, riferiscono la possibile efficacia di questo presidio nel trattamento di lembi cutanei a rischio.

Vengono riportati i risultati di uno studio sperimentale effettuato su 20 ratti. 10 animali sono stati trattati con OTI e 2 ATA per 2 ore, 2 volte al dì per una settimana, mentre gli altri 10 non sono stati sottoposti ad alcuna terapia.

I risultati ottenuti hanno mostrato un significativo incremento della porzione vitale del lembo allestito negli animali trattati. Non sono stati riscontrati segni di tossicità né complicanze

#### BIBLIOGRAFIA

- 1) Arturson G., Khanna N.N.: « The effects of hyperbaric oxygen, dimethyl sulfoxide and complamin on the survival of experimental skin flaps ». *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.*, 4, 8, 1970.
- 2) Behnke A.R., Shaw L.A.: « The use of oxygen in the treatment of compressed air illness ». *Nav. Med. Bul.*, 35, 1, 1937.
- 3) Boerema I., Brummelkamp W.H.: « Behandling van anaerobe infecties met inademing van zuurstof onder eendruk van drie atmosferen ». *Ned. Tijdsch Geneesk.*, 104, 2549, 1960.
- 4) Boerema I., Meijne N.G., Brummelkamp W.H. et al.: « Life without blood: a study of the influence of high atmospheric pressure and hypothermia on dilution of blood ». *J. Cardiovasc. Surg.*, 1, 133, 1960.
- 5) Brienza E., Matarrese V., Dedonno L. et al.: « L'O.T.I. (Ossigeno Terapia Iperbarica) quale intervento propedeutico nella ricostruzione delle ulcere degli arti ». Atti del 38° Congresso Nazionale della Società Italiana di Chirurgia Plastica Ricostruttiva ed Estetica, Messina 1989.
- 6) Caffee H.H., Gallaghem T.J.: « Experiments on the effects of Hyperbaric Oxygen on flap survival in the pig ». *Plast. Reconstr. Surg.*, 751, 81, 1988.
- 7) Champion W.M., Mc Sherry C.K., Goulian D.J.R.: « Effects of hyperbaric oxygen on the survival of pedicled skin flaps ». *J. Surg. Res.*, 7, 583, 1967.
- 8) Davids J.C., Hunt T.K.: Undersea Medical Society Bethesda, Maryland, 1986.
- 9) Davids J.C.: « Hyperbaric oxygen, a new adjuvant in the management of radiation necrosis ». *Arc. Otolaryng.*, 105, 58, 1979.
- 10) Donald K.W.: « Oxygen poisoning in man ». *Brit. Med. J.*, 1, 722, 1947.
- 11) Fattore L.D., Strauss R.A.: « Hyperbaric oxygen in the treatment of osteoradionecrosis: a review of its use and efficacy ». *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 63, 280, 1987.
- 12) Fumarola A., Gismondi A., Carlino A. et al.: « Impiego dell'ossigeno iperbarico quale trattamento complementare nella chirurgia ricostruttiva delle lesioni traumatiche degli arti inferiori ». *Riv. Ital. Chir. Plastica*, 15, 209, 1983.
- 13) Grabb W.C., Myers M.B.: « Skin flaps ». Little Brown and Co., Boston, 1975.
- 14) Grossman A.R.: « Hyperbaric oxygen in the treatment of burns ». *Ann. Plast. Surg.*, 1, 163, 1978.
- 15) Gruber R.P., Brinkley F.B., Amato J.J. et al.: « Hyperbaric oxygen and pedicled flaps, composite skin grafts and burns ». *Plast. Reconstr. Surg.*, 45, 24, 1970.
- 16) Gruber R.P., Lawrence I.B., Heitkamp D.H. et al.: « Hyperbaric oxygenation of pedicle skin flap without oxygen toxicity ». *Plast. Reconstr. Surg.*, 46, 477, 1970.
- 17) Hunt T., Twomey P., Zederfeldt B. et al.: « Respiratory gas tensions and Ph in healing wounds ». *Am. J. Surg.*, 114, 302, 1967.
- 18) Hunt T., Pai M.: « The effect of varying ambient oxygen tensions on wound metabolism and collagen synthesis ». *Surg. Gynecol. Obstet.*, 135, 561, 1972.
- 19) Jurell G., Kaijser L.: « The influence of varying pressure and duration of treatment with hyperbaric oxygen on the survival of skin flaps. An experimental study ». *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.*, 7, 25, 1973.
- 20) Kernahan D.A., Zingg W., Kay C.W.: « The effect of hyperbaric oxygen on the survival of experimental skin flaps ». *Plast. Reconstr. Surg.*, 36, 19, 1965.
- 21) Kerrigan C.L., Daniel R.K.: « Pharmacologic treatment of the failing skin flap ». *Plast. Reconstr. Surg.*, 70, 541, 1982.
- 22) Kerrigan C.L.: « Skin flap failure: pathophysiology ». *Plast. Reconstr. Surg.*, 72, 766, 1983.
- 23) Korlof B., Ugland O.: « Flaps and flap necrosis. Improving the circulation in skin flap with Complamin and with Dicumarol: animal experiments ». *Acta Chir. Scand.*, 131, 408, 1966.
- 24) Lambersten C.J., Kough R.H., Cooper K.Y. et al.: « Oxygen toxicity: effects in man of inhalation at 1 and 3.5 Atm. upon blood gas transport, cerebral circulation and cerebral metabolism ». *J. Appl. Physiol.*, 5, 471, 1953.

- 25) Marx R.: « A new concept in the treatment of osteoradionecrosis ». *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 41, 351, 1983.
- 26) McFarlane R.M., De Young G., Henry R.A.: « Prevention of necrosis in experimental pedicle flaps with hyperbaric oxygen ». *Surg. Forum*, 16, 481, 1965.
- 27) Nylander G., Norstrom H., Lewis D. et al.: « Metabolic effects of hyperbaric oxygen in postischemic muscle ». *Plast. Reconstr. Surg.*, 79, 91, 1987.
- 28) Perrins D.J.D.: « Hyperbaric oxygenation of skin flaps ». *Brit. J. Plast. Surg.*, 19, 110, 1966.
- 29) Reinish J.F.: « The pathophysiology of skin flap circulation: the delay phenomenon ». *Plast. Reconstr. Surg.*, 54, 585, 1974.
- 30) Sanna M., Biazzi M., Panizza R. et al.: « OTI in chirurgia plastica: casistica clinica ». Atti del 36° Congresso Nazionale della Società Italiana di Chirurgia Plastica Ricostruttiva ed Estetica, Torino, 1987.
- 31) Scrocca A., De Martino G., Sposato G. et al.: « Influenza della terapia con ossigeno iperbarico nel trattamento del grande ustionato ». *Riv. Ital. Chir. Plastica*, 15, 297, 1983.