Proceedings SNO
3

Atti del Master
sulle Cranioplastiche terapeutiche custom made
- LII Congresso Nazionale SNO -
11 maggio 2012, Roma

CRANIOPLASTICA TERAPEUTICA

A cura di:
Bruno Zanotti
Angela Verlicchi
Pier Camillo Parodi

NEW MAGAZINE EDIZIONI

In copertina scultura in ferro e granito: “Head” di Markus Raetz, artista svizzero,
situata nelle vicinanze della città di Eggum, nelle isole Lofoten in Norvegia (*foto di L. Siv-Hilde*).
Camminandole attorno, la scultura cambia forma 16 volte, presentandosi ora come un profilo di viso classico,
ora come una interessante serie di linee scolpite, ora come una testa in giù. Fa parte di una serie di opere (“Artscape Nordland”)
di artisti provenienti da 18 Paesi diversi, collocate nel paesaggio naturale di 33 comuni del nord della Norvegia.

Gli Autori, i Curatori e l’Editore hanno posto particolare attenzione affinché, in base
alle più recenti conoscenze mediche, procedure, farmaci e dosaggi siano riportati correttamente.
Declinano, comunque, ogni responsabilità sul loro uso e consigliano di consultare
le note informative delle Industrie produttrici ed i dati della letteratura.
I riferimenti legislativi sono stati controllati, ma il rimando alle pubblicazioni ufficiali è d’obbligo.
La correttezza delle affermazioni e delle citazioni bibliografiche
è sotto la diretta responsabilità degli Autori.

© Copyright 2013 by new MAGAZINE

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted,
in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise,
without written permission of the copyright holder.

Tutti i diritti sono riservati.
Nessuna parte può essere riprodotta in alcun modo senza il permesso scritto dell’Editore.

new MAGAZINE edizioni
via dei Mille, 69 - 38122 TRENTO
www.newmagazine.it
1ª edizione 2013
ISBN 978-88-8041-102-4
doi: 10.14588/ProceedingsSNO.3.2013.Zanotti

In ricordo dei medici:
Gian Pio Adami
Francesco Crosato
Enrico De Micheli

Quando un chirurgo plastico deve ricostruire un volto accidentato gravemente,
dovrebbe essere un grande artista come quelli del passato
per ricercare e comporre quanto possibile
quei segni prosopologici e caratteriali del paziente
che altro non sono (che) i segni della sua personalità.

Antonio Maria Guarneri

Siate risoluti a non servire più, ed eccovi liberi.
Non voglio che lo scuotiate o lo scacciate, ma solo che non lo sosteniate,
e lo vedrete, come un grande colosso a cui sia stata sottratta la base,
cadere e rompersi per il suo stesso peso.

Étienne de la Boétie

Sono un difensore del lavoro. Ma come attività creatrice e naturale dell'uomo.
Per avere una casa, vestirsi, nutrirsi, bisogna lavorare. Il meno possibile. Il meglio possibile.
Però bisogna lavorare. E questo può farsi nella libertà, nell'eguaglianza, la solidarietà e il piacere.

Lucio Urtuba

INDICE

❒ **Editoriali**

9 Presentazione
M. de Bellis

11 Introduzione
B. Zanotti

❒ **Comunicazioni**

13 Considerazioni storiche intorno alle soluzioni di continuità della teca cranica e l'evoluzione medico-chirurgica
A. Porro, A.F. Franchini, L. Lorusso

23 La sindrome del trapanato cranico
P. Bramanti, M. Catanesi, R.S. Calabrò, R. Ciurleo, F. Corallo, S. De Salvo, S. Marino

27 La cranioplastica terapeutica: aspetti medico-legali
C. Moreschi, A. Sabot

31 Il ruolo del Neuroradiologo prima e dopo la cranioplastica
F. Iaiza, B. Zanotti

37 Craniectomie decompressive
B. Zanotti, A. Verlicchi

47 Cranioplastiche custom made: appunti di lavoro
B. Zanotti, A. Verlicchi, D. Almesberger, D. De Franceschi, G.F. Guarneri, E. Rampino Cordaro, F. De Biasio, L. Lazzaro, S. Calabrese, M. Rivilli, C. Zanin, N. Zingaretti, P.C. Parodi

57 Gestione delle complicanze nelle cranioplastiche
C. Iaccarino, P. Schiavi, C. Bronzoni, E. Orlandi, D. Nasi, F. Servadei

65 L'osteointegrazione nella cranioplastica
R. Stefini, U. Zanetti

69 L'uso di osteoinduttori in neurochirurgia ricostruttiva
G.F. Maddalena, F. Romeo, G. Polito, B. Scarano, L. Fiorentino

73 Non solo cranioplastica: gli annessi
S. Calabrese, G.F. Guarneri, B. Zanotti, L. Lazzaro, G. Semprini, P.C. Parodi

85 ***Indice alfabetico degli Autori***

Editoriale

□ Presentazione

La "cranioplastica" è un intervento chirurgico finalizzato alla riparazione di un difetto strutturale o morfologico del cranio. All'origine dei difetti cranici possono esservi molteplici cause: traumi con fratture esposte o comminute, ferite perforanti da arma da fuoco o di altra natura, incidenti d'auto o sul lavoro, infezioni con osteomieliti, craniectomie decompressive, resezioni di tumori ossei o di tumori a carico di tessuti circostanti infiltranti l'osso, riassorbimenti di osso autologo, patologie degenerative, malformazioni congenite.

La cranioplastica può essere intesa come:

a) riposizionamento del tassello osseo asportato durante un precedente intervento neurochirurgico (*autoinnesto*) e conservato presso una banca dell'osso, o di tessuto osseo *autologo* (cioè del Paziente stesso) prelevato in altra sede (ad esempio, dalle costole o mediante la divisione dei tavolati esterno ed interno di un altro tassello osseo di dimensioni almeno pari al difetto, tramite un taglio lungo la diploe): va da sé che il miglior materiale impiantabile è l'osso stesso del Paziente;
b) *alloinnesto* (innesto di materiale osseo o cartilagineo prelevato da un individuo della stessa specie): questo tipo di impianto è stato praticato intensamente durante la prima Guerra Mondiale, con alta percentuale di infezioni e di riassorbimento;
c) *xenoinnesto* (trapianto di tessuto osseo prelevato da animali, come la scapola di pecora): nel 1668 l'olandese J.J. Van Meckeren descrisse il primo impianto xenoplastico, in cui si utilizzò un osso di cane su un nobile russo, che però fu scomunicato per essere stato operato con un osso di canide;
d) ricostruzione di un deficit di sostanza ossea tramite l'impianto di una protesi *ad hoc* in materiale artificiale biocompatibile.

Le indicazioni a favore della cranioplastica sono essenzialmente dettate dalla necessità di proteggere il cervello, come terapia delle cosiddette "sindromi da craniolacunia" (cefalea, difficoltà di concentrazione, deficit motori, ecc.), legate verosimilmente a variazioni pressorie endocraniche, nonché da ragioni estetiche.

Il materiale sintetico ideale per la cranioplastica deve essere:

1) disponibile ed economico;
2) biocompatibile, con minimo potenziale infettivo;
3) non riassorbibile e facilmente modellabile (in modo da riprodurre fedelmente il contorno cranico);
4) resistente, rigido, non conduttore;
5) in grado di stimolare l'osteogenesi e la rivascolarizzazione;
6) radiotrasparente e RM compatibile.

La prassi chirurgica tradizionale prevede che la protesi sia realizzata direttamente in sala operatoria, una volta definite la natura e l'estensione della lesione: in altri termini, è il chirurgo stesso che provvede a modellare, seduta stante, il materiale eteroplastico adatto allo scopo (polietilene, polimetilmetacrilato, idrossiapatite, reti metalliche). In particolare, il metilmetacrilato è attualmente il materiale più usato: nel giro di pochi minuti s'indurisce e viene a costituire la protesi, pronta per essere impiantata.

È evidente, tuttavia, come il buon esito di una tale procedura dipenda fortemente dall'abilità manuale del chirurgo, con risultati estetici non sempre confortanti, data l'enorme difficoltà nel conferire alla protesi la dovuta curvatura (anche per mani esperte). Inol-

Corrispondenza: Prof. Massimo de Bellis, UOSC di Neurochirurgia, Ospedale "S. Maria di Loreto Nuovo", via A. Vespucci, 80142 Napoli (NA), tel. 081-2542769-30, fax 081-2542770, e-mail: massimo.debellis@libero.it
Cranioplastica terapeutica (*a cura di Bruno Zanotti, Angela Verlicchi, Pier Camillo Parodi*): 9-10.
Proceedings SNO: Master sulle Cranioplastiche terapeutiche custom made - LII Congresso Nazionale SNO, 11 maggio 2012, Roma.
Copyright © 2013 by new Magazine edizioni s.r.l., Trento, Italia. www.newmagazine.it *ISBN: 978-88-8041-102-4*

tre, al termine del processo d'indurimento le protesi così realizzate presentano sovente numerose bolle d'aria, rimaste intrappolate durante la fase di miscelazione dei vari componenti (matrice di partenza, catalizzatore, additivi) che concorrono alla formazione dell'impasto finale ('cemento osseo'). Tali microporosità sono di per sé causa di fragilità meccanica, nonché un ricettacolo di infezioni batteriche: se la protesi si infetta, va incontro a rigetto e, pertanto, deve essere rimossa e sostituita *ex novo* (si stima che la percentuale di fallimenti di impianti con protesi eteroplastiche per rigetto sia pari al 15% circa dei casi trattati).
Un ulteriore svantaggio della preparazione del dispositivo medicale in sede di intervento chirurgico è rappresentato dal fatto che la polimerizzazione del materiale protesico avviene tramite *reazione esotermica*, ovvero con produzione di calore. Per minimizzare il rischio di necrosi cellulare conseguente ad un brusco aumento della temperatura all'interfaccia osso-cemento, le protesi approntate al momento devono essere allontanate dal sito chirurgico prima dell'indurimento finale, con il pericolo di deformazioni accidentali a danno della stabilità meccanica della protesi stessa.
A ciò si aggiunge l'eventualità di infiammazioni locali acute originate dal rilascio di monomeri tossici, a causa del protrarsi del processo di polimerizzazione ancora per alcune ore dopo l'impianto della protesi.
Un altro fattore di rischio è costituito dalla contaminazione del campo operatorio dai residui della lavorazione manuale della protesi, che può provocare al Paziente dermatiti e reazioni allergiche. Infine, bisogna mettere in conto la dilatazione dei tempi chirurgici (e, quindi, della durata dell'anestesia), dal momento che l'intervento dovrà prevedere anche la realizzazione della protesi in concomitanza con l'intervento stesso.
Alla luce delle suddette considerazioni, si comprende come la cranioplastica tradizionale possa essere utilmente adoperata solo per la correzione di piccoli difetti di discontinuità ossea.

La risoluzione delle problematiche legate a tale patologia ha catalizzato l'interesse di differenti Specialisti e di professionalità varie: i Neurochirurghi, in prima battuta, i Neurologi, poi i Neurofisiologi, i Neuroradiologi, e non ultimi Bioingegneri e Biochimici.
Tutto al fine di garantire la buona riuscita di un atto chirurgico complesso, finalizzato al ripristino di una qualità di vita ottimale per il Paziente.
Negli ultimi anni si è assistito ad una rapida evoluzione delle conoscenze scientifiche affiancata da una altrettanta rapida progressione delle conoscenze tecnico-informatico, grazie alle quali vengono oggi realizzate apparecchiature e presidi sanitari sempre più innovativi.
Tale progresso scientifico ha determinato un notevole impatto sulla prognosi non solo quoad vitam ma anche e soprattutto *quoad valetudinem*, ottenendo alla fine un netto miglioramento del benessere psico-fisico del Paziente, consentendogli di raggiungere un completo recupero e il reinserimento socio-lavorativo.
In questa convention verranno esposti i vari passaggi necessari per comprendere l'evoluzione compiuta negli ultimi anni dalla metodica della cranioplastica.
Dopo un breve *excursus* storico sulle lesioni di continuo della teca cranica e sull'evoluzione delle terapie delle stesse, verranno trattate dal punto di vista semiologico le sindromi del "trapanato cranico"; verrà poi chiarito l'importante ruolo, pre- e post-operatorio, del Neuroradiologo.
Si tratterà poi di alcuni aspetti medico-legali delle metodiche ricostruttive, che grande importanza assumono al giorno d'oggi, epoca caratterizzata in maniera così evidente dall'aumento del contenzioso legale.
Si entrerà poi nel vivo della discussione, trattando gli aspetti più squisitamente chirurgici della cranioplastica e delle tematiche ad essa connesse, con particolare attenzione alle complicanze della metodica e alla loro gestione clinica, spesso complessa.

Prof. Massimo de Bellis
Presidente SNO 2011-2013

Editoriale

□ Introduzione

La trapanazione cranica e, conseguentemente, la successiva necessità di colmare la craniolacunia, fanno parte del DNA della chirurgia dell'estremità cefalica.
Le evidenze storiche ce ne danno ampiamente conferma anche se, a cavallo degli anni '60-'90 dello scorso secolo, le cranioplastiche sono state spesso relegate a funzione ancillare rispetto ai virtuosismi neurochirurgici che, proprio in quei decenni, violavano aree encefaliche ritenute inaccessibili pena esiti catastrofici.
Sul finire dello scorso secolo, però, la cranioplastica ha incominciato a rinascere a nuova vita suscitando sempre maggior interesse. Questo, è innegabile, soprattutto grazie ai nuovi materiali ed alla possibilità di realizzare protesi "su misura" (*custom made*) per quello specifico Paziente, restituendogli la morfologia più consona per quel contesto. Non solo, lo sviluppo della chirurgia demolitiva-ricostruttiva in un solo step (preparando la protesi custom made prima di realizzare la craniectomia per asportazione di lesioni destruenti la teca cranica) ha fornito una accelerazione nel crescente interesse verso le cranioplastiche.
La neuronavigazione e l'utilizzo della TC cranica intra-operatoria hanno contribuito non poco ad ottimizzare questa procedura chirurgica, rendendola sempre più precisa.
Inoltre, è ormai acclarato che la cranioplastica non è un intervento estetico o, almeno, non solo, ma soprattutto un provvedimento terapeutico. In alcuni casi essenziale, se pensiamo alle "sindromi del trapanato cranico".
La cranioplastica, dunque, come inalienabile diritto alla salute e non presidio chirurgico per vanità.
Sottovalutare, come spesso si è fatto, la complessità della chirurgia plastico-ricostruttiva dell'estremità cefalica può portare ad incorrere in gravi complicanze, non sempre facili da affrontare e risolvere.
Ritenere la cranioplastica come chirurgia *entry level* o da praticarsi a ferragosto od alla vigilia di Natale, per non occupare la sala operatoria con chirurgia "minore", può far incappare in seri problemi soprattutto per il Paziente, ma che, inevitabilmente, coinvolgono anche il curante. Basti pensare che un Paziente su tre, dopo intervento di cranioplastica, può presentare delle complicanze generiche e che un Paziente su quattro può richiedere un reintervento chirurgico.
Conoscere potenzialità e limiti delle protesi craniche è dunque imperativo per condurre questa chirurgia al meglio.
È ritenuto quindi indispensabile affrontarla in modalità multidisciplinare dove il nurochirurgo, il chirurgo plastico ed il chirurgo maxillo-facciale agiscono in sinergia, in modo paritario, al fine di massimizzare le reciproche competenze per raggiungere il miglior risultato possibile. L'equipe chirurgica deve, inoltre, dialogare con il radiologo, il laboratorista, il medico nucleare, il bioingegnere, il tecnico della produzione, il neuroriabilitatore, ecc., cioè con tutta la complessa filiera di professionalità che si incontra nel realizzare una cranioplastica.
Infatti, le cranioplastiche hanno ancora molta strada da fare sia per quanto concerne la ricerca di base, sia nell'ambito delle applicazioni cliniche, perché sempre più è chiesto di passare da una chirurgia meramente ricostruttiva ad una medicina che sappia rigenerare.

BRUNO ZANOTTI

Corrispondenza: Dr. Bruno Zanotti, Azienda Ospedaliero-Universitaria "S. Maria della Misericordia" e Dipartimento di Chirurgia Plastica e Ricostruttiva c/o Ospedale Civile "S. Michele", piazza Rodolone, 33013 Gemona del Friuli (UD), e-mail: bruno.zanotti@cranioplastica.it
Cranioplastica terapeutica (*a cura di Bruno Zanotti, Angela Verlicchi, Pier Camillo Parodi*): 11.
Proceedings SNO: Master sulle Cranioplastiche terapeutiche custom made - LII Congresso Nazionale SNO, 11 maggio 2012, Roma.
Copyright © 2013 by new Magazine edizioni s.r.l., Trento, Italia. www.newmagazine.it *ISBN: 978-88-8041-102-4*

Comunicazione

Considerazioni storiche intorno alle soluzioni di continuità della teca cranica e l'evoluzione medico-chirurgica

A. PORRO, A. F. FRANCHINI*, L. LORUSSO**

Dipartimento Specialità Medico-Chirurgiche, Scienze Radiologiche e Sanità Pubblica, Università degli Studi, Brescia
** Dipartimento di Scienze Cliniche e di Comunità, Università degli Studi, Milano*
*** UO di Neurologia, Azienda Ospedaliera "Mellino Mellini", Chiari (Brescia)*

INTRODUZIONE

La soluzione di continuità della teca cranica è qualcosa di più di un evento traumatico, di una necessità diagnostica e/o terapeutica, di un problema da risolvere con tecnologie, tecniche, mezzi appropriati: è la testimonianza tangibile degli atti medico-chirurgici dei tempi più antichi, il punto di partenza, al quale siamo inconsciamente legati (e tutti riconosciamo, ormai, il valore dell'inconscio).
Possiamo, allora, cercare di sottolineare taluni aspetti di questa simbolica centralità, giacché gli apporti storici specifici, interni al problema della cranioplastica sono stati autorevolmente proposti alla riflessione degli storici e di chi è professionalmente interessato al problema[30].
Al lavoro ora citato, quindi, si rimanda sia per ogni approfondimento bibliografico, sia quale punto di partenza per ulteriori riflessioni.
Il nostro apporto, invece, si propone di sottolineare alcuni e diversi legami, che correlano la soluzione di continuità della teca cranica, talune tecniche di intervento, tal altri aspetti dell'attività neurochirurgica con momenti evolutivi della medicina e della chirurgia, con vicende scientifiche di ambito generale, con sviluppi disciplinari apparentemente distanti.
Come accennato da Verlicchi e Zanotti[30], il primo spunto correlato ad una dimensione scientifica prossima ai nostri concetti di modernità, ci riporta al XVI secolo, ma noi tutti ben siamo consci che al secolo successivo, con lo sviluppo di un nuovo modello di scienza, si debbano gli apporti metodologici e tecnici, che influenzarono anche l'ambito che ci interessa approfondire.
Quindi, il nostro punto di partenza sarà collocato a Roma, verso la fine del XVII secolo.

VERSO LA FINE DEL XVII SECOLO

La scelta di questo esordio non è casuale, e ci consente di entrare nella dimensione della neurofisiologia, allorché si ritenga la soluzione di continuità della teca cranica come il luogo privilegiato d'osservazione, una sorta di finestra aperta sull'ignoto (o sul parzialmente ignoto): la possibilità di osservare in vivo il funzionamento cerebrale.
Dobbiamo riferirci alle posizioni meccanicistiche,

Corrispondenza: Dr. Lorenzo Lorusso, UO di Neurologia, Azienda Ospedaliera "M. Mellini", viale Mazzini 6, 25032 Chiari (BS), tel. 030-7102631, fax 030-7102622, e-mail: walton2002@libero.it
Cranioplastica terapeutica (*a cura di Bruno Zanotti, Angela Verlicchi, Pier Camillo Parodi*): 13-21.
Proceedings SNO: Master sulle Cranioplastiche terapeutiche custom made - LII Congresso Nazionale SNO, 11 maggio 2012, Roma.
Copyright © 2013 by new Magazine edizioni s.r.l., Trento, Italia. www.newmagazine.it *ISBN: 978-88-8041-102-4*

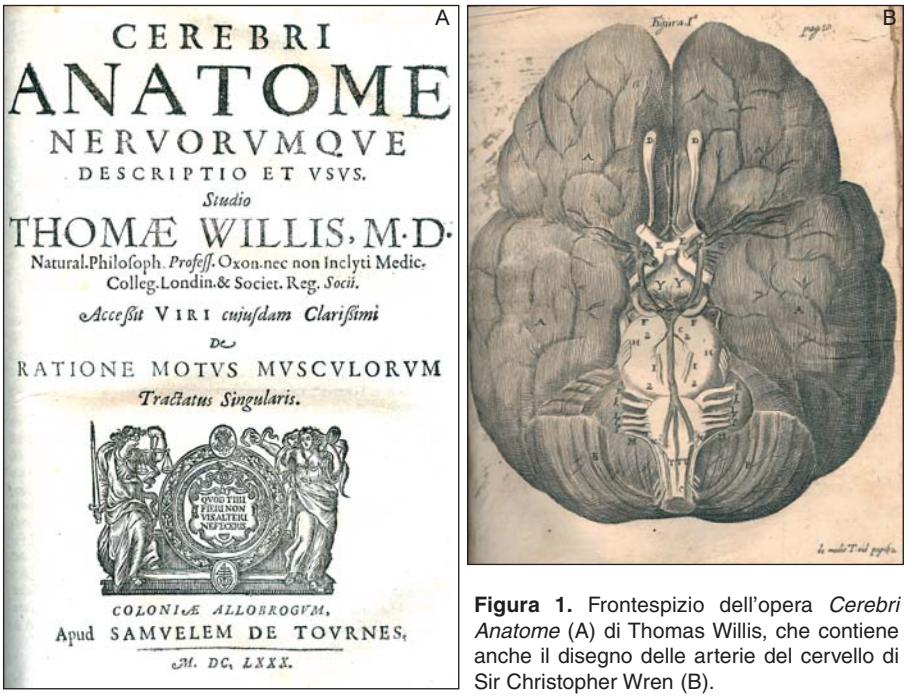


Figura 1. Frontespizio dell'opera *Cerebri Anatome* (A) di Thomas Willis, che contiene anche il disegno delle arterie del cervello di Sir Christopher Wren (B).

della iatromeccanica ed esemplificativamente possiamo ricordare la figura e l'opera di Thomas Willis (1621-1675) e la sua *Cerebri Anatome* (Figura 1)[31].
Le posizioni dei medici razionalisti d'epoca prevedevano la centralità dei dati provenienti dall'*anatomia animata* (con questo termine si indicava l'odierna fisiologia, ma anche, volendo sottolinearne una sfumatura, quel legame che univa la morfologia al divenire, l'anatomo-fisiologia), capaci di indirizzare anche le pratiche terapeutiche.
Antonio Pacchioni (1665-1726) è noto per i suoi studi sulle meningi (descrisse le granulazioni sporgenti sulla superficie dell'aracnoide)[2]: alcuni suoi riscontri sperimentali su cani scalottati lo portarono a congetture errate sulla funzione delle meningi quali involucri muscolari del cervello (e sulla possibilità di una loro attività diastolica e sistolica, definita dal termine *tremulo-oscillante*, in relazione alla *circolazione dell'influsso nervoso*)[23].
Si tratta, com'appare evidente, di un'applicazione del paradigma circolatorio, da pochi decenni introdotto da William Harvey (1578-1657) a metodologia, con la sua *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*[8,9,10] a nuove strutture anatomiche.
Quel che a noi però importa ricordare, è il riscontro di queste sue ipotesi sull'uomo[20,21,22]: senza quella finestra sull'ignoto non sarebbe stato possibile riscontrare l'osservazione vivisettoria sperimentale.

L'*occasio praeceps* del primo aforisma ippocratico non era sfuggita ai neurofisiologi romani fra i quali, oltre a Pacchioni e nella fattispecie dell'esempio proposto, si possono annoverare anche Giorgio Baglivi (1668-1707) e Giovanni Maria Lancisi (1654-1720).
Si può ricordare, incidentalmente, che proprio le ricerche sulle meningi furono alla base della diatriba (condita con accuse di plagio) che aspramente divise questi ultimi.
Certamente, la scarsa dotazione strumentale limitava grandemente le verifiche sperimentali ed il valore della qualità, specialmente allorché si affrontasse il problema delle funzioni superiori, intellettive, vitali, animali (secondo il concetto galenico) rimaneva relativamente solido: l'applicazione dei paradigmi metodologici verificati per altri apparati al contenuto della teca cranica poteva però dischiudere, in termini di unificazione, le conoscenze dei meccanismi più delicati del funzionamento della macchina umana.
Questa condizione di limitatezza sarebbe persistita per ancora circa due secoli; tuttavia, la possibilità di usufruire dei dati provenienti dalla presenza di una soluzione di continuità della teca cranica sarebbe stata già affrontata eminentemente in termini tecnici, operativi, terapeutici anche nella prima parte del secolo XIX[30].

□ VERSO LA FINE DEL XIX SECOLO

Se quanto fin qui espresso, a riguardo di una nascente indagine neurofisiologica, ci deve sempre ricordare che la dimensione qualitativa faticava ad evolvere in quella quali-quantitativa (ed a maggior ragione in quella quantitativa *tout court*), per impedimenti eminentemente tecnologici, tecnici e strumentali, noi possiamo collocare temporalmente la rimozione di molti fra questi ultimi ostacoli verso la fine del secolo XIX.

I riferimenti da prendere in considerazione sono di varia natura, e pertinenti a differenti branche disciplinari quanto ad esiti specifici (la neurochirurgia è soltanto uno fra gli esempi): tuttavia, alcuni filoni di ricerca possono essere riconosciuti come trasversali, così come lo sono l'adesione applicativa a talune metodologie, o la ricerca di risposte ad alcune domande coprenti un ambito interdisciplinare od anch'esso transdisciplinare.
A riguardo della nostra situazione di partenza, che vede nella soluzione di continuità della teca cranica l'evento che focalizza l'interesse, possiamo ricordare che l'evoluzione della strumentazione del laboratorio di fisiologia, così come lo sviluppo della psicologia sperimentale, rendono questa evenienza più che preziosa incidentalmente.
La natura che sperimenta autonomamente sull'uomo rimane sempre uno dei modelli di riferimento, ed in certo qual modo la *serendipity* deve completare quel che spesso viene offerto all'osservazione in un'unica occasione (d'altronde, lo stesso Ippocrate, seppure in un differente contesto, come già espresso, resta sempre pronto a ricordarcelo con il suo primo Aforisma, allorché cerchiamo di valutarne il messaggio universalmente valido).
La soluzione di continuità della teca cranica diviene, allora e come già avvenuto nella Roma di fine Seicento, una finestra, che ci consente di osservare *in vivo* il funzionamento dell'organo interno (e, quasi paradossalmente, è bene che la soluzione di continuità resti tale almeno per un sufficiente lasso di tempo).
La condizione ideale, allora, non risiede tanto nella soluzione di continuità di tipo post-traumatico (in tal caso, ben più pressanti sono le necessità di interventi d'emergenza volti a salvaguardare la vita), anche se superata la fase acuta dell'evento le osservazioni divengono possibili, bensì le soluzioni di continuità legate a specifiche patologie.
Si pensi alla sifilide terziaria: non era così infrequente l'osservazione evolutiva di gomme destruenti il tavolato osseo della teca cranica.
Poiché tali lesioni potevano permettere una qualità di vita sostanzialmente migliore di quella riscontrabile, ad esempio, in caso di lesioni sostitutive di origine neoplastica, i soggetti portatori di soluzioni di continuità si dimostrarono particolarmente adatti alla rilevazione di dati e parametri relativi al funzionamento cerebrale in diverse e variabili condizioni.
Queste due tipologie di soggetti furono oggetto di osservazioni relative al funzionamento cerebrale.
Entriamo così in contatto con la figura che in qualche modo riunisce in sé, per l'ambito scientifico italiano di fine Ottocento, le caratteristiche di catalizzatore delle ricerche fisiologiche (intese nel senso più ampio del termine, quanto a correlazioni con le altre branche disciplinari mediche, chirurgiche e di base - per usare un termine moderno).

Figura 2. Ritratto di Angelo Mosso (Torino, 1846-1910).

Siamo nella positivistica Torino, ed immaginiamo allora di entrare nell'Istituto di Fisiologia della Regia Università, diretto da Angelo Mosso (1846-1910) (Figura 2)[3].
Si devono richiamare alla memoria alcuni suoi dati ergobiografici, perché sia chiaro quanto finora espresso.
La citazione degli esponenti della scienza del tempo, dei quali egli può considerarsi allievo, ci indica chiaramente, ed oltre ogni altra considerazione, la qualità delle esperienze che Mosso fu in grado di intraprendere, il livello della rete dei rapporti che riuscì ad instaurare, e la dimensione qualitativa che fece raggiungere all'Istituto di Fisiologia dell'Università torinese (in tutte le sue estrinsecazioni).
Il primo nome che si può proporre alla riflessione, è quello di Jacobus Albertus Willebrordus [o Jakob, o Jacopo] Moleschott (1822-1893).

Si tratta non solo di uno fra i maggiori fisiologi della seconda metà dell'Ottocento, ma anche di una di quelle figure di scienziati, che trovarono in Italia un luogo privilegiato per condurre le proprie ricerche, finendo con lo stabilirvisi definitivamente (Moleschott, olandese di nascita, fu anche Senatore del Regno d'Italia). Laureatosi ad Heidelberg, ove fondò e diresse il Laboratorio di Fisiologia della locale Università (1853), fu professore di Fisiologia a Zurigo (1856), per poi trasferirsi a Torino (1861) e Roma (dal 1879): Mosso a lui succedette, sulla cattedra dell'Ateneo torinese.

L'importanza della diretta discendenza scientifica di Mosso dal fisiologo olandese-italiano trova autorevole conferma e traccia anche negli Atti Parlamentari del Senato del Regno, in occasione della commemorazione[16].

Il secondo Autore, che si può ricordare, è Moritz Schiff (1823-1896): anch'egli, nel suo percorso scientifico-accademico, dal mondo tedesco si portò in Italia (all'*Istituto di Studi Pratici e di Perfezionamento* di Firenze, quale professore di Fisiologia fra il 1862 ed il 1876), per concludere la sua attività a Ginevra. Schiff si dedicò, fra l'altro, ad indagare i rapporti fra sistema nervoso e circolo sanguigno.

Quando, invece, si cita il nome di Carl Ludwig (1816-1895), si entra in contatto con una delle figure di maggior rilievo della fisiologia sperimentale, e in questo contesto si vuole sottolineare il suo apporto allo sviluppo tecnico della disciplina.

Fondatore dell'Istituto di Fisiologia a Leipzig (1869) (e colà Mosso si recò), a Ludwig si deve l'introduzione nella tecnica fisiologica della grafica automatica.

Il suo apparecchio di registrazione su tamburo rotante, il *chimografo*, divenne uno strumento indispensabile in ogni laboratorio di fisiologia, e simbolo di una visione meccanicistica della disciplina.

Che dire, inoltre, di Claude Bernard (1813-1878), se non che il suo lavoro di introduzione del metodo sperimentale in medicina fa di lui uno degli esponenti rappresentativi di punti di svolta epocali nell'evoluzione della scienza?

Per l'assunto presente, si possono ricordare i suoi esperimenti sui nervi vaso-motori.

Anche con Louis-Antoine Ranvier (1835-1922) Mosso ebbe rapporti: dello studioso francese si possono ricordare le ricerche di neuroistologia e neuroanatomia.

Infine, ma solo per non appesantire la trattazione, non si può non citare il nome di Etienne Jules Marey (1830-1904).

Anch'egli può essere ricordato per la sua dimensione tecnica; per studiare la fisiologia e la patologia del movimento ideò strumenti e tecniche innovative di registrazione, e deve essere considerato fra i più rilevanti esponenti dello sviluppo della cinematografia scientifica.

Si era laureato con una tesi sulla circolazione del sangue in condizioni normali e patologiche, incentrata sull'uso della strumentazione elaborata da Ludwig, secondo la metodologia grafica.

Con queste premesse formative e di rapporti scientifici, ben comprendiamo come Mosso intendesse introdurre la rilevazione grafica dei parametri e dei fenomeni, al servizio della valutazione del funzionamento degli organi interni (ed il cervello non poteva essere considerata un'eccezione).

Due erano, in quel lasso di tempo dell'ultimo quarto dell'Ottocento, i parametri, sulla cui registrazione si riponevano speranze di valutazione unicistica, nella prospettiva di svelare quei *segreti della vita*, che sembravano sfuggire alla dimensione quantitativa: il flusso sanguigno e la temperatura.

Le prime sperimentazioni di Mosso si avvalsero dell'applicazione della tecnica pletismografica, per la rilevazione del cosiddetto *polso cerebrale*: le variazioni del flusso ematico cerebrale venivano messe in relazione alle differenti attività poste in essere dal soggetto (Figura 3).

Le grafiche mossiane potrebbero essere definite, con tutte le cautele del caso e per usare termini d'attualità, come le prime espressioni di *neuroimaging*, proprio perché correlate a differenti condizioni dei soggetti analizzati.

Egli inferiva un aumento del flusso sanguigno cerebrale in rapporto con l'attività psichica.

Non vi è chi non veda e riconosca, seppure nella limitatezza della strumentazione del tempo, come essa possa essere considerata la partenza di un lungo percorso, che è sinora giunto alla PET od alla fMRI.

In questo caso, inoltre, la correlazione con l'attività neurochirurgica può essere definita in modo maggiormente stringente, allorché si pensi che talune osservazioni mossiane erano strettamente collegate all'esecuzione di interventi neurochirurgici od ad esiti di traumi interessanti la teca cranica.

La rilevazione corticale del *polso* cerebrale era stata già dalla fine degli anni Settanta del secolo proposta dal fisiologo torinese in una memoria presentata alla Reale Accademia dei Lincei e pubblicata nel 1881[16].

Le sue grafiche rappresentavano differenti condizioni: si possono esplicitamente ricordare quelle relative

all'attività del polso del cervello durante l'attività del pensiero e le emozioni; durante il sonno e la veglia; infine sotto l'influenza del nitrito di amile.
Come abbiamo già ricordato, le soluzioni di continuità della teca cranica avevano attratto l'attenzione dei ricercatori, ma queste osservazioni di Mosso fecero fare un salto di qualità alla ricerca specifica e rappresentarono un punto ineludibile di inizio[4].
Mosso si avvalse di tre soggetti, in diverse condizioni di partenza, quanto ad eziologia della soluzione di continuità della teca cranica: la donna C., portatrice di una grande lacuna sifilitica della volta; gli uomini G.T. e M.B., portatori di esiti di trauma cranico[7].
Tali osservazioni furono completate, nel 1882, dal caso di L.C., muratore di 45 anni, traumatizzato da un mattone cadutogli sul capo (sulla regione occipito-parietale destra) dall'altezza di circa 20 metri: quando lo vide Mosso, erano passati 3 mesi dal trauma, era residuata una breccia di circa 5 centimetri di diametro ed il paziente accusava vertigini frequenti, ma nessun danno della visione.
Nel luglio 1882 Mosso registrò curve pletismografiche, ma aggiunse anche una registrazione termometrica condotta sulla superficie cerebrale.
Egli ripeté le registrazioni anche dopo somministrazione di cloroformio o nitrito di amile[19].
Prima di proseguire nella nostra analisi, si deve introdurre il secondo parametro: la temperatura.
Anche indipendentemente dalle esperienze mossiane, sulle quali si ritornerà, ci si trovava, a riguardo delle rilevazioni termometriche degli organi interni, nelle stesse condizioni verificatesi per la registrazione pletismografica: come registrare la temperatura di un organo interno?
Non erano passati molti anni, da quando Karl August Wunderlich (1815-1877) e Ludwig Traube (1818-1876) avevano proposto l'uso delle curve termometriche, sicché essi possono essere considerati i fondatori della termometria clinica moderna.
Le curve termometriche sono tuttora di riscontro ineludibile, e la misurazione quotidiana della temperatura mantiene ancora oggi in ambito clinico un incomparabile valore di metodo[5,6,11,13].
Considerando il problema della rilevazione termometrica degli organi interni, si possono ricordare gli studi di Giuseppe Vicarelli (1865-1946) in ambito ostetrico ginecologico (a proposito della temperatura dell'utero e del feto) e di Emilio Cavazzani (1865-1922) per quanto concerne il fegato.
Si tratta di due collaboratori di Mosso: il primo diresse la Clinica Ostetrica della Regia Università di Torino; il secondo fu professore di fisiologia nella Regia Università di Ferrara.
Anche in questo caso, la possibilità di sfruttare una soluzione di continuità della teca cranica si dimostrava preziosissima.
Tuttavia, si deve considerare che Mosso, almeno inizialmente, era concentrato maggiormente sulla registrazione del *polso cerebrale* con il pletismografo, e solo in seguito approfondì le rilevazioni termometriche.

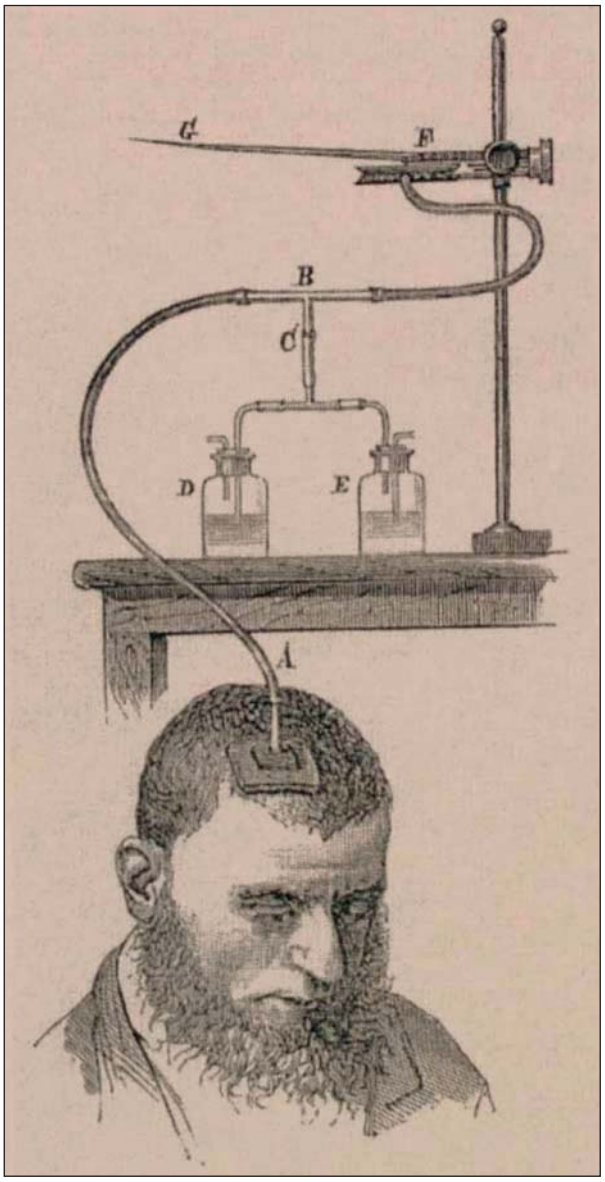


Figura 3. Il pletismografo, ideato da Angelo Mosso ed usato per misurare le variazioni del flusso sanguigno in relazione a pensieri ed emozioni (*da Giacomini C., Mosso A.: Esperienze sui movimenti del cervello nell'uomo. Archivio per le Scienze Mediche 1876; 1: 245-278*).

Il 24 marzo 1892 Mosso tenne la *Croonian Lecture* presso la Royal Society di Londra, sul tema: *Les phénomènes psychiques et la température du cerveau*.
Mosso è stato l'unico italiano (dal 1738 ad oggi) a tenere una Croonian Lecture, che è "the premier lecture in the biological sciences", una prestigiosa e premiata lezione magistrale data ogni anno su invito della Royal Society (Royal Society of London for Improving Natural Knowledge) e della Royal College of Physicians di Londra ed ideata da William Croonian, uno dei membri fondatori della Royal Society.
Nello stesso 1892 la lecture comparve *in sunto*, sui *Proceedings*[17] e nel 1893 fu pubblicata in extenso sulle *Philosophical Transactions*[19].
Ricordando che, nella primavera 1892, la casistica mossiana sull'uomo faceva riferimento a quanto pubblicato nel 1881 ed a talune altre registrazioni consecutive ad intervento di trapanazione, con posizione di un sensibilissimo termometro (costruito dal parigino Baudin, registrava intervalli di 2 millesimi di grado) fra dura madre e cranio (e raramente sotto la dura madre), si deve ricordare che il grosso delle osservazioni erano state condotte sui cani.
Il filo rosso proveniente dalle osservazioni sperimentali della Roma di fine Seicento non si era perso, né era stato reciso.
Anzi, possiamo riportare le parole con cui si chiude l'abstract pubblicato sui Proceedings, perché ci rendono bene l'idea della fede positivistica nei riscontri dei dati scientifici: "*The author concludes by expressing the hope that the comparative study, by the direct thermometric method, of the temperature of the various organs of the body will enable us to push forward our knowledge of the phenomena of life*"[17].
A dire il vero, le parole conclusive della pubblicazione *in extenso* della Lecture sulle *Philosophical Transactions* sembrano testimoniare una ricalibrazione (in senso riduttivo) delle speranze: non si parla di *phenomena of life*, ma della *vie du cerveau*[18].
Nel luglio 1893 Mosso aveva potuto compiere, all'Ospedale Infantile Regina Margherita di Torino, nuovi esperimenti su una giovane dodicenne, D.F. Ella era stata ricoverata nell'agosto 1892, con una breccia di 3-4 cm aperta in regione fronto-temporale destra. Il trauma che l'aveva causata era avvenuto cinque mesi prima, la giovane presentava una ferita infetta, con fungosità caseose e soffriva di accessi convulsivi. Durante il ricovero era stato rimosso un sequestro osseo. Dimessa, era rientrata nel febbraio 1893 con evidenza di ascessi caseosi tubercolari: nel suo caso coesistevano una patologia cronica ed un trauma.
Nel giugno-luglio 1893 Mosso iniziò gli esperimenti, non prima di aver chiesto all'anatomico Carlo Giacomini (1840-1898) una conferma della localizzazione del termometro, che andava ad essere posizionato nella scissura silviana.
L'anatomico torinese era considerato uno dei maggiori esperti, al tempo, delle circonvoluzioni cerebrali, insieme all'anatomico di Parma Lorenzo Tenchini (1852 1906)[14,26].
Deve essere sottolineata l'importanza di quest'attenzione, posta da Mosso in relazione con la vicinanza dei centri nervosi specifici.
Le registrazioni furono eseguite ad ampio raggio.
Si trattò sia di quelle pletismografiche, che di quelle termometriche, in variabili condizioni: veglia e sonno, somministrazione di cloroformio.
Mosso diede conto di tutte queste sperimentazioni (e delle precedenti) nel 1894, in un volume dedicato alla termometria cerebrale[19].
La soluzione di continuità della teca cranica diviene allora, con Mosso, un'occasione irripetibile per mettere in collegamento neurofisiologia e psicologia[25].

□ UN'ANNOTAZIONE SULLA TERAPIA

Anche la dimensione eminentemente tecnica, relativa ai metodi d'intervento per ricostituire la teca cranica, può prestarsi a riflessioni di indole storica generale.
In particolare, ci si può riferire all'approntamento di un flap osteo-periosteo perché tale intervento ben si presta ad esemplificare la complessità dei rapporti con tecniche chirurgiche del passato.
Il primo spunto di riflessione ci viene dal periostio, e dobbiamo focalizzare la nostra attenzione sul problema del suo mantenimento in stato di piena vitalità.
Verlicchi e Zanotti situano questa tecnica al 1890[30], ma il problema del mantenimento del periostio era stato affrontato già nel 1844 dal vercellese Esusebio Bernardino Larghi (1812-1877)[1], che eseguì una resezione femorale conservativa, mantenendo il periostio *in situ*.
Dal periostio lasciato in situ si iniziava una neoformazione di tessuto osseo.
In verità, questo fenomeno era già stato osservato da Michele Troja (1747-1828), che aveva pubblicato a Parigi nel 1775 una memoria in proposito[29].
A Larghi, tuttavia, si deve la diffusione dell'intervento, proposto su diversi distretti ossei (anche del complesso maxillo-facciale).
Posto quindi come acclarato, che il mantenimento del

periostio potesse facilitare l'osteoneogenesi, come sarebbe stato possibile raggiungere questo risultato, allorché ci si trovasse in una condizione per certi versi opposta, nel caso del riscontro o della formazione di una soluzione di continuità della teca cranica?
Anche in questo caso, potevano essere d'aiuto le tecniche della chirurgia plastica: più precisamente, il riferimento andava non tanto agli innesti od ai trapianti, quanto alle cosiddette autoplastiche (preferite, quando possibili, per evidenti motivi di assenza di rigetto).
Gli interventi di rinoplastica non erano poi concettualmente dissimili dalle cranioplastiche, avendo come fine la correzione di una mancanza e la ricostruzione rispettosa *quam simillime* dell'anatomia e della fisiologia.
Si trattava di applicare al tavolato osseo della teca cranica le tecniche di trasposizione del lembo peduncolato.
Nella rinoplastica emergevano la necessità che il lembo fosse mantenuto vitale per l'attecchimento, il problema della rotazione dello stesso ed il trattamento dell'eventuale cicatrice esitante, l'attenzione alla sutura.
Anche nel caso della cranioplastica taluni di questi aspetti risultavano di rilievo: la caratteristica osteoperiostea per mantenere la vitalità; la rotazione del flap; la necessità di un'attenta sutura.
Nelle nostre regioni, molti erano i chirurghi che si dedicavano agli interventi di autoplastica e già alla metà degli anni sessanta dell'Ottocento erano disponibili revisioni della letteratura e casistiche dettagliate.
Si può ricordare, a tale proposito, l'opera del chirurgo pavese Luigi Porta (1800-1875) e la sua memoria stampata nel 1866[27].
In essa egli criticava con forza, alla luce della sua casistica, alcune posizioni di chirurghi contemporanei: ad esempio, le posizioni di Johann Friedrich Dieffenbach (1792-1847) non sono ritenute accettabili dal chirurgo pavese, soprattutto perché carenti di revisione epicritica.
Si deve ricordare che Dieffenbach veniva e viene considerato come uno fra i maggiori esponenti della chirurgia plastica del tempo.
La memoria di Porta, come tutti i suoi lavori, si apre con un'approfondita revisione storica dell'argomento: scorrere la specifica bibliografia ci porta progressivamente indietro nel tempo.
Incontriamo così, fra i primi Autori citati, Gabriele Falloppio (o Falloppia, 1523-1562).
Il ricordo della sua figura non è casuale per il nostro assunto, perché viene considerato fra i primi a dare una descrizione dell'intervento di cranioplastica.
Volendo riandare ulteriormente indietro nel tempo, non si può non ricordare la tecnica proposta, pubblicata nel 1597 e diffusa da Gaspare Tagliacozzi (1545-1599) per gli interventi di rinoplastica, il cosiddetto *metodo italiano*.
In realtà il metodo, sotto forma di diffusione e *traditio* secretistica, era stato concepito ed eseguito già nel Quattrocento.
Tuttavia, era il cosiddetto *metodo indiano*, caratteristico dell'antica tradizione chirurgica del subcontinente indiano, basato sulla trasposizione di un lembo frontale, e diffuso in Occidente nel 1816 da Joseph Constantine Carpue (1764-1846), ad essere concettualmente più vicino all'intervento di predisposizione del flap osteo-periosteo.
In questo intervento di cranioplastica, dunque, possiamo riconoscere tratti correlati a grandi tappe evolutive delle discipline chirurgiche.

□ INTERVENTI SULLA TECA CRANICA, CHIRURGHI E SOCIETÀ

In un senso più generale, e per concludere questa trattazione, ci si deve riferire anche agli interventi sulla teca cranica *in sé*, indipendentemente dalla caratterizzazione cranioplastica.
È un modo per riprendere, in senso unicistico, quel percorso che dalle craniotomie preistoriche è giunto fino a noi.
Per tempo lunghissimo, e da tempo immemorabile fin quasi ai nostri giorni, l'intervento chirurgico era considerato come *ultima ratio*, e gli interventi sulla teca cranica, interessando uno di quei santuari preclusi all'atto del chirurgo (a causa della morte consecutiva pressoché certa del paziente), ponevano all'operatore problemi tecnici ed etici spesso insormontabili.
Il riferimento che vogliamo proporre alla riflessione, ci porta nell'ambiente chirurgico pavese del 1825 e potremmo così intitolarlo: *quando un intervento sulla teca cranica costò il posto a un professore di chirurgia*.
Dapprima appare utile sunteggiare il caso clinico[29], per poi tratteggiare le figure dei principali attori della vicenda, ed infine inquadrare l'episodio in un contesto più generale.
A.G., bambina di anni 5, era stata colpita dal calcio di un cavallo in zona frontale alta sinistra.
La frattura dell'osso frontale isolava un frammento

ellissoidale, depresso e frantumato; le meningi erano lacerate; esitava una perdita ematica e di sostanza cerebrale: si trattava, com'è evidente, di una situazione molto grave.
Chiesto il parere di un collega, il chirurgo eseguì, secondo le indicazioni d'epoca, l'intervento di trapanazione, pur non aspettandosi che una assai remota possibilità di successo.
Estratti i frammenti e svuotato un ematoma epidurale, suturate le meningi per opporsi alla protrusione cerebrale si iniziarono le terapie, sintomatiche, secondo le prescrizioni del tempo.
In settima giornata la fanciulla soccombette; l'autopsia evidenziò la perdita di circa un terzo dell'emisfero sinistro.
Non sono riportate formazioni ascessuali o presenza di pus (ricordiamo che al tempo si era ben lontani da una qualsiasi definizione microbiologica).
Trattiamo, dunque, dei protagonisti della vicenda.
Oltre alla paziente, dobbiamo riferire dell'operatore[24].
Si tratta di Bartolomeo Signoroni (1796-1844) che, appena ventinovenne, aveva preso servizio da pochi mesi, quale Pubblico Professore Ordinario di Chirurgia nell'Università degli Studi di Pavia.
Allievo di Tomaso Volpi (1761-1822), egli si era perfezionato a Vienna, diventando uno degli allievi prediletti da Vinzenz von Kern (1760-1829).
Tommaso Volpi era succeduto sulla cattedra pavese a Giuseppe Jacopi (m. 1813): erano tempi nei quali il ricambio, nella clinica chirurgica, era stato intenso.
Signoroni era giovane, motivato, intriso di idee chirurgiche moderne ed innovative, abilissimo operatore, se non ardito, attento all'evoluzione ed all'elaborazione di nuove tecniche e strumenti.
Tutto ciò era sufficiente a sconvolgere la tradizionale staticità dell'ambiente, sulla quale vegliava, quale autentico *deus ex machina*, Antonio Scarpa (1752-1832).
La venuta di Signoroni, con l'introduzione del moderno *modus operandi* viennese, aveva vanificato i desideri di Scarpa, il quale nel giro di sei mesi riuscì a sobillare gli studenti e l'ambiente cittadino.
Grazie anche ad un martellamento quotidiano con missive denigranti l'operato di Signoroni, dirette alle Autorità di Governo, Scarpa riuscì a far sollevare dall'incarico il giovane chirurgo.
Al centro delle imputazioni di cattiva pratica chirurgica stavano alcuni interventi andati a mal esito: fra i quali uno era quello più sopra citato.
Signoroni si difese in tutti i modi possibili, e dalla sua autodifesa scientifica[28], pubblicata quando ormai la sua situazione era definitivamente compromessa (si consideri che il permesso di stampa gli doveva giungere dallo stesso Scarpa, in qualità di Censore!), possiamo evincere che, in realtà, il comportamento era stato ineccepibile (considerando i dettami operativi del tempo).
Quali i commenti a questo caso?
L'intervento sulla teca cranica rappresentò una delle scintille che appiccarono l'incendio che distrusse, in ultima analisi, solo Signoroni.
In realtà, egli si trovò ad essere stritolato da due ingranaggi più grandi e più forti: era la lotta tra modernità e tradizione, tra la Scuola Chirurgica di Vienna e quella di Pavia, tra Kern e Scarpa, tra la capitale ed una città, importante certo, ma decentrata.
Per amore di verità, dopo sei anni, l'ancor giovane chirurgo poté trasferirsi a Padova, ove riprese e proseguì la sua carriera di stimato, abile tecnicamente e moralmente valido docente e sperimentatore.

□ UN'IPOTESI DI CONCLUSIONE

C'è chi ha usato la frase *the appeal of holes in the head*[12] e non senza ragione: la cranioplastica stessa (e la soluzione di continuità della teca cranica) ha catalizzato, nel volger del tempo, l'interesse di differenti professionisti e specialisti: in primo luogo i chirurghi, ma anche i neurologi, indi i neurofisiologi, per giungere anche a chi si occupa di neuroimaging (per non parlare di chi è maggiormente impegnato nell'elaborazione tecnica degli strumenti e dei materiali, come i bioingegneri o i chimici).
Tutto converge sulla buona riuscita di un atto chirurgico, sul ripristino di una buona qualità di vita per il paziente, ma tutto si espande anche in una rete complessa di rapporti che si diramano nello spazio e nel tempo: le radici possono attingere linfa da molto lontano e anche la storia può dare il suo contributo, per meglio contestualizzare le scelte del presente.
Come sosteneva il protochirurgo imperiale Giovanni Alessandro Brambilla (1728-1800), *non vi è necessità solo di chirurghi tecnicamente preparati, ma di chirurghi umanamente ed anche culturalmente validi*.

□ BIBLIOGRAFIA

1. Belloni L.: Dalla osteogenesi periostale alla resezione sottoperiostale, Michele Troja (1775) e Bernardino Larghi (1847). Simposi clinici 1971; 8: XXV-XXXII.
2. Brunori A., Vagnozzi R., Giuffre R.: Antonio Pacchioni

(1665-1726): early studies of the dura mater. J Neurosurg 1993; 78 (3): 515-518.

3. Castellani C.: Mosso Angelo. In: C.C. Gillispie (editor): Dictionary of scientific biography (vol. 9). Scribner, New York, 1970-1980: 546.
4. Clarke R., O'Malley C. D.: The human brain and spinal cord: a historical study illustrated by writings from antiquity to the twentieth century. University of California Press, Berkeley, 1968: 811.
5. Das Thermometer. Ciba Zeitschrift (edizione di Basilea), 1944.
6. Das Thermometer. Ciba Zeitschrift (edizione di Wehr/ Baden), 1957.
7. Fishgold H.: D'Angelo Mosso à Hans Berger. Comment est née l'électroencéphalohraphie. In: L. Belloni (a cura di): Per la storia della neurologia italiana. Atti del Simposio Internazionale di Storia della Neurologia. Varenna, 30 agosto - 1 settembre 1961, Milano, Università degli Studi. Istituto di Storia della Medicina, 1963: 237-254.
8. Harvey G.: De motu cordis. A cura di Loris Premuda. Il Giardino di Esculapio, Milano, 1957.
9. Harvey G.: Esercitazione anatomica sul movimento del cuore e del sangue negli animali (Francoforte, 1628). Introduzione, traduzione italiana e note di Giuseppe Ongaro. Mediamed edizioni scientifiche, Milano, 2003.
10. Harvey W.: Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus. Sumptibus Guilielmi Fritzeri, Francofurti, 1628.
11. Il termometro. Rivista Ciba, 1949.
12. Kim D.J.: The appeal of holes in the head. In: WA Whitelaw (editor). The proceedings of the 13th annual history of medicine days. Health Sciences, Calgary, 2004 march 19-20. Calgary University, Calgary, 2004: 17-24.
13. Le thermomètre, Revue Ciba, 1946.
14. Lorusso L., Cristini C., Porro A.: Lorenzo Tenchini (1852-1906): neuroanatomy and criminal anthropology. Medicina nei secoli. Arte e scienza 2007; 19 (2): 353-360.
15. Moleschott Jacopo. In: Senato della Repubblica. Disponibile su: http://notes9.senato.it/Web/senregno.NSF/825dafd139c849bdc125785d0059ad7c/c395bbd08d11ff594125646f005d9474? (visionato il 20 dicembre 2012).
16. Mosso A.: Sulla circolazione del sangue nel cervello dell'uomo. Ricerche sfigmografiche. Atti della Reale Accademia dei Lincei 1879-80 CLXXVII (serie terza); V: 237-358.
17. Mosso A.: Croonian Lecture. The temperature of the brain especially in relation to psychical activity. In: Proceedings of the Royal Society of London 1892; LI: 83-85.
18. Mosso A.: Croonian Lecture. Les phénomènes psychiques et la température du cerveau. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci 1892 [stampa 1893]; 183: 299-309.
19. Mosso A.: La temperatura del cervello. Studi termometrici. Treves, Milano, 1894: 124-190.
20. Pacchioni A.: De durae meningis fabrica et usu disquisitio anatomica. Typis D.A. Herculis in via Parionis, Romae, 1701.
21. Pacchioni A.: Dissertatio epistolaris de glandulis conglobatis durae meningis humanae, indeque ortis lymphaticis ad piam meningem productis. Typis Io: Francisci Buagni, Romae, 1705.
22. Pacchioni A.: Dissertationes physico-anatomicae de dura meninge humana novis experimentis, & lucubrationibus auctae, & illustratae. Typis Antonii de Rubeis e foro Rotundae in via ad Sem. Romanum, Romae, 1721.
23. Pazzini A.: La neurologia in Roma nei secoli XVII e XVIII. In: L. Belloni (a cura di): Per la storia della neurologia italiana. Atti del Simposio Internazionale di Storia della Neurologia. Varenna, 30 agosto - 1 settembre 1961, Milano, Università degli Studi. Istituto di Storia della Medicina, 1963: 43-49.
24. Porro A.: Chirurgia e chirurghi fra Lombardia, Veneto e Vienna nell'età della Restaurazione. I. Bartolomeo Signoroni, Clinico chirurgo a Pavia (1824-1830). Edizioni CLUB, Brescia, 2000.
25. Porro A.: Le emozioni per lo storico medico. In: C. Cristini, A. Ghilardi (a cura di): Sentire e pensare. Emozioni e apprendimento fra mente e cervello. Springer-Verlag, Milano, 2009: 71-83.
26. Porro A., Toni R.: Lorenzo Tenchini. In: A. Daninos (a cura di): Avere una bella cera. Le figure in cera a Venezia e in Italia. Officina Libraria, Milano, 2012: 143-151.
27. Porta L.: Dell'autoplastica. Bernardoni, Milano, 1866.
28. Signoroni B.: Saggio dei risultamenti avuti nella Clinica Chirurgica dell'I.R. Università di Pavia nell'anno scolastico 1824-1825, Roveta [sic!] in Provincia di Bergamo. Tipografia Fantoni, Roveta, 1825: 125-134.
29. Troja M.: De novorum ossium, in integris aut maximis, ob morbos, deperditionibus, regeneratione experimenta; ubi maxima materia affinitate, breviter de fracturis, & de vi quam natura impendint in ossibus elogandis, dum crescunt. Lutetiae Parisiorum, è typis Franc. Ambr. Didot, 1775.
30. Verlicchi A., Zanotti B.: Dalla noce di cocco all'idrossiapatite: storia della cranioplastica. In: La cranioplastica su misura in idrossiapatite porosa. Rivista Medica 2005; 11 (3-4), 2005: 123-132.
31. Willis T.: Opera omnia [...]. De Tournes, Genevae, 1680.

Comunicazione

La sindrome del trapanato cranico

P. BRAMANTI, M. CATANESI, R.S. CALABRÒ, R. CIURLEO, F. CORALLO, S. DE SALVO, S. MARINO

IRCCS Centro Neurolesi "Bonino-Pulejo", Messina

INTRODUZIONE

Numerosi ritrovamenti archeologici testimoniano che la pratica della trapanazione cranica è il più antico intervento chirurgico mai eseguito. I reperti ossei attestano che questo tipo di intervento veniva già eseguito in epoca preistorica; il più antico esempio italiano di cranio con trapanazione è quello di Catignano (Pescara), risalente al periodo neolitico.
La trapanazione era largamente diffusa in Europa, in Asia e nell'America del Sud, per esempio tra i popoli nativi come gli Aztechi, i Maya e gli Incas.
In passato, la tecnica della trapanazione del cranio veniva per lo più praticata: come toeletta per ferite al capo con sfondamento delle ossa craniche; per alleviare gli effetti di una pressione endocranica abnorme (meningite) e in particolar modo per fare uscire gli spiriti, penetrati nel cranio, e che provocavano malattie mentali.
Questa tecnica, nota come "craniectomia", con le dovute modifiche, viene ancora praticata in seguito a gravi eventi traumatici, in casi di edema cerebrale e di rigonfiamento cerebrale intrattabile dopo insulto ischemico massivo, ma anche come trattamento chirurgico di tumori che interessano l'osso, ab intrinseco, o per contiguità[15]. Il termine craniectomia deriva dal greco kranion-tomos che significa "taglio del cranio" e difatti è l'asportazione chirurgica di un tratto dello scheletro osseo del cranio. La scatola cranica ha sostanzialmente una funzione protettiva verso l'encefalo: nell'istante in cui l'integrità dell'involucro osseo viene violata si vengono a creare delle lacune craniche che possono provocare danni encefalici, che sommati all'effetto diretto del trauma ed alle complicanze ischemico-emorragiche, danno vita a quelle che gli specialisti del settore chiamano *sindrome del trapanato cranico* e *sindrome del lembo cutaneo affossato*[9].

"SINDROME DEL TRAPANATO CRANICO" E "SINDROME DEL LEMBO CUTANEO AFFOSSATO"

La *sindrome del trapanato cranico* viene per la prima volta descritta nel 1939 da Grant e Norcross[3], i quali constatarono che molti pazienti sopravvissuti alle grandi guerre, portatori di grossi difetti cranici (breccia ossea post-traumatica), presentavano sintomi neurologici, per lo più soggettivi, caratteristici di questa sindrome, quali forte mal di testa, vertigini, affaticabilità, fastidio nella sede del difetto cranico, sensazione di apprensione ed insicurezza, depressione ed intolleranza alle vibrazioni.
Più tardi Yamaura e Makino[14], definirono la *sindrome del lembo cutaneo affossato* come un insieme di obiettivi sintomi neurologici, dovuti ad un aumento della pressione atmosferica rispetto a quella intracranica che determina, dal punto di vista estetico, una caratteristica concavità del lembo cutaneo.

Corrispondenza: Prof. Placido Bramanti, IRCCS Centro Neurolesi "Bonino-Pulejo", via Palermo, 98124 Messina (ME), tel. 090-60128926, e-mail: bramanti@irccsneurolesiboninopulejo.it, bramanti.dino@gmail.com
Cranioplastica terapeutica (*a cura di Bruno Zanotti, Angela Verlicchi, Pier Camillo Parodi*): 23-26.
Proceedings SNO: Master sulle Cranioplastiche terapeutiche custom made - LII Congresso Nazionale SNO, 11 maggio 2012, Roma.
Copyright © 2013 by new Magazine edizioni s.r.l., Trento, Italia. www.newmagazine.it *ISBN: 978-88-8041-102-4*

Tali Autori differenziarono questa condizione dalla *sindrome del trapanato*, legata, secondo gli stessi, a sintomi soggettivi piuttosto che ad oggettivi deficit neurologici. Secondo altri Autori[2], solo l'insieme dei sintomi ridotti o risolti a seguito di cranioplastica potevano essere inclusi nella definizione di *sindrome del trapanato*.
Infine la cosiddetta *motor trephine syndrome* è stata utilizzata per descrivere un ritardato deficit motorio che si verifica a seguito di craniectomia e che si risolve rapidamente a seguito di un intervento di cranioplastica[8,10].
La sintomatologia della *sindrome del trapanato cranico* è solitamente caratterizzata da cefalea, ipotensione ortostatica, fatica, vertigini e sensazione di "confusione", sintomi psichiatrici (per lo più depressione), crisi epilettiche parziali (semplici o con secondaria generalizzazione), dolore e "disconfort" nella zona della breccia, intolleranza alle vibrazioni, alterazioni dell'eloquio e del sensorio, deficit mnesici, per lo più secondari ad alterazioni della working memory. Una piccola percentuale dei pazienti è asintomatica. Nei pazienti in stato vegetativo e nei minimal responders, essendo tale sintomatologia soggettiva non valutabile, si deve porre particolare attenzione, effettuando un attento monitoraggio clinico-strumentale per individuare in fase precoce un eventuale deterioramento neurologico.
La *sindrome del lembo cutaneo affossato* è caratterizzata dall'insorgenza di segni neurologici secondari all'effetto della pressione atmosferica che determina un affossamento più o meno grave del lembo: deficit cognitivi, deficit neuro-comportamentali, deficit sensori-motori. Ovviamente tali segni/sintomi variano a seconda della sede encefalica interessata e dipendono dalla presenza o meno di una sottostante encefalomalacia.
La *sindrome del trapanato cranico* e la *sindrome del lembo cutaneo affossato* sono condizioni cliniche, quasi sempre sovrapponibili ed equivalenti.

□ FISIOPATOLOGIA

Sono state proposte diverse teorie in relazione alla fisiopatologia che sta alla base dei deficit neurologici che caratterizzano la sindrome:

- *compressione della corteccia sottostante da parte dello scalpo affossato*: la rimozione di un grosso segmento osseo, lascia un lembo cutaneo che, per effetto della differenza pressoria tra la pressione atmosferica e l'intracranica, tende ad affossarsi e a comprimere il sottostante parenchima con danno diretto;
- *cambiamento nel flusso ematico cerebrale e metabolico*: a causa dell'alterato gradiente pressorio tra l'atmosfera e il compartimento intracranico, il flusso ematico cerebrale subisce un'importante riduzione con secondaria sofferenza della microcircolazione e quindi dei neuroni. Infatti, studi effettuati tramite xenon-CT e CT dinamico-perfusionale e con doppler transcranico[13] hanno dimostrato un miglioramento del flusso ematico (e con PET, anche del metabolismo del glucosio), non solo nell'area sottostante la craniectomia ma anche nell'emisfero controlaterale. La riduzione del flusso ematico del paziente che viene sottoposto ad una craniectomia può verificarsi a seguito di una deformità delle strutture intracraniche, di un cambiamento pressorio a carico dei vasi cerebrali, di un compromesso ritorno venoso;
- *idrodinamica del liquido cefalo-rachidiano*: la pressione atmosferica, in presenza di difetti ossei estesi, oltre che sul flusso ematico agisce anche sui parametri della dinamica liquorale[2]. In posizione assisa la pressione intracranica, in condizioni normali, è negativa; in presenza di "breccia ossea" invece la pressione intracranica tende ad eguagliare la pressione atmosferica con conseguente suo importante aumento ed alterazioni per compenso della dinamica liquorale;
- *rapporto estensione-superficie*: l'estensione dell'area cranica, senza teca, è direttamente proporzionale alle modalità di recupero ed alle caratteristiche della sintomatologia clinica.

□ COMPLICANZE

Uno studio del 2010[8] ha riportato che pazienti craniectomizzati affetti da *sindrome del lembo cutaneo affossato* presentano una estensione media di superficie minore rispetto ai soggetti senza tale sindrome. Le cause potrebbero risiedere in un precoce quadro di atrofia cerebrale post-stroke severo che contribuisce a diminuire il volume intracranico e di conseguenza la pressione intracranica nella sezione aperta del cranio. Tuttavia gli Autori non riportano nessun dato relativo alla correlazione tra l'estensione superficiale e la risoluzione dei sintomi.
Un'altra complicanza della craniectomia è l'*erniazione paradossa*[5]. I sintomi clinici possono includere deficit focali, segni tronco-encefalici, alterazioni pu-

pillari ed alterazioni dello stato di coscienza. Anche la *sindrome del lembo cutaneo affossato* può progredire ad erniazione paradossa.
Tale complicanza può essere evitata se la sindrome viene diagnosticata in maniera tempestiva.
Dopo la cranioplastica, la maggior parte delle complicanze sopra riportate, hanno una risoluzione spontanea. Anche il riposizionamento della testa del paziente (abbassamento) può condurre ad una risoluzione della sindrome, come dimostrato da uno studio di Joseph e Reilly[4].
In un recente studio[8] è stato osservato che, in una coorte di 27 pazienti che hanno subito un intervento di craniectomia, 3 di loro hanno riportato la *sindrome del lembo cutaneo affossato* con una severa ipotensione ortostatica e tra questi pazienti uno ha riportato anche erniazione paradossa.
Sempre in questo studio si è cercato anche di determinare la prevalenza della *sindrome del lembo cutaneo affossato*. Su 27 pazienti che avevano subito craniectomia per infarto dell'arteria cerebrale media, l'11% aveva una *sindrome del lembo cutaneo affossato* di tipo sintomatico e il 15% di tipo non sintomatico.

□ VALUTAZIONE CLINICA E NEUROSPICOLOGICA

I pazienti che presentano queste sindromi vengono sottoposti a valutazioni che interessano gli aspetti sia neurologici sia neuropsicologici. Per l'esame neurologico si utilizzano diverse scale cliniche come indicatori dello stato di vigilanza, reazioni verbali e/o motorie dopo adeguati stimoli.
Le scale sono molto utili per definire l'impatto che la sindrome ha sulla vita del paziente e per monitorare l'effetto delle terapie farmacologiche e/o riabilitative.
Le scale maggiormente utilizzate sono[11]: *Glasgow Coma Scale* (GCS) (Jennett, 1974), *Glasgow Outcome Scale* (GOS) (Jennett, 1975), *Coma Recovery Scale* (CRS) (Giacino, 2004), *Level cognitive Functioning scale* (LCF) (Hagen, 1979), *Disability Rating Scale-Revised* (DRS) (Giacino, Kalmar, 2006), *Penn Spasm Frequency Scale* (PSFS) (Priebe et al., 1996) e *Ashworth scale*.
La valutazione neuropsicologica consente di identificare la natura e la gravità dei deficit cognitivi causati dalla sindrome. La valutazione neuropsicologica consente di:
- fornire indicazioni sullo stato delle funzioni corticali superiori del paziente;
- valutare nel tempo i cambiamenti indotti dall'accrescimento delle lesione sul funzionamento cognitivo dei pazienti;
- confrontare le prestazioni cognitive prima e dopo l'intervento in modo da monitorare gli esiti dell'intervento chirurgico;
- monitorare il recupero funzionale a distanza di tempo dopo l'intervento per valutare le potenzialità di plasticità e adattamento delle strutture neurali;
- pianificare un adeguato intervento riabilitativo post-operatorio che faciliti il recupero funzionale.

Durante la valutazione neuropsicologica, vengono valutate le funzioni cognitive fondamentali, il cui non adeguato funzionamento può interferire con la vita quotidiana del paziente[12].

□ CRANIOPLASTICA

La *sindrome del trapanato cranico* e la *sindrome del lembo cutaneo affossato* presentano una regressione dei sintomi dopo un intervento di cranioplastica.
Questo, secondo alcuni studiosi, avrebbe la possibilità di riequilibrare il flusso del liquor in quei casi dove vi è la tendenza ad un idrocefalo (accumulo patologico di liquor) subclinico e a ridurre la frequenza e l'intensità delle crisi epilettiche.
In seguito ad un intervento di cranioplastica, secondariamente al miglioramento del circolo cerebrale e della dinamica liquorale, si ha spesso un conseguente miglioramento: dello stato di coscienza[4], dei sintomi cognitivi[1], della cefalea ortostatica[7] ed una riduzione/scomparsa delle crisi epilettiche. Per tali motivi, e per evitare soprattutto l'irreversibilità del danno neurologico, si è orientati ad effettuare la cranioplastica entro quattro settimane dall'evento acuto.
Uno studio del 2002[1] riporta il caso di un paziente, che, in seguito a craniectomia decompressiva a causa di emorragia frontale destra, ha mostrato deficit cognitivi di vario grado. Lo stesso soggetto in seguito ad un intervento di cranioplastica ha subito un notevole miglioramento del flusso cerebrale. Tale condizione fisiopatologica ha migliorato tra il 35 ed il 40% anche le performances cognitive del paziente.
Poiché è la presenza della "breccia ossea" con affossamento del lembo (soprattutto dopo craniectomia) a determinare questo complesso quadro fisiopatologico che conduce ai deficit neurologici, appare evidente che l'esecuzione di una corretta cranioplastica può portare a risoluzione-miglioramento dei sintomi.

□ CONCLUSIONI

Nonostante la descrizione in letteratura di diversi casi e di qualche studio non controllato, esistono ancor oggi delle criticità che non permettono di effettuare degli studi completi. Infatti, le casistiche sono ancora insufficienti, mancano dei dati neuro-epidemiologici, la terminologia (*sindrome del trapanato cranico* e/o *del lembo cutaneo affossato*) a volte è usata in modo non chiaro e spesso i quadri fisio-patologici e clinici non sono ben definiti.

Certamente esistono nuovi approcci che consentono di poter valutare i nuovi aspetti della sindrome. Infatti, sono cambiate le indicazioni e le tempistiche alla cranioplastica (ivi inclusi i ricoveri programmati in neurochirurgia) ed esistono maggiori e adeguate caratterizzazioni e conoscenze della sindrome (compresa la gestione delle complicanze). L'impiego di tecniche moderne e di nuovi materiali in neurochirurgia permette di ottenere una risoluzione più rapida dei sintomi. Negli ultimi anni il materiale impiegato come sostituto dell'osso è quello ceramico, l'idrossiapatite porosa, composta da calcio e fosforo che sono componenti naturali dell'osso. Recentemente è stato anche dimostrato che una cranioplastica con una rete di titanio può essere eseguita già dopo 5-8 settimane dalla craniectomia, evitando così le relative complicanze[6].

Un corretto approccio riabilitativo multispecialistico, che preveda il supporto anche dei caregivers, è un altro aspetto che non può e non deve essere sottovalutato in questo tipo di sindrome, al fine di evitare l'instaurarsi di gravi disabilità.

□ BIBLIOGRAFIA

1. Agner C., Dujovny M., Gaviria M.: Neurocognitive assessment before and after cranioplasty. Acta Neurochir 2002; 144 (10): 1033-1040.
2. Fodstad H., Love J.A., Ekstedt J., Friden H., Liliequist B.: Effect of cranioplasty on cerebrospinal fluid hydrodynamics in patients with the syndrome of the trephined. Acta Neurochir 1984; 70 (1-2): 21-30.
3 Grant F.C., Norcross N.C.: Repair of cranial defects by cranioplasty. Ann Surg 1939; 110 (4): 488-512.
4. Joseph V., Reilly P.: Syndrome of the trephined. J Neurosurg 2009; 111 (4): 650-652.
5. Jung H.J., Kim D.M., Kim S.W.: Paradoxical transtentorial herniation caused by lumbar puncture after decompressive craniectomy. J Korean Neurosurg Soc 2012; 51 (2): 102-104.
6. Liang W., Xiaofeng Y., Weiguo L., Gang S., Xuesheng Z., Fei C., Gu L.: Cranioplasty of large cranial defect at an early stage after decompressive craniectomy performed for severe head trauma. J Craniofac Surg 2007; 18 (3): 526-532.
7. Mokri B.: Orthostatic headaches in the syndrome of the trephined: resolution following cranioplasty. Headache 2010; 50 (7): 1206-1211.
8. Sarov M., Guichard J.P., Chibarro S., Guettard E., Godin O., Yelnik A., George B., Bousser M.G. et al.: Sinking skin flap syndrome and paradoxical herniation after hemicraniectomy for malignant hemispheric infarction. Stroke 2010; 41 (3): 560-562.
9. Schiffer J., Gur R., Nisim U., Pollak L.: Symptomatic patients after craniectomy. Surg Neurol 1997; 47 (3): 231-237.
10. Stiver S.I., Wintermark M., Manley G.T.: Reversible monoparesis following decompressive hemicraniectomy for traumatic brain injury. J Neurosurg 2008; 109 (2): 245-254.
11. Tsaousides T., Gordon W.A.: Cognitive rehabilitation following traumatic brain injury: assessment to treatment. Mt Sinai J Med 2009; 76 (2): 173-181.
12. Urgesi C.: Sistemi neurali coinvolti nella percezione del corpo. Studi neurofisiologici. DiPAV 2006; 15: 35-58.
13. Winkler P.A., Stummer W., Linke R., Krishnan K.G., Tatsch K.: Influence of cranioplasty on postural blood flow regulation, cerebrovascular reserve capacity, and cerebral glucose metabolism. J Neurosurg 2000; 93 (1): 53-61.
14. Yamaura A., Makino H.: Neurological deficits in the presence of the sinking skin flap following decompressive craniectomy. Neurol Med Chir 1977; 17 (1 Pt 1): 43-53.
15. Zanotti B., Verlicchi A., Parodi P.C. (editors): Cranial demolition and reconstruction - One-step surgical procedure. Top Med 2010; 16 (Sp. Issue 1-4): 1-112.

Comunicazione

La cranioplastica terapeutica: aspetti medico-legali

C. MORESCHI, A. SABOT*

Sezione Dipartimentale di Medicina Legale, Dipartimento di Scienze Mediche e Biologiche, Università degli Studi, Udine
** Scuola di Specializzazione in Medicina Legale, Università degli Studi, Udine*

INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni, si è assistito nel campo medico ad una continua e rapida evoluzione delle conoscenze scientifiche, consentita in parte anche da una altrettanto rapida progressione delle conoscenze tecniche ed informatiche, grazie alle quali vengono realizzate apparecchiature e materiali sempre più innovativi. Tale progresso, che si è tradotto in un perfezionamento delle procedure diagnostiche e terapeutiche, ha avuto un notevole impatto sulla prognosi delle patologie non solo quoad vitam ma anche e soprattutto quoad valitudinem, con miglioramento dello stato di benessere psico-fisico dei pazienti e quindi della loro validità, offrendo loro, inoltre, la possibilità di un completo recupero e reinserimento sia sociale che lavorativo. La medicina legale moderna, sulla spinta di una giurisprudenza sempre più orientata verso una visione personalistica dei principi costituzionali, valuta la persona nella sua totalità non solo in considerazione della validità fisica e psichica ma anche delle sue necessità di realizzazione personale e professionale e di integrazione sociale.
Quindi il medico deve tenere conto delle esigenze della persona, proponendo od optando per quelle scelte terapeutiche che più si adattano alle esigenze del paziente, avendo come obiettivo finale, non solo la cura della patologia ma anche il reinserimento sociale ed eventualmente lavorativo del paziente stesso. Tale aspetto risulta essere di primaria importanza anche nel caso degli interventi di chirurgia ricostruttiva sul cranio.

CRANIOPLASTICA TERAPEUTICA

Le cranioplastiche sono finalizzate a colmare una perdita di sostanza ossea, variabile per localizzazione ed estensione, e riconducibile a cause diverse, quali: traumi cranici, craniotomie decompressive, processi infettivi che possono complicarsi con osteomieliti, neoplasie e dimorfismi cranio facciali. Le conseguenze di una perdita di sostanza ossea sono la perdita di protezione meccanica nei confronti del parenchima cerebrale sottostante ed il danno estetico. La gravità di questi difetti dipende da due fattori: le dimensioni e la sede della breccia. Oltre a ciò la persona può sviluppare una sintomatologia, su base psico-somatica, tipica anche della sindrome del cranioleso che può essere migliorata a seguito di riparazione della breccia ossea. Una cranioplastica per essere efficiente deve quindi garantire una buona protezione meccanica dell'encefalo ed un risultato estetico ottimale senza alterare la normale fisionomia della persona.
Il fattore che maggiormente condiziona la possibilità di realizzazione di una cranioplastica ideale è rappresentato dal materiale che viene utilizzato per la riparazione della breccia ossea.

Corrispondenza: Prof. Carlo Moreschi, Sezione Dipartimentale di Medicina Legale, Università degli Studi, piazzale S. Maria della Misericordia 11, 33100 Udine (UD), tel. 0432-554363, fax 0432-554364, e-mail: carlo.moreschi@uniud.it
Cranioplastica terapeutica (*a cura di Bruno Zanotti, Angela Verlicchi, Pier Camillo Parodi*): 27-30.
Proceedings SNO: Master sulle Cranioplastiche terapeutiche custom made - LII Congresso Nazionale SNO, 11 maggio 2012, Roma.
Copyright © 2013 by new Magazine edizioni s.r.l., Trento, Italia. www.newmagazine.it *ISBN: 978-88-8041-102-4*

Le attuale tecniche neurochirurgiche prevedono l'utilizzo di materiali sintetici biocompatibili oppure l'impiego di un opercolo osseo autologo od omologo prelevato da cadavere. Ogni tecnica è caratterizzata da specifici vantaggi e svantaggi che interessano, per esempio, la durata della degenza, la necessità di reintervento, le possibilità di rigetto, le proprietà biomeccaniche dell'innesto, ecc.
Tuttavia le più moderne tecniche di cranioplastica protesica prevedono la realizzazione in laboratorio ("custom made") di una protesi "su misura" che poi verrà impiantata sulla breccia ossea. I vantaggi principali consistono nella riduzione dei tempi chirurgici e nel netto miglioramento del risultato estetico, mentre i limiti sono rappresentati dalla necessità di disporre di un processo stereolitografico e dal costo elevato della procedura.

□ ASPETTI MEDICO-LEGALI

In considerazione delle dimensioni della perdita di sostanza e della patogenesi della stessa, possono presentarsi aspetti di rilevanza medico-legale peculiari in ambito penale, civile (danno biologico), infortunistico (INAIL, assicurazioni private) e previdenziale (INPS, Invalidità Civile). Inoltre, come ogni tipo di trattamento terapeutico, le cranioplastiche presentano le comuni implicazioni di carattere medico-legale nell'ambito di responsabilità professionale dei sanitari e nell'ambito di tutela della salute del paziente. Quest'ultimo aspetto si traduce in particolar modo nel diritto che il paziente ha di avere le cure migliori e nel diritto di autodeterminarsi esprimendo un consenso informato.
Per quanto concerne proprio il consenso, anche in considerazione delle varie tecniche sopra esposte e a prescindere dalle risorse umane, tecnologiche ed economiche a disposizione, aspetto che tratteremo ampiamente in seguito, è di fondamentale importanza riconoscere al paziente ciò che è costituzionalmente garantito e cioè la libertà di autodeterminarsi e scegliere liberamente un determinato trattamento sanitario. Nel rispetto di tali principi, il paziente deve essere messo nelle condizioni di poter manifestare la propria volontà partecipando attivamente alle decisioni riguardanti il tipo di intervento ed eventualmente il tipo di protesi (autoprotesi, alloprotesi). Preliminarmente al consenso all'intervento, il neurochirurgo deve necessariamente fornire tutte le informazioni riguardanti la tecnica o le tecniche di cranioplastica fruibili in quella struttura, con i relativi benefici, svantaggi ed eventuali rischi (infezioni, rigetto, inestetismi, ecc.), e le possibili tecniche alternative, informandolo anche sui relativi costi e vantaggi o indicando i centri specialistici di riferimento, nel caso in cui tali tecniche non fossero praticabili in quella sede. È solo attraverso la manifestazione di un consenso informato che un trattamento sanitario, in quanto atto che lede l'integrità fisica di una persona, da atto illecito diviene atto lecito.
A prescindere dalle possibile conseguenze che sotto il profilo penale o civile può avere una prestazione sanitaria effettuata in assenza di valido consenso, agire in presenza di quest'ultimo è innanzitutto un obbligo di natura deontologica (art. 33 ed art. 35 del Codice di Deontologia Medica). Secondo un ormai consolidato orientamento della giurisprudenza civilistica, il paziente che si venisse a trovare in una condizione di privazione del diritto di informazione e di libera scelta delle cure, potrebbe contestare al medico e alla struttura sanitaria tale inadempienza, avvalendosi eventualmente del diritto al risarcimento di quella parte di danno derivante da un difetto di informazione, che si sarebbe potuta evitare o almeno ridurre, ricorrendo ad una migliore, anche se più onerosa, scelta protesica (Cass. Civ., sez. III, n. 6464/1994 e n. 364/1997).
Un altro aspetto che rientra nella tutela della salute del paziente è quello relativo al diritto che lo stesso ha ad avere le migliori cure. Quando si parla di diritto alla tutela della salute, nella più ampia accezione del termine, si vuole intendere non solo il diritto del malato di avere accesso ai servizi sanitari che il suo stato di salute richiede, ma anche di poter disporre delle migliori e più idonee misure diagnostico-terapeutiche confacenti, quanto più possibile, alle sue esigenze personali, indipendentemente da considerazioni economiche e finanziarie, come sancito anche dalla Carta Europea dei Diritti del Malato (artt. 2, 8, 10, 12).
Fatte tali premesse nella ricerca dell'eguaglianza nel diritto alla cura ed all'equa distribuzione delle risorse, si incontrano i limiti rappresentati dalla disponibilità delle risorse economiche del Sistema Sanitario Nazionale (SSN), organo deputato alla tutela della salute.
La definizione dei LEA (Livelli Essenziali di Assistenza) costituisce, nella distribuzione delle risorse, un punto di svolta determinante per il sistema sanitario. I LEA sono l'insieme di tutte le prestazioni, servizi e attività che i cittadini hanno diritto ad ottenere dal SSN, prestazioni che devono essere garantite in condizione di uniformità, ovvero a tutti e su tutto il

territorio nazionale, indipendentemente quindi dal reddito e dal luogo di residenza, in tempi adeguati alle condizioni cliniche. Con il termine "essenziale" si intende quindi non il razionamento delle prestazioni (livelli minimi), ma piuttosto l'impegno a garantire le cure appropriate, basate su prove di efficacia (evidence based), in grado di evitare gli sprechi e con la massima attenzione rivolta al paziente. Sono inoltre livelli "uniformi", in quanto devono essere forniti a tutti i cittadini senza alcun tipo di distinzione. L'obiettivo del legislatore nell'individuare i livelli di assistenza è stato, infatti, quello di connotare il SSN come un sistema universale e solidale, in grado di rispettare la dignità della persona umana, di rispondere al bisogno di salute dei cittadini, di garantire equità di accesso all'assistenza, qualità delle cure, appropriatezza delle prestazioni erogate rispetto alle specifiche esigenze e di economicità delle risorse.
Nella pratica quotidiana, ci si ritrova quindi con il dovere da un lato di tutelare il diritto del paziente all'accesso ai servizi sanitari che il suo stato di salute richiede, che rispettino uno standard qualitativo e che siano innovative, mentre dall'altro vi è la scarsa disponibilità economica che pone il problema di quanto un determinato trattamento sanitario abbia un costo accettabile e che quindi possa essere rimborsato alle strutture dal sistema sanitario. Su tale tema la Corte Costituzionale (sentenza n. 416/1995) ha sancito che non può essere considerato come diritto "assoluto" del paziente se riguarda prestazioni non "necessarie" ed eccedenti i "livelli essenziali di assistenza".
La cranioplastica, in tal senso, non può essere definita esclusivamente come un intervento estetico in quanto la sua principale finalità è quella di consentire una "restitutio ad integrum", ricostituendo la normale struttura e funzione protettiva del cranio. È pertanto un intervento di chirurgia plastica ricostruttiva e ha un riflesso pratico ed economico importante, in quanto il SSN non definisce "mutualizzabili" gli interventi che abbiano finalità estetiche.

□ CONCLUSIONI

Nell'ottica di ottimizzare le risorse tutelando i diritti del paziente, nel caso delle cranioplastiche "custom made" sarebbe utile ragionare sul fatto che l'"iniziale" costo elevato della procedura sarebbe compensato da una proporzionale riduzione del danno biologico da indennizzare (anche da parte di Enti pubblici), un migliore recupero professionale e sociale del lavoratore con complessivamente un effetto positivo sulla capacità lavorativa, un miglioramento della "validità" di una persona e pertanto un "costo sociale" finale minore. Tali aspetti dovrebbero essere tenuti in considerazione nella possibilità di far rientrare la cranioplastica "custom made" nei LEA, in quanto cure appropriate per ogni paziente basate su prove di efficacia. In tal senso è necessaria un'appropriata selezione del paziente tenendo conto delle valide terapie alternative e sempre con lo scopo di fornire la migliore cura possibile, personalizzata per ogni individuo.

□ BIBLIOGRAFIA

1. Arnaud E.: Advances in cranioplasty with osteoinductive biomaterials: summary of experimental studies and clinical prospects. Childs Nerv Syst 2000; 16 (10-11): 659-668.
2. Artico M., Ferrante L., Pastore F.S., Ramundo E.O., Cantarelli D., Scopelliti D., Iannetti G.: Bone autografting of the calvaria and craniofacial skeleton: historical background, surgical results in a series of 15 patients, and review of the literature. Surg Neurol 2003; 60 (1): 71-79.
3. Bistarini S., Carta F., Lomi A.: La valutazione medico-legale delle brecce ossee craniche in responsabilità civile. Riv It Med Leg 1984; 6: 681-695.
4. Colesanti C., Vagnozzi R., Zappanico L.: La riparazione protesica delle brecce craniche. Criteri valutativi in responsabilità civile. Zacchia 1994; 67 (1-2): 99-112.
5. Calcagni C. I diritti del malato secondo la Carta Europea. Zacchia 2004; 77 (3): 269-282.
6. Gennari M., Botta C., Zanotti B.: Aspetti medico-legali attuali. Riv Med 2005; 11 (3-4): 209-211.
7. Luvoni R., Mangili F., Bernardi L. Guida alla valutazione medico-legale del danno biologico e dell'invalidità permanente. Giuffrè, Milano, 2002.
8. Macchiarelli L., Albarello P., Di Luca N., Feola T. Medicina Legale. Edizioni Minerva Medica, Torino, 2005.
9. Merli S., Umani Ronchi G. La valutazione medico-legale delle brecce craniche. Zacchia 1977; 52: 145-181.
10. Moreschi C., Li Volsi N. Cranioplasty and its medicolegal implications. Top Med 2010; 16 (1-4): 113-122.
11. Palmieri L. Le protesi in medicina legale. Med Leg Quad Cam 1994; XVI: 2: 293-309.
12. Staffa G., Nataloni A., Compagnone C., Servadei F.: Custom made cranioplasty prostheses in porous hydroxyapatite using 3D design techniques: 7 years experience in 25 patients. Acta Neurochir 2007; 149 (2): 161-170.

Comunicazione

Il ruolo del Neuroradiologo prima e dopo la cranioplastica

F. IAIZA, B. ZANOTTI*

SOC di Neuroradiologia, Azienda Ospedaliero-Universitaria "S. Maria della Misericordia", Udine
** Neurochirurgo, Azienda Ospedaliero-Universitaria "S. Maria della Misericordia", e Clinica di Chirurgia Plastica e Ricostruttiva, Università degli Studi, Udine*

INTRODUZIONE

L'evoluzione tecnologica nel campo della diagnostica per immagini consente di disporre, sia in ambito TC che RM, di strumenti che forniscono prestazioni di elevata qualità. In particolare, con l'introduzione delle apparecchiature TC multistrato, è possibile realizzare in tempi rapidi acquisizioni da cui ottenere ricostruzioni bi- e tridimensionali ad elevata risoluzione spaziale, presupposto per l'accurato allestimento della cranioplastica. Analogamente sequenze RM GE 3D IR forniscono immagini ad elevata risoluzione spaziale e di contrasto, da cui ottenere ricostruzioni multiplanari e 3D dei piani cutanei e del parenchima cerebrale.
Nell'allestimento di una cranioplastica, l'intervento del Neuroradiologo si realizza in una fase preliminare di documentazione della craniolacunia (qualora questa fosse pre-esistente) o, sempre più spesso, in sede di pianificazione dell'intervento chirurgico, che prevede nello stesso tempo l'asportazione della lesione ed il posizionamento della cranioplastica[2,4]. Successivamente l'intervento del Neuroradiologo si effettua nella fase del follow up post-chirurgico.

FASE PRELIMINARE

Lo standard attuale della chirurgia per le cranioplastiche esige la realizzazione di una protesi su misura (custom made), concepita e realizzata in fabbrica solo per quel Paziente. La cranioplastica ha quindi le dimensioni, la curvatura, lo spessore e la morfologia perimetrale atte a quel tipo di craniolacunia, per quel Paziente e per nessun altro[5].
Per dare l'avvio al processo di realizzazione di una cranioplastica custom made è necessario acquisire i dati del cranio del Paziente in formato DICOM (Digital Imaging and COmmunications in Medicine).
Nella sua prima fase di intervento il Neuroradiologo esegue una TC del cranio, il cui volume di acquisizione deve coprire l'intera area lesionale e parte del cranio intatto (almeno 1-2 cm sopra e sotto l'alterazione ossea[2]); se la lesione coinvolge la regione orbitaria, il volume di acquisizione deve comprendere anche lo splancnocranio, per consentire l'allestimento di una protesi adeguata alla particolare conformazione anatomica della regione.
I primi esami della nostra casistica (SOC di Neuroradiologia dell'Azienda Ospedaliero-Universitaria "S. Maria della Misericordia" di Udine) sono stati acquisiti utilizzando un protocollo implementato su apparecchiatura TC multistrato a 4 canali (Aquilion -

Corrispondenza: Dr.ssa Francesca Iaiza, SOC di Neuroradiologia, Azienda Ospedaliero-Universitaria "S. Maria della Misericordia", piazzale S. Maria della Misericordia, 33100 Udine, tel. 0432-552873, fax 0432-554045, e-mail: iaiza.francesca@aoud.sanita.fvg.it
Cranioplastica terapeutica (*a cura di Bruno Zanotti, Angela Verlicchi, Pier Camillo Parodi*): 31-35.
Proceedings SNO: Master sulle Cranioplastiche terapeutiche custom made - LII Congresso Nazionale SNO, 11 maggio 2012, Roma.
Copyright © 2013 by new Magazine edizioni s.r.l., Trento, Italia. www.newmagazine.it
ISBN: 978-88-8041-102-4

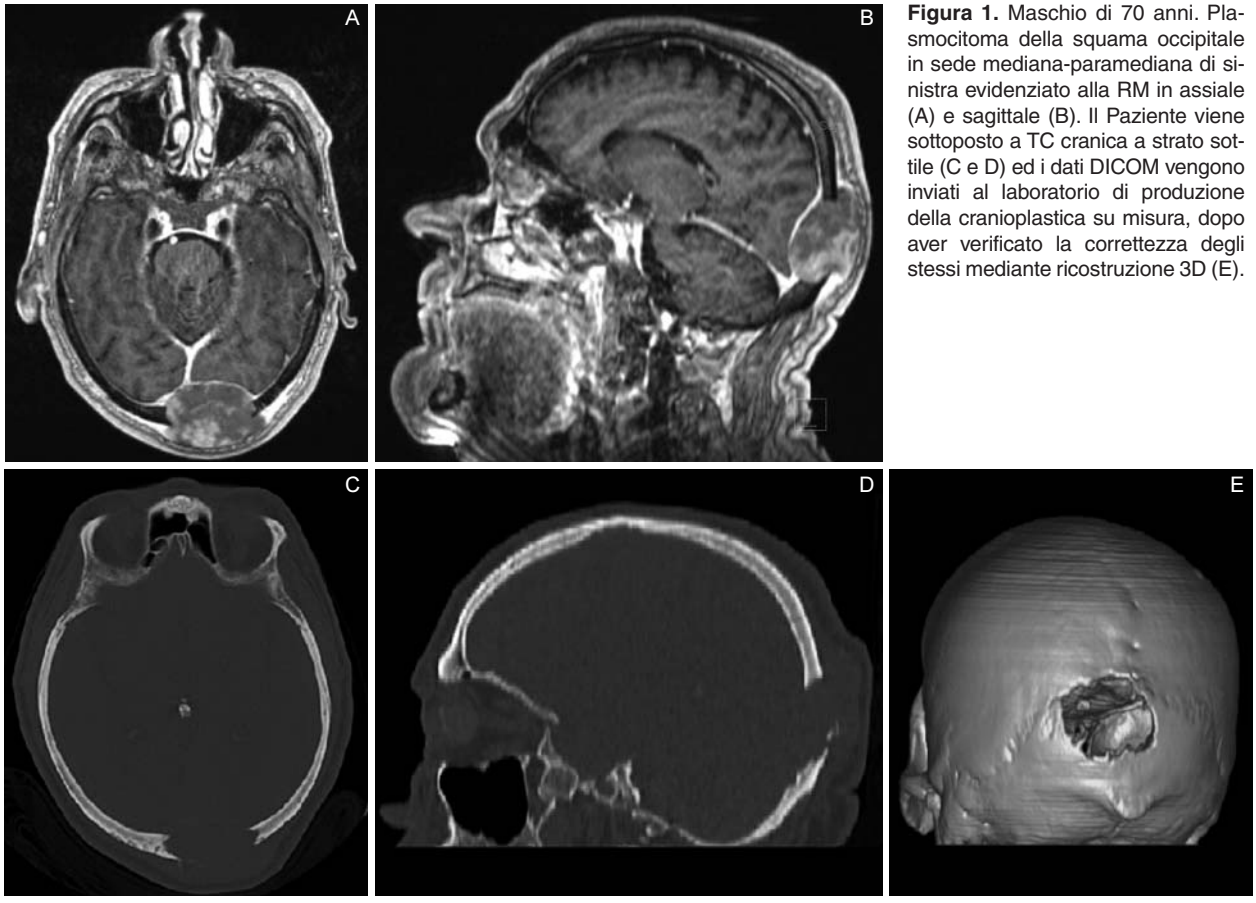


Figura 1. Maschio di 70 anni. Plasmocitoma della squama occipitale in sede mediana-paramediana di sinistra evidenziato alla RM in assiale (A) e sagittale (B). Il Paziente viene sottoposto a TC cranica a strato sottile (C e D) ed i dati DICOM vengono inviati al laboratorio di produzione della cranioplastica su misura, dopo aver verificato la correttezza degli stessi mediante ricostruzione 3D (E).

Toshiba). Lo studio essenzialmente per osso ha consentito di utilizzare parametri che forniscono una bassa risoluzione di contrasto, con risparmio di dose al Paziente. In tal senso, a fronte di valori relativamente alti di KV e mA, è stato impostato un tempo di scansione breve (0,5 ms). Sono state acquisite e ricostruite immagini di 2 mm di spessore, con la peculiarità di un intervallo di visualizzazione molto piccolo (0,3 mm), presupposto per l'elevata risoluzione spaziale delle ricostruzioni 3D[2].

Gli esami più recenti della casistica sono, invece, stati acquisiti su apparecchiatura TC multistrato a 64 canali (HD 750 Discovery - GE), attraverso una acquisizione volumetrica con risoluzione spaziale submillimetrica (0,625 mm).

I dati DICOM vengono inviati al laboratorio di produzione della cranioplastica su misura tramite supporto informatico (CD) o attraverso un portale dedicato.

Comunque vengano trasmessi i dati al laboratorio di produzione (tramite CD od invio da portale web) è buona norma verificare che l'esame sia tecnicamente corretto e non presenti artefatti nelle ricostruzioni 3D.

In una serie di 100 esami TC cranici, continuativi, trasmessi al laboratorio si è rilevato che ben l'8% presentava parametri errati di scansione o dati che si riferivano ad altre parti del corpo o che risultavano compressi e quindi non elaborabili. Nel 2% del casi, invece, le ricostruzioni 3D presentavano artefatti da movimento del Paziente, che non era rimasto sufficientemente immobile durante le scansioni TC.

Il fatto che fino al 10% degli esami TC cranici inviati per la fase produttiva della cranioplastica sia errato e possa portare in molti casi, anche se non in tutti, alla necessità di ripetere l'esame, influisce negativamente sia sui tempi sia sui costi, ma soprattutto sul Paziente, che subirà una ulteriore dose radiante e sarà esposto ad un aumento del rischio radiobiologico.

Sempre in fase preliminare, in tutti i casi di cranioplastica afferenti alla nostra Neuroradiologia, ma è imperativo in quelli di demolizione-ricostruzione cranica in un unico tempo[4], viene acquisita una sequenza RM GE 3D IR con mezzo di contrasto per neuronavigazione chirurgica su apparecchiatura RM da 1,5 T (Avanto - Siemens). Caratteristiche tecniche del no-

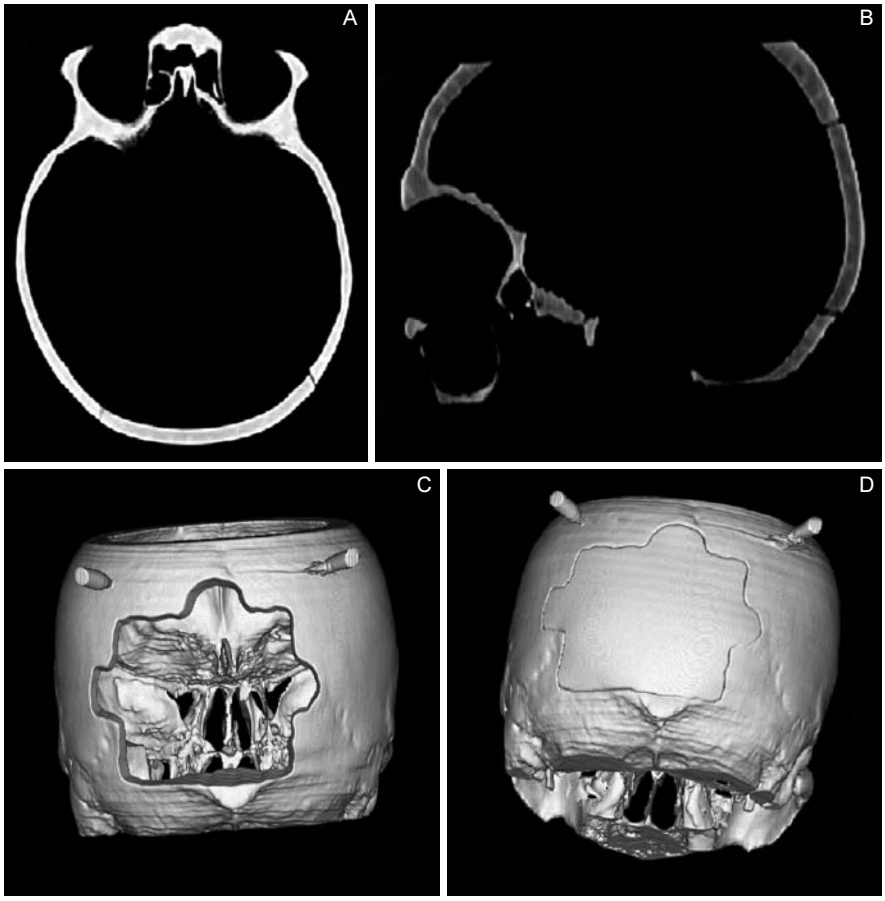


Figura 2. Il laboratorio di produzione realizza la ricostruzione tridimensionale del modello del cranio del Paziente in resina in scala 1:1, sul quale il chirurgo traccia la parte da demolire. Quindi il laboratorio rinvia il modello del cranio con la proposta di protesi, che deve essere validata. La sterolitografia del cranio viene sottoposta a scansioni TC a strato sottile (A e B), che permettono una ricostruzione 3D senza (C) e con (D) protesi. Questi dati sono poi implementati sul neuronavigatore assieme a quelli di RM encefalica, al fine di permettere una demolizione chirurgica neuronavigata.

stro protocollo: TR/TE/ TI1400/3.5/600; matrice 256x256; SL 1 mm; NEX 1 mm; TA 5-6 minuti.
Nel nostro Centro ospedaliero, la documentazione neuroradiologica viene quindi inviata al Neurochirurgo, via intranet, per realizzare, al neuronavigatore, la fusione delle immagini RM con quelle del modello 3D per la simulazione dell'intervento e per l'assistenza tramite neuroimmagini durante l'atto chirurgico.
In fabbrica, il laboratorio di produzione crea, dai dati DICOM inviati, con processi CAD (Computer Aided Design) e CAM (Computer Aided Manufacture), il prototipo virtuale della protesi specifica per quella craniolacunia, tenendo conto della curvatura e dello spessore necessari per quel tipo di cranio[5]. Realizza poi la ricostruzione tridimensionale (3D, sterolitografia) del modello del cranio del Paziente in resina in scala 1:1 con l'inserimento della proposta di protesi, che deve essere sottoposta alla verifica e validazione da parte del Chirurgo[3]. Tale processo può essere compiuto sul modello fisico o sulla piattaforma web[5]. In quest'ultimo caso il Chirurgo interagisce con il laboratorio di prototipazione senza bisogno di spostare fisicamente il modello 3D, ma tutto in forma virtuale. I vantaggi del Web2 sono innegabili: i Chirurghi possono accedere al portale da qualsiasi ubicazione fornita di collegamento internet, scaricare direttamente i dati DICOM, interagire senza intermediazioni con i tecnici sfruttando la tecnologia di modellazione 3D e fornire così un feedback più preciso ed accurato sulla progettazione dei prototipi. Si è calcolato che, con questo processo, gli impianti possono essere prodotti impiegando il 30% in meno di tempo e riducendo di circa il 20% l'impegno lavorativo sia del Chirurgo sia del personale tecnico[5]. L'utilizzo del web porta ad un risparmio di tempo e di forza lavoro, quindi di costi. Riducendo i tempi si va anche verso una maggior attenzione al Paziente ed alle sue esigenze[5].
Nel caso che non si tratti di una semplice craniolacunia, ma di una demolizione su lesione destruente la teca cranica, di fatto si realizza un passaggio in più.
Prima il laboratorio di prototipazione invia il modello 3D del cranio in resina o via web al Chirurgo, che vi disegna sopra la parte da demolire. Per fare questo e realizzare un'asportazione tecale che sia sufficiente

a comprendere tutta la lesione più un margine perilesionale ritenuto di sicurezza si serve delle immagini neuroradiologiche. Il Chirurgo, soprattutto nel caso in cui la superficie tecale patologica sia indistinguibile dalla circostante superficie corticale esterna, si avvale delle informazioni date dalle immagini neuroradiologiche (TC e RM) sia su pellicola o supporto informatico, sia su neuronavigatore, sia su ricostruzioni 3D nei programmi di grafica computerizzata. Ma è grazie alla demolizione diretta sul modello sterolitografico con l'ausilio del neuronavigatore, implementato con le immagini RM e/o TC del cranio del Paziente, che ottiene la maggior precisione. Non solo, il Chirurgo ha anche la possibilità di verificare preliminarmente la migliore posizione del capo del Paziente nella testiera a 3 punte, assai utile da sapersi nelle demolizioni complesse, ampie o in posizioni difficili da raggiungere.
Sulla base del disegno del Chirurgo, il laboratorio di produzione realizza la demolizione dell'area patologica e rinvia il modello 3D del cranio con la proposta di protesi al Chirurgo per la validazione.
Il modello validato del cranio con protesi viene sottoposto dal Neuroradiologo ad esame TC con gli stessi parametri usati per ottenere i dati DICOM dal Paziente per la progettazione della cranioplastica.
Queste scansioni TC sono implementate dal Chirurgo con analoghe immagini RM (o, in alcuni casi, TC) del cranio del Paziente. A seconda del modello di neuronavigatore usato e del tipo di risoluzione delle immagini stesse, la procedura può essere del tutto automatica o necessita dell'intervento dell'operatore per individuare dei punti di repere comuni da sovrapporre fra TC (modello) e RM (Paziente). Più difficoltosa, per ora, è invece l'implementazione sul neuronavigatore delle immagini del prototipo 3D demolito in modo virtuale sul web.
La demolizione neuronavigata può avere vari gradi di complessità. Il puntatore, già in fase cutanea, può aiutare nella fase di pianificazione dell'incisione e dell'accesso. Ma ancor più utile è nella successiva fase di demolizione ossea: si può semplicemente delimitare con il puntale l'area da demolire, avendo certezza delle coordinate spaziali, e/o si può utilizzare il drill stesso come probe. In questo caso sul manipolo del drill vengono montate le sfere di riferimento ottico per il neuronavigatore e con tale modalità si può verificare in tempo reale, guardando al monitor le neuroimmagini implementate, fino a quanto va estesa la demolizione[4].
Da segnalare che le immagini TC e RM non risultano perfettamente sovrapponibili in quanto la ricostruzione delle immagini presenta, nelle diverse metodiche, una lieve distorsione che però solitamente non ha grande influenza sulla precisione della demolizione cranica perimetrale.

☐ FASE DEL FOLLOW UP

Dopo l'intervento chirurgico è programmata una fase di follow up che prevede, oltre ad un primo esame TC, nell'immediato post-operatorio, acquisito con tecnica convenzionale, mirato essenzialmente alla valutazione del focolaio chirurgico, un esame TC a distanza di un mese, sempre con tecnica convenzionale, che consente, nel caso di protesi in idrossiapatite, lo studio dei margini, non ancora ossificati, lasciando spazio ad un eventuale intervento chirurgico correttivo[2].
Un successivo esame TC a 6 mesi (ed eventualmente a 12 e 24 mesi), realizzato questa volta con tecnica multistrato ad elevata risoluzione spaziale (utilizzando lo stesso protocollo TC della fase preliminare, ma limitando il volume di acquisizione ai margini della cranioplastica), viene da noi realizzato per valutare la corretta ossificazione dei margini della cranioplastica, ma può essere considerato non indispensabile[2].

☐ CONSIDERAZIONI DOSIMETRICHE

La scelta dei parametri tecnici utilizzati è frutto del compromesso tra il risultato in termini di risoluzione spaziale e la dose erogata al Paziente[2].
Va tenuto conto del fatto che la maggior parte dei casi da noi trattati comprendeva soggetti giovani, che più spesso andavano incontro a craniotomia per asportazione di lesioni post-traumatiche o di neoplasie. Questi soggetti, inoltre, erano giunti alla cranioplastica dopo essere stati sottoposti ad esami TC dell'encefalo in fase diagnostica e di follow up della patologia iniziale.
La dose erogata nell'esame TC preliminare è stata pari a circa 0,3 mSv ogni 5 cm di volume di acquisizione; nella maggior parte dei casi, in cui è stato necessario estendere lo studio anche allo splancnocranio, la dose effettiva erogata al Paziente si è avvicinata a 1 mSv[2], dose corrispondente a circa 50 radiografie standard del torace (proiezioni latero-laterale e antero-posteriore)[1].
In tutti i casi è stato utilizzato un protocollo di soppressione di dose, che modula la dose erogata sulla base del volume in esame, in considerazione soprat-

tutto del fatto che la maggior parte delle lesioni erano situate in prossimità del vertice.

□ CONCLUSIONI

L'uso delle neuroimmagini, di fatto, ora copre tutto l'arco della realizzazione e messa a dimora di una cranioplastica, ancor più se si tratta di una demolizione-ricostruzione cranica.
L'iniziale acquisizione dei dati TC cranici del Paziente, il successivo modello 3D in resina, la neuronavigazione finale per creare l'alloggiamento della cranioplastica si avvalgono delle neuroimmagini. Per questo la corretta acquisizione e gestione delle stesse è prerequisito essenziale per ottenere una cranioplastica di elevata precisione.

□ BIBLIOGRAFIA

1. Caramella D., Paolicchio F., Faggioni L.: La dose al paziente in diagnostica per immagini. Springer-Verlag, Milano, 2012.
2. Iaiza F., Tommasini G., De Colle C., D'Agostini S.: Ruolo della neuroradiologia nella progettazione e nel follow-up. In: La cranioplastica su misura in idrossiapatite porosa. Riv Med 2005; 11 (3-4): 147-151.
3. Nataloni A.: Dalla TC al dispositivo su misura. In: La cranioplastica su misura in idrossiapatite porosa. Riv Med 2005; 11 (3-4): 143-145.
4. Zanotti B., Verlicchi A., Parodi P.C. (editors): Cranial demolition and reconstruction - One-step surgical procedure. Top Med 2010; 16 (Sp. Issue 1-4): 1-112.
5. Zanotti B., Verlicchi A., Parodi P.C.: Cranioplastiche terapeutiche. Neuroscienze Anemos 2011; 4: 36-39.

Comunicazione

□ Craniectomie decompressive

B. ZANOTTI, A. VERLICCHI*

Neurochirurgo, Azienda Ospedaliero-Universitaria "S. Maria della Misericordia", e Dipartimento di Chirurgia Plastica e Ricostruttiva, Università degli Studi, Udine
** Libera Università di Neuroscienze "Anemos", Reggio nell'Emilia*

□ SINTESI STORICA

Verso la fine del XIX secolo, *Emil Theodor Kocher* (1841-1917) (Figura 1), professore di chirurgia all'Università di Berna, iniziò ad occuparsi della pressione intracranica, sia in laboratorio che al letto dei pazienti. Intuì che la pressione intracranica è un fenomeno dinamico piuttosto che statico. Riconobbe e descrisse 4 stadi di compressione cerebrale: compensata, decompensata, alta e pretermine. Nel 1901 fu il primo chirurgo nella letteratura moderna a descrivere la tecnica di decompressione chirurgica ed a promuovere la sua validità per diminuire la pressione intracranica. Riferì anche della necessità di aprire la dura per ottimizzare l'efficacia della decompressione[28].

Anche *Harvey Cushing* (1869-1939), che per diversi mesi aveva frequentato il laboratorio di Kocher, compresa l'importanza clinica della pressione intracranica, indicò la necessità della craniectomia decompressiva nei casi di elevata ipertensione endocranica.

Nel 1905 Cushing pubblicò il caso di una decompressione sottotemporale in un Paziente con tumore cerebrale "inaccessibile" ed esercitante un effetto massa, che aveva causato ipertensione endocranica. All'epoca si credeva che la decompressione in regione pterionale fosse più sicura di quella corticale, perché il lobo temporale era ritenuto neurologicamente silente. Raccomandò, quindi, l'induzione di un'erniazione encefalica "artificiale" mediante craniectomia come strategia per il trattamento dell'aumentata pressione intracranica nei pazienti con tumori inoperabili[9]. E nel 1908 Cushing riferì dell'applicazione di questa tecnica anche nei traumi cranici (da scoppio) e promosse l'uso della craniectomia decompressiva sottotemporale nei traumatizzati cranici con rigonfiamento cerebrale[8] (Figura 2).

Kocher e Cushing introdussero anche l'idea di elevata pressione intracranica come fenomeno globale e non locale. Entrambi credevano che l'ipertensione endocranica fosse uno dei maggiori fattori limitanti la neurochirurgia e come ridurla la principale preoccupazione della neurochirurgia intracranica.

Agli esordi, la craniectomia decompressiva fu usata come una procedura di salvataggio di seconda o terza opzione per ridurre la pressione intracranica nei pazienti non operabili con trauma cranico o tumore cerebrale, non senza polemiche per l'elevata mortalità ed il negativo outcome funzionale che comportava.

Sull'utilizzo della decompressione *Kemp Clark e coll.* nel 1968 scrivevano che la principale ragione del loro report era dissuadere da ulteriori tentativi[5] (Figura 3).

Questo e altri articoli negativi introdussero un importante pregiudizio contro questa tecnica e la craniectomia decompressiva fu quasi abbandonata negli anni '70, perché considerata inefficace e con troppe complicanze per solo un limitato beneficio.

Corrispondenza: Dr. Bruno Zanotti, Azienda Ospedaliero-Universitaria "S. Maria della Misericordia" e Dipartimento di Chirurgia Plastica e Ricostruttiva c/o Ospedale Civile "S. Michele", piazza Rodolone, 33013 Gemona del Friuli (UD), e-mail: bruno.zanotti@cranioplastica.it
Cranioplastica terapeutica (*a cura di Bruno Zanotti, Angela Verlicchi, Pier Camillo Parodi*): 37-46.
Proceedings SNO: Master sulle Cranioplastiche terapeutiche custom made - LII Congresso Nazionale SNO, 11 maggio 2012, Roma.
Copyright © 2013 by new Magazine edizioni s.r.l., Trento, Italia. www.newmagazine.it *ISBN: 978-88-8041-102-4*

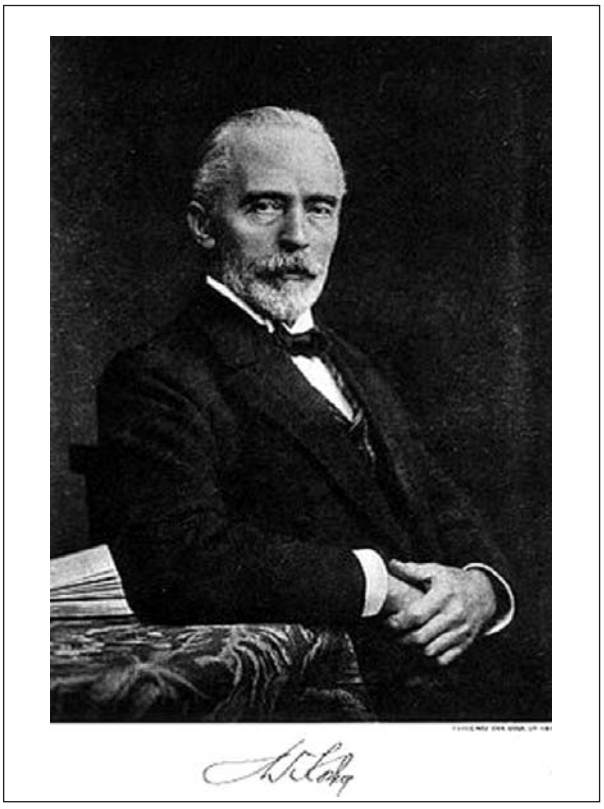
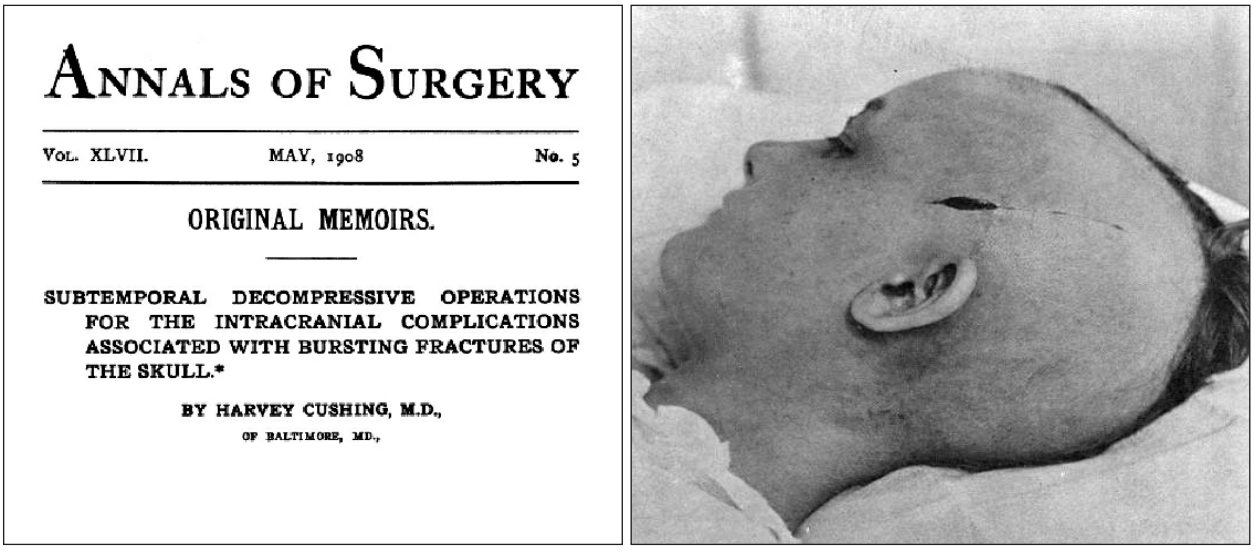


Figura 1. Emil Theodor Kocher (1841-1917).

Grazie agli avanzamenti nel critical care e nella tecnologia medica, nella tecnica chirurgica e nel monitoraggio della pressione intracranica, migliorò comunque col tempo il tasso di mortalità ed il mito che la craniectomia decompressiva creava solo stati vegetativi persistenti fu in parte sfatato.

La craniectomia decompressiva trovava applicazione, oltre che nel rigonfiamento cerebrale da grave trauma cranico, negli infarti massivi dell'arteria cerebrale media, negli infarti cerebellari, nelle emorragie subaracnoidee da aneurismi, nelle emorragie intracerebrali sopra- e sottotentoriali, nelle trombosi dei grossi seni venosi intracranici[4,24,29,35].

Nel 1935 uscì per la prima volta un articolo, ad opera dell'italiano *Tommaso Greco*, in cui veniva utilizzata la rimozione chirurgica di un'ampia parte del cranio ipsilaterale per massivo infarto emisferico, secondario a lesioni dell'arteria carotide al collo con successiva trombosi[15]. Va detto però che, precedentemente, *Cesare Frugoni* (1881-1978), nel 1917, aveva descritto un caso clinico di un soldato ferito da una palletta di shrapnell ricevuta nella regione zigomatica sinistra. Dopo mezz'ora aveva accusato un ictus, che era esitato in una emiplegia sinistra. Era stata praticata una larga craniectomia nella regione temporo-parietale destra e varie "cerebro-punture esplorative" avevano dato reperti completamente negativi. La palletta, conficcatasi attraverso la faccia nella fossa pterigo-mascellare del lato opposto, era stata estratta dopo aver constatato che si trovava a contatto con l'arteria carotide interna di destra ed aveva provocato una lacerazione dell'intima con trombosi parietale. Questo aveva prodotto la successiva embolia cerebrale[14].



ANNALS OF SURGERY

VOL. XLVII. MAY, 1908 No. 5

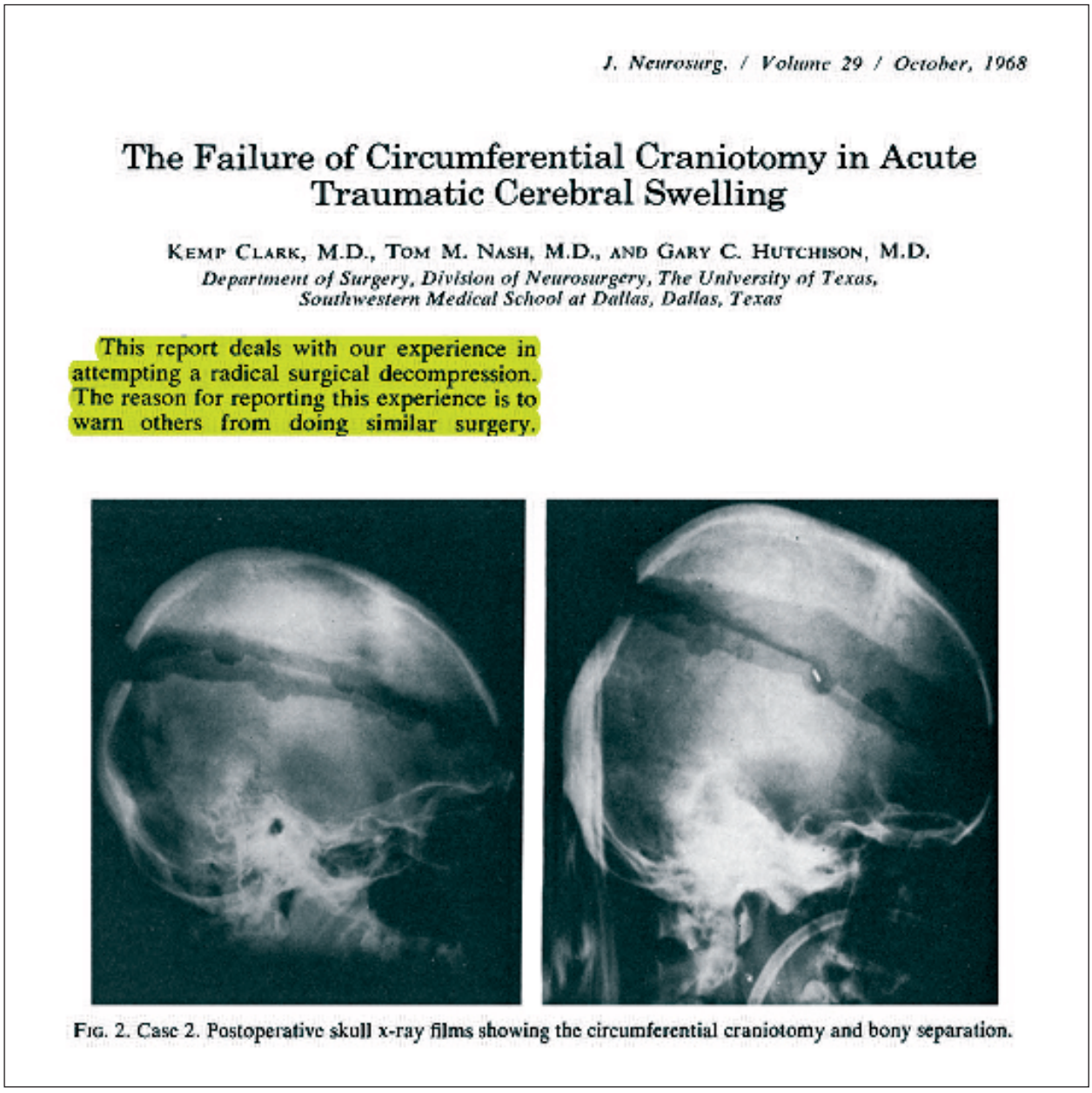
ORIGINAL MEMOIRS.

SUBTEMPORAL DECOMPRESSIVE OPERATIONS FOR THE INTRACRANIAL COMPLICATIONS ASSOCIATED WITH BURSTING FRACTURES OF THE SKULL.*

BY HARVEY CUSHING, M.D.,

OF BALTIMORE, MD.,

Figura 2. A. Pubblicazione di H. Cushing del 1908 sull'uso delle decompressioni nei traumatizzati cranici. B. La linea di incisione, a differenza dei casi operati per tumore cerebrale, è non solo verticale, ma anche obliqua[8].



J. Neurosurg. / Volume 29 / October, 1968

The Failure of Circumferential Craniotomy in Acute Traumatic Cerebral Swelling

KEMP CLARK, M.D., TOM M. NASH, M.D., AND GARY C. HUTCHISON, M.D.

Department of Surgery, Division of Neurosurgery, The University of Texas, Southwestern Medical School at Dallas, Dallas, Texas

This report deals with our experience in attempting a radical surgical decompression. The reason for reporting this experience is to warn others from doing similar surgery.

FIG. 2. Case 2. Postoperative skull x-ray films showing the circumferential craniotomy and bony separation.

Figura 3. La pubblicazione di K. Clarck et al. del 1968 che sconsiglia la pratica della decompressione cranica[5].

☐ DALL'ANEDDOTICA ALLE LINEE GUIDA

Pubblicazioni sulla decompressione chirurgica degli stroke ischemici comparvero con maggiore frequenza soprattutto dalla fine degli anni '60[13].

Nel 1971, *Raimond N. Kjellberg e Alberto Prieto* descrissero la prima craniectomia bilaterale per il trattamento di un infarto massivo. In questo caso, comunque, il Paziente non sopravvisse[27].

Nel 1981, *Setti S. Rengachary e coll.* riportarono i primi casi di craniectomia senza rimozione del tessuto encefalico necrotico, mentre precedentemente la decompressione era seguita dalla resezione del parenchima malacico[34].

Nel 2002 però una Cochrane review concludeva che non c'era evidenza per raccomandare la craniectomia decompressiva nel trattamento dell'edema cerebrale conseguente allo stroke ischemico acuto[31].

Nel 2004, *Rishi Gupta e coll.* in una revisione siste-

matica di 12 studi osservazionali retrospettivi, per un totale di 138 pazienti, rilevarono un buon outcome (funzionalmente indipendente o moderata o lieve disabilità) nel 42% dei pazienti e una mortalità del 24% per quelli sottoposti a emicraniectomia decompressiva con duroplastica. Interessante notare che il 70% dei pazienti dichiararono che si sarebbero sottoposti di nuovo all'intervento se nella stessa situazione[16].

Fino al 2007, i case report e le casistiche pubblicate erano 93 per un totale di 1.834 pazienti (meno di 50 casi all'anno) e la maggior parte delle pubblicazioni era retrospettiva e con pochi pazienti. Gli studi sembravano indicare un sostanziale miglioramento dei pazienti trattati con craniectomia decompressiva in termini di mortalità[29].

Nel 2006 e 2007 sono stati pubblicati 3 trial randomizzati controllati europei: francese *DECIMAL*[40], tedesco *DESTINY*[23] ed olandese *HAMLET*[17,18].

Dall'analisi combinata di questi trial, sui 51 pazienti sottoposti a craniectomia decompressiva entro 48 ore dallo stroke (rispetto ai 41 con trattamento conservativo), è risultato che la mortalità ad un anno è del 22% (contro il 71%) e l'outcome è favorevole (punteggio alla scala di Rankin modificata < 5) nel 75% (contro il 24%)[39].

La craniectomia decompressiva è stata indicata nelle *linee guida della American Stroke Association* (ASA) approvate nel gennaio 2007, ma come raccomandazione di classe IIa (benefici > rischi), livello B, in quanto la chirurgia decompressiva per edema maligno dell'emisfero cerebrale può essere salvavita, ma non si conosce l'impatto sulla morbilità[1].

Nel 2008 la craniectomia decompressiva è stata inserita come raccomandazione di classe I, livello A *nelle linee guida della European Stroke Organization* (ESO), in cui: "La terapia di decompressione chirurgica è indicata entro 48 ore dall'esordio dei sintomi nei pazienti fino a 60 anni di età, con infarto maligno dell'arteria cerebrale media in evoluzione"[38].

Nelle *linee guida Stroke CG68 del National Institute of Health and Clinical Excellence* (NICE) (2008), riferite all'infarto massivo dell'arteria cerebrale media, si consiglia un trattamento decompressivo cranico in concordanza con: età inferiore ai 60 anni; deficit clinici suggestivi di infarto massivo del territorio dell'arteria cerebrale media con score alla scala dello stroke del National Institutes of Health (NIHSS) > di 15; deterioramento dello stato di coscienza di 1 punto o più alla scala NIHSS; alla TC dell'encefalo, estensione dell'ipo-densità > del 50% nel territorio di irrorazione dell'arteria cerebrale media o volume dell'infarto > a 145 cm^3 rilevato alla RM encefalica; valutazione del Paziente entro 24 ore, ove indicato, realizzazione della procedura chirurgica entro 48 ore dall'evento ischemico[32].

L'ischemia o l'emorragia possono però interessare in modo autonomo anche la sola fossa cranica posteriore. Nel 1956 *Bernard Fairburn e Leslie C. Oliver* nonché *Sten O. Lindgren* sono stati i primi a richiamare l'attenzione sugli infarti cerebellari come emergenza neurochirurgica che necessita di un pronto trattamento mediante decompressione e resezione del tessuto necrotico[12,30]. Successivamente sono stati pubblicati isolati report e piccole serie.

I risultati di uno studio europeo multicentrico non randomizzato (Germania-Austria: *Cerebellar Infarction Study*, 1999), con 34 pazienti sottoposti a decompressione sottooccipitale, hanno evidenziato che il trattamento neurochirurgico non è superiore a quello medico nei pazienti da svegli a sonnolenti, mentre produce un significativo recupero in metà dei pazienti in coma[21].

Nelle linee guida della American Stroke Association del 2007 è stato riportato che "l'evacuazione decompressiva chirurgica di un infarto cerebellare occupante spazio è una misura potenzialmente salvavita ed il recupero clinico può essere molto buono (classe I, livello B)"[2]. Anche le linee guida dell'European Stroke Organization del 2008 hanno raccomandato: "la ventricolostomia o la decompressione chirurgica sono indicate nel trattamento degli infarti cerebellari estesi che comprimono il tronco cerebrale (classe III, livello C)"[38].

Da segnalare però che, alle volte, può bastare una temporanea derivazione liquorale esterna dal ventricolo laterale nei casi di infarto o di emorragia di piccole dimensioni in fossa cranica posteriore che provocano solo una stenosi acqueduttale.

□ NELLA PRASSI

Scopo della chirurgia decompressiva cranica è di realizzare una craniectomia temporanea, cioè una craniotomia con rimozione dell'opercolo osseo per diminuire la pressione intracranica.

La craniectomia può essere: *fronto-temporo-parietale* (monolaterale o bilaterale), *bifrontale* o *occipitale*[20,26].

L'approccio chirurgico si pone l'obiettivo di giungere ad una ampia esposizione della superficie cranica da demolire, ma deve essere rispettoso della vascolarizzazione superficiale ed il più possibile estetico.

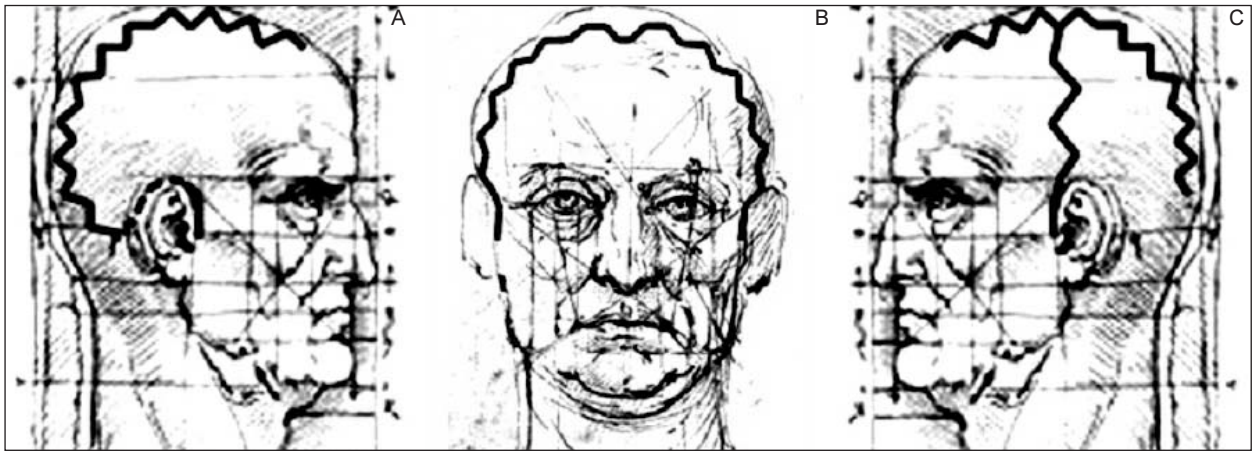


Figura 4. Tipi di incisione: ad ampio "punto di domanda" fronto-temporo-parietale (A), "bicoronarica" (B) ed a "T" (C) (*modificato da Leonardo da Vinci: "Profilo con proporzioni del viso" (1490) e "Proporzioni di viso e occhio" (1489)*[44]).

L'incisione cutanea può essere di diverso tipo: ampio "punto di domanda" fronto-temporo-parietale, a "T", incisione "bicoronarica" (Figura 4) o, incisione lineare, se in sede occipitale[3].
La successiva craniectomia, per essere realmente decompressiva, deve rispettare alcune regole, vale a dire avere un diametro di almeno 12 cm ed interessare la fossa temporale. Se la craniectomia è bilaterale (fronto-temporo-parietale) si lascia una losanga ossea (3-4 cm) a protezione del seno sagittale superiore[26].
È imperativo che, se la si ritiene necessaria, la craniectomia va condotta in modo corretto, in quanto solo se il guadagno di volume aggiuntivo è di almeno 85 ml si supera quanto ottenuto da altri trattamenti, come l'iperventilazione, il drenaggio ventricolare esterno o l'uso di diuretici d'ansa[22] (Figura 5).
Il chirurgo fruisce di reperi anatomici per programmare la demolizione e così facendo è sicuro di realizzare una craniolacunia con potenziali valenze terapeutiche.
Nell'emicraniectomia i riferimenti sono: anteriormente, l'intersezione della linea medio-pupillare; posteriormente, dietro (di circa 2 cm) la perpendicolare del meato acustico esterno; superiormente, di lato al seno sagittale superiore; inferiormente, nella fossa cranica media a ridosso dell'arco zigomatico[37].
Nelle demolizioni frontali bilaterali si va dal pavimento della fossa cranica anteriore (preservando i seni frontali intatti) fino alla sutura coronale, coinvolgendo lo pterion bilateralmente[3].
Con la sola decompressione ossea, seppur ampia, si ottiene una diminuzione immediata della pressione intracranica del 15%, che può salire ad oltre il 70% se si pratica anche la duroplastica, con conseguente normalizzazione della pressione intracranica dopo l'intervento.
L'apertura della dura è realizzata con tecnica "a stella" o "a pettine" e la duroplastica comporta l'utilizzo di un sostituto durale. Il patch durale abitualmente è lungo circa 15-20 cm e largo 2,5-3,5 cm[10].
A causa del rigonfiamento cerebrale si può assistere

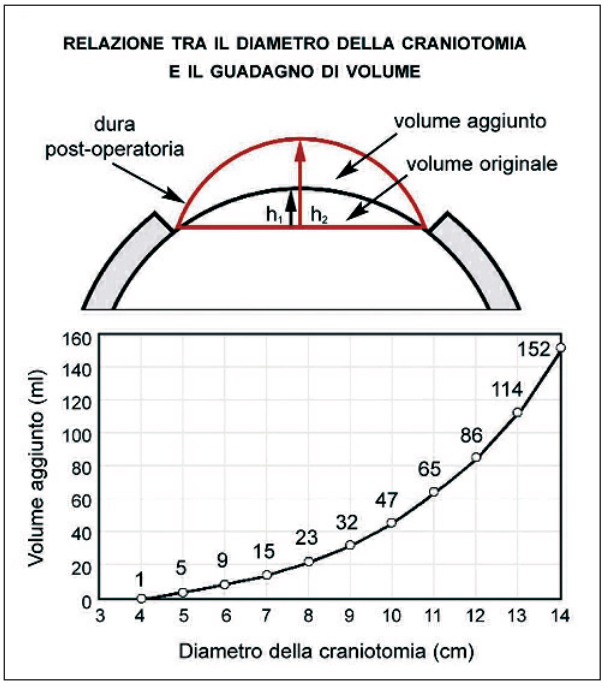


Figura 5. Relazione tra il diametro della craniectomia ed il guadagno di volume (*modificato da E. Jüttler et al., 2008*[22]).

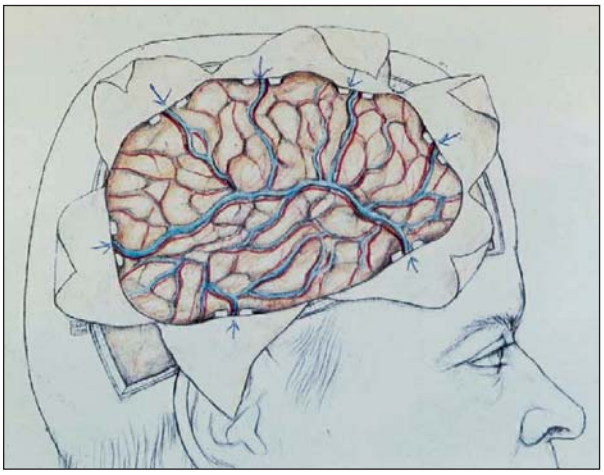


Figura 6. "Tunnel vascolare" al fine di contrastare la stasi venosa da compressione dei grossi vasi lungo il bordo craniectomico. Il tunnel viene realizzato con cilindretti di materiale emostatico posti ai lati dell'asse dei vasi (*frecce*) (*da Csokay A. et al., 2002*[7]).

ad uno schiacciamento dei grossi vasi superficiali lungo il bordo craniectomico. Per ovviare a questo e contrastare la possibile stasi venosa, c'è chi ha proposto il "*tunnel vascolare*": ai lati dei grossi vasi venosi corticali che intersecano il bordo craniectomico vengono posizionati, fra corticale cerebrale e teca cranica, dei cilindretti di materiale emostatico al fine di realizzare una sorta di tunnel[7] (Figura 6).

Figura 7. Craniotomia con opercolo "a cardine". L'opercolo osseo viene cernierato solo da un lato, reso così mobile permette di seguire l'abbassamento o l'innalzamento del sottostante parenchima cerebrale (*da J.H. Schmidt et al., 2007*[36]).

Con l'intento di fornire maggior protezione parenchimale ed ovviare ad un successivo intervento di cranioplastica è stato proposto di realizzare delle "*craniectomie a cardine*" (Figura 7). In sostanza, si realizza una craniotomia e l'opercolo osseo viene incernierato solo da una parte, comportandosi così come uno sportello che fluttua in base alla maggior o minor spinta parenchimale sottostante. Al fine di evitare possibili affossamenti dell'opercolo stesso, sebbene sia incernierato in modo solidale in un sol punto, si pongono più placchette sporgenti lungo il suo perimetro[25,36].

Come ogni atto chirurgico, anche la craniectomia non è scevra da possibili *complicanze*. Tra quelle acute annoveriamo: l'igroma omolaterale alla craniectomia decompressiva da fistola liquorale (dal 26% al 50%); il "fungo cerebrale" (Figura 8); l'"infarto rosso" a livello del tessuto ischemico; 1'ematoma sottodurale od extradurale controlaterale e la deiscenza della ferita[6].

Le complicanze più tardive (che però spesso hanno una genesi multifattoriale), sono: le infezioni, sia del lembo, sia gli ascessi cerebrali sia le meningiti (17-22%); l'idrocefalo (l8-40%); le crisi comiziali (fino al 37%); le "sindromi del trapanato cranico".

Il lembo osseo, dove possibile, viene conservato nelle cosiddette "*banche dell'osso*" fino a quando sarà possibile un trattamento di cranioplastica.

Da considerare che lo stesso lembo osseo può andare incontro, una volta riposizionato sulla calotta cranica, oltre che ad osteomielite (1-6%), a riassorbimento da devitalizzazione (necrosi asettica) (25-50%) (Figura 9).

□ PENSARE AL DOPO

Sebbene la craniectomia decompressiva sia ritenuta una procedura salvavita, non è mai una chirurgia d'urgenza. C'è quindi tutto il tempo per una programmazione dell'atto chirurgico non solo di tipo topografico (area di interesse e dimensione), ma anche in funzione della preservazione estetica e della successiva cranioplastica.

L'incisione cutanea alla "Simpson" è quella che, solitamente, fornisce la migliore mimetizzazione non solo nei soggetti con capillizio, ma anche in quelli calvi[44] (Figura 10).

Il bordo craniectomico deve inoltre essere condotto con una inclinazione esterna di circa 45° (Figura 11) al

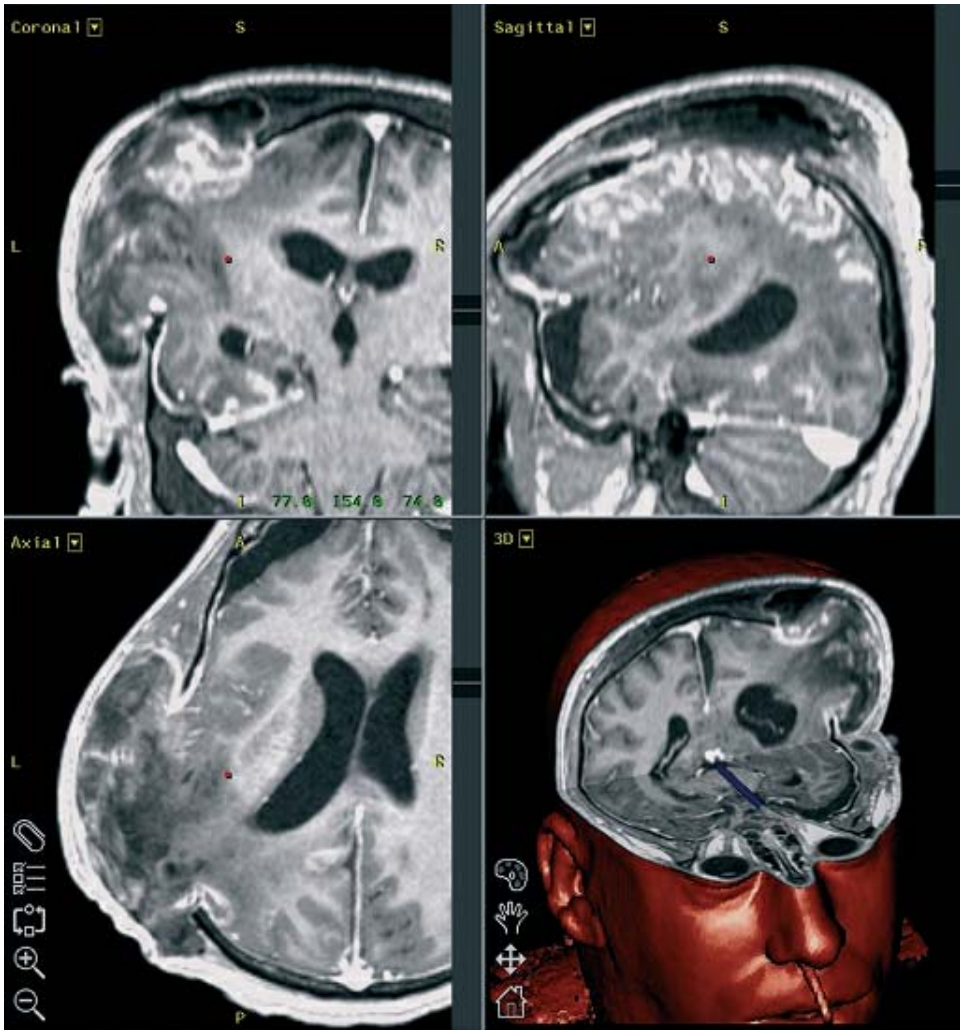


Figura 8. Il cosiddetto "fungo cerebrale" in un caso di importante rigonfiamento parenchimale. Alla RM encefalica è rilevabile anche l'ingorgo vascolare soprattutto ai margini craniectomici.

fine di evitare l'affossamento dell'opercolo osseo o della protesi cranica nella successiva fase ricostruttiva. È risaputo che il calore sviluppato durante il taglio può compromettere la successiva osteogenesi[11], onde limitare il danno bisogna favorire la refrigerazione irrigando abbondantemente.

Può succedere di imbattersi in un fastidioso sanguinamento diploico ed il chirurgo, dai tempi di Victor Horsley (1857-1916) (ideatore della cera che porta il suo nome, formata da una miscela costituita da 7 parti di cera vergine d'api e una parte di olio di mandorle con l'1% di acido salicilico), solitamente lo contrasta spalmando cera lungo il bordo osseo[19,33]. Tale pratica è da non favorire in quanto limita l'osteogenesi anche se, nella fase di posizionamento della cranioplastica, si è soliti comunque cruentare i bordi ossei della craniolacunia per esporre al meglio la diploe[41].

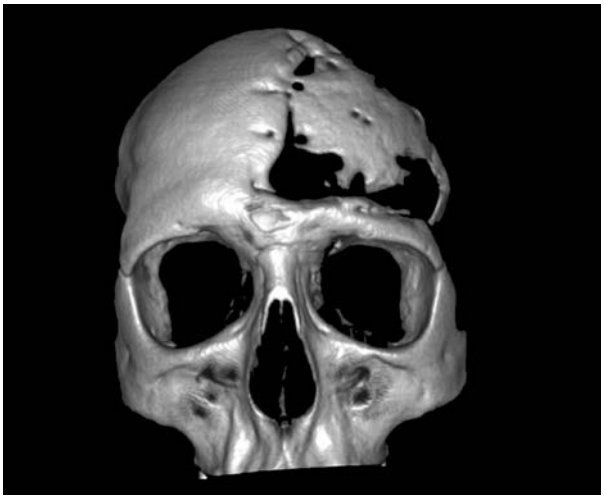


Figura 9. Il riassorbimento dell'opercolo osseo dopo riposizionamento può avvenire nel 25-50% dei casi, nel volgere di qualche mese o anno.

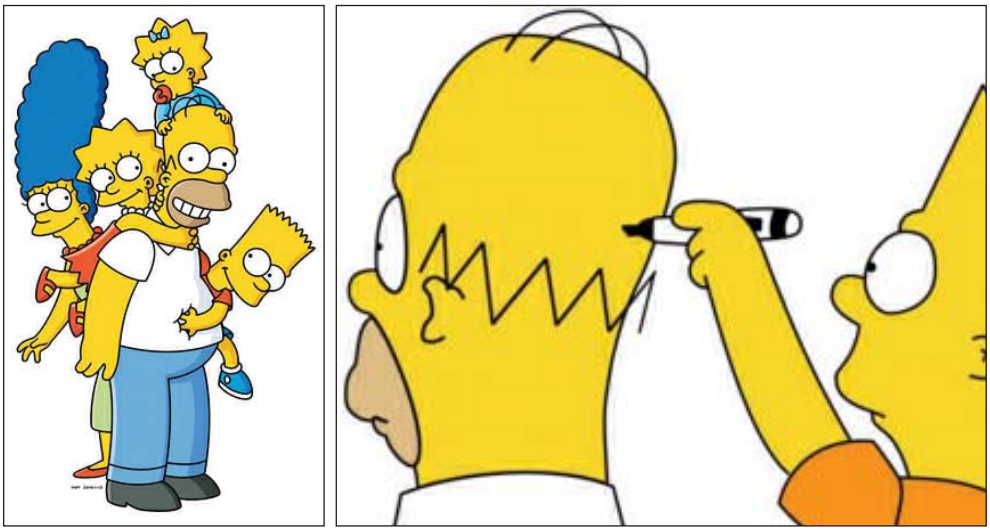


Figura 10. La famiglia Simpson (famosa serie televisiva a cartoni animati statunitense): Homer, Marge e i loro tre figli Bart, Lisa e la piccola Maggie, con le loro capigliature, sono il paradigma dei possibili approcci cranici, con incisione a "zig-zag", lineare, a "punto di domanda" e "bicoronarica".

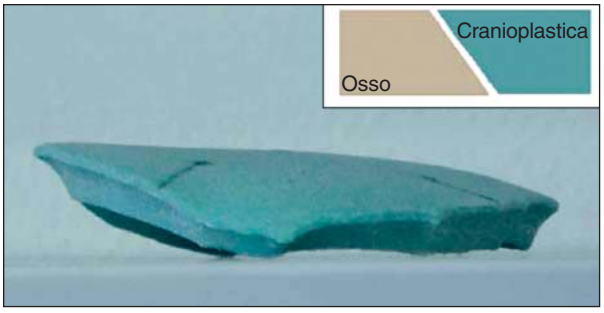


Figura 11. Il craniotomo deve realizzare una incisione a bordi inclinati, affinché la cranioplastica si allochi al meglio nella craniolacunia senza sprofondare.

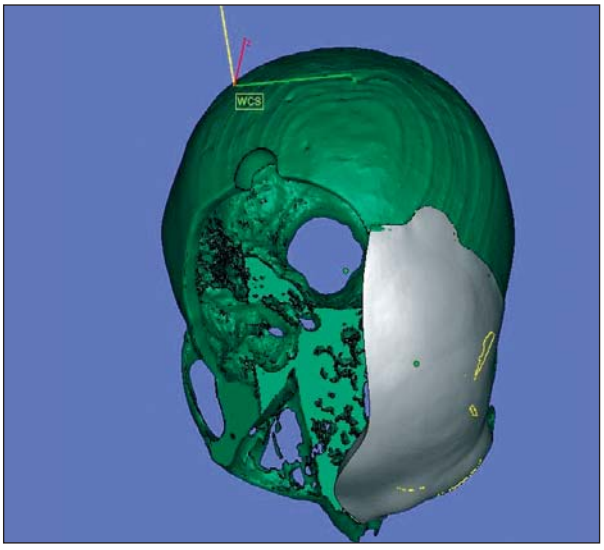


Figura 12. Le tecniche a "puzzle" e a "S italica" impediscono la dislocazione della protesi.

Per solidarizzare il più possibile il manufatto con il cranio circostante è stata, inoltre, proposta la fissazione con fili incrociati a forma di "8". Il filo di ancoraggio, invece che formare un anello incarcerando protesi-bordo osseo, si incrocia nello spazio fra bordo craniectomico ed opercolo, formando, di fatto, una sorta di "8"[41].

Inoltre, è buona norma applicare la tecnica a "puzzle" lungo i perimetri craniectomici, in quanto scongiura le dislocazioni protesiche perché la cranioplastica sarà incastonata senza nessuna possibilità di traslazione. Se invece si tratta di giustapporre due protesi conviene sempre che il bordo del loro contatto sia ad "S italica" e non lineare[43] (Figura 12).

Uno dei problemi che il chirurgo deve poi affrontare durante la fase ricostruttiva è l'adesione, alle volte assai tenace, dei tessuti molli alla dura. Questo è ancor

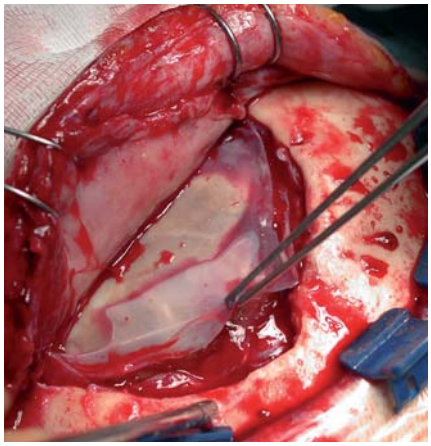


Figura 13. L'interposizione di un sottile foglio di materiale inerte impedisce l'adesione dei tessuti molli alla dura.

più problematico nell'area del muscolo temporale che, durante lo scollamento (sempre necessario per ricollocarlo nella sua naturale posizione sopra la cranioplastica) può subire ulteriori danni, accentuandone l'ipotrofia. Non solo, lo scollamento può portare ad una lacerazione durale e successiva possibile fistola liquorale con tutte le conseguenze che questo comporta. Perciò può essere utile inserire un sottile foglio di materiale inerte fra tessuti molli e dura[42] (Figura 13). Sarà così grandemente favorita la successiva fase di cranioplastica.

□ CONCLUSIONI

Ad oggi, sebbene vi siano sufficienti evidenze che si possono ottenere buoni risultati in termini di sopravvivenza e morbilità, in alcune neurochirurgie non viene praticata la decompressione cranica. Per alcuni direttori di struttura è preferibile inserire in lista operatoria una recidiva di glioblastoma, con aspettativa di vita di pochi mesi, piuttosto che un Paziente con ischemia massiva che, se sopravvive, può avere una spettanza di vita di decenni. C'è da chiedersi se tutto ciò sia eticamente corretto.

□ BIBLIOGRAFIA

1. Adams H.P. Jr., del Zoppo G., Alberts M.J., Bhatt D.L., Brass L., Furlan A., Grubb R.L., Higashida R.T. et al.: Guidelines for the early management of adults with ischemic stroke: a guideline from the American Heart Association/American Stroke Association Stroke Council, Clinical Cardiology Council, Cardiovascular Radiology and Intervention Council, and the Atherosclerotic Peripheral Vascular Disease and Quality of Care Outcomes in Research Interdisciplinary Working Groups: the American Academy of Neurology affirms the value of this guideline as an educational tool for neurologists. Stroke 2007; 38 (5): 1655-1711.
2. Adams H.P. Jr., del Zoppo G., Alberts M.J., Bhatt D.L., Brass L., Furlan A., Grubb R.L., Higashida R.T. et al.: Guidelines for the early management of adults with ischemic stroke: a guideline from the American Heart Association/American Stroke Association Stroke Council, Clinical Cardiology Council, Cardiovascular Radiology and Intervention Council, and the Atherosclerotic Peripheral Vascular Disease and Quality of Care Outcomes in Research Interdisciplinary Working Groups: The American Academy of Neurology affirms the value of this guideline as an educational tool for neurologists. Circulation 2007; 115 (20): e478-534.
3. Balan C., Alliez B.: Decompressive craniectomy - from option to standard - part I. Romanian Neurosurgery 2009; 16 (2): 20-26.
4. Barbati G., Dalla Monta G., Coletta R., Blasetti A.G.: Post-traumatic superior sagittal sinus thrombosis. Case report and analysis of the international literature. Minerva Anestesiol 2003; 69 (12): 919-925.
5. Clark K., Nash T.M., Hutchison G.C.: The failure of circumferential craniotomy in acute traumatic cerebral swelling. J Neurosurg 1968; 29 (4): 367-371.
6. Coutinho J.M., Majoie C.B., Coert B.A., Stam J.: Decompressive hemicraniectomy in cerebral sinus thrombosis: consecutive case series and review of the literature. Stroke 2009; 40 (6): 2233-2235.
7. Csokay A., Egyud L., Nagy L., Pataki G.: Vascular tunnel creation to improve the efficacy of decompressive craniotomy in post-traumatic cerebral edema and ischemic stroke. Surg Neurol 2002; 57 (2): 126-129.
8. Cushing H.: I. Subtemporal decompressive operations for the intracranial complications associated with bursting fractures of the skull. Ann Surg 1908; 47 (5): 641-644 641.
9. Cushing H.: The establishment of cerebral hernia as a decompressive measure for inaccessible brain tumors with the description of intramuscular methods of making the bone defect in temporal and occipital regions. Surg Gyn Obstet 1905; 1: 297-314.
10. D'Ambrosio A.L., Sughrue M.E., Yorgason J.G., Mocco J.D., Kreiter K.T., Mayer S.A., McKhann G.M. 2nd, Connolly E.S. Jr.: Decompressive hemicraniectomy for poor-grade aneurysmal subarachnoid hemorrhage patients with associated intracerebral hemorrhage: clinical outcome and quality of life assessment. Neurosurgery 2005; 56 (1): 12-19.
11. Eriksson A.R., Albrektsson T.: Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. J Prosthet Dent 1983; 50 (1): 101-107.
12. Fairburn B., Oliver L.C.: Cerebellar softening; a surgical emergency. Br Med J 1956; 1 (4979): 1335-1336.
13. Fandino J., Keller E., Barth A., Landolt H., Yonekawa Y., Seiler R.W.: Decompressive craniotomy after middle cerebral artery infarction. Retrospective analysis of patients treated in three centres in Switzerland. Swiss Med Wkly 2004; 134 (29-30): 423-429.
14. Frugoni C.: Emiplegia organica da ferita d'arma da fuoco non interessante la cavità, nè le ossa craniche, per probabile embolia cerebrale da trombosi contusiva della carotide interna. Il Policlinico 24 giugno 1917: 830.
15. Greco T.: Le trombosi post-traumatiche della carotide. Arch Ital Chir 1935; 39: 757-784.
16. Gupta R., Connolly E.S., Mayer S., Elkind M.S.: Hemicraniectomy for massive middle cerebral artery territory infarction: a systematic review. Stroke 2004; 35 (2): 539-543.
17. Hofmeijer J., Amelink G.J., Algra A., van Gijn J., Macleod

M.R., Kappelle L.J., van der Worp H.B.: Hemicraniectomy After Middle cerebral artery infarction with Life-threatening Edema trial (HAMLET). Protocol for a randomised controlled trial of decompressive surgery in space-occupying hemispheric infarction. Trials 2006; 7 29.

18. Hofmeijer J., Kappelle L.J., Algra A., Amelink G.J., van Gijn J., van der Worp H.B.: Surgical decompression for space-occupying cerebral infarction (the Hemicraniectomy After Middle cerebral artery infarction with Life-threatening Edema Trial [HAMLET]): a multicentre, open, randomised trial. Lancet Neurol 2009; 8 (4): 326-333.
19. Horsley V.: Antiseptic wax. Br Med J 1892; 1: 1165.
20. Hutchinson P., Timofeev I., Kirkpatrick P.: Surgery for brain edema. Neurosurg Focus 2007; 22 (5): E14.
21. Jauss M., Krieger D., Hornig C., Schramm J., Busse O.: Surgical and medical management of patients with massive cerebellar infarctions: results of the German-Austrian Cerebellar Infarction Study. J Neurol 1999; 246 (4): 257-264.
22. Jüttler E. Aschoff A., Schwab S.: Decompressive hemicraniectomy for large hemispheric infarctions. In: A. Bhardwaj et al. (editors): Acute brain and spinal cord injury. Evolving paradigms and management. Informa Healthcare, New York, 2008: 113-131.
23. Jüttler E., Schwab S., Schmiedek P., Unterberg A., Hennerici M., Woitzik J., Witte S., Jenetzky E. et al.: Decompressive surgery for the treatment of malignant infarction of the middle cerebral artery (DESTINY): a randomized, controlled trial. Stroke 2007; 38 (9): 2518-2525.
24. Kakar V., Nagaria J., John Kirkpatrick P.: The current status of decompressive craniectomy. Br J Neurosurg 2009; 23 (2): 147-157.
25. Kenning T.J., Gandhi R.H., German J.W.: A comparison of hinge craniotomy and decompressive craniectomy for the treatment of malignant intracranial hypertension: early clinical and radiographic analysis. Neurosurg Focus 2009; 26 (6): E6.
26. Kim K.T., Park J.K., Kang S.G., Cho K.S., Yoo D.S., Jang D.K., Huh P.W., Kim D.S.: Comparison of the effect of decompressive craniectomy on different neurosurgical diseases. Acta Neurochir 2009; 151 (1): 21-30.
27. Kjellberg R.N., Prieto A. Jr.: Bifrontal decompressive craniotomy for massive cerebral edema. J Neurosurg 1971; 34 (4): 488-493.
28. Kocher T.: Die Therapie des Hirndruckes. In: A. Hölder (editor): Hirnerschutterung, Hirndruck und chirurgische Eingriffe bie Hirn-krankheiten. Hölder Verlag, Vienna; 1901: 262-266.
29. Köhrmann M., Schwab S.: Hemicraniectomy for malignant middle cerebral artery infarction. Curr Opin Crit Care 2009; 15 (2): 125-130.
30. Lindgren S.O.: Infarctions simulating brain tumours in the posterior fossa. J Neurosurg 1956; 13 (6): 575-581.
31. Morley N.C., Berge E., Cruz-Flores S., Whittle I.R.: Surgical decompression for cerebral oedema in acute ischaemic stroke. Cochrane Database Syst Rev 2002; (3): CD003435.
32. NICE: CG68 Stroke, 23 July 2008. Disponibile su: //guidance.nice.org.uk/CG68/Guidance/pdf/English [visionato il 30 ottobre 2013].
33. Parker R.: Liverpool Royal Infirmary. Aural pyemia successfully threated by removing putrid throbus of jugular vein and lateral sinus. Br Med J 1892; 1: 1076-1077.
34. Rengachary S.S., Batnitzky S., Morantz R.A., Arjunan K., Jeffries B.: Hemicraniectomy for acute massive cerebral infarction. Neurosurgery 1981; 8 (3): 321-328.
35. Schirmer C.M., Ackil A.A., Jr., Malek A.M.: Decompressive craniectomy. Neurocrit Care 2008; 8 (3): 456-470.
36. Schmidt J.H. 3rd, Reyes B.J., Fischer R., Flaherty S.K.: Use of hinge craniotomy for cerebral decompression. Technical note. J Neurosurg 2007; 107 (3): 678-682.
37. Smith E.R., Carter B.S., Ogilvy C.S.: Proposed use of prophylactic decompressive craniectomy in poor-grade aneurysmal subarachnoid hemorrhage patients presenting with associated large sylvian hematomas. Neurosurgery 2002; 51 (1): 117-124.
38. The European Stroke Organization (ESO): Linee guida per la gestione dell'ictus ischemico e dell'attacco ischemico transitorio 2008. Disponibile su: www.eso-stroke.org/pdf/ESO08_Guidelines_Italian.pdf [visionato il 30 ottobre 2013].
39. Vahedi K., Hofmeijer J., Juettler E., Vicaut E., George B., Algra A., Amelink G.J., Schmiedeck P. et al.: Early decompressive surgery in malignant infarction of the middle cerebral artery: a pooled analysis of three randomised controlled trials. Lancet Neurol 2007; 6 (3): 215-222.
40. Vahedi K., Vicaut E., Mateo J., Kurtz A., Orabi M., Guichard J.P., Boutron C., Couvreur G. et al.: Sequential-design, multicenter, randomized, controlled trial of early decompressive craniectomy in malignant middle cerebral artery infarction (DECIMAL Trial). Stroke 2007; 38 (9): 2506-2517.
41. Zanotti B., Cramaro A.: Appunti di procedura chirurgica. In: La cranioplastica su misura in idrossiapatite porosa. Riv Med 2005; 11 (3-4): 153-160).
42. Zanotti B., Ius T.: Utile a sapersi. In: La cranioplastica su misura in idrossiapatite porosa. Riv Med 2005; 11 (3-4): 185-187.
43. Zanotti B., Verlicchi A., Parodi P.C. (editors): Cranial demolition and reconstruction - One-step surgical procedure. Top Med 2010; 16 (Sp. Issue 1-4): 1-112.
44. Zanotti B., Verlicchi A., Robiony M., Parodi P.C.: Craniectomie decompressive: una nuova tecnica o la ripresa di un vecchio metodo? Riv It Neurobiologia 2010; (Suppl.): 320-323.

Comunicazione

□ Cranioplastiche custom made: appunti di lavoro

B. ZANOTTI✧*, A. VERLICCHI✧✧, D. ALMESBERGER*, D. DE FRANCESCHI, G.F. GUARNERI*, E. RAMPINO CORDARO*, F. DE BIASIO*, L. LAZZARO*, S. CALABRESE*, M. RIVILLI*, C. ZANIN*, N. ZINGARETTI*, P.C. PARODI*

✧ *Neurochirurgo, Azienda Ospedaliero-Universitaria "S. Maria della Misericordia", Udine*
✧✧ *Libera Università di Neuroscienze "Anemos", Reggio nell'Emilia*
* *Clinica di Chirurgia Plastica e Ricostruttiva, Università degli Sudi, Udine*

□ INTRODUZIONE

La cranioplastica, vale a dire il rimodellamento e/o la riparazione mediante opercolo osseo o protesi di una lacuna cranica, trova il suo razionale nel correggere una deformità cranica, nel proteggere il tessuto cerebrale e nel ridurre il corteo sintomatologico legato alla craniolacunia. Quest'ultima può essere congenita, traumatica o chirurgica.

A seconda della tipologia del difetto cranico le procedure che si possono adottare sono almeno tre: la cranioplastica, la demolizione-ricostruzione cranica in un unico tempo ed il craniofilling[24].

Nel caso in cui il difetto osseo, più o meno ampio, è completo e ben definito, si ricorre all'alloggiamento diretto di una protesi cranica (Figura 1). Quando, invece, si riscontra una craniolacunia non consona ad un funzionale alloggiamento della cranioplastica si può progettare una demolizione-ricostruzione cranica in un unico tempo chirurgico (cranioplastica custom made preparata precedentemente all'atto chirurgico su un progetto di demolizione cranica allargata che sarà condotta con l'ausilio del neuronavigatore) (Figura 2). Nei casi, infine, in cui il tavolato osseo nel suo insieme è assottigliato, con affossamento superficiale, ma tavolato interno integro, oppure nei casi con riassorbimento parziale dell'opercolo osseo con conservazione di aree di consolidamento di frammenti ossei con superficie esterna grossolanamente difforme, si può fruire del craniofilling[24] (Figura 3). Il craniofilling è un manufatto, a spessore variabile, la cui curvatura esterna mima quella dell'osso mancante, mentre la superficie interna cerca di adattarsi il più

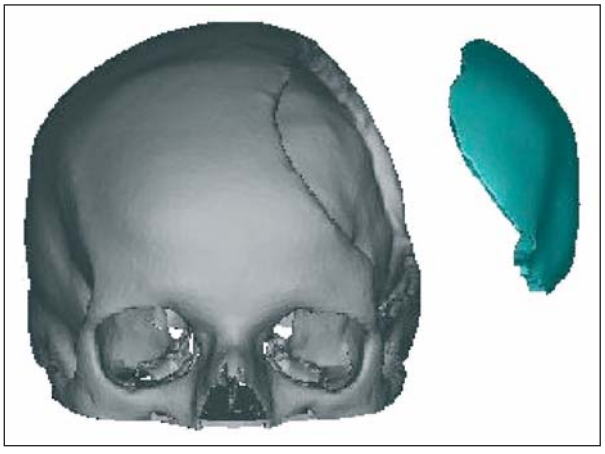


Figura 1. Quando la craniolacunia è completa e ben definita si ricorre alla protesi cranica di osso autologo (se l'opercolo è stato conservato) o ad una cranioplastica in idrossiapatite (HA) o polimetilmetacrilato (PMMA)/polietereterchetone (PEEK) custom made (ove l'opercolo risultasse distrutto o comunque inutilizzabile).

Corrispondenza: Dr. Bruno Zanotti, Azienda Ospedaliero-Universitaria "S. Maria della Misericordia" e Dipartimento di Chirurgia Plastica e Ricostruttiva c/o Ospedale Civile "S. Michele", piazza Rodolone, 33013 Gemona del Friuli (UD), e-mail: bruno.zanotti@cranioplastica.it
Cranioplastica terapeutica (*a cura di Bruno Zanotti, Angela Verlicchi, Pier Camillo Parodi*): 47-56.
Proceedings SNO: Master sulle Cranioplastiche terapeutiche custom made - LII Congresso Nazionale SNO, 11 maggio 2012, Roma.
Copyright © 2013 by new Magazine edizioni s.r.l., Trento, Italia. www.newmagazine.it
ISBN: 978-88-8041-102-4

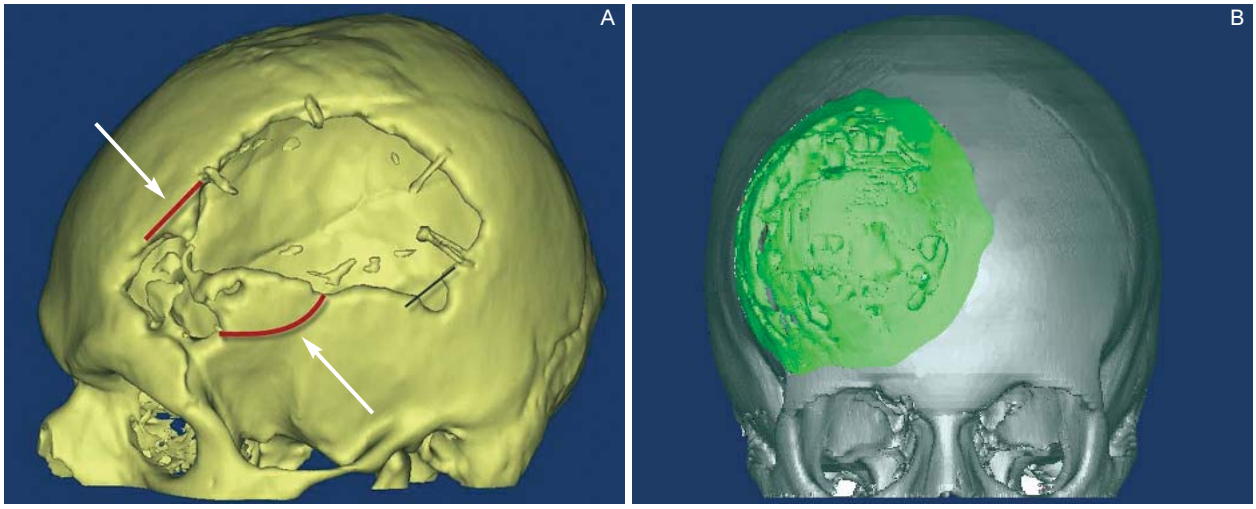


Figura 2. Si parla di demolizione-ricostruzione cranica in un unico tempo quando si rende necessaria una ridefinizione della craniolacunia (*frecce*) (casi post-traumatici) (A) o una demolizione cranica ex-novo (casi tumorali) (B). La cranioplastica custom made viene preventivamente realizzata su un progetto di demolizione disegnato sul modello 3D del cranio.

possibile alle irregolarità o ai difetti del tavolato osseo residuo, che può presentare anche lacune dove traspare la dura madre. La protesi può, quindi, essere a contatto diretto, in uno o più punti, con il rivestimento durale.

L'impegno profuso per realizzare la cranioplastica deve sostanzialmente portare ad una restitutio ad integrum, al fine di ridare "funzione" (protezione fisica, ricompartimentazione dei gradienti pressori fra il dentro ed il fuori, corretta emodinamica vascolare e liquorale, ricollocazione anatomica delle eventuali inserzioni muscolari) ed "estetica" all'estremità cefalica. Sebbene la prima sia di vitale importanza per la stessa vita del Paziente, in quanto porta a prevenire o far regredire il rilevante corteo sintomatologico che si riscontra nella "syndrome of trephined"[8] e nella "sinking skin flap syndrome"[17], il fattore estetico non va affatto sottovalutato, in quanto può portare al Paziente rilevanti problemi nella vita di relazione, che sfociano in veri e propri disagi psichici, ben parametrati nella diagnostica neuropsicologica e, quindi, da considerarsi a pieno titolo fra le malattie. Si parla quindi di *cranioplastica terapeutica* a tutto campo, senza distinzione fra quanto attribuibile al versante funzionale (perseguito da tutti, fin dall'antichità) o a quello estetico (che solo dopo l'avvento del custom made ha avuto un vero impulso).

□ MODALITÀ

Il deficit osseo può essere colmato con osso autologo opportunamente conservato e/o devitalizzato o con protesi in materiale biocompatibile modellate a mano intra-operatoriamente o con manufatti "su misura", prodotti mediante tecniche stereolitografiche e di prototipazione d'avanguardia che si basano sui dati TC tridimensionale (3D) del cranio del Paziente.

L'opercolo osseo deve afferire obbligatoriamente nelle cosiddette "banche dell'osso" (dove esistenti) ed essere crioconservato. La conservazione della calotta cranica asportata in una tasca addominale è una procedura che deve essere abbandonata, in quanto, oltre che andare contro i dettami imposti dalla legge[5,6], comporta delle morbilità aggiuntive, quali: danno estetico addominale, aumento del rischio di infezione, maggior probabilità di favorire il riassorbimento osseo opercolare e necessità di un nuovo intervento in sede addominale, per recuperare la porzione d'osso.

Vale la pena di ricordare che le leggi di riferimento in materia sono abbastanza precise sull'argomento. Il comma 1 dell'articolo 2 del decreto legislativo n. 191 del 6 novembre 2007 così recita: "Il presente decreto si applica alla donazione, all'approvvigionamento, al controllo, alla lavorazione, alla conservazione, allo stoccaggio e alla distribuzione di tessuti e cellule umani destinati ad applicazioni sull'uomo, nonché ai prodotti fabbricati derivati da tessuti e cellule umani destinati ad applicazioni sull'uomo. [...]".

L'opercolo osseo, essendo un tessuto, rientra a pieno titolo nelle disposizioni di legge. E l'atto della "conservazione" è espressamente menzionato.
L'unico organismo deputato alla conservazione del tessuto osseo è "l'«istituto dei tessuti»: una banca dei tessuti, come prevista dalla legge 1 aprile 1999, n. 91" (art. 3, D.L. n. 191 del 6 novembre 2007). Ne consegue che ogni altra forma di conservazione, compresa la tasca addominale, è da considerarsi contraria alle disposizioni di legge.
Anche perché la conservazione dei tessuti implica delle rigide procedure di controllo e stoccaggio, come ribadito anche dalla Direttiva 2006/17/CD della Commissione dell'8 febbraio 2006 e pubblicata nella G.U. dell'Unione Europea del 9 febbraio 2006.

Figura 3. Il craniofilling è una modalità di cranioplastica parziale dove il tavolato osseo può essere più o meno conservato, sebbene assottigliato ed escavato.

□ CUSTOM MADE

Grazie soprattutto al diffondersi delle craniectomie decompressive nei casi di edema cerebrale non trattabile in modo conservativo, in questi ultimi dieci anni, si è assistito all'aumento degli interventi di cranioplastica, fino ad arrivare ad un'incidenza di 20-25 cranioplastiche per milione di abitanti all'anno[21].
Se a queste aggiungiamo i casi di demolizione-ricostruzione cranica in un unico tempo nel corso di asportazione di tumori primitivi della teca cranica o che interessano secondariamente quest'ultima, si comprende facilmente come questo tipo di chirurgia presenti un interesse sempre crescente. Delle neoplasie primitive benigne ricordiamo soprattutto l'osteoma, il condroma, il tumore a cellule giganti, l'emangioma ed il linfangioma; delle maligne il sarcoma osteogenico, il fibrosarcoma, il condrosarcoma ed il cordoma; mentre fra le lesioni secondarie ovviamente le metastasi (da polmone, mammella, rene, tiroide, prostata), il linfoma ed il mieloma multiplo, il neuroblastoma ed il sarcoma di Ewing. La teca cranica può essere anche coinvolta secondariamente per contiguità, come nei meningiomi e nei paragangliomi. Inoltre, vi sono lesioni proliferative o paraneoplastiche che possono interessare le ossa craniche: malattia di Paget, istiocitosi, displasia fibrosa, iperostosi, mucocele, ecc.[21,26].
Tranne casi eccezionali, l'interesse del chirurgo deve essere subito posto alla modalità custom made, ove non fosse disponibile l'opercolo osseo, tenendo altresì presente che, sebbene l'osso sia ritenuto il materiale più osteomimetico finora a disposizione, di fatto, il 25-50% degli opercoli ossei riposizionati presenta un riassorbimento più o meno completo nel volgere di qualche mese od anno[9].

□ SCELTA, PROGETTO E REALIZZAZIONE

Optare fin da subito per una protesi su misura, sebbene presenti ancora costi elevati, può rappresentare una decisione in favore del Paziente.
Se la scelta è quindi verso una protesi custom made in materiale sintetico, quest'ultimo dovrebbe possedere spiccate proprietà biomimetiche (biointerazione, biointegrazione, biostimolazione con l'osso). In questo senso, attualmente, il materiale più idoneo è l'idrossiapatite (HA), che ha, comunque, lo svantaggio

di essere inizialmente fragile. Alle volte, però, bisogna privilegiare la resistenza meccanica primaria, seppure in un contesto di biocompatibilità. In questi casi i materiali di riferimento possono essere il PoliMetilMetacrilato (PMMA) o il polietereterchetone (PolyEtherEtherKetone: PEEK), che, rispetto all'HA, resistono meglio alla compressione e alla flessione ed hanno una elasticità sicuramente maggiore. Infatti, l'HA assomiglia molto di più all'osso spongioso, mentre il PMMA è più simile all'osso corticale.
L'HA è un bioceramico (ossia un ceramico di uso biologico) di sintesi che mostra la stessa formulazione chimica dei microcristalli ossei e di conseguenza ha lo stesso rapporto calcio/fosforo presente nei tessuti ossei. L'HA "porosa" permette la crescita al suo interno del tessuto osteo-fibroso (osteoconduttività) e quindi la saldatura al tessuto osseo circostante. Infatti, l'osteoconduttività è direttamente proporzionale alla porosità, che può variare in termini di grandezza e numero dei pori e di tipologia di interconnessione. Maggiore è il grado di interconnessione e porosità e migliore risulta l'osteoconduttività. La sperimentazione dell'HA quale materiale per le cranioplastiche su misura nasce dalla ricerca tutta italiana. È la Fin-Ceramica di Faenza, nata come spin-off dell'Istituto di Scienze e Tecnologia dei materiali ceramici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), che ha messo a punto la procedura e che l'ha fatta conoscere non solo in Italia, ma anche esportata in tutta Europa ed ora anche in Sud Africa, nel Medio Oriente ed in Canada.
Il PMMA è una materia plastica, forse più nota con il nome commerciale di Plexiglas, formata da polimeri del metacrilato di metile, estere dell'acido metacrilico. È un materiale conosciuto da moltissimi anni, in quanto fu sviluppato nel 1928 in vari laboratori e immesso sul mercato nel 1933 dall'industria chimica tedesca Röhm. Già nel 1940, dopo vari esperimenti sugli animali che non avevano dimostrato particolari reazioni avverse, il PMMA veniva usato per le cranioplastiche.
Il PEEK è un polimero organico termoplastico semicristallino con eccellenti proprietà di resistenza meccanica e chimica, la cui commercializzazione in ambito biomedico è iniziata alla fine degli anni '90.
Certo è che l'uso dei materiali quali il PMMA ed il PEEK, sebbene presentino una resistenza primaria sicuramente maggiore dell'HA, non garantisce in assoluto che, a seguito di un trauma cranico rilevante, non si producano non solo frantumazioni della protesi, ma anche sottostanti danni parenchimali[10]. È, comunque, buona norma optare per le cranioplastiche custom made in PMMA o PEEK in situazioni particolari, quali Pazienti epilettici con crisi di caduta, Pazienti con turbe psichiche gravi, soprattutto se istituzionalizzati o violenti, e malati con spettanza di vita breve[25]. In quest'ultimo caso l'uso della più costosa HA non trova molta giustificazione, in quanto il Paziente verrebbe a morte prima che il processo osteomimetico giunga a compimento, quindi il vantaggio ecologico dell'uso dell'HA verrebbe meno.
Non trova invece giustificazione scegliere le cranioplastiche con paste modellabili a mano o le custom made meno costose (PMMA e PEEK) per i Pazienti in stato vegetativo, adducendo che, visto il grave stato clinico, una riduzione dei costi per le protesi si impone. Infatti, se consideriamo che prima di definire, nel caso post-traumatico, uno stato vegetativo con scarse o nulle possibilità di recupero deve trascorrere almeno un anno dall'evento acuto (almeno tre mesi nei casi dovuti a danno metabolico) e che la cranioplastica, in via generale, si dovrebbe impiantare il prima possibile, nell'ordine di mesi, non pare giustificato privare queste Persone della tecnologia migliore (custom made) e del materiale più osteomimetico (HA), al fine di non compromettere in alcun modo un recupero, sempre possibile e non solo auspicabile. Chi è in stato vegetativo non dovrebbe essere penalizzato due volte, dalla vita, che lo ha portato in quello stato, e dalla comunità, che, nell'ottica del risparmio, lo relega a non poter fruire della prestazione sanitaria migliore attualmente disponibile.
In effetti, una delle criticità del custom made è l'elevato costo di produzione che, almeno in parte, potrebbe essere abbattuto accorciando la filiera nella realizzazione del manufatto.
Per eliminare alcuni passaggi dispendiosi in termini di tempo e di costi, attualmente sono in uso portali Web2 dove il chirurgo interagisce con il laboratorio di prototipazione senza bisogno di spostare fisicamente il modello, ma tutto in forma virtuale[22].
I vantaggi sono innegabili: i chirurghi possono accedere al portale da qualsiasi ubicazione fornita di collegamento internet, scaricare direttamente i dati DICOM, interagire senza intermediazioni con i tecnici sfruttando la tecnologia di modellazione 3D e fornire così un feedback più preciso ed accurato sulla progettazione dei prototipi. Si è calcolato che, con questo processo, gli impianti possono essere prodotti impiegando il 30% in meno di tempo, permettendo anche di ridurre di circa il 20% l'impegno lavorativo sia per il chirurgo sia per il personale tecnico[22]. Inoltre, durante la validazione della protesi via web, possiamo

avere altri vantaggi, quali una migliore visualizzazione della simmetria protesica (grazie alla possibilità di infinite sezioni virtuali ed alla multiplanarità), che, alle volte, si può perdere nella visione puramente olistica del modello 3D fisico (Figura 4). Ma anche qualche svantaggio, ad esempio la mancanza delle immagini RM e l'assenza del modello fisico nelle demolizioni-ricostruzioni non permettono di pianificare la demolizione come col neuronavigatore (che implementa dati TC e RM cranici), che consente una migliore programmazione della lacunia chirurgica nonché una simulazione di quale sarà l'effettiva posizione del Paziente inserendo nella giusta collocazione il modello 3D del cranio nella testiera a tre punte (Figura 5). Limiti che saranno con il tempo superati quando si potrà gestire routinariamente non solo l'implementazione delle immagini TC con quelle RM encefaliche nel portate web dedicato, ma si riuscirà anche ad importare nel neuronavigatore l'imaging del cranio demolito nella postazione virtuale, senza bisogno di scansionare alla TC il modello 3D in resina del cranio con la craniolacunia su di esso disegnata.

Sebbene da sempre l'uso delle neuroimmagini copra tutto l'arco della realizzazione e messa a dimora di una cranioplastica (dall'iniziale acquisizione dei dati TC cranici del Paziente, alla realizzazione della protesi, alla successiva neuronavigazione), con l'arrivo della gestione Web2 si elimina anche quella piccola finestra di attività che vedeva il chirurgo, come un moderno Amleto, armeggiare con il modello 3D del cranio in resina.

Gli accorgimenti da osservare nella progettazione e realizzazione di una protesi cranica sono tanti, perché bisogna anche trovare una mediazione fra necessità cliniche e fisica dei materiali. Uno fra tutti è che, nel caso di protesi in HA, il manufatto non sia reso ancora più fragile dalla errata progettazione e/o collocazione da parte del chirurgo. Infatti, per sfruttare a pieno le proprietà strutturali della protesi cranica, è importante che tra la sua superficie di appoggio e la superficie ossea ci sia il miglior contatto possibile[28]. La protesi in HA risulta ancora più fragile se si incorre, come spesso accade, in errori del chirurgo. Al fine di poter meglio studiare il comportamento del chirurgo, abbiamo realizzato un modello virtuale di protesi custom made in HA e l'abbiamo sottoposto a tre variabili di impianto tramite una simulazione al computer. Nella prova (1) i margini della cranioplastica sono ben adesi al bordo craniectomico e ci si riferisce allo scenario del chirurgo che progetta, valida e posiziona la cranioplastica in modo ottimale. Nella prova (2) su una porzione del perimetro craniectomico manca la corrispondenza con la protesi, che ha forma diversa, e risponde all'esigenza del chirurgo di privarsi di una parte della protesi (solitamente nella zona della fossa temporale), per agevolarsi nell'atto chirurgico. Infine, nella prova (3) l'appoggio della cranioplastica sul bordo craniectomico ha soluzioni di continuo. Il modello matematico ha fatto rilevare che passando dal primo scenario al secondo ed al terzo, si ha un incremento del carico a cui è sottoposta la protesi custom made in HA rispettivamente dell'80% e del 50%. L'utilizzo di accorgimenti (quali l'evitare di progettare protesi incomplete; l'uso del neuronavigatore in tutti i casi di demolizione cranica di processi patologici interessanti le ossa craniche, per ottenere una craniectomia che ben si adatta alla protesi custom made preconfezionata, ed infine il riempimento delle soluzioni di continuo con pasta di fosfato tricalcico finemente stipata) consente di riportare la resistenza della cranioplastica in HA alla situazione meccanica più favorevole e di non ostacolare il potere biomimetico della protesi stessa.

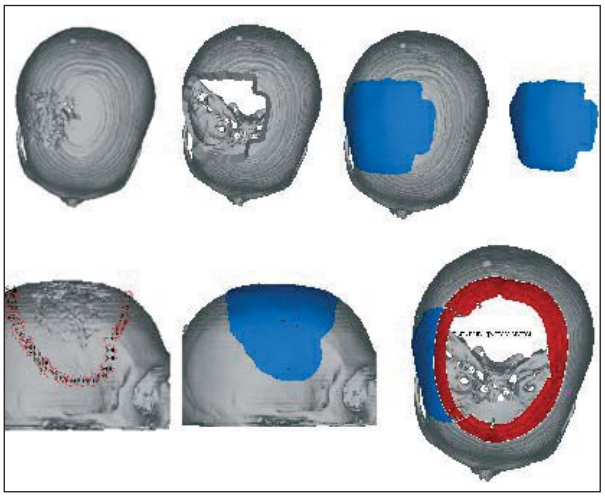


Figura 4. Il portale Web2 permette una valutazione del prototipo di cranioplastica in modo approfondito, grazie alla multiplanarità delle immagini virtuali.

□ TEMPI

Dopo chirurgia decompressiva cranica, la programmazione della successiva cranioplastica dovrebbe avvenire entro 4-6 settimane, sempre che il Paziente sia in condizioni cliniche idonee e non si trovi ancora in uno stato di ipertensione endocranica.

□ PROBLEMATICHE PARTICOLARI

Non è infrequente, soprattutto in craniolacunie inveterate di grandi dimensioni, che si assista ad una progressiva *retrazione cutanea*. Questa può creare una certa difficoltà in fase di chiusura una volta posizionata la protesi. Se la mancanza di "stoffa" è di pochi millimetri o al massimo di 1-2 cm (ovviamente a seconda dell'estensione del lembo cutaneo), l'incisione della fascia sottogaleale con tagli paralleli permette di recuperare con una certa facilità il tessuto mancante per arrivare ad una sutura non trazionata[19]. Se l'ammanco è più rilevante, l'unica possibilità è realizzare una espansione cutanea[11]. Ciò comporta inevitabilmente un allungamento dei tempi di attesa per realizzare l'impianto protesico, ma indubbiamente rende assai più agevole il giusto posizionamento dei lembi cutanei.
Consensualmente, o in modo autonomo può anche realizzarsi una *retrazione durale*. Questa avviene specialmente quando la sofferenza parenchimale sottostante (post-traumatica, post-ischemica, ecc.) toglie sostanza ed elasticità, facendo sì che la dura si acquatti su se stessa. In fase chirurgica si può tentare un patch durale, sospendendo poi lo stesso alla cranioplastica per favorire quella minima riespansione residua parenchimale. Evento non sempre possibile, in quanto sovente lo strato corticale cerebrale è adeso alla dura, per fattori aderenziali cicatriziali, e lo scollamento necessario può portare ad un sanguinamento piale e ad ulteriore sofferenza a carico della superficie encefalica. D'altra parte, nelle situazioni di reale impossibilità a portare a parete la dura, si assiste al formarsi di una raccolta liquida extradurale, a lente biconvessa, ad evoluzione cronica autolimitantesi, che disturba più il chirurgo che la rileva alla TC cranica che il Paziente stesso[20].
La cute sovrastante può essere lesa: infetta (per complicanze locali), ischemica/necrotica (per ripetute chirurgie, per radioterapia) o ulcerata (per decubiti da sistemi di sintesi). Il *danno cutaneo* va dalla ipotrofia alla soluzione di continuo. Mentre l'infezione locale è una controindicazione assoluta alla realizzazione di una cranioplastica, l'ischemia, la necrosi o i decubiti cutanei possono essere affrontati in sede chirurgica con molteplici accorgimenti. Si va dalla realizzazione di lembi cutanea secondo le più svariate tecniche alla apposizione di un foglio di matrice dermica fra cranioplastica e sottocute[4]. La matrice dermica è un impianto semi-biologico, non vivente, costituito da una membrana a singolo strato, in pratica un foglietto poroso composto da collagene reticolato, ricavato da tendine achilleo bovino e da glucosaminoglicano (condroitina-6-solfato). Questa struttura ha un'azione isto-induttiva e isto-conduttiva sul mesenchima, guidando la formazione di un derma normale.
Avere una particolare attenzione e cura della cute è importante, in quanto essa è fonte di principi nutritivi e di potenziamento delle difese immunitarie. In presenza di dura sintetica, nei casi di decompressione cranica con duroplastica, il processo osteomimetico delle cranioplastiche in HA può avvenire in gran parte dalla sovrastante epidermide più che dai margini stessi della craniolacunia.
Il limitato successo clinico od il fallimento nelle cranioplastiche può trovare uno dei suoi epifenomeni anche nella non vitalità funzionale (scarsa vascolarizzazione) del lembo cutaneo sovrastante. La vascolarizzazione è quindi un processo critico durante la crescita ossea e la sua riparazione[14].

□ OSTEOINTEGRAZIONE ED OSTEOMIMESI

Il Prof. Per-Ingvar Brånemark ha definito il processo di osteointegrazione come "la fissazione rigida, clinicamente asintomatica, tra un biomateriale inerte e l'osso"[1,3,16]. I principi dell'osteointegrazione ed il successo clinico, secondo il protocollo della Scuola di Göteborg, prevedono:

1. elevata biocompatibilità del materiale dell'impianto;
2. disegno dell'impianto adeguato al raggiungimento della stabilità primaria;
3. adeguata quantità di osso con idonee caratteristiche;
4. corretta preparazione del sito dell'impianto;
5. assenza di contaminazioni interferenti la guarigione;
6. gengiva aderente peri-impianto sufficiente per ricoprire l'impianto;
7. assenza di carichi occlusali in fase di guarigione.

Questo Autore è stato probabilmente il primo a parlare di osteointegrazione degli impianti odontostomatologici, poi i suoi principi sono stati sviluppati non solo nella sua Scuola, ma anche in altri ambiti.
Per traslato, nelle cranioplastiche in materiale inerte si può ancora parlare di osteointegazione mentre in quelle di idrossiapatite si preferisce sostenere i principi dell'osteomimesi, al fine di ottenere il successo clinico secondo i principi da noi indicati come *protocollo Simpson* (dalla popolare sitcom americana, in

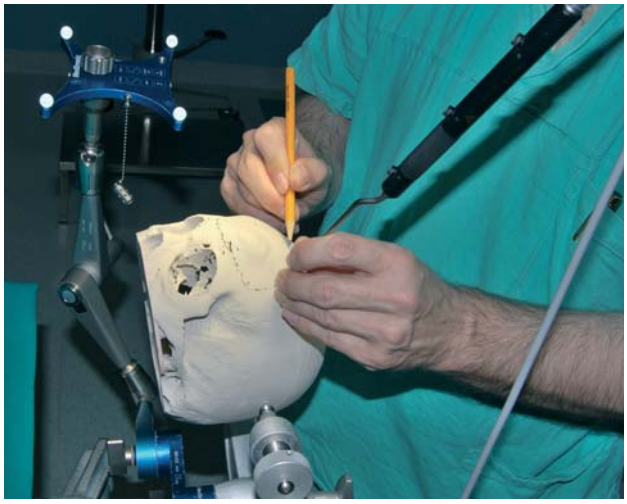


Figura 5. Nei casi di demolizione-ricostruzione cranica (soprattutto se tumorale), il poter progettare la caniolacunia usando direttamente il modello 3D in resina del cranio ha indubbi vantaggi: permette l'uso del neuronavigatore (con implementazione simultanea delle immagini TC e RM dell'encefalo) e consente di considerare il posizionamento più consono nella testiera a tre punte della testa del paziente.

cui le forme delle teste dei Simpson rappresentano in modo immediato e divertente il paradigma dei possibili approcci cranici):

1. elevata biocompatibilità del materiale dell'impianto;
2. disegno dell'impianto adeguato al raggiungimento della stabilità primaria;
3. adeguata quantità di osso con idonee caratteristiche;
4. corretta preparazione del sito dell'impianto;
5. assenza di contaminazioni interferenti la guarigione;
6. cute trofica e sufficiente per ricoprire l'impianto;
7. assenza di carichi o micromovimenti in fase di guarigione;
8. ingegnerizzazione con fattori di crescita e/o cellule staminali.

In specifico, in base a questi principi:

1. A tutt'oggi, *il materiale il più osteomimetico* (osteointerazione, osteointegrazione, biostimolazione) *è l'idrossiapatite porosa*, grazie alla sua composizione chimica ed alla sua struttura fisica (macroporosità: 200-500 µm; microporosità: 1-10 µm; fori di interconnessione 50-200 µm).
2. *La cranioplastica deve essere ben progettata: seguire esattamente i bordi della craniolacunia, essere di spessore adeguato al contesto, avere una curvatura compatibile, presentare un numero di fori razionale e sufficiente*. Una errata progettazione della protesi d'altra parte non solo compromette la stabilità primaria, ma ritarderà o impedirà l'estrinsecarsi delle proprietà osteomimetiche. Mancando la contiguità osso-cranioplastica viene meno la migrazione osteoblastica. Sebbene in quest'ultima siano multipli i fattori che entrano in gioco, una semplice banalizzazione può aiutare a capire perché non avviene: essendo l'osteoblasta una cellula ovalare del diametro da 20 a 30 micron, se trova un cratere di anche soli 2 mm dovrebbe compiere un balzo pari a 68 volte il suo diametro. Se consideriamo un uomo di 1,70 m di altezza, per confronto, questo dovrebbe fare un salto in lungo di 115 m. Praticamente impossibile. Non solo, il risultato estetico può essere manchevole per introflessione della cute nei crateri di discontinuità delle superfici.
3. *La qualità dell'osso del sito ricevente dove viene effettuato l'impianto è preferibile sia vitale con un osso in buono stato di salute*. Una precedente irradiazione non è però ritenuta una controindicazione all'impianto. In questi casi, il limitato successo clinico può essere spiegato da una insuffi-

ciente o mancante vascolarizzazione. Infatti, la vascolarizzazione è un processo critico durante la crescita ossea e la sua riparazione[14]. Inoltre, *il sito che accoglierà l'impianto deve essere adeguatamente preparato: i margini della craniolacunia vanno liberati da qualsiasi ganga cicatriziale e la dura va slaminata sul bordo del tavolato interno; il drillaggio del bordo craniectomico va effettuato in modo delicato* (basse velocità con continuo ed adeguato raffreddamento del tessuto esposto al fresaggio in quanto la soglia per il danno all'osteocita è di 47 °C[7,28]); *infine, in chiusura, non va posto nessun materiale fra osso e manufatto, a meno che non siano granuli di idrossiapatite o paste di fosfato di calcio*. Per quanto concerne la fresatura, è stato dimostrato che dove la superficie è più ruvida maggiore è l'osteointegrazione[2].

5. *Il sito ricevente deve essere privo di contaminazioni*, anche se, sembrerebbe, che l'HA, rispetto ad altri materiali, sia più idonea in siti riceventi già interessati da pregresse infezioni. Sono, inoltre, stati già segnalati casi di preservazione della protesi in HA in corso di infezioni interessanti la cute sovrastante senza necessità di asportare il manufatto.
6. *La cute sovrastante deve essere trofica e sufficiente per ricoprire la cranioplastica*. L'opercolo osseo trae nutrimento anche dalla dura sottostante. Spesso, nei casi di cranioplastica (secondari a decompressive craniectomiche o a demolizioni-ricostruzioni post-tumorali), la dura è sostituita da materiale sintetico, quindi tutto il processo di osteomimesi per la cranioplastica deve fare riferimento ai bordi ossei della craniolacunia ed alla copertura cutanea sovrastante la protesi. È quindi di primaria importanza che la cute sovrastante sia non solo trofica, ma sufficiente per ricoprire l'impianto. *Se ciò non fosse garantito, sarà compito del chirurgo preparare al meglio il sito ricevente (espansori cutanei, lembi, uso di membrane biologiche, ecc.)*. La cute è fonte non solo di principi nutritivi ma, grazie all'irrorazione sanguigna, gioca anche un ruolo nel potenziamento delle difese immunitarie.
7. *Occorre evitare i micromovimenti della cranioplastica, con accorgimenti di ancoraggio muscolare e di incisione ossea*. Essendo una chirurgia a livello cranico, l'assenza di carico è di fatto garantita, ma non lo sono la mancanza di micromovimenti se siamo a livello dello pterion. Anche se qualche Autore lo ritiene preferibile[12], è, infatti, sconsigliato l'ancoraggio diretto del muscolo temporale sulla protesi, ma piuttosto deve essere trazionato a cavaliere verso la linea sagittale. Per solidarizzare ancora di più il manufatto nel suo alloggiamento e prevenire sia l'affossamento sia la dislocazione dello stesso, buona norma è non solo fruire del taglio a 45° del bordo craniectomico, ma adottare le tecniche a "puzzle" (perimetro con estroflessioni) e ad "S italica", se è necessario congiungere due pezzi di protesi[27,28].
8. *Occorre ingegnerizzare la protesi, ossia effettuare modifiche atte ad ottimizzare il prodotto, applicando i risultati ottenuti nell'ambito della ricerca.* L'attività pre-clinica su animale ha evidenziato che il processo di migrazione osteoblastica varia dai quattro agli otto mesi, dopo di che la protesi presenta una buona osteointegrazione perimetrale. Durante il primo anno di impianto la protesi ha, quindi, una resistenza meccanica primaria paragonabile a quella dell'osso spongioso in virtù della sua porosità. I tempi per l'osteointegrazione sono comunque lunghi e per questo si può ricorrere all'ingegnerizzazione della protesi con *fattori di crescita* e/o *cellule staminali*. Le autoriparazioni post-frattura, tutte riscontrate dopo l'anno di impianto, sono l'evidenza di una osteointegrazione che potrebbe aver raggiunto una percentuale tra il 60 e l'80% della massa totale. Una delle tecniche per cercare di incrementare ed accelerare le potenzialità osteomimetiche della cranioplastica in HA è utilizzare il cosiddetto "gel piastrinico". Va subito detto che, a tutt'oggi in Medicina Trasfusionale non esistono le specifiche dell'emocomponente gel piastrinico, né indicazioni condivise al suo utilizzo. Anzi, non c'è neppure unanimità sulla dizione da usare per identificarlo (Plasma Ricco di Piastrine, Concentrato Piastrinico ad uso topico, ecc.). Non esistono protocolli standardizzati per la preparazione di tale emocomponente, né controlli di qualità codificati. Ciascun Centro ha messo a punto ed utilizza sistemi manuali "home made" o sistemi automatizzati forniti dall'industria, in base alle richieste ed esigenze di utilizzo nelle differenti discipline e patologie. Le proprietà biologiche del gel piastrinico, ossia la rigenerazione tessutale, vanno attribuite ai "fattori di crescita", che agiscono in sinergia alle altre, numerose e differenti molecole liberate dalle piastrine attivate. Dei fattori di crescita contenuti nelle piastrine è stata ben documentata l'attività del PDGF (Platelet Derived Growth Factor), del

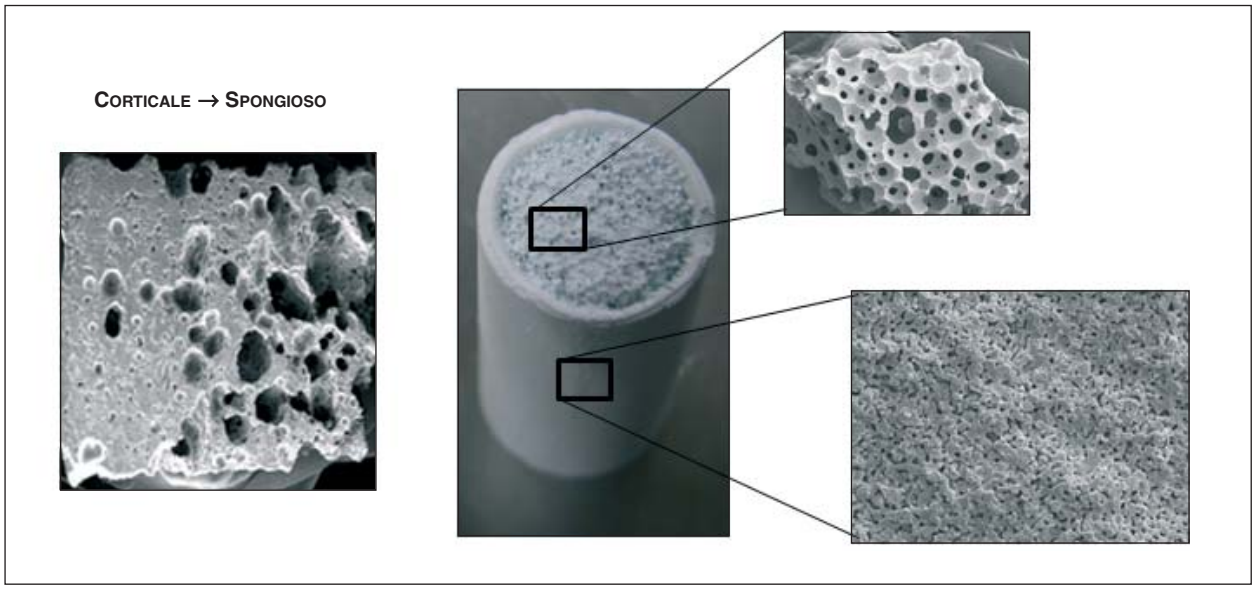


Figura 6. Scaffold ossei a gradiente di porosità. (*Per gentile concessione di A. Tampieri e S. Sprio, Istituto di Scienze e Tecnologie dei Materiali Ceramici, ISTEC-CNR, Faenza.*)

TGF-beta (Trasforming Growth Factor beta), dell'EGF (Epidermal Growth Factor) e dei IGF I e II (Insulin like Growth Factor). Questi fattori contribuiscono attivamente alla stimolazione e replicazione delle cellule favorenti la formazione di nuovo tessuto osseo.

L'impegno attuale è, nelle cranioplastiche, nel passare sempre più da una "riparazione tessutale" ad una "rigenerazione tessutale". Nel processo di riparazione la lacuna ossea è chiusa con elementi non specifici e la struttura del riempimento differisce dal tessuto osseo (chirurgia riparativa).

Nella rigenerazione è ripristinata la situazione iniziale (chirurgia rigenerativa).

□ WORK IN PROGRESS

Come spesso accade in medicina, ma ancor più nell'ambito della protesica cranica, ogni capitolo descrittivo è solo un "work in progress" in quanto migliorie e cambiamenti si succedono più rapidamente dei tempi di stampa del lavoro.

Già adesso sappiamo che l'HA ha la possibilità di essere lavorata, nello stesso pezzo, con due modalità diverse: superficialmente in modo compatto (simulando sempre più la corticale ossea) ed in profondità mantenendo le caratteristiche di porosità essenziali per l'osteomimesi[13] (Figura 6) Questo permette di mimare sempre più le caratteristiche morfologico-strutturali e biomeccaniche dell'osso naturale, portando a ridurre, di non poco, il limite dell'HA che presenta una fragilità iniziale non indifferente. Non solo, la stimolazione alla induzione ossea, più che con i fattori di crescita biologici (il cui uso routinario si scontra con i dettami legislativi molto restrittivi), può trovare nuovo impulso grazie alla carica magnetica della protesi stessa[15]. Potenziandone, fra l'altro, l'angiogenesi. La formazione di una nuova rete di vascolarizzazione, come sappiamo, è un fattore indispensabile per ottenere una efficace rigenerazione tissutale. Nel caso in cui le cellule mesenchimali siano state sottoposte, prima, durante e dopo il processo di differenziazione, a campi magnetici, secondo modalità e tempi ben precisi vi è evidenza che le proprietà e caratteristiche del tessuto osseo rigeneratosi risultano essere pressoché identiche a quelle dell'osso originario[18].

Le ricadute cliniche di tutto ciò sono prevedibilmente molto interessanti e vanno nella giusta direzione di dare al Paziente sempre più il miglior prodotto possibile in sicurezza e certezza di risultato.

□ BIBLIOGRAFIA

1. Albrektsson T., Branemark P.I., Hansson H.A., Lindstrom J.: Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. Acta Orthop Scand 1981; 52 (2): 155-170.

2. Albrektsson T., Wennerberg A.: Oral implant surfaces: Part 1 - review focusing on topographic and chemical properties of different surfaces and in vivo responses to them. Int J Prosthodont 2004; 17 (5): 536-543.

3. Albrektsson T., Zarb G.: Gli impianti osteointegrati di Branemark. Scienza e tecnica dentistica. Edizioni Internazionali, Milano, 1990.

4. Cordaro E.R., Calabrese S., Faini G.P., Zanotti B., Verlicchi A., Parodi P.C.: Method to thicken the scalp in calvarian reconstruction. J Craniofac Surg 2011; 22 (2): 598-601.

5. D.L. 6 novembre 2007, n. 191 - G.U. n. 261 del 09 novembre 2007. Attuazione della direttiva 2004/23/CE sulla definizione delle norme di qualità e di sicurezza per la donazione, l'approvvigionamento, il controllo, la lavorazione, la conservazione, lo stoccaggio e la distribuzione di tessuti e cellule umani.

6. Direttiva 2006/17/CE della Commissione dell'8 febbraio 2006 - G.U. dell'Unione Europea del 09 febbraio 2006 - che attua la direttiva 2004/23/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda determinate prescrizioni tecniche per la donazione, l'approvvigionamento e il controllo di tessuti e cellule umani.

7. Dolan E.B., Haugh M.G., Tallon D., Casey C., McNamara L.M.: Heat-shock-induced cellular responses to temperature elevations occurring during orthopaedic cutting. J R Soc Interface 2012; 9 (77): 3503-3513.

8. Grant F.C., Norcross N.C.: Repair of cranial defects by cranioplasty. Ann Surg 1939; 110 (4): 488-512.

9. Grant G.A., Jolley M., Ellenbogen R.G., Roberts T.S., Gruss J.R., Loeser J.D.: Failure of autologous bone-assisted cranioplasty following decompressive craniectomy in children and adolescents. J Neurosurg 2004; 100 (2 Suppl Pediatrics): 163-168.

10. Ko A.L., Nerva J.D., Chang J.J., Chesnut R.M.: Traumatic fracture of polymethylmethacrylate patient-specific cranioplasty implant. World Neurosurg 2013 Sep 18. pii: S1878-8750(13)01207-2. doi: 10.1016/j.wneu.2013.09.025 (Epub ahead of print).

11. Riberti C., Rampino Cordaro E., Parodi P.C., Guarneri G.F., De Biasio F.: La collaborazione tra neurochirurgo e chirurgo plastico: utilità di un approccio multidisciplinare. In: La cranioplastica su misura in idrossiapatite porosa. Riv Med 2005; 11 (3-4): 161-163.

12. Sharma S.D., Lim B., Bentley R.P.: Preservation of the temporalis muscle during cranioplasty. Br J Oral Maxillofac Surg 2012; 50 (3): e36-37.

13. Sprio S., Ruffini A., Valentini F., D'Alessandro T., Sandri M., Panseri S., Tampieri A.: Biomimesis and biomorphic transformations: new concepts applied to bone regeneration. J Biotechnol 2011; 156 (4): 347-355.

14. Szpalski C., Barr J., Wetterau M., Saadeh P.B., Warren S.M.: Cranial bone defects: current and future strategies. Neurosurg Focus 2010; 29 (6): E8.

15. Tampieri A., D'Alessandro T., Sandri M., Sprio S., Landi E., Bertinetti L., Panseri S., Pepponi G. et al.: Intrinsic magnetism and hyperthermia in bioactive Fe-doped hydroxyapatite. Acta Biomater 2012; 8 (2): 843-851.

16. Trirè A.: Osteointegrazione di impianti dentari con superfici ad elevata funzione osteogenetica. Tesi dottorato di ricerca 2007, Università degli Studi di Bologna.

17. Yamaura A., Makino H.: Neurological deficits in the presence of the sinking skin flap following decompressive craniectomy. Neurol Med Chir 1977; 17 (1 Pt 1): 43-53.

18. Yan Q.C., Tomita N., Ikada Y.: Effects of static magnetic field on bone formation of rat femurs. Med Eng Phys 1998; 20 (6): 397-402.

19. Zanotti B., Cramaro A.: Appunti di procedura chirurgica. In: La cranioplastica su misura in idrossiapatite porosa. Riv Med 2005; 11 (3-4): 153-160.

20. Zanotti B., Ius T.: Chirurgia: utile da sapersi. In: La cranioplastica su misura in idrossiapatite porosa. Riv Med 2005; 11 (3-4): 153-160.

21. Zanotti B., Verlicchi A., Parodi P.C. (editors). Cranial demolition and reconstruction - One-step surgical procedure. Top Med 2010; 16 (Sp. Issue 1-4): 1-112.

22. Zanotti B., Verlicchi A., Parodi P.C.: Cranioplastica terapeutica. Neuroscienze Anemos 2011; 4: 36-39.

23. Zanotti B., Verlicchi A., Robiony M., Parodi P.C.: Demolizioni-ricostruzioni craniche: non solo questioni di tempi. LI Congresso Nazionale SNO Proceedings. new Magazine edizioni, Trento, 2011: 554-557.

24. Zanotti B., Verlicchi A., Robiony M., Parodi P.C.: Difetti cranici post-traumatici: cranioplastica o demolizione-ricostruzione in un unico tempo o craniofilling? Abstract 61° Congresso Nazionale SINch, 2012: 469.

25. Zanotti B., Verlicchi A., Robiony M., Parodi P.C.: La cranioplastica post-craniectomia decompressiva. Riv It Neurobiologia 2010; (Supp.): 325-326.

26. Zanotti B., Verlicchi A., Robiony M., Parodi P.C.: Metastasi craniche: chirurgia one step. Abstract 59° Congresso Nazionale SINch, 2010: 25.

27. Zanotti B., Verlicchi A., Robiony M., Parodi P.C.: Restyling cranio-facciale. Abstract 58° Congresso Nazionale SINch 2009: 393-394.

28. Zanotti B., Verlicchi A., Stefini R., Robiony M., Parodi P.C.: Surgical pitfalls with custom-made porous hydroxyapatite cranial implants. Proceedings of the 52th Congress of the Italian Society of Hospital Neurologists, Neurosurgeons and Neuroradiologists (SNO). Edizioni Minerva Medica, Torino, 2012: 100-103.

Comunicazione

□ Gestione delle complicanze nelle cranioplastiche

C. IACCARINO, P. SCHIAVI, C. BRONZONI, E. ORLANDI, D. NASI, F. SERVADEI

SC di Neurochirurgia-Neurotraumatologia, Dipartimento Emergenza-Urgenza, AOU, Parma, e Neurochirugia d'Urgenza (Progetto Hub&Spoke Parma-Reggio), IRCCS "Arcispedale S.M. Nuova", Reggio nell'Emilia

□ INTRODUZIONE

Come per ogni patologia complessa, anche per la procedura di cranioplastica l'analisi della letteratura è complicata dalla disomogeneità delle casistiche e dalla etereogenità delle variabili analizzate. Il numero dei lavori aventi come oggetto le craniectomie decompressive e le cranioplastiche è aumentato in modo esponenziale negli ultimi dieci anni, ma gran parte della letteratura moderna si basa su serie di casi che enfatizzano gli aspetti tecnici del procedimento come l'uso di materiali, l'uso di tecniche per conservare il lembo osseo, i tempi chirurgici del primo intervento, risultando però sempre difficoltoso individuare ciò che può influenzare la sola procedura della cranioplastica.

Non c'è una tecnica od un materiale definito superiore, e il tasso di complicanze post-operatorie variano ampiamente[7,15,20].

In questo studio si sono analizzati i più recenti dati di letteratura, prediligendo gli studi che affrontano la relazione tra l'outcome con più variabili, potendo individuarne il ruolo prognostico in relazione alle altre.

□ DEFINIZIONE DI COMPLICANZE

Per complicanza si deve intendere un aggravamento delle condizioni di salute che rende più difficile l'esito positivo di una procedura terapeutica. Nell'accezione medico legale, affinché un evento possa essere definito complicanza deve soddisfare alcuni requisiti. La complicanza di una procedura deve verificarsi necessariamente come risultato della procedura stessa o durante l'esecuzione della stessa. In seguito a quella procedura gli eventi che rappresentano una deviazione del corso ideale e che tendono a pregiudicare l'esito, come ad esempio ritardare le dimissioni, possono essere definiti complicanza. La complicanza è quell'evento che causa una variazione di condotta nella assistenza del paziente. L'evento che complica una procedura è dannoso, in quanto causa sofferenza di per se stesso e/o espone il paziente a procedure diagnostiche e terapeutiche addizionali.

Pertanto alla luce della definizione accademica, è difficile inquadrare con precisione quali eventi possano indiscutibilmente essere complicanze della procedura di cranioplastica. Infatti, l'intervento di cranioplastica spesso è una procedura che si esegue al termine di un complesso percorso diagnostico-terapeutico che inizia con un evento acuto, quale un trauma cranico, un accidente cerebro-vascolare, o meno acuto, quale le diagnosi di una patologia neoplastica o malformativa. In particolar modo quando l'iter terapeutico inizia dopo un esordio violento, segue un altrettanto evento acuto, quale l'intervento di craniotomia decompressiva, che comporta un decorso post-operatorio eterogeneo e complesso, caratterizzato da una fa-

Corrispondenza: Dr. Corrado Iaccarino, SC di Neurochirurgia-Neurotraumatologia, Azienda Ospedaliera-Universitaria, via Gramsci 14, 43126 Parma (PR), tel. 0521-704666, e-mail: ciaccarino@ao.pr.it e iaccarino.corrado@asmn.re.it
Cranioplastica terapeutica (*a cura di Bruno Zanotti, Angela Verlicchi, Pier Camillo Parodi*): 57-64.
Proceedings SNO: Master sulle Cranioplastiche terapeutiche custom made - LII Congresso Nazionale SNO, 11 maggio 2012, Roma.
Copyright © 2013 by new Magazine edizioni s.r.l., Trento, Italia. www.newmagazine.it
ISBN: 978-88-8041-102-4

se precoce ed una fase più tardiva. Nella fase precoce post-decompressiva il paziente può essere sottoposto ad altre e numerose procedure diagnostico-terapeutiche multispecialistiche, nonché essere soggetto a diverse patologie che non siano esclusivamente craniche. Ognuna di queste procedure o patologie può essere gravata da complicanze. Nella fase tardiva vi possono essere ulteriori procedure multispecialistiche per trattare esiti e complicanze ancora in atto.
Non è raro che le complicanze manifestate dopo l'intervento di cranioplastica possano essere però relative ad eventi e procedure verificatesi prima dell'intervento di cranioplastica, magari in relazione alle condizioni in cui è avvenuto il primo evento traumatico, vascolare o di altro tipo.
Infatti, il concorrere di due diversi fattori causali che agiscono in successione, ma prima che si sia completato il decorso del primo, rende alla fine impossibile stabilire esattamente quale sia stato il danno determinato dall'uno o dall'altro. Si ricorre in questi casi ad un criterio di presunzione che, sulla base di un generico criterio statistico-epidemiologico, accertato il momento in cui si è verificato il secondo fattore causale cerca di scorporare, dal danno finale complessivo, quello che si sarebbe comunque realizzato se l'uno non vi fosse stato.
È quindi necessario ricercare dei dati di Evidence Based Medicine (EBM) che possano supportare le conclusioni che un evento complicante una cranioplastica è un evento che si sarebbe comunque realizzato anche se non fosse stato eseguito in quel paziente un intervento di rimozione ossea ed anche se quel paziente non fosse stato affetto dalla patologia che a reso necessaria quella rimozione. Bisogna quindi far riferimento a lavori di una certa numerosità di campione e pubblicati su riviste referenziate per cercare di trarre conclusioni che abbiano una validità scientifica e non vengano dettate da particolarismi commerciali, temporanee mode terapeutiche.
In un'analisi retrospettiva di 62 casi, sottoposti a cranioplastica a seguito di una craniotomia decompressiva, nel 66% post-traumatica e nel 24% dopo uno stroke, nel corso di un periodo di 7 anni, Gooch et al.[8] classifica come eventi avversi quelli verificatisi entro 30 giorni post-operatori, mentre le complicanze tardive erano gli eventi insoddisfacenti direttamente connessi alla cranioplastica quando verificatisi dopo 30 giorni post-operatori. Tale distinzione non è sempre univoca negli altri studi. I pazienti sono stati classificati come senza complicazione, con complicanze generiche, e con complicazione che hanno richiesto un reintervento. Viene riportata una incidenza di complicanze generiche del 33,8%, mentre il 25,8% dei 62 pazienti ha richiesto un reintervento. Tuttavia tra le complicanze generiche viene riportato una incidenza del 3,2% di trombosi venosa profonda, oppure 1,6% di instabilità emodinamica intra-operatoria, oppure 1,6% di idrocefalo insorto entro 30 giorni dalla procedura chirurgica; questi ultimi dati forse non soddisfano quei criteri di diretto nesso di causalità con la cranioplastica ad ulteriore testimonianza della variabilità dei dati di letteratura.

□ INFEZIONI

È sicuramente difficile individuare esattamente quali elementi riconducibili alla procedura della cranioplastica siano univocamente responsabili della complicanza infettiva e separarli da quegli elementi predisponenti la sepsi presenti nel paziente in seguito ad eventi precedenti. Ad esempio un politrauma, magari avvenuto in seguito ad incidente della strada con espulsione del paziente dall'abitacolo, con successivo ricovero prolungato presso ambiente intensivistico comporta una serie di esposizioni a rischio infettivo già in atto al momento dell'intervento di cranioplastica.
Tuttavia alcuni dati di letteratura riconducono ad elementi più costantemente predittivi di complicanze settiche in seguito a cranioplastica. Vi è un generale accordo sulla maggiore incidenza di complicanze infettive in seguito ad una cranioplastica bifrontale rispetto ad una cranioplastica monolaterale[4,8,12]. Questa osservazione può essere relativa alla necessità di eseguire una incisione più lunga, una minor disponibilità del muscolo temporale per la copertura, un tempo operatorio più lungo in alcuni casi, la possibile violazione del seno frontale.
Gooch et al.[8] nella loro casistica di cranioplastica, quasi esclusivamente di osso autologo (92%), riportano che solo il 16% dei pazienti con lembo unilaterale è stato sottoposto ad un reintervento per complicanze, rispetto al 67% dei pazienti con lembo bifrontale. Per questi il reintervento nel 50% dei casi à stato causato da complicanze infettive.
Marchac et al.[12] hanno eseguito un'analisi retrospettiva di 98 cranioplastiche con polimetilmetacrilato (PolyMethylMethAcrylate: PMMA) per diverse patologie quali post-traumatiche/post-deformità neurochirurgiche (21,4%), la correzione (63,3% secondaria e 33,7% primaria) di craniostenosi, plagiocefalia deformante (2%), la resezione tumorale (4,1%), o altre

cause quali sclerodermia, microftalmia (8,2%). In base all'esperienza ventennale riportata, gli Autori concludono che il tasso di infezione diventa inaccettabile quando la cranioplastica in PMMA viene utilizzata in qualsiasi situazione dove può venire a contatto con la mucosa dei seni nasali o con materiale contaminato. Infatti, il 41% dei pazienti che presentavano un contatto tra PMMA e seno ha avuto una complicanza infettiva e nell'80% dei pazienti con complicanza settica veniva riscontrato un contatto tra PMMA e seno. Wong et al.[21] riportano invece una revisione retrospettiva, nel corso di un periodo di 7 anni, di pazienti pediatrici, sottoposti a cranioplastica frontale, con cemento di idrossiapatite, secondaria a una precedente procedura chirurgica cranio-facciale elettiva. Su 17 pazienti con ricostruzione cranio-facciale frontale, 10 pazienti hanno presentato una complicanza settica, tuttavia solo in 3 pazienti al reintervento è stata osservata una comunicazione con il seno frontale. Comunque, l'elevata incidenza di sepsi ha determinato, per questi Autori, la controindicazione all'utilizzo del cemento in idrossiapatite nelle ricostruzioni frontali, anche quando il seno è stato cranializzato, obliterato oppure quando è congenitamente assente.
A conferma dell'elevato rischio di complicanze Archavlis et al.[2], nel definire i criteri di arruolamento per uno studio retrospettivo che valutasse l'impatto sull'outcome del timing chirurgico delle cranioplastiche, hanno escluso i pazienti sottoposti a cranioplastica bifrontale.
De Bonis et al.[7] in un'analitica revisione di 218 cranioplastiche, di diversi materiali, eseguite dopo interventi di decompressione ossea post-traumatica, post-tumorale, post-stroke, conclude che le craniotomie bifrontali hanno un rischio raddoppiato di complicanze in generale ed un aumento di 2,5 volte di sviluppare infezioni.

□ MATERIALI

L'osso autologo rimane il materiale di prima scelta per una canioplastica, soprattutto per motivi di biocompatibilità e per dover ineluttabilmente riposizionare nel paziente ciò che dal paziente era stato precedentemente asportato. Tuttavia è gravato dalla complicanza del riassorbimento a distanza, che in letteratura è riportata con un incidenza variabile (Tabella 1). Quando vi sia un rimaneggiamento della prima cranioplastica in osso autologo, quando vi sia una indisponibilità del lembo autologo per complicanze settiche, per comminutazione post-traumatica o per difficoltà di stoccaggio può essere presa in considerazione la cranioplastica eterologa.

Incidenza di riassorbimento di cranioplastiche autologhe

Autore, anno	*Incidenza di riassorbimento*
Moreira-Gonzalez, 2003[14]	32%
Grant, 2004[9]	50% (Pediatria)
Gooch, 2009[8]	6,5%
De Bonis, 2012[7]	4,6%

Tabella 1. Incidenza di riassorbimento di cranioplastiche autologhe.

Il rapporto tra infezioni e il materiale della cranioplastica è stato generalmente ipotizzato in stretta relazione, a tal punto da condizionare la scelta del tipo di lembo eterologo.
Nella review di Yadla et al.[20], su 18 studi con un quarto livello di evidenza ed uno studio di terzo livello, vengono riportati i dati provenienti da 2.254 procedure. Le conclusioni sono estremamente categoriche sulla assenza di relazione tra incidenza di infezione e tipo di materiale adoperato per la cranioplastica, confrontando protesi in resina acrilica, PMMA, titanio, idrossiapatite, ceramica ed osso autologo.
Analoga osservazione viene riportata da Chang et al.[5] su di un'analisi retrospettiva di 212 pazienti sottoposti a craniectomia decompressiva per diverse cause traumatiche, cerebro.vascolari e neoplastiche con successiva cranioplastica, anche se la casistica è sbilanciata con un 82% di casi in osso autologo.
Interessante è l'esperienza riportata in ambito militare da Stephens et al.[18] che analizza 108 pazienti sottoposti a craniotomia decompressiva per trauma cranico penetrante o chiuso durante operazioni di guerra. Il tasso di infezioni peri-operatorie è del 12%, riportato leggermente maggiore ai dati di letteratura in relazione al tipo di trauma, tuttavia non si è osservata nessuna differenza di incidenza infettiva generale tra l'82% di pazienti sottoposti a cranioplastica in PMMA e il 18% in titanio.
Anche le conclusioni di De Bonis et al.[7] sono interessanti, alla luce della notevole eterogeneità della casistica per tipo di protesi. Confrontando i pazienti con cranioplastica autologa (135 casi), cranioplastica eseguita manualmente intra-operatoriamente in PMMA (31 casi), cranioplastica "custom made" in PMMA (15 casi), in idrossiapatite porosa (20 casi) ed in PolyEtherEtherKetone: PEEK (17 casi), i dati orien-

tano nel non attribuire un particolare rischio di complicanza per ogni singolo materiale.
Ben diverso è il ruolo che il materiale della cranioplastica debba avere per rendere efficace la procedura. Le caratteristiche che si richiedono ad una cranioplastica sono di svolgere una funzione protettiva e di assicurare un soddisfacente risultato estetico.
Il risultato estetico è garantito con elevati standard qualitativi utilizzando le cranioplastiche custom made, soprattutto in seguito ed estese craniectomie, come le decompressioni post-traumatiche, e poche controversie, se non squisitamente tecniche, sono associate a tale osservazione. Se tra le complicanze quindi va annoverato il non raggiungimento di un risultato cosmetico, le protesi "hand-made" o le mesh in titanio presentano un rischio maggiore rispetto alle "custom made".
Inoltre, vi è una particolare caratteristica che non trova univocità di intenti nelle qualità di una cranioplastica: l'osteointegrazione.
L'idrossiapatite porosa è un materiale oggetto di discussione a causa delle sue intrinseche caratteristiche. L'ultrastruttura di micro- e macropore conferisce un biomimetismo tale da consentire una osteointegrazione dei margini, come dimostrato in letteratura sia su uomo che su animale[6,11,13,22], ma è anche responsabile di una sua iniziale fragilità per cui, come da scheda tecnica, viene ritenuta soggetta a frattura entro i primi tre mesi dal posizionamento. Gli altri materiali eterologhi, quali il PMMA, il PEEK, il Medpore ed il titanio presentano una incidenza nettamente inferiore di rottura della protesi, e soprattutto non è presente nella scheda tecnica un tale avvertimento. Tuttavia proprio il biomimetismo, responsabile della iniziale fragilità, è anche causa di fenomeni riparativi che, al meglio dell'attuale conoscenza, non sono riportati in letteratura per nessun'altra protesi. Staffa et al.[17] riportano la riparazione spontanea, radiologicamente confermata, di 3 protesi in idrossiapatite in una revisione di casistica multicentrica di 51 pazienti con follow up a due anni.
Pertanto se si ritiene necessaria la presenza di osteointegrazione tra le caratteristiche fondamentali di una cranioplastica eterologa, l'idrossiapatite è il materiale attualmente con maggiori riferimenti di letteratura. La sua eventuale rottura è una complicanza che deve quindi essere illustrata come un fenomeno correlato al risultato che si vuole ottenere. Altrimenti, non volendo perseguire il biomimetismo, gli altri materiali eterologhi non sono associati a particolari complicanze, oltre a quelli previsti per i corpi estranei impiantabili.

□ TIMING CHIRURGICO

Oggetto di controversie è individuare quando riposizionare l'opercolo osseo dopo una craniectomia decompressiva. Sicuramente il tempo intercorso tra l'intervento di rimozione ossea e la procedura di cranioplastica ha un ruolo sull'outcome principalmente in seguito a decompressioni post-traumatiche o post-ictali rispetto agli interventi di ricostruzione plastica post-tumorali o post-malformativi. Non è oggetto di discussione l'effetto positivo sul ripristino della dinamica liquorale, della compliance cerebrale e sull'effetto protettivo che riveste la cranioplastica in seguito a craniectomia decompressiva, con il ripristino del gradiente tra pressione atmosferica e pressione intracranica[1,7,10]. Tuttavia, come riportato dagli eterogenei dati di letteratura, non sempre il riposizionamento del lembo osseo autologo o eterologo è accompagnato da risultati positivi e miglioramento dell'outcome. Il timing chirurgico della cranioplastica è una delle variabili incidenti sul successo terapeutico.
In uno studio di coorte retrospettivo di 200 pazienti nell'arco di circa 10 anni Archavlis et al.[2] hanno analizzato l'outcome dei pazienti sottoposti a cranioplastica autologa eseguita a meno di 7 settimane, a 7-12 settimane, e oltre le 13 settimane dall'intervento di craniectomia decompressiva unilaterale con un diametro maggiore di 10 cm. All'interno dei tre gruppi le cause di decompressione erano equamente distribuite tra traumatiche, emorragiche-ischemiche. Di particolare interesse metodologico è la registrazione che gli Autori hanno eseguito delle comorbilità presenti al momento della craniectomia decompressiva, quali il diabete mellito, la colonizzazione con batteri multiresistenti, le malattie cardiovascolari, la presenza di tromboembolismo ed altre comorbilità. Il tempo di posizionamento della cranioplastica non è stato randomizzato, ma era dipendente dalla scelta terapeutica di due chirurghi del Centro.
I pazienti nei quali è stata eseguita la cranioplastica oltre la tredicesima settimana presentavano nel 77% dei casi un'erniazione cerebrale oltre i margini craniotomici e nel 13% dei casi erano stati decompressi per cause infettive primarie. Nessuno dei restanti pazienti presentava un'infezione quale causa della craniectomia decompressiva e solo il 16% evidenziava alla TC un quadro di erniazione cerebrale.
Il tasso di complicanze generali è stato del 15%, di queste il 5% erano le complicanze post-operatorie, mentre le infezioni locali del sito chirurgico raggiungevano il 10% dei casi. Nessuna di queste compli-

Rilievi della maggiori e più eterogenee casistiche riportate recentemente in letteratura

Autore, Anno	*Casi*	*Complicanze*	*Correlazione con aumento delle complicanze*		
			Materiale	*Timing*	*Lembo*
Gooch, *2008*[8]	62	33,8%	-	NO	Bifrontale
Chang, *2010*[5]	212	16%	NO	> 3 mesi	-
Stephens, *2010*[18]	108	24%	NO	NO	-
Beauchamp, *2010*[3]	69	39,1%	Eterologo	NO	-
Yadla, *2011*[20]	2254	-	NO	NO	-
Thavarajah, *2011*[19]	82	-	-	< 6 mesi	-
De Bonis, *2012*[7]	218	19,7%	NO	NO	Bifrontale
Archavlis, *2012*[2]	200	15%	-	> 7 settimane < 7 settimane + comorbilità	-
Schuss, *2012*[16]	280	16,4%	-	≤ 2 mesi	-

Tabella 2. Rilievi della maggiori e più eterogenee casistiche riportate recentemente in letteratura.

canze ha presentato una relazione statisticamente significativa con il timing chirurgico. Tuttavia gli Autori fanno notare che ad una analisi bivariata nel gruppo delle cranioplastiche precoci entro le 7 settimane il gruppo di pazienti con comorbilità quali diabete, tromboembolismo e colonizzazione batterica multiresistente era indipendentemente correlato con un incremento del rischio infettivo post-operatorio.

Più incisivo il ruolo del timing sull'outcome: una cranioplastica eseguita entro le 7 settimane ha portato ad un miglioramento del GOS del 78%, mentre a 7-12 settimane il GOS è migliorato del 46%, invece le cranioplastiche oltre le 12 settimane hanno un tasso di miglioramento del GOS solo del 12%. Anche Chang et al.[5] hanno osservato, nella loro casistica di 212 pazienti, una ridotta probabilità di complicanze quando la cranioplastica è stata posizionata entro tre mesi dalla decompressione ossea. Non così favorevoli verso un precoce posizionamento della cranioplastica sono i risultati di uno studio riportato da Schuss et al.[16] su 280 pazienti, dei quali il 19% era stato sottoposto a cranioplastica entro 2 mesi dalla craniectomia decompressiva ed il resto dei pazienti (81%) con cranioplastica oltre i 2 mesi. Il gruppo di cranioplastica più precoce ha riportato il 25,9% di complicanze rispetto al 14,2% del gruppo più tardivo. Ad una analisi multivariata la significatività statistica ha evidenziato quali elementi prognostici sfavorevoli per complicanze: una precoce cranioplastica, la presenza di una derivazione ventricolo-peritoneale e una craniectomia decompressiva dovuta a emorragia intracerebrale.

La relazione tra infezione e timing chirurgico porta ad una conclusione analoga anche Thavarajah et al.[19] che preferiscono posizionare la cranioplastica dopo un intervallo di 6 mesi dall'intervento di craniectomia decompressiva, avendo analizzato in modo retrospettivo la casistica di 82 pazienti nell'arco di 10 anni. La quasi totalità (88,8%) dei pazienti nei quali l'intervallo era inferiore ai 6 mesi presentava una complicanza infettiva.

Beauchamp et al.[3] in uno studio retrospettivo su 70 pazienti sottoposti a craniectomia decompressiva post-traumatica e successiva cranioplastica (nell'83% dei casi autologa nel restante dei casi eterologa) hanno invece concluso che il tempo intercorso tra i due interventi non influisce assolutamente sull'outcome, con attenzione soprattutto sul tasso di complicanze infettive e nel posizionamento di derivazioni ventricolo-peritoneali. Il tempo medio tra i due interventi era di 87 giorni. Anche in questa serie come in quella di Archavlis[2] la presenza di complicanze settiche ha allungato l'intervallo tra le due procedure, sebbene senza rivestire un dato statisticamente significativo.

L'estesa review di Yadla et al.[20] assume un peso scientifico diverso rispetto alle casistiche singole, per la qualità di evidenza dei lavori e per l'elevato numero di casi analizzati. La dicotomizzazione tra cranioplastica precoce (entro i tre mesi) e tardiva (oltre tre mesi) non ha portato ad alcuna differenza nell'incidenza delle complicanze infettive nei lavori revisionati.

L'analisi di singole casistiche, per quanto numerose e statisticamente ben organizzate, porta sempre a con-

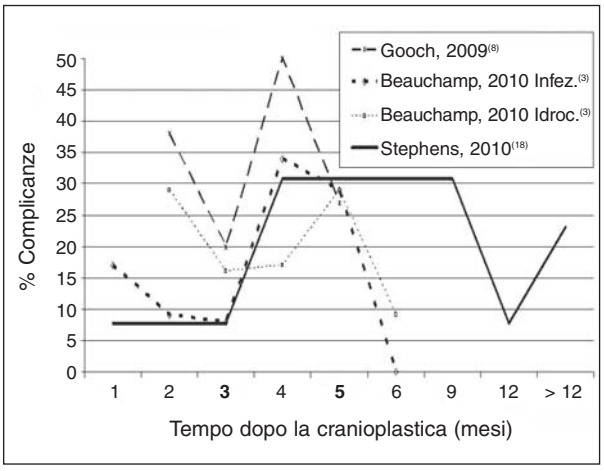


Figura 1. Distribuzione temporale delle complicanze post-cranioplastica in tre serie riportate in letteratura in relazione all'intervallo di tempo intercorso tra craniectomia e cranioplastica. Si possono evidenziare delle analogie nella percentuale di complicanze che in modo simile aumenta tra il terzo ed il quinto mese. Con una certa variabilità viene comunemente riportata un'incidenza inferiore al 20% prima del terzo mese e inferiore al 15% dopo il sesto mese, eccetto una serie dove viene riportato una decremento rapido a partire dal nono mese.

clusioni non univoche che necessitano di ulteriori confronti (Tabella 2).

Ad esempio, vi sono due osservazioni da fare ad una più attenta analisi dei risultati riportati da Beauchamp et al.[3]. Anche se ritengono ininfluente il tempo di posizionamento della cranioplastica sull'outcome, riferiscono che la pratica del Centro neurochirurgico è quella di posizionare la cranioplastica appena possibile, quando cioè sono risolte le condizioni di erniazione cerebrale e di infezione. Viene poi riferita una assenza di un preciso pattern di distribuzione temporale delle complicanze tra le due procedure. Sembra invece che la distribuzione delle complicanze, in particolare modo riferite ad idrocefalo ed infezioni abbia un andamento fasico, con un picco iniziale elevato nei primi 2 mesi. Nella primissima fase si assiste ad un'incidenza delle infezioni che scende da poco più del 15% al 10% e che si riduce ulteriormente al terzo mese, come l'idrocefalo che scende dal 30% al 15%. Poi si assiste ad una risalita tra il quarto e quinto mese di infezioni che raggiungono quasi il 20%, mentre l'idrocefalo dopo un picco di quasi il 25% si riduce a meno del 20%. Dal sesto mese in poi le infezioni non vengono più riportate ed il tasso di idrocefalo si riduce al 5%.

Stessa osservazione si può dire per quanto riferito da Gooch et al.[8], dove, sebbene viene registrata l'assenza di rapporto tra complicanze ed intervallo tra craniectomia e cranioplastica, i dati riportano una incidenza decrescente di complicanze nei primi tre mesi dal 38% al 20%. Poi si osserva un picco più alto tra il terzo ed il quarto mese del 50%, per poi di nuovo ridursi notevolmente oltre il quarto mese al 27%.

Anche i risultati della casistica riportata da Stephens et al.[18] delle 108 cranioplastiche eseguite in pazienti militari dopo operazioni di guerra se analizzati più attentamente rivelano spunti di discussione. Viene descritta un'assenza di significatività statistica tra il tempo intercorso tra evento traumatico e cranioplastica, tuttavia ancora si assiste ad un andamento interessante con un'incidenza del 7,7% di complicanze entro 3 mesi, che raggiunge 30,8% tra il terzo ed il nono mese, e poi ridiscendere al 7,7% tra il nono ed il dodicesimo, con un nuovo leggero rialzo oltre i dodici mesi. Riportando su di uno stesso grafico (Figura 1) l'andamento delle complicanze di queste tre serie si può intravedere un possibile trend nel quale entro i primi tre mesi le complicanze sembrano addirittura avere un trend in diminuzione. Successivamente si potrebbe individuare un periodo tra il terzo ed il quinto mese dove vi è un nuovo picco e successivo decremento del tasso di complicanze. Dopo 6 mesi vi è una riduzione notevole ed una stabilità nel tasso di complicanze. Tale osservazione è sicuramente meritevole di un'analisi più attenta della letteratura sotto questa chiave di lettura e può indurre a studi prospettici e revisione di casistiche in questa ottica.

□ CONCLUSIONI

Nella ricerca di un diretto nesso di causalità tra cranioplastica e complicanze bisogna scorporare tutti quegli eventi potenzialmente correlabili anche all'intervento pregresso di craniectomia ed agli eventi che hanno condotto il paziente alla prima procedura e che si sono verificati dopo.

Le complicanze infettive devono essere vagliate attentamente, escludendo rapporti con stati settici preesistenti alle procedure chirurgiche, che ne aumentano il rischio. Una certa univocità di dati riporta la cranioplastica bifrontale come ad alto rischio di infezioni post-operatorie in relazione alla contaminazione con i seni. Questo rischio è univocamente presente sia per le cranioplastiche autologhe che eterologhe, senza differenza di materiale.

Tra le complicanze legate al materiale, sicuramente il lembo osseo autologo presenta la possibilità di rias-

sorbimento, con una incidenza molto variabile, ma tale caratteristica è intrinseca alla natura autologa, che è il principale motivo di scelta. Tra le cranioplastiche eterologhe nessuna differenza di complicanze infettive tra i vari materiali e l'osso autologo. Una protesi in idrossiapatite ha lo svantaggio di potersi fratturare nei primi tre mesi, ma ciò è legato alla ultrastruttura porotica che è il motivo principale di scelta per chi ricerca l'osteointegrazione tra gli obiettivi di una cranioplastica.

Il timing chirurgico, soprattutto per le cranioplastiche estese post-decompressione, è molto dibattuto. C'è una tendenza a posizionare la cranioplastica entro i primi tre mesi, ma in assenza di dati certi. La condizione per un posizionamento precoce è avere buone condizioni generali in assenza di erniazione cerebrale o stati settici. Attualmente dati certi sul ruolo del timing chirurgico sull'outcome non ve ne sono.

È possibile ipotizzare un andamento bifasico della distribuzione temporale delle complicante nell'intervallo di tempo intercorso tra craniectomia decompressive e cranioplastica. Il periodo dove vi è una maggiore probabilità di complicanze sembrerebbe compreso tra il terzo ed il quinto mese, ma sono necessarie più osservazioni.

□ BIBLIOGRAFIA

1. Agner C., Dujovny M., Gaviria M.: Neurocognitive assessment before and after cranioplasty. Acta Neurochir 2002; 144 (10): 1033-1040
2. Archavlis E., Carvi Y.N.M.: The impact of timing of cranioplasty in patients with large cranial defects after decompressive hemicraniectomy. Acta Neurochir 2012; 154 (6): 1055-1062.
3. Beauchamp K.M., Kashuk J., Moore E.E., Bolles G., Rabb C., Seinfeld J., Szentirmai O., Sauaia A.: Cranioplasty after postinjury decompressive craniectomy: is timing of the essence? J Trauma 2010; 69 (2): 270-274.
4. Blum K.S., Schneider S.J., Rosenthal A.D.: Methyl methacrylate cranioplasty in children: long-term results. Pediatr Neurosurg 1997; 26 (1): 33-35.
5. Chang V., Hartzfeld P., Langlois M., Mahmood A., Seyfried D.: Outcomes of cranial repair after craniectomy. J Neurosurg 2010; 112 (5): 1120-1124.
6. Chen T.M., Tsai J.C., Burnouf T.: Cranioplasty using osteoconductive scaffold and platelet glue. J Trauma 2008; 65 (6): 1321-1327.
7. De Bonis P., Frassanito P., Mangiola A., Nucci C.G., Anile C., Pompucci A.: Cranial repair: how complicated is filling a "hole"? J Neurotrauma 2012; 29 (6): 1071-1076.
8. Gooch M.R., Gin G.E., Kenning T.J., German J.W.: Complications of cranioplasty following decompressive craniectomy: analysis of 62 cases. Neurosurg Focus 2009; 26 (6): E9.
9. Grant G.A., Jolley M., Ellenbogen R.G., Roberts T.S., Gruss J.R., Loeser J.D.: Failure of autologous bone-assisted cranioplasty following decompressive craniectomy in children and adolescents. J Neurosurg 2004; 100 (2 Suppl. Pediatrics): 163-168.
10. Hutchinson P.J., Corteen E., Czosnyka M., Mendelow A.D., Menon D.K., Mitchell P., Murray G., Pickard J.D. et al.: Decompressive craniectomy in traumatic brain injury: the randomized multicenter RESCUEicp study (www.RESCUEicp.com). Acta Neurochir 2006; 96 (Suppl.): 17-20.
11. Itokawa H., Hiraide T., Moriya M., Fujimoto M., Nagashima G., Suzuki R., Fujimoto T.: A 12 month in vivo study on the response of bone to a hydroxyapatite-polymethylmethacrylate cranioplasty composite. Biomaterials 2007; 28 (33): 4922-4927.
12. Marchac D., Greensmith A.: Long-term experience with methylmethacrylate cranioplasty in craniofacial surgery. J Plast Reconstr Aesthet Surg 2008; 61 (7): 744-752.
13. Messina G., Dones I., Nataloni A., Franzini A.: Histologically demonstrated skull bone integration in a hydroxyapatite prosthesis in a human. Acta Neurochir 2011; 153 (8): 1717-1718.
14. Moreira-Gonzalez A., Jackson I.T., Miyawaki T., Barakat K., DiNick V.: Clinical outcome in cranioplasty: critical review in long-term follow-up. J Craniofac Surg 2003; 14 (2): 144-153.
15. Shaffrey M.E., Persing J.A., Shaffrey C.I., Delashaw J.B., Jane J.A.: Craniofacial reconstruction. In: M.L.J. Apuzzo (editor): Brain surgery: complication and avoidance management. Churchill Livingstone, New York (USA), 1993: 1373-1398.
16. Schuss P., Vatter H., Marquardt G., Imohl L., Ulrich C.T., Seifert V., Guresir E.: Cranioplasty after decompressive craniectomy: the effect of timing on postoperative complications. J Neurotrauma 2012: 29 (6): 1090-1095.
17. Staffa G., Barbanera A., Faiola A., Fricia M., Limoni P., Mottaran R., Zanotti B., Stefini R.: Custom made bioceramic implants in complex and large cranial reconstruction: a two-year follow-up. J Craniomaxillofac Surg 2012; 40 (3): e65-e70.
18. Stephens F.L., Mossop C.M., Bell R.S., Tigno T., Jr., Rosner M.K., Kumar A., Moores L.E., Armonda R.A.: Cranioplasty complications following wartime decompressive craniectomy. Neurosurg Focus 2010; 28 (5): E3.
19. Thavarajah D., De Lacy P., Hussien A., Sugar A.: The minimum time for cranioplasty insertion from craniectomy is six months to reduce risk of infection - a case series of 82 patients. Br J Neurosurg. 2012; 26 (1): 78-80.
20. Yadla S., Campbell P.G., Chitale R., Maltenfort M.G., Jabbour P., Sharan A.D.: Effect of early surgery, material,

and method of flap preservation on cranioplasty infections: a systematic review. Neurosurgery 2011; 68 (4): 1124-1129.

21. Wong R.K., Gandolfi B.M., St-Hilaire H., Wise M.W., Moses M.: Complications of hydroxyapatite bone cement in secondary pediatric craniofacial reconstruction. J Craniofac Surg 2011; 22 (1): 247-251.

22. Zanotti B., Verlicchi A., Parodi P.C. (editors). Cranial demolition and reconstruction - One-step surgical procedure. Top Med 2010; 16 (Sp. Issue 1-4): 1-112.

Comunicazione

L'osteointegrazione nella cranioplastica

R. STEFINI, U. ZANETTI*

UO di Neurochirurgia, Spedali Civili, Brescia
** SSVD Chirurgia dei Mascellari, Spedali Civili, Brescia*

INTRODUZIONE

L'intervento di cranioplastica ha lo scopo di ristabilire l'integrità di un difetto osseo cranico (lacuna ossea) conseguente, solitamente, ad un intervento di craniotomia decompressiva. Esso è considerato come un atto chirurgico conclusivo che ha inizio con la rimozione dell'opercolo osseo. Negli ultimi dieci anni vi è stato un aumento del numero degli interventi di cranioplastica, principalmente per un'aumentata indicazione all'esecuzione di craniectomie decompressive[6]. Si calcola che in questo periodo sono eseguiti 20-25 interventi di cranioplastica per milione di abitanti all'anno (area EMEA: Europe, Middle East, e Africa)[7].
L'osso autologo è ancora considerato il materiale di prima scelta per la cranioplastica[3,4], sebbene non sia sempre disponibile. Inoltre, il suo utilizzo è gravato da normative sempre più restrittive e costose di stoccaggio e si associa a un'alta incidenza di riassorbimento. Di conseguenza, l'uso di materiali sintetici o eterologhi è richiesto in un crescente numero di casi. Tali materiali devono rispondere a caratteristiche di biocompatibilità, sterilizzabilità, facilità nella progettazione, utilizzabilità con la stereolitografia e compatibilità con la diagnostica per immagini. Inoltre, per la funzione di protezione cerebrale devono essere resistenti agli urti e adeguatamente pesanti.
Sia durante un intervento di cranioplastica con osso autologo o eterologo, che nella fase di chiusura di un intervento craniotomico, dovrebbero essere previsti dei passaggi tecnici finalizzati a facilitare l'osteointegrazione. Con questo termine di derivazione otoiatrica, usato per la prima volta da Albrektsson nel 1981[1], si intende la "diretta connessione funzionale e strutturale tra l'osso vitale e la superficie di un impianto sottoposto a carico".
Favorire l'osteointegrazione significa conoscere la biologia ossea con i diversi fattori che influenzano la guarigione dell'osso fratturato.
Il processo di osteointegrazione è ben conosciuto e ricercato nell'ambito ortopedico, maxillo-facciale, neurochirurgico spinale, mentre nell'ambito della neurochirurgia cranica non riscuote altrettanto interesse.

OSTEOINTEGRAZIONE CON OSSO AUTOLOGO

L'osso fratturato è geneticamente programmato per guarire senza l'interposizione di un tessuto connettivale cicatriziale. Questa è una prerogativa del solo tessuto osseo, dovuta probabilmente ai compiti di sostegno e protezione dell'osso stesso. Tali funzioni sarebbero impedite, o per lo meno messe a rischio, nel caso di una guarigione dell'osso fratturato con una cicatrice interposta.
Possiamo facilmente equiparare il processo di guarigione di una frattura ossea con il processo di guarigione di una craniolacunia alla quale è stato posizionato l'opercolo osseo. Tale processo avviene sia du-

Corrispondenza: Dr. Roberto Stefini, UO di Neurochirurgia, Spedali Civili, piazzale Spedali Civili 1, 25123 Brescia (BS), tel. 030-3995799, fax 030-3995008, e-mail: roberto.stefini@gmail.com
Cranioplastica terapeutica (*a cura di Bruno Zanotti, Angela Verlicchi, Pier Camillo Parodi*): 65-68.
Proceedings SNO: Master sulle Cranioplastiche terapeutiche custom made - LII Congresso Nazionale SNO, 11 maggio 2012, Roma.
Copyright © 2013 by new Magazine edizioni s.r.l., Trento, Italia. www.newmagazine.it *ISBN: 978-88-8041-102-4*

rante un intervento di cranioplastica, sia ogni qualvolta si esegua una craniotomia e alla fine dell'intervento chirurgico, dopo chiusura della dura madre, si appone l'opercolo osseo.
Affinché avvenga la guarigione con ripristino dell'integrità del cranio sono necessari requisiti biologici e meccanici.
I *requisiti biologici* dipendono dalla presenza di cellule ossee capaci di supportare il processo di guarigione e da un apporto adeguato di sangue, che in regione cranio-facciale non risulta essere un problema in considerazione dell'ampia rete vascolare arteriosa e venosa di supporto a tale distretto.
I *requisiti meccanici* obbediscono al grado di rigidità e stabilità del sistema "opercolo osseo-cranio" e sono completamente ad appannaggio del tipo di materiale e della tecnica chirurgica di apposizione.
La *rigidità* è intesa come la capacità dell'impianto a resistere a forze che possono deformare l'impianto stesso mentre la stabilità è l'assenza di micro- o macromovimenti dell'opercolo osso nei confronti del cranio.
La *stabilità* del sistema può anche essere influenzata dall'entità della pressione intracranica, così come da forze o pressioni esterne dovute a traumi cranici o a decubiti forzati del capo che possono direttamente esercitarsi sull'opercolo osseo.
In base alle condizioni meccaniche di stabilità e rigidità, la guarigione dell'osso fratturato può avvenire in modo diretto o indiretto.
Quando vi sono condizioni di assoluta e adeguata stabilità, pur in presenza o meno di un "gap" fra opercolo osseo e cranio, si assiste alla *guarigione* definita: *"diretta"*. Affinché possa avvenire, i margini fra volet osseo e cranio devono combaciare, aderire e, se fosse possibile, messi in compressione. In questo modo la guarigione può essere considerata diretta senza la formazione di un callo osseo. Gli osteoclasti si comportano come la testa di un drill, creando dei canali nell'interfaccia cranio-volet osseo colonizzati dagli osteoblasti. Questi ultimi formano dei ponti ossei chiamati osteoni.
La condizione più frequente di guarigione fra la craniolacunia e l'opercolo osseo è però quella di un sistema stabile, grazie al fissaggio delle placche, ma con un "gap" nell'interfaccia cranio-opercolo osseo. In questo caso gli osteoblasti depositando tessuto osteoide nell'area di "gap" promuovono la formazione di un osso lamellare orientato in modo trasverso. Questo processo è favorito dal posizionamento nell'area di "gap" di materiale osteoconduttivo, quale la polvere d'osso e promosso dalla presenza dello stesso sangue, mentre è ostacolato dall'inserimento di materiale emostatico che facilità la formazione di tessuto fibroso.
La *guarigione "indiretta"* avviene qualora non avvenga un'adeguata rigidità e stabilità fra cranio ed opercolo osseo. Per tale motivo l'organismo mette in atto dei meccanismi che portano, da un punto di vista biomeccanico, alla progressiva riduzione di movimento fra osso ed impianto (teoria di Perren). I passaggi biologici partono dalla formazione di un ematoma nei tessuti molli che circoscrive il gap osso-craniolacunia, seguito dalla sostituzione con tessuto di granulazione ed il riassorbimento dei margini dell'osso grazie all'azione degli osteoclasti. Il tessuto di granulazione si trasforma in tessuto connettivale, le cui cellule hanno la più alta capacità di resistenza citoplasmatica in ambiente in movimento. Il tessuto connettivale si rimodella in fibrocartilagineo, che calcifica e, grazie agli osteoblasti, forma tessuto osteoide, i cui canali di Havers hanno la direzione delle lamelle ossee. In questo modo si ottiene l'osteofibrointegrazione.

□ OSTEOINTEGRAZIONE CON SOSTITUTI OSSEI ORGANICI

Come già evidenziato l'osteointegrazione viene intesa come una diretta connessione fra un osso funzionalmente e strutturalmente vitale con i margini dell'opercolo osseo. Può sembrare difficile che l'osteointegrazione possa avvenire con un materiale che non sia tessuto osseo.
I fattori necessari per ottenere un'adeguata osteointegrazione con un sostituto osseo inorganico riguardano:
1. biocompatibilità,
2. forma del sostituto osseo,
3. caratteristiche del sostituto osseo,
4. condizione del sito ricevente,
5. tecnica chirurgica.

❐ BIOCOMPATIBILITÀ

La biocompatibilità indica l'attitudine di un materiale a essere ben tollerato dall'organismo ospite in cui deve operare. La biocompatibilità, inoltre, deve conservarsi per l'intera durata della realizzazione per la quale il biomateriale è destinato. Un biomateriale altamente biocompatibile provoca una modesta risposta biologica dell'organismo stesso in cui si trova ad operare, senza l'attivazione di processi di degradazione.

❒ Forma dell'impianto

Perché avvenga l'osteointegrazione, il sostituto d'osso deve avere un disegno che segue ed aderisce ai margini della craniolacunia. Per questo motivo è necessario utilizzare biomateriali "custom made" con tecnica ricostruttiva stereolitografica guidata dalla tomografia assiale computerizzata che assicura il contatto su tutti i bordi fra craniolacunia e impianto.

❒ Caratteristiche dell'impianto

Il sostituto osseo deve possedere un biomimetismo di tipo geometrico e chimico.
Il *biomimetismo geometrico* presuppone che il materiale sia dotato di micro- e macroporosità con pori d'interconnessione. La macroporosità stimola la colonizzazione delle cellule osteoblastiche mentre la microporosità promuove la rapida colonizzazione del sangue la cui diffusione è permessa dai pori d'interconnessione[5].
Il *biomimetismo chimico* consiste nel rendere il sostituto osseo il più simile in termini di composizione all'osso stesso. L'osso umano è composto nel 70% da matrice inorganica quale l'idrossiapatite, per un 22% da matrice organica (cellule e collagene) e per un 8% da acqua, con un rapporto calcio fosfato di 1,71.
Il sostituto d'osso che più si avvicina ad un biomimetismo geometrico e chimico è l'idrossiapatite porosa.

❒ Condizione del sito ricevente (craniolacunia)

I margini della craniolacunia devono essere vitali e affinché questo avvenga è necessario che durante l'utilizzo del craniotomo si bagni abbondantemente l'osso e la lama. Se l'osso è esposto all'aria per più di 30 minuti o è sottoposto a temperature superiori a 47 °C[2,8] perde in modo significativo la vitalità. Determinati antibiotici come gli aminoglicosidi dovrebbero essere evitati perché sono lesivi per le cellule e diminuiscono le capacità osteogenetiche dell'osso.

❒ Tecnica chirurgica

Quando si esegue l'intervento di cranioplastica, prima di applicare il sostituto osseo, è necessario rimuovere il tessuto fibroso lungo il perimetro del difetto osseo e dissecare il piano durale dai margini dell'osso per facilitare l'alloggiamento dell'impianto. I margini dell'osso devono essere drillati per favorire un lieve sanguinamento. È necessario evitare l'utilizzo di frese diamantate e non eseguire un'eccessiva fresatura, che potrebbe allargare il perimetro del difetto osseo.
Come già in precedenza segnalato, l'impianto deve avere caratteristiche di rigidità, intesa come abilità a resistere a forze che possono deformare, e stabilità, condizione di assenza di micro- o macromovimenti dell'opercolo osso nei confronti del cranio. La stabilità è assicurata dalla perfetta coincidenza dei margini ossei con l'impianto e dal fissaggio adeguato con placche e viti o con fili di sutura non riassorbibili, posizionati in punti strategici della geometria dell'opercolo osseo.

□ CONCLUSIONE

La ricerca dell'osteointegrazione nell'utilizzo dell'osso autologo durante un intervento di cranioplastica è un obiettivo auspicabile e di facile conseguimento. Permette di migliorare il risultato estetico e ridurre complicanze quali inestetismi dolorosi ed infezioni.
La ricerca dell'osteointegrazione con sostituti ossei inorganici, nell'intervento di cranioplastica, potrebbe essere considerata inutile, essendo opinione comune che l'impianto protesico debba rispondere ai soli requisiti di chiusura della craniolacunia, protezione del cervello e ripristino di un aspetto estetico adeguato. Viceversa, la scelta di un sostituto d'osso, in funzione anche della possibilità che avvenga l'osteointegrazione, può offrire gli stessi vantaggi dell'utilizzo di osso autologo, unita alla garanzia di impossibilità del riassorbimento. Il biomateriale viene considerato dall'organismo ricevente come "proprio".
Un nuovo modo di concepire la medicina passando da una medicina di tipo ricostruttiva ad una medicina di tipo rigenerativa.

□ BIBLIOGRAFIA

1. Albrektsson T., Branemark P.I., Hansson H.A., Lindstrom J.: Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. Acta Orthop Scand 1981; 52 (2): 155-170.
2. Eriksson A.R., Albrektsson T.: Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. J Prosthet Dent 1983; 50 (1): 101-107.
3. Iaccarino C., Ramponi V., Ghadirpour R, Carinci F, Ser-

vadei F.: Porous hydroxyapatite custom made cranioplasty: the 3D design techniques prostheses in 21 patients. J Osteology Biomaterials 2011; 2 (1): 43-53.

4. Kline R.M. Jr., Wolfe S.A.: Complications associated with the harvesting of cranial bone grafts. Plast Reconstr Surg 1995; 95 (1): 5-13.
5. Nataloni A., Pressato D.: Perché l'idrossiapatite porosa bioceramica? In: La cranioplastica su misura in idrossiapatite porosa. Rivista Medica 2005; 11 (3-4): 135-138.
6. Servadei F.: Clinical value of decompressive craniectomy. N Engl J Med 2011; 364 (16): 1558-1559.
7. Zanotti B., Verlicchi A., Parodi P.C. (editors): Cranial demolition and reconstruction - One-step surgical procedure. Top Med 2010; 16 (Sp. Issue 1-4): 1-112.
8. Zanotti B., Verlicchi A., Stefini R., Robiony M., Parodi P.C.: Surgical pitfalls with custom-made porous hydroxyapatite cranial implants. Proceedings SNO. Edizioni Minerva Medica, Torino, 2012: 100-103.

Comunicazione

□ L'uso di osteoinduttori in neurochirurgia ricostruttiva

G.F. MADDALENA, F. ROMEO, G. POLITO*, B. SCARANO*, L. FIORENTINO**

UO di Neurochirurgia, Ospedale "Antonino Di Summa - Antonio Perrino", Brindisi
** UO di Medicina Nucleare e Centro PET-TC, Ospedale "Antonino Di Summa - Antonio Perrino", Brindisi*
*** UO di Anatomia Patologica, Ospedale "Antonino Di Summa - Antonio Perrino", Brindisi*

□ INTRODUZIONE

Alla moderna neurochirurgia si chiede sempre di più un impegno ricostruttivo nelle craniolacunie secondarie ad esiti di gravi traumatismi cranio-encefalici o ad estese demolizioni chirurgiche per varie patologie, siano esse neoplastiche, vascolari o ischemiche.
Lo scopo è quello di consentire un trattamento riparativo dell'area cranica interessata con una valenza di resistenza, protezione e, aspetto sicuramente non trascurabile, una *restitutio ad integrum* di valore estetico con implicazioni psicologiche importanti per la vita di relazione. Lo sviluppo di questa branca chirurgica è storicamente ed intimamente legato all'indicazione della procedura della craniotomia decompressiva in traumatologia ed è, quindi, espressione delle migliorate condizioni socio-economiche delle moderne popolazioni. La storia della medicina, in realtà, riporta numerosi tentativi di intervento riparativo della teca cranica dall'antichità ai nostri giorni, con materiali tra i più vari, dalla madreperla delle conchiglie a lamine d'oro, dalla noce di cocco a laminati di piombo, da osso proprio (autologo) a quello di altre specie animali (eterologo)[(a)]. Dai primi decenni del secolo scorso, la chirurgia si è servita di leghe e metalli quali il vitallio (cobalto, cromo e molibdeno), il ticonio (cobalto, cromo, nickel e molibdeno), il tantalio e il titanio, fino agli anni immediatamente successivi al secondo conflitto mondiale. Da quell'epoca, infatti, un polimero di sintesi, il metacrilato, cominciò ad essere diffusamente impiegato per le sue qualità di resistenza, biocompatibilità e radiotrasparenza.
Dopo decenni di riparazione delle craniolacunie tramite il confezionamento di protesi con metilmetacrilato (PolyMethylMethAcrylate: PMMA), realizzate "a mano" in sala operatoria, un nuovo prodotto, l'idrossiapatite (HydroxyApatite: HA) (fosfato tricalcico), caratterizzantesi per una struttura cristallina molto vicina a quella minerale dell'osso animale, è stato immesso in commercio e sempre più usato. Soprat-

[(a)] A Berengario da Carpi (1466-1530) si deve il trattato *Perutilis et completus de fracturae calvae sive craniei* pubblicato postumo nel 1535, nel quale l'Autore descrive le fratture della volta e le sue personali esperienze sul trattamento di una ferita d'arma da fuoco occipitale del duca d'Urbino (Flamm E.S.: *From signs to symptoms* (cap. 5). In: S.H. Greenblatt (editor): *A history of neurosurgery in its scientific and professional contexts*. American Association of Neurological Surgeons, Illinois (USA) 1997, p. 80). Viene attribuito, nel XVI secolo, a Gabriele Falloppio (1523-1562) il primo documentato intervento ricostruttivo con una placca d'oro su frattura impressa procurata da un fendente di spada. Job Hanszoon von Meekeren (1611-1666) ad Amsterdam, un secolo dopo, utilizzava una porzione di cranio di un cane per la correzione di una craniolacunia di un nobile russo. Sebbene riuscito, l'intervento procurò non pochi guai al paziente che, suo malgrado, si vide intimare la rimozione della protesi da parte della chiesa cristiana, pena scomunica per la commistione "animalesca" della sua nuova testa (Cage E., Langevin C., Papay F.: *Biomaterials in craniofacial surgery* (cap. 11). In: M.Z. Siemionow, M. Eisenmann-Klein (editors): *Plastic and reconstructive surgery*. Spinger, London, 2010, p. 126).

Corrispondenza: Dr. Giuseppe F. Maddalena, UO di Neurochirurgia, Ospedale "Di Summa - Perrino", Strada Statale 7 per Mesagne, Brindisi (BR), tel. 0831-537676, fax 0831-537376, e-mail: giusmaddalena@libero.it
Cranioplastica terapeutica (*a cura di Bruno Zanotti, Angela Verlicchi, Pier Camillo Parodi*): 69-72.
Proceedings SNO: Master sulle Cranioplastiche terapeutiche custom made - LII Congresso Nazionale SNO, 11 maggio 2012, Roma.
Copyright © 2013 by new Magazine edizioni s.r.l., Trento, Italia. www.newmagazine.it *ISBN: 978-88-8041-102-4*

tutto impulso notevole l'ha avuto quando si sono realizzate protesi custom made (su misura) in HA, anche se registrano una bassa resistenza primaria alle sollecitazioni meccaniche, rispetto al PMMA. Il suo largo uso è stato, per altro, favorito dagli svantaggi degli innesti autologhi (necessità di conservazione dell'osso e sua sterilità, secondo intervento di riposizionamento) e di quelli eterologhi (reattività biologica, scarso isolamento termico, peso eccessivo, difficile plasmabilità, reazione esotermica nella fase di preparazione, ecc.) e dalle sue caratteristiche di porosità strutturale che ben si prestano ad offrire un'impalcatura (scaffold) naturale per la migrazione degli elementi cellulari fondamentali della matrice ossea. Si assiste, in tal modo, nel tempo alla colonizzazione della protesi da parte di matrice neoformata[b] che, nella nostra esperienza, può essere influenzata da induttori autologhi.

□ CASISTICA

Presso la Unità Operativa di Neurochirurgia di Brindisi, dal 2004 ad oggi, sono stati impiantati 20 protesi custom made in idrossiapatite porosa della Fin-Ceramica di Faenza, dopo esperienze di ricostruzione con PMMA, carbonato di idrossiapatite in pasta (Norian), queste ultime necessariamente supportate da mesh in titanio e riposizionamenti ossei dopo intascamento in addome dell'opercolo cranico. Nella nostra esperienza, fino ad ora, non sono stati segnalati, con le protesi in idrossiapatite custom made, casi di complicanze settiche e siamo confortati dal fatto che il sistema è ormai di scelta nelle maggiori casistiche internazionali.
La ricerca e la dimostrazione della osteoinduzione e osteointegrazione della protesi, qualità e caratteristiche richieste alla HA, anche in relazione alla possibilità di correzione della bassa resistenza meccanica del materiale, ci hanno sollecitato a verificare l'integrazione della stessa e la sua entità. Nel corso degli ultimi due anni, inoltre, alcuni pazienti sono stati trattati con induttori quali colla di fibrina, il gel piastrinico e cellule staminali di derivazione adiposa. La tecnica chirurgica non è stata sostanzialmente modificata, servendosi, comunque, di piccoli fori nello spessore dell'osso naturale e riempiendo, alla fine, con siringa questi e la porosità della protesi con colla di fibrina, gel piastrinico e/o cellule staminali. Per l'estrazione di questa frazione dal grasso addominale e la realizzazione di gel piastrinico ci si è avvalsi di un sistema di centrifuga (My Stem) molto simile a quelli in uso per la chirurgia plastica (Lipofilling). La centrifuga, infatti, consente di estrarre da 2 siringhe da 10 ml di sangue del paziente circa 10 ml di gel piastrinico e da 10 ml di grasso circa 3 ml di porzione grassa ricca in cellule staminali. Dei 5 pazienti trattati con osteoinduttori, 4 hanno ricevuto "gel" in associazione con "cellule staminali", 1 solo "cellule staminali". Allo scopo di dimostrare la reale efficacia di tali trattamenti e la concreta "colonizzazione" della HA, in accordo e su suggerimento dei colleghi della Medicina Nucleare, si sono effettuati controlli scintigrafici con il ^{99}Tecnezio Medronato II in tecnica trifasica (fase di perfusione ed iperconcentrazione del radiofarmaco nella fase tardiva), radioisotopo selettivo per le aree ossee metabolicamente attive e per i centri di crescita[c] (Figura 1).

[b] Il tessuto osseo si costituisce di una componente inorganica (idrossiapatite e osteocalcio fosfato) pari al 60% del peso secco e di una organica, pari al 40% del peso secco. Quest'ultima è costituita da collagene, proteoglicani, proteine della matrice (osteocalcina, osteonectina, osteopontina, citochine e fattori di crescita), che caratterizzano la modulazione della parte inorganica, la mobilizzazione ed il turnover degli osteoblasti, osteociti ed osteoclasti, la sensibilità del tessuto osseo agli stimoli ormonali (paratormone, calcitonina) e minerali (equilibrio Ca/P). Gli osteoblasti provengono dalla differenziazione delle cellule osteoprogenitrici dello strato interno periosteo o dai nidi perivasali sanguigni dell'osso. Sono le cellule fondamentali del tessuto osseo, deputate alla formazione della componente minerale e alla produzione della matrice intercellulare, attraverso il fattore di crescita trasformante (TGF-B) e le proteine osteonectina e osteocalcina. Sensibilizzano l'attivazione degli osteoclasti, direttamente o indirettamente, attraverso la collagenasi osteoblastica. Gli osteociti sono tipici elementi dell'osso maturo e rappresentano la condizione di quiescenza degli osteoblasti. Partecipano al rimodellamento osseo in risposta a stimoli esterni, prevalentemente di tipo ormonale. Gli osteoclasti originano come preosteoclasti dal tessuto emopoietico e sono molto vicini ai monociti. Richiamati nel sito osseo si fondono insieme, costituendo elementi sinciziali capaci di dissolvere la componente organica ossea attraverso la liberazione di elementi lisosomiali e l'abbassamento distrettuale del pH.

[c] Si tratta di un radioisotopo con difosfonato che, come tutti i fosfonati, subisce un chemioadsorbimento per mezzo di legami chimici nei siti di fissazione e dislocazione sulla superficie dei cristalli di HA. Le grandi estensioni di HA nelle zone di crescita ossea o metabolicamente più attive permettono un maggior adsorbimento e, quindi, una maggiore concentrazione del radiofarmaco. Verosimilmente il ^{99}Tecnezio Medronato si lega anche alla matrice ossea o ad elementi enzimatici o proteici della stessa, ma la natura e l'entità di tali rapporti non è, allo stato attuale, ancora ben conosciuta. La fissazione dei difosfonati all'osso è, inoltre, influenzata dal turnover metabolico, dal flusso ematico locale (la captazione aumenta, anche se in modo non proporzionale, 30-40% nelle aree con flusso incrementato di 3-4 volte) e dal tono simpatico che regola il flusso capillare distrettuale.

A titolo di confronto, al fine di avere un parametro di riferimento, è stata eseguita una scintigrafia con ^{99}Tecnezio Medronato ad un paziente portatore di impianto in custom made in PMMA parieto-occipitale a sinistra.
La scintigrafia in questo caso ha evidenziato una protesi completamente priva di captazione con accumulo di radiofarmaco extraprotesico e stria di rarefazione ossea esterna al bordo della stessa (Figura 2).

☐ CONCLUSIONI

Riferendoci alla nostra esperienza, seppur preliminare (e con dati non inseriti in un protocollo operativo basato su qualità e tipologia di induttore e tempi di osservazione), siamo indotti a sollecitare uno studio multicentrico per la valutazione dell'osteointegrazione delle cranioplastiche in HA porosa[(d)].
Se la presenza di matrice nella struttura della HA appare provata dall'accumulo scintigrafico del radiofarmaco impiegato, conferme, nella casistica personale, vengono anche da dati istologici ottenuti dalla rimozione parziale di una protesi in HA impiantata 8 anni prima e sacrificata per l'accesso chirurgico ad un mucocele recidivo pur in assenza di osteoinduttori. I preparati con ematossilina-eosina, CD 68 e S 100, dopo decalcificazione dei frammenti di HA, evidenziano la presenza di elementi globulari a grosso nucleo centrale (osteoblasti/osteociti), cellule polinucleate a connotazione sinciziale (osteoclasti) e matrice fibroconnettivale con isolotti di materiale mineralizzato.
Il caso riportato attesta l'osteointegrazione della HA anche in assenza di osteoinduttori, confermando quanto già riportato in letteratura.
Il favorire però un'accelerazione all'osteointegrazione mediante osteoinduttori può risultare estremamente utile al fine di far fronte, il più velocemente possibile, alla fragilità iniziale delle protesi in idrossiapatite portandole, in breve tempo, a resistenze meccaniche paragonabili a quelle dell'osso cranico che le circonda.

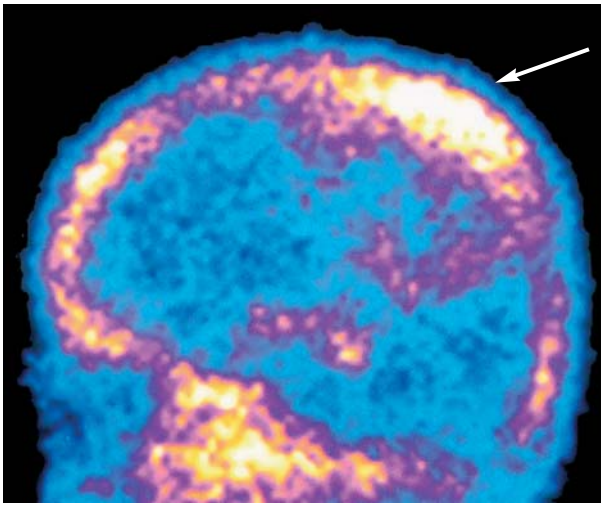


Figura 1. Uomo di 26 anni con craniolacunia fronto-temporo-parietale sinistra post-decompressiva per vasta emorragia parenchimale (7 mesi prima) e a cui in fase di chiusura, dopo apposizione della cranioplastica, è stato applicato gel piastrinico e cellule staminali, con distribuzione oltre che sui margini anche sulle superfici ventrale e dorsale della HA. Il controllo scintigrafico ad un anno e mezzo documenta una ottima distribuzione del ^{99}Tecnezio Medronato nel contesto della protesi (*freccia*), espressione di una significativa ed estesa presenza di matrice ossea.

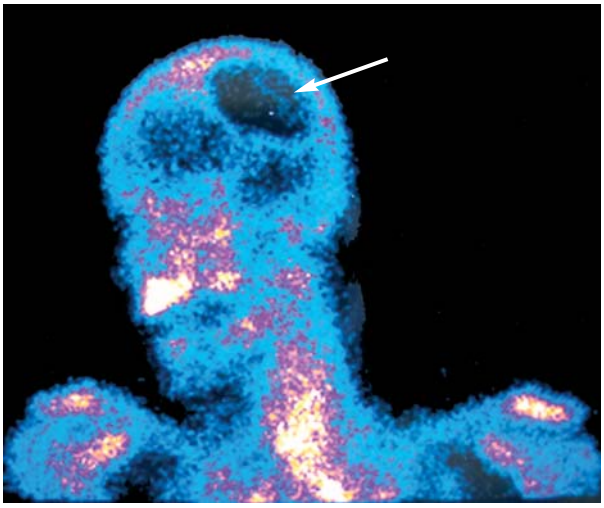


Figura 2. Assenza di captazione alla scintigrafia con ^{99}Tecnezio Medronato (*freccia*) in un paziente portatore di impianto custom made in PMMA parieto-occipitale a sinistra.

[(d)] Dal dicembre 2011 è in corso uno studio multicentrico italiano della durata di 24 mesi sull'argomento "osteointegrazione protesica", di cui fanno parte le Unità Operative Neurochirurgiche di Padova, Parma, Roma, Milano, Bologna, Brindisi, Catania. Nello specifico, viene previsto lo studio nel tempo con indagini SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) e TC Spirale.

☐ BIBLIOGRAFIA

1. Maddalena G.F., Martellotta N., Stroscio C.: Cranioplastica di ampia lacuna ossea con carbonato di apatite. In: V. Dallolio, L. Monolo (a cura di): La cranioplastica. new Magazine edizioni, Trento, 2001: 103-105.

2. Maddalena G.F., Romeo F., Polito G., Scarano B., Fiorentino L.: Osteoinduttori in neurochirurgia ricostruttiva. Sala Operatoria 2012; 39 (5): 41-46.
3. Messina G., Dones I., Nataloni A., Franzini A.: Histologically demonstrated skull bone integration in a hydroxyapatite prosthesis in a human. Acta Neurochir 2011; 153 (8): 1717-1718.
4. Staffa G., Barbanera A., Faiola A., Fricia M., Limoni P., Mottaran R., Zanotti B., Stefini R.: Custom made bioceramic implants in complex and large cranial reconstruction: a two-year follow-up. J Craniomaxillofac Surg 2012; 40 (3): e65-70.
5. Verlicchi A., Zanotti B.: Dalla noce di cocco all'idrossiapatite: storia della cranioplastica. In: La cranioplastica su misura in idrossiapatite porosa. Riv Med 2005; 11 (3-4): 123-132.
6. Zanotti B., Verlicchi A., Parodi P.C. (editors): Cranial demolition and reconstruction - One-step surgical procedure. Top Med 2010; 16 (Sp. Issue 1-4): 1-112.

Comunicazione

□ Non solo cranioplastica: gli annessi

S. CALABRESE*, G.F. GUARNERI*, B. ZANOTTI*✧, L. LAZZARO*, G. SEMPRINI*, P.C. PARODI*

** Clinica di Chirurgia Plastica e Ricostruttiva, Università degli Sudi, Udine*
✧ Neurochirurgo, Azienda Ospedaliero-Universitaria "S. Maria della Misericordia", Udine

□ INTRODUZIONE ANATOMICA

La ricostruzione del cuoio capelluto e della fronte rappresenta un capitolo di interesse sempre attuale nel mondo della Chirurgia Plastica Ricostruttiva.
Prima di qualunque discussione sui principi ricostruttivi della regione del cuoio capelluto e della fronte, è necessario un richiamo all'anatomia del distretto.
L'anatomia del cuoio capelluto può essere ricondotta all'acronimo "SCALP": dove la S rappresenta la cute (Skin), la C il tessuto sottocutaneo (subCutaneous tissue), la A la galea aponeurotica (galea Aponeurosis), la L il tessuto connettivo lasso areolare (Loose connective tissue) e la P il periostio (Periosteum), anche detto pericranio.
Una menzione particolare va alla regione temporo-parietale, in cui l'anatomia di questi strati varia in modo significativo. Al di sopra della linea temporale, che rappresenta il margine superiore del muscolo temporale, si può applicare l'acronimo "SCALP". Nella zona sovrastante il muscolo temporale, le componenti dello scalpo subiscono delle modifiche. I primi due foglietti rimangono invariati: cute e tessuto sottocutaneo. Al di sotto di quest'ultimo si trova la fascia temporale superficiale, la fascia temporale profonda, il muscolo temporale ed il periostio.
La galea, quindi, è integra al di sopra dell'arco zigomatico. Procedendo inferiormente, si divide in più foglietti a delimitare la loggia temporale. In tale loggia sono contenuti il muscolo temporale, i vasi e i nervi temporali profondi e tessuto adiposo di riempimento. Al di sotto dell'arco zigomatico, la fascia temporale superficiale si fonde con il Sistema Muscolo-Aponeurotico Superficiale (SMAS), mentre la fascia temporale profonda si divide in due foglietti a circondare i muscoli auricolari. All'interno della fascia temporo-parietale decorrono i rami dell'arteria temporale superficiale ed il ramo temporale del nervo facciale. Uno strato di tessuto connettivo lasso separa la fascia temporo-parietale dalla fascia densa del muscolo temporale. Al di sotto del muscolo temporale vi è il periostio della fossa temporale.
Per quanto riguarda la vascolarizzazione, lo scalpo è caratterizzato da un plesso vascolare ricco e abbondante. La vascolarizzazione arteriosa deriva principalmente dall'arteria carotide esterna ed in parte dalla carotide interna. La carotide esterna fornisce la maggior parte dell'apporto vascolare allo scalpo, attraverso l'arteria temporale superficiale, l'auricolare posteriore e le arterie occipitali. Il sistema della carotide interna rifornisce lo scalpo anteriormente attraverso le sue arterie terminali sovraorbitaria e sovratrocleare, che decorrono attraverso la fronte dopo l'uscita dall'orbita. La vascolarizzazione dello scalpo può essere, quindi, divisa in quattro territori vascolari: anteriore (arterie sovraorbitaria e sovratrocleare), laterale (arteria temporale superficiale), posteriore (arterie occipitali) e postero-laterale (arteria auricolare posteriore). I vasi decorrono nel tessuto sottocutaneo. Ciò consente di sollevare in sicurezza grandi

Corrispondenza: Dr.ssa Sarah Calabrese, Clinica di Chirurgia Plastica e Ricostruttiva, Università degli Studi di Udine c/o Ospedale Civile "S. Michele", piazza Rodolone, 33013 Gemona del Friuli (UD), tel 0432-989384-9218, fax 0432-989217, e-mail: sarah.calabrese@hotmail.it
Cranioplastica terapeutica (*a cura di Bruno Zanotti, Angela Verlicchi, Pier Camillo Parodi*): 73-84.
Proceedings SNO: Master sulle Cranioplastiche terapeutiche custom made - LII Congresso Nazionale SNO, 11 maggio 2012, Roma.
Copyright © 2013 by new Magazine edizioni s.r.l., Trento, Italia. www.newmagazine.it
ISBN: 978-88-8041-102-4

lembi regionali, mediante una dissezione a livello del piano subgaleale. Il ricco network vascolare dello scalpo può, inoltre, supportare larghi lembi locali random con configurazioni variabili.
Il drenaggio venoso segue le sopra citate arterie. È, inoltre, costituito da un sistema di drenaggio interno, attraverso le vene emissarie della diploe del cranio verso i seni durali. Queste vene emissarie sono senza valvole e rappresentano una potenziale via di diffusione intracranica di un'infezione dello scalpo.
Il drenaggio linfatico risiede a livello del tessuto subdermico e sottocutaneo. La rete linfatica dello scalpo è particolarmente estesa e manca di linfonodi, in tal modo il flusso non è ostacolato. I linfatici dello scalpo drenano nelle regioni parotidee, auricolare posteriore ed anteriore, occipitale e cervicale superiore seguendo lo stesso pattern del network venoso.
L'innervazione sensitiva dello scalpo e della fronte è fornita dalle ramificazioni del nervo trigeminale, dei nervi spinali cervicali e da rami provenienti dal plesso cervicale. Il nervo sovratrocleare fornisce l'innervazione sensitiva per la regione centrale della fronte dopo il passaggio attraverso il muscolo corrugatore. Le regioni laterali e posteriore dello scalpo sono innervate da ramificazioni dei nervi sensitivi temporale (nervo zigomatico-temporale), auricolare (nervo auricolo-temporale) e occipitale (nervi occipitale maggiore e minore). Il nervo zigomatico-temporale, ramo della divisione mascellare del nervo trigeminale, fornisce l'innervazione per la piccola regione che risiede lateralmente al sopracciglio fino alla cresta temporale superficiale. La regione laterale dello scalpo e la regione pre-auricolare sono innervate dal nervo auricolo-temporale, ramo della divisione mandibolare del nervo trigeminale. La regione occipitale dello scalpo è innervata dal nervo occipitale maggiore, che origina dai rami dorsali dei nervi spinali cervicali, e dal nervo occipitale minore, che origina dal plesso cervicale.
L'innervazione motoria è costituita dal ramo temporale del nervo facciale. Il nervo entra nella regione temporale all'interno della fascia sopra l'arco zigomatico. Decorre all'interno del foglietto galeale (fascia temporo-parietale) fino ad innervare il muscolo frontale e il muscolo corrugatore sulla loro superficie profonda.
È essenziale che il chirurgo ricostruttivo diventi familiare con l'anatomia dello scalpo e della cute frontale nella regione della tempia, prima di eseguire trasferimenti di lembi locali o altre procedure chirurgiche in questa regione anatomica.

□ PLANNING

In tema di ricostruzione dei tessuti molli, bisogna innanzitutto ricordare il concetto di "Unità Estetiche" inizialmente introdotto da Gonzales-Ulloa. L'intera fronte dalla linea del capillizio alle sopracciglia è considerata una singola unità estetica. In seguito, la fronte è stata suddivisa in diverse subunità: la regione paramediana, laterale e laterale temporale, con le sopracciglia a formare una subunità estetica separata. Il cuoio capelluto è esso stesso un'unità estetica, senza ulteriori divisioni in subunità. Il cuoio capelluto è più che altro diviso in regioni anatomiche: la regione parietale, temporale, occipitale ed il vertice.
Principi guida nell'affrontare la ricostruzione di scalpo e fronte sono sovrapponibili in parte a quelli di base nella ricostruzione dei tessuti molli in generale:
- Quando possibile, il tessuto escisso dovrebbe essere sostituito con i tessuti locali, secondo i criteri del principio di "like with like", ovvero cercare di sostituire o ripristinare un tessuto con uno che abbia le caratteristiche più simili possibili dal punto di vista di colore, trama e spessore. A livello del cuoio capelluto tale concetto è applicabile solo ad una ricostruzione con lembi locali o di reimpianto.
- La ricostruzione non deve interferire con il trattamento della patologia principale del paziente. In caso di chemio- e radioterapia, la scelta ricostruttiva deve consentire una rapida guarigione per non ritardare l'inizio delle terapie adiuvanti.
- L'opzione terapeutica più semplice possibile non è necessariamente la scelta migliore. L'attuabilità da sola di una determinata tecnica chirurgica, non rappresenta necessariamente un'indicazione a tale intervento.

Gli obiettivi ricostruttivi di fronte ad una perdita di sostanza del cuoio capelluto sono rappresentati da un lato dalla necessità di una copertura stabile del cranio e dall'altro dal raggiungimento del miglior risultato estetico possibile.
I difetti dello scalpo possono avere diverse eziologie e caratteristiche. Un'analisi accurata del tipo di difetto che ci si trova a dover ricostruire è necessaria per poter intraprendere una qualsiasi scelta ricostruttiva.
Possiamo distinguere i difetti dello scalpo in congeniti e acquisiti, in base alla modalità d'insorgenza, e in difetti a tutto spessore e a spessore parziale, in base alla profondità del difetto stesso.
Tra i *difetti congeniti dello scalpo* annoveriamo: l'Aplasia Cutis Congenita (ACC), i nevi congeniti, i tumori congeniti e le malformazioni vascolari.

Tra questi si ritiene necessario un piccolo approfondimento per l'aplasia cutis congenita, rara malattia dei tessuti molli, segnalata per la prima volta nel 1776. Ne sono stati descritti in letteratura 500 casi. È una patologia ad eziologia sconosciuta, della quale sono state ipotizzate varie cause, tra cui: malformazioni del tubo neurale, traumi fetali, briglie amniotiche, difetti cromosomici, effetti collaterali di farmaci e infezioni virali nel periodo gravidico.
L'ACC si presenta come un'escara o una cicatrice atrofica sullo scalpo del neonato, ed è possibile che siano presenti in concomitanza anche malformazioni associate della teca cranica e della dura. Lo scalpo ne rappresenta la sede più comune, nel 65% dei casi, con un possibile interessamento anche di tronco e arti in rarissimi casi.
Per difetti di piccole dimensioni viene consigliato in letteratura solo un trattamento conservativo. Difetti maggiori, con interessamento della teca cranica e della dura madre, sono a rischio per infezioni, meningiti, emorragie e trombosi del seno sagittale. Vi è un rischio quoad vitam nel primo mese di vita. Per questi casi è necessario un approccio multidisciplinare per una ricostruzione complessa durale, mediante cranioplastica e con lembi.
I *difetti acquisiti dello scalpo* possono essere distinti in base alla loro eziologia in: alopecia cicatriziale, traumi e ustioni, avulsioni, infezioni, danni da radioterapia e neoplasie.
La scala ricostruttiva per affrontare un difetto dei tessuti molli prevede di partire dalla tecnica ricostruttiva più semplice possibile, come la chiusura per prima intenzione, per arrivare via via fino a ricostruzioni altamente specialistiche, attraverso l'utilizzo di innesti cutanei, lembi locali, lembi regionali fino alle ricostruzioni complesse con lembi liberi.
Tecniche "ancillari" (anche se ormai tale definizione non è più corretta, perché suddette tecniche sono diventate parte integrante dell'iter ricostruttivo di un Chirurgo Plastico) sono l'espansione cutanea, l'utilizzo del derma rigenerativo, il trapianto di capelli e il lipofilling.
La chiusura per prima intenzione si definisce come l'affrontamento diretto dei margini di una ferita mediante sutura. Tale tecnica, tuttavia, può non essere la più semplice possibile a livello del cuoio capelluto, dove la presenza della galea rende i tessuti altamente inestensibili.
Per ottenere una buona ricostruzione dello scalpo, è utile la conoscenza delle caratteristiche visco-elastiche intrinseche della cute, in particolare la "stress relaxation" e la "creep". Si definisce "stress relaxation" la diminuzione delle forze necessarie a mantenere in tensione un quantitativo specifico di cute nel tempo. "Creep" è il guadagno di cute in termini di area di superficie ottenibile applicando un carico costante.
Le basi di queste caratteristiche risiedono nel fatto che, quando è applicata una forza al lembo di cute, lo spessore del tessuto si riduce per la fuoriuscita di liquidi e mucopolisaccaridi, per il ri-allineamento dei fasci di collagene dermico, per la micro-frammentazione delle fibre elastiche tissutali e per lo stretching meccanico della cute.
Il grado di manifestazione di questi fenomeni dipende dalle caratteristiche intrinseche tissutali, dalla quantità di forza applicata, e dal tempo in cui viene impiegata suddetta forza.
L'utilizzo intra-operatorio di queste conoscenze può consentire una chiusura per prima intenzione senza tensione di un difetto inizialmente candidato ad una ricostruzione complessa.
Si definisce guarigione per seconda intenzione la cicatrizzazione dei tessuti per guarigione spontanea, mediante la formazione di tessuto di granulazione, contrazione della ferita e ri-epitelizzazione. Può essere indicata a livello dello scalpo per chirurgia micrografica di Mohs, difetti di piccole dimensioni (≤ 3 cm) e per aree donatrici. L'utilizzo di questa tecnica è controindicato a livello della regione delle sopracciglia, per asimmetrie di posizione che esiterebbero dalla contrazione cicatriziale, e nei soggetti con la pelle scura, che frequentemente sviluppano cicatrici iper- o ipo-pigmentate.
Gli svantaggi della guarigione secondaria sono rappresentati dall'esito cicatriziale (un'area alopecica), dall'allungamento dei tempi di guarigione, dalla moderata contrazione della cicatrice (effetto dell'inelasticità galeale) e dalla creazione di una cicatrice instabile o sottile, più sensibile ai traumi.
Seppur raramente utilizzata, la guarigione per seconda intenzione ha un suo ruolo all'interno della ricostruzione di cuoio capelluto e fronte. In particolare, questa tecnica può essere utilizzata per la chiusura di piccole aree donatrici. Ottimi risultati, in termini di esito cicatriziale e di tempi di guarigione, sono quelli ottenuti, ad esempio, dalla guarigione secondaria dell'area donatrice a livello frontale, vicino alla linea del capillizio, in corso di ricostruzione del naso con lembo indiano.
L'*innesto cutaneo* è il trapianto di uno strato cutaneo, più o meno spesso, privo di vascolarizzazione propria e trasferito interrompendo completamente le connes-

Innesti cutanei	
Vantaggi	***Svantaggi***
Guarigione in tempi rapidi	Difficoltà nel match di colore
Facilità/velocità di esecuzione	Alterazione del profilo cranico
Ottimo controllo di malattia al follow up	Sottili e traslucidi
	Dolorosi e suscettibili ai traumi
	Scarsa tolleranza a radioterapia
	Mancanza di capelli

Tabella 1. Vantaggi e svantaggi degli innesti cutanei.

sioni con la sede di prelievo. La zona da cui viene prelevato l'innesto prende il nome di area donatrice; mentre quella dove è trasferito viene detta area ricevente.

Il principale vantaggio della copertura di un difetto con un innesto di cute è che rappresenta la procedura più semplice per l'ottenimento di una chiusura affidabile della ferita.

In rapporto allo spessore distinguiamo innesti cutanei parziali e a tutto spessore (o di Wolfe-Krause). Gli innesti cutanei parziali possono essere suddivisi in sottili (Ollier-Thiersch), medi (Blair-Brown) e spessi (Padgett).

Innesti cutanei a spessore parziale forniscono una ricostruzione affidabile e semplice, ma sub-ottimale dal punto di vista estetico. Gli innesti a spessore totale garantiscono un risultato estetico superiore, rispetto ai precedenti, ma possono avere una guarigione più "capricciosa". Per la maggior parte dei pazienti, un innesto è di qualità nettamente inferiore rispetto ad una ricostruzione con lembi locali. Anche se un periostio indenne può supportare gli innesti di cute, questa opzione ha notevoli svantaggi. Un'ovvia mancanza è che gli innesti non hanno follicoli piliferi. Inoltre, gli innesti sono considerevolmente più sottili della cute normale dello scalpo e sono associati a deformità del profilo cranico. Oltre ad avere un'estetica sfavorevole, gli innesti sono dolorosi e suscettibili ai traumi. Possono essere talmente fragili da impedire al paziente di indossare cappelli per il dolore o per danni provocati in sede d'innesto.

Nella maggior parte dei casi, gli innesti presentano scarsa tolleranza ad un successivo trattamento radioterapico. Se la radioterapia post-operatoria è già anticipata, dovrebbero essere prese in considerazione soluzioni ricostruttive alternative, quali un lembo fascio-cutaneo o miocutaneo.

Le indicazioni sono rappresentate da: utilizzo come soluzione temporanea, pazienti in condizioni generali scadenti, chiusura di difetti secondari del cuoio capelluto in corso di ricostruzione con lembi locali, e in pazienti ad alto tasso di recidiva per garantire un buon controllo al successivo follow up. Pazienti calvi possono essere buoni candidati per questa tecnica, laddove pazienti con difetti centrali del cuoio capelluto andrebbero incontro a risultati esteticamente non accettabili.

Gli svantaggi derivanti da un innesto di cute possono essere, così, riassunti: difficoltà nel match di colore, trama e spessore tessutale, ripristino sub-ottimale del profilo cranico, mancanza di capelli quando utilizzato per la ricostruzione del cuoio capelluto, ed elevata fragilità (Tabella 1).

Per quanto riguarda la ricostruzione con *lembi* locali, si definisce lembo il trapianto di uno o più tessuti, o di una porzione di essi, trasferito mantenendo una connessione con la loro sede di prelievo. Tale connessione viene definita peduncolo, e assicura la nutrizione dei tessuti del lembo stesso. Può essere costituita solo dai vasi deputati a questa funzione o anche dai tessuti che li contengono. I lembi consentono la copertura di deficit cutanei e dei piani profondi.

Possiamo distinguere numerosi tipi di lembi in base a caratteristiche peculiari: tipo di vascolarizzazione (random o assiale), forma del lembo, sede d'origine, movimento cui è soggetto il lembo nel trasferimento, peduncolo che lo alimenta e tessuto di composizione.

Per semplicità, prenderemo in esame solo la classificazione per tipologia di movimento.

Possiamo distinguere lembi locali di avanzamento, rotazione e trasposizione. Quest'ultimo può essere allestito anche nella variante bi-penducolata. Tutti questi lembi possono, inoltre, essere utilizzati singolarmente o in combinazione.

Vi sono dei principi ricostruttivi da ricordare nell'utilizzo dei lembi cutanei dello scalpo: tra cui il centrare un lembo su uno dei peduncoli vascolari principali, quando possibile, lasciare una base ampia del lembo, evitare una chiusura sotto tensione (avvalersi in caso di necessità di un innesto di cute per la chiusura dell'area donatrice), evitare resezioni di "dog ears" laterali che tendono a risolversi col tempo, posizionare un drenaggio.

I lembi di avanzamento compiono un movimento rettilineo rispetto al loro peduncolo, sfruttando l'elasticità della cute. Quest'ultimi hanno un'utilità limitata per la ricostruzione dello scalpo per l'inelasticità che caratterizza il tessuto stesso. La chiusura per prima

intenzione di una ferita lineare è in sostanza l'approssimarsi di due lembi di avanzamento. La chiusura per prima intenzione può essere usata per la ricostruzione di difetti di piccole dimensioni (fino a 3 cm o meno). Tali lembi rappresentano, tuttavia, il gold standard di trattamento per difetti a livello della fronte. Le incisioni vengono posizionate lungo le linee di Langer in orizzontale. Frequentemente vengono utilizzati due lembi in combinazione, nel cosiddetto lembo ad "H".

I lembi di trasposizione sono così definiti, in quanto vengono spostati a coprire la perdita di sostanza con un movimento che consente di scavalcare una zona di tessuto indenne interposta tra l'area donatrice ed il sito ricevente, oppure passando al di sotto di essa, attraverso lo scollamento di un tunnel (lembi a isola). Rappresentano il gold standard ricostruttivo per la regione temporale. Una controindicazione al loro utilizzo è rappresentata dalla regione centrale dello scalpo per l'aumentare dell'inelasticità del tessuto a livello del vertice.

Per il cuoio capelluto l'utilizzo di questa tecnica è limitata alla combinazione di due o tre lembi (Figura 1). Inoltre, grandi difetti dello scalpo possono essere ricostruiti utilizzando lembi multipli di trasposizione che essenzialmente coinvolgono l'intero scalpo. Questa tecnica è stata descritta da Orticochea nel 1967 e consente la chiusura di un difetto pari fino al 30% delle dimensioni del cuoio capelluto. La tecnica consiste nell'allestimento di 3 o 4 ampi lembi, basati su peduncoli vascolari noti, e richiede una dissezione subgaleale dell'intero scalpo (Figura 2). Un vantaggio dei lembi di trasposizione consiste nel permettere il trasferimento di cuoio capelluto portante capelli in aree più visibili, come la regione anteriore e temporale, mentre i siti donatori posteriori possono essere coperti con innesti di cute. La tecnica dei 3 lembi descritta da Orticochea può essere particolarmente utile in pazienti che non possono tollerare un'anestesia prolungata, richiesta per una ricostruzione con lembi microchirurgici o per chi desidera una ricostruzione estetica con ripristino del cuoio capelluto e non è disponibile a sottoporsi ad una prolungata espansione dello scalpo. Lembi multipli di trasposizione sono particolarmente utili per la ricostruzione della regione anteriore dello scalpo e della linea del capillizio. La tecnica di Orticochea può essere combinata con una simultanea ricostruzione della volta cranica. In caso di ricostruzione con lembi multipli per la ricostruzione di un difetto post-resezione oncologica, il

Figura 1. Disegno pre-operatorio con lembi di trasposizione multipli per la ricostruzione della regione parietale mediana.

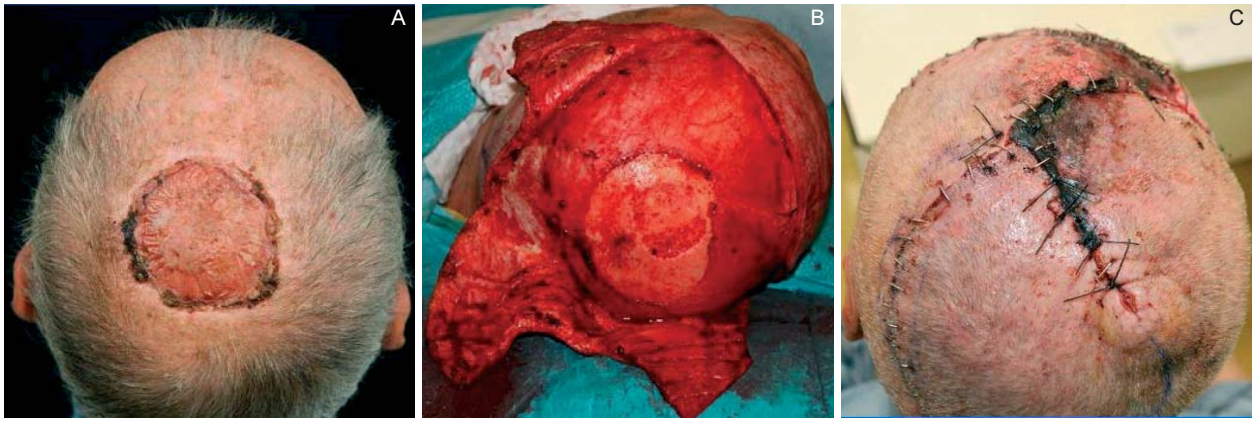


Figura 2. Paziente sottoposto ad asportazione incompleta di carcinoma squamoso del cuoio capelluto (A). Allargamento e allestimento dei 3 lembi di Orticochea (B) e risultato post-operatorio (C).

Figura 3. Disegno pre-operatorio in corso di intervento per asportazione di neoformazione della regione parietale mediana e riparo con lembo di rotazione.

chirurgo deve essere sicuro della radicalità ottenuta, viste le difficoltà di un follow up accurato in seguito a rimodellamento locale.

Il lembo utilizzato per la maggior parte delle ricostruzioni dello scalpo è il lembo di rotazione, che viene mobilizzato con un movimento circolare. L'incisione curvilinea necessaria per consentire la rotazione del lembo, ben si adatta alla forma sferica del cranio. Anche difetti relativamente piccoli richiedono incisioni piuttosto lunghe. I lembi di rotazione dello scalpo devono essere disegnati con dimensioni fino a 4-6 volte le dimensioni del difetto (Figura 3).

I lembi di scalpo, nella maggior parte dei casi, dovrebbero essere sollevati a livello del piano subgaleale e l'area di cuoio capelluto circostante deve essere ampiamente scollata nello stesso piano tissutale per ridistribuire la tensione ai margini della ferita su un'area più ampia. Come il lembo viene ruotato a livello del difetto, si sviluppa tensione a partire dalla punta del lembo fino alla sua base lungo la convessità cranica.

Occasionalmente, un'incisione di "scarico" o un "back-cut" che si estende dalla base del lembo può essere d'aiuto a ridurre la tensione.

Un back-cut, però, riduce l'ampiezza del peduncolo vascolare. Perciò, è necessaria attenzione per non compromettere l'apporto vascolare del lembo. A seconda delle dimensioni del lembo e del grado di rotazione, un difetto secondario di dimensioni considerevoli può svilupparsi vicino alla base del lembo stesso. Spesso, quest'ultimo si trova in una sede meno appariscente rispetto al difetto primario e può essere coperto con un innesto di cute, se la chiusura mediante avanzamento dei tessuti adiacenti non è possibile.

Se l'innesto di cute non può essere adeguatamente coperto con l'acconciatura dei capelli, potrà essere rimosso in seguito, dopo la guarigione del lembo e dopo il ritorno dello scalpo al suo stato naturale di relax attraverso il processo di "tissue creep".

Frequentemente, può essere d'aiuto l'utilizzo di lembi multipli di rotazione simultaneamente. Rapasio ha descritto l'utilizzo di tre lembi adiacenti romboidali per la ricostruzione dell'area del vertice. Il pattern elicoidale dei lembi consente di ripristinare la direzione naturale a vortice dei capelli. Le tecniche che coinvolgono lembi multipli presentano il vantaggio di distribuire la tensione di chiusura della ferita su un'area più grande dello scalpo. Consentono, inoltre, il reclutamento di scalpo per la chiusura del difetto da più aree donatrici. In questo modo, vengono utilizzati lembi di dimensioni minori. L'uso di lembi multipli consente anche il reclutamento di tessuto da aree del cuoio capelluto caratterizzate da una maggiore elasticità, come per la regione occipitale e la regione del muscolo temporale. Lo svantaggio principale dell'utilizzo di lembi multipli di rotazione di scalpo è il maggior numero di incisioni richieste, ciascuna a rischio per il possibile sviluppo di alopecia e di complicanze per ciascun lembo. Lembi multipli di rotazione sono ben adattabili per difetti del cuoio capelluto a livello del vertice (Figura 4).

Una menzione particolare va fatta per ampi lembi bipeduncolati, detti anche "a manico di secchio". Tali lembi consentono di trasferire per scivolamento un lembo, secondo un movimento appunto a "manico di secchio". Ciascuna estremità rappresenta uno dei due peduncoli vascolari. È necessario un ampio innesto di cute per l'area donatrice.

I lembi locali rappresentano, quindi, una notevole risorsa per difetti di piccole, medie e ampie dimensioni del cuoio capelluto e della fronte. Da un lato tali tecniche assicurano un eccellente risultato estetico, con ripristino di aree portanti capelli, buon camuffamento delle cicatrici e relativa semplicità di esecuzione. D'altro canto, la scarsa mobilità dello scalpo può creare tensione eccessiva alla chiusura della ferita e bisogna porre particolare attenzione durante la pianificazione del disegno operatorio, per non creare dislocazioni della linea del capillizio e delle sopracciglia.

Un accenno al lembo Temporo-Parieto-Occipitale (TPO) o di Iuri, inizialmente descritto nel 1969 per la correzione della calvizie androgenetica. Il lembo di Iuri è un lembo assiale ad orientamento sagittale, basato sui vasi temporali superficiali e sul loro arco anastomotico con l'arteria retroauricolare ed occipitale.

Figura 4. Difetto cutaneo al vertice e allestimento di doppio lembo di rotazione (A, B). Risultato post-operatorio a distanza di alcuni mesi (C).

Esiste, inoltre, la possibilità di allestire lembi ad isola (assiali), basati sui vasi temporali superficiali per la copertura di aree di cuoio capelluto vicine o per la ricostruzione delle sopracciglia. Quest'ultimi, tuttavia, hanno uno scarsissimo utilizzo nella pratica clinica.
Talvolta, lembi muscolo-cutanei o muscolari peduncolati possono essere necessari per la ricostruzione di ampi difetti di scalpo. Questi lembi sono confinati alla ricostruzione di difetti della regione occipitale inferiore o della regione temporale in base alla lunghezza dei loro peduncoli vascolari. Lembi loco-regionali non forniscono tessuti portanti capelli alla ricostruzione e comportano una morbilità significativa a livello del sito donatore. La ricostruzione di difetti con lembi regionali o distanti è spesso richiesta se il tessuto circostante il difetto è di scarsa qualità, a causa di un precedente trauma, cicatrici, infezioni o trattamenti radioterapici. Anche in caso di un'eventuale radioterapia post-operatoria già programmata, sarà necessario pianificare una chiusura stabile ed affidabile a livello del difetto, che possa sostenere lo stress della terapia adiuvante.
Tra i lembi regionali annoveriamo i lembi miocutaneo peduncolato di trapezio, lembo peduncolato di gran dorsale, il lembo di muscolo temporale e di fascia temporo-parietale. Le indicazioni di quest'ultimi due sono limitate a difetti di dimensioni moderate. L'utilizzo, inoltre, del lembo di muscolo temporale è gravato da una significativa alterazione del profilo cranico.
Negli ultimi anni, il trasferimento di tessuti liberi è diventata una tecnica affidabile per la ricostruzione di difetti di grandi dimensioni o con esposizione di strutture vitali. I lembi microchirurgici sono considerati l'opzione migliore per la ricostruzione di ampi difetti dello scalpo soprattutto per quelli che richiedono la ricostruzione della volta cranica. La tecnica microchirurgica consente il trasferimento di lembi di dimensioni anche cospicue al cuoio capelluto con un alto tasso di successo. Tali lembi si sono rivelati ben resistenti agli effetti collaterali della radioterapia postoperatoria. I più comuni lembi microchirurgici utilizzati per la ricostruzione dello scalpo sono il gran dorsale, il lembo scapolare, il retto dell'addome e il radiale di avambraccio. Altri lembi liberi di meno frequente impiego sono il lembo di omento, lembi prefabbricati, lembi chimerici e il lembo di scalpo da gemello monozigote.
Il più grande svantaggio di qualsiasi lembo trasferito microchirurgicamente a livello del cranio è la conseguente mancanza dei capelli. Comunque questa problematica estetica è secondaria in pazienti con difetti ampi e critici dell'estremo cefalico. L'affidabilità e la stabilità dei lembi microchirurgici rendono i loro risultati ineguagliabili per la ricostruzione di ampie ferite.
Il lembo di gran dorsale è quello più diffuso per l'estrema facilità di modellamento, per la lunghezza ed il grande calibro del peduncolo vascolare, l'ampia area di superficie e la relativa minore morbilità al sito donatore. Anche se i lembi muscolari tendono ad essere più ingombranti all'inizio, la componente muscolare del lembo si atrofizza nel tempo fino al raggiungimento di un contorno naturale e di uno spessore paragonabile a quello dello scalpo. Nonostante ci sia la possibilità di includere un'isola cutanea nel lembo per il monitoraggio, di solito, si tende ad evitarlo in pazienti obesi, in cui la cute e il tessuto sotto-

cutaneo andrebbero a costituire un'importante deformazione del profilo cranico. La copertura finale del lembo viene realizzata con innesti cutanei.
Se è richiesto un quantitativo superiore di tessuto rispetto a quello che può essere fornito dal latissimo del dorso, questo lembo può essere combinato con il muscolo serrato così come con un lembo libero scapolare/parascapolare, tutti basati sul sistema vascolare sottoscapolare.
Beasley et al. hanno sviluppato un sistema di stadiazione basato sulle dimensioni del difetto e sulla qualità del tessuto circostante, per fornire un'indicazione al tipo di intervento. Un trauma ad alta energia, la presenza d'infezione, di un danno da radioterapia, il precedente fallimento di una ricostruzione con lembo locale, difetti frontali > 50 cm^2 e difetti del cuoio capelluto > 200 cm^2 rappresentano indicazioni al trattamento microchirurgico. Queste indicazioni sono linee guida. Ogni paziente ed ogni difetto deve essere valutato in maniera individualizzata.
Tuttavia, la tecnica ricostruttiva che utilizza per eccellenza il principio di ricostruzione "like with like" è il *reimpianto di scalpo*.
L'amputazione dello scalpo risulta in un danno deturpante di grado severo, di solito in seguito ad un trauma di avulsione o di arrotamento. È, quindi, lo scalpo stesso a rappresentare "il lembo" di ricostruzione. I meccanismi coinvolti in tali traumi includono l'intrappolamento di capelli in parti meccaniche rotanti. Il piano di clivaggio è, solitamente, subgaleale, ed inizia a livello della regione del sovraorbitaria e del collo. I muscoli frontali ed occipitali, infatti, offrono meno resistenza della galea alla trazione. Una porzione delle orecchie, entrambe le sopracciglia e la cute superiore nasale sono di solito incluse nell'amputazione.
Se lo scalpo si presenta in forma adeguata per il reimpianto, due team lavorano contemporaneamente, uno per identificare i possibili vasi riceventi (sovratrocleari, sovraorbitari, temporali superficiali od occipitali) e l'altro per identificare vasi adatti all'anastomosi nella parte amputata.
Grazie all'ampia collateralizzazione vascolare dello scalpo, è possibile il reimpianto assicurando la vascolarizzazione su una singola anastomosi arteriosa.
Così come per la maggior parte dei reimpianti, un adeguato drenaggio venoso è cruciale per la sopravvivenza dello scalpo e dovrebbero essere anastomizzate il maggior numero di vene possibili. Se necessario si possono utilizzare innesti di vene.
La necessità di un maggior numero di anastomosi venose è dovuta alla fragilità, che caratterizza questi vasi. Le vene, infatti, sono maggiormente sottoposte ad un danno traumatico in caso di avulsione.
Preferibilmente i vasi riceventi vanno selezionati al di fuori dell'area traumatizzata.
Si ritiene che il tempo di ischemica prima di un reimpianto vari dalle 5 alle 6 ore, prima che il tasso di successo dell'intervento si riduca drasticamente. In letteratura, tuttavia, è stato riportato un caso di salvataggio di scalpo e reimpianto con un tempo di ischemica calda di 12 ore, oltre ad un ischemica fredda di 3 ore.
Un reimpianto microvascolare dopo avulsione dello scalpo, in caso di successo, fornisce il miglior risultato possibile sia dal punto di vista estetico che funzionale. Quest'ultima è, dunque, una procedura che dovrebbe essere tentata a tutti i costi in quasi qualsiasi situazione.
Tra le tecniche "ancillari" per la ricostruzione dello scalpo, la prima e forse la più importante è l'*espansione cutanea*. Introdotta ai primi del '900 in corso di distrazione ossea, questa tecnica venne poi diffusa negli anni '60 grazie a Radovan e Austad. Oggi l'espansione cutanea rappresenta una delle tecniche base della chirurgia plastica.
L'espansione tissutale dovrebbe essere considerata quando il rimodellamento dei tessuti locali non è eseguibile (per trauma locale dei tessuti, perché comporterebbe una modifica del pattern di crescita dei capelli o della linea del capillizio inaccettabile, o quando tale tecnica è inadeguata rispetto alle dimensioni del difetto da ricostruire).
L'espansione si attua mediante l'inserimento di una protesi espandibile al di sotto del piano galeale. All'impianto è collegata una valvola magnetica che ne consente l'espansione mediante iniezione transcutanea. Di solito, il liquido iniettato è soluzione fisiologica, alla quale talvolta è associata una piccola quantità di blu di metilene. Tale valvola andrà posizionata in una sede distante dall'espansore, in modo da non causare la punzione accidentale della protesi.
Mediante espansione cutanea è possibile ottenere la ricostruzione di un'area pari al 50% dello scalpo. È una tecnica che richiede diverse procedure chirurgiche con un lungo intervallo di tempo interposto, e che comporta tutti i rischi e le possibili complicanze associate alla presenza di un espansore (variano dal 6 al 25%). Per il posizionamento di un espansore cutaneo è necessario che sia presente una ferita stabile.
Il cuoio capelluto rappresenta la sede ideale per l'espansione cutanea, in quanto offre una base rigida (il tavolato cranico) per la base dell'espansore e per l'ampia vascolarizzazione che ne caratterizza i tessuti.

Quando si sceglie di utilizzare l'espansione cutanea, bisogna posizionare il più grande espansore possibile al di sotto del piano galeale. La forma dell'espansore influenza il guadagno di tessuto. Van Rappard et al. hanno determinato come gli espansori a base rotonda, a base semilunare e a base rettangolare consentano un guadagno tissutale rispettivamente del 25, 32 e 38%. Le dimensioni dell'espansore e la sua forma vengono, comunque, selezionate sulla base delle caratteristiche del difetto.
Durante l'espansione si assisterà ad una riduzione della densità dei capelli. Essi, infatti, non vanno incontro a replicazione, come avviene per le cellule epiteliali, ma rimangono in un numero costante. Al termine dell'espansione ed in seguito alla ricostruzione con lembi espansi si assiste, tuttavia, ad un ripristino della normale densità del capillizio.

□ MATRICE DERMICA

Negli ultimi anni, l'utilizzo della matrice di derma rigenerativo, nota sotto il nome di Integra®, si è aggiunto come alternativa o come complemento ricostruttivo per diversi tipi di perdite di sostanza.
Introdotta in Europa nel 1996 come metodo standard per il trattamento di ustioni estese, dopo la licenza garantita da U.S. Food and Drug Administration, le sue indicazioni sono andate ampliandosi rapidamente. Nel 2002 dopo ulteriori studi, il suo utilizzo è stato ampliato alla correzione di cicatrici retraenti. Ora le indicazioni per l'impiego del derma rigenerativo comprendono la sostituzione di cicatrici deturpanti o cheloidi, il rilascio di contratture, la ricostruzione dopo asportazione di nevi giganti, la copertura di siti donatori di lembi cutanei, la copertura di difetti posttraumatici, il resurfacing di lembi liberi e la copertura di perdite di sostanza dovute ad exeresi di neoformazioni tumorali.
L'Integra® è costituita da una doppia membrana, un foglietto di silicone che ricopre una matrice dermica costituita da ponti intrecciati tridimensionali di collagene bovino e glicosaminoglicani di squalo. In circa quattro settimane favorisce, mediante un'azione istoinduttiva e isto-conduttiva sul mesenchima, la formazione di un neoderma completamente vascolarizzato. Attraverso il foglietto di silicone è possibile seguire la maturazione del neoderma, osservando i cambiamenti di colore della matrice: da rosa a giallo pallido, fino ad un color pesca, in cui la neovascolarizzazione è stata completata.
Dopo quattro settimane dalla prima fase di applicazione dell'Integra®, solitamente, si rimuove il foglietto di silicone per andare a completare il rivestimento della matrice, ormai sostituita da neoderma, con un innesto di cute a spessore parziale.
Il derma rigenerativo favorisce lo sviluppo di una migliore irrorazione sanguigna, la crescita cellulare, aumenta la resistenza alla lacerazione cutanea degli innesti, consente una chiusura stabile del difetto e il ripristino di un profilo cranico accettabile.
In casi particolari e ben selezionati, l'Integra® può essere utilizzata in versione single-layer. In particolare, è stata pubblicata da parte del nostro Istituto, la presentazione di un caso clinico, nel quale Integra® Dermal Regeneration Template Single Layer è stata utilizzata per consentire il ripristino di un adeguato spessore a livello di una cute frontale estremamente danneggiata in un paziente, portatore di esposizione di protesi in titanio.

□ CAPILLIZIO

Ampiamente accettato nella gestione della calvizie, il trapianto di capelli può essere considerato una valida tecnica adiuvante nella ricostruzione dello scalpo.
Un efficace trapianto di capelli richiede un sito ricevente stabile e ben vascolarizzato, e, perciò, viene raramente utilizzato nella gestione in acuto di difetti dello scalpo. Il trapianto di capelli è, infatti, una procedura pianificata secondariamente. Aree di alopecia esito di cicatrici o dovute ad eccessiva tensione ai margini della ferita possono essere corrette secondariamente con mini- o micro-innesti. La chirurgia del trapianto di capelli è caratterizzata diversi step di innesti alternati da periodi di guarigione. Con il tempo e con pazienza, si può ripristinare un'accettabile densità del capillizio anche in ampie aree di alopecia.
Il trapianto di capelli può essere eseguito mediante prelievo di una losanga unica, oppure mediante prelievo di punch graft singoli.
Per una buona riuscita dell'intervento sono raccomandabili alcuni accorgimenti:
- intervenire su una singola zona alla volta;
- intervenire prima sulle regioni anteriori (in caso di zone multiple di alopecia);
- innestare 1-2 capelli per volta (innesti monobulbari in regione frontale, bi-tri-bulbari nella regione della chierica);
- innestare i capelli senza un ordine preciso;
- degradare la densità degli innesti in 2-3 cm.

Le possibili complicanze del trapianto di capelli comprendono il sequestro degli innesti con conseguente rischio di formazione di granulomi e ascessi, ed il non attecchimento dei bulbi piliferi innestati (parziale o totale).
Il trapianto di capelli non rappresenta, comunque, la prima scelta chirurgica per il ripristino del capillizio. L'espansione cutanea rimane il gold standard per la correzione di aree di alopecia.

□ LIPOFILLING

Un nuovo strumento di cui può avvalersi il Chirurgo Plastico è rappresentato dal lipofilling. L'innesto di tessuto adiposo mediante prelievo con lipoaspirazione e successivo trattamento mediante lavaggio, decantazione e centrifugazione è stato inizialmente introdotto da Coleman e successivamente ampiamente diffuso sia in chirurgia ricostruttiva che estetica.
La base del suo utilizzo in chirurgia ricostruttiva è stata l'osservazione della presenza di cellule staminali a livello della frazione stromale contenuta nel tessuto adiposo innestato e i loro effetti a livello del sito ricevente. I vantaggi in termini di miglior trofismo cutaneo, miglioramento del profilo di esiti cicatriziali, effetto di riempimento di aree di minus e di guarigione di ferite croniche (esito di radiodermiti e di altra natura) sono stati ampiamente documentati in letteratura. Tuttora sono numerosi gli studi in corso per approfondire i possibili campi di applicazione, gli effetti e le metodiche per garantirne i migliori risultati. Un suo possibile utilizzo potrebbe essere indicato per difetti a livello del cuoio capelluto nei casi di danni da radioterapia.

□ CONCLUSIONI

I difetti dello scalpo sono intrinsecamente difficili da ricostruire per la natura inelastica dello scalpo, la convessità del cranio e la limitata disponibilità di tessuti portanti capelli. Difetti di dimensioni da piccole a moderate sono più spesso riparati con lembi di rotazione singoli o multipli. Ampi difetti a tutto spessore sono spesso affrontati con lembi microchirurgici. Una prolungata espansione tissutale rappresenta una valida alternativa quando la ricostruzione può essere differita. Con un'accurata pianificazione ed esecuzione, anche difetti ampi e complessi possono essere gestiti con ottimi risultati.

La ricostruzione della fronte, nella maggior parte dei casi, per difetti di piccole dimensioni, può essere raggiunta mediante mobilizzazione di lembi locali. Per difetti di grandi dimensioni è più frequente la ricostruzione della fronte in toto, come unità estetica, mediante innesti (con o senza pre-espansione/Integra®) o mediante lembi liberi (per esempio, il lembo radiale di avambraccio).
La posizione della linea dei capelli e la simmetria delle sopracciglia deve essere mantenuta per assicurare un buon risultato estetico.
La ricostruzione dello scalpo e della fronte rappresenta quindi un vasto e complesso campo di opzioni chirurgiche. Diventa fondamentale porsi degli obiettivi ed effettuare una dettagliata analisi pre-operatoria del paziente e delle caratteristiche del difetto da ricostruire per selezionare con accuratezza la metodica più indicata caso per caso.

□ BIBLIOGRAFIA

1. Abbas Khan M.A., Chipp E., Hardwicke J., Srinivasan K., Shaw S., Rayatt S.: The use of Dermal Regeneration Template (Integra®) for reconstruction of a large full-thickness scalp and calvarial defect with exposed dura. J Plast Reconstr Aesthet Surg 2010; 63 (12): 2168-2171.
2. Afifi A., Djohan R.S., Hammert W., Papay F.A., Barnett A.E., Zins J.E.: Lessons learned reconstructing complex scalp defects using free flaps and a cranioplasty in one stage. J Craniofac Surg 2010; 21 (4): 1205-1209.
3. Baker S.R.: Local flaps in facial reconstruction. Mosby, St. Louis (USA), 2007.
4. Bharti G., Groves L., David L.R., Sanger C., Argenta L.C.: Aplasia cutis congenita: clinical management of a rare congenital anomaly. J Craniofac Surg 2011; 22 (1): 159-165.
5. Cordaro E.R., Calabrese S., Faini G.P., Zanotti B., Verlicchi A., Parodi P.C.: Method to thicken the scalp in calvarian reconstruction. J Craniofac Surg 2011; 22 (2): 598-601.
6. Iblher N., Ziegler M.C., Penna V., Eisenhardt S.U., Stark G.B., Bannasch H.: An algorithm for oncologic scalp reconstruction. Plast Reconstr Surg 2010; 126 (2): 450-459.
7. Juri J., Valotta M.F.: The use of the Juri temporo-parieto-occipital flap. Semin Plast Surg 2005; 19 (2): 128-136.
8. Kim J.T., Kim Y.H., Yang E.Z., Kim J.B.: Total scalp replantation-salvage following prolonged ischaemia with poor prognostic factors. J Plast Reconstr Aesthet Surg 2010; 63 (11): 1917-1920.
9. Khan M.A., Ali S.N., Farid M., Pancholi M., Rayatt S., Yap L.H.: Use of dermal regeneration template (Integra) for reconstruction of full-thickness complex oncologic scalp defects. J Craniofac Surg 2010; 21 (3): 905-909.

10. Lafaurie P.: Chirurgia delle perdite di sostanza del cuoio capelluto. Encyclopédie Médico-Chirurgicale (I - 45-515): 1-10.

11. Leedy J.E., Janis J.E., Rohrich R.J.: Reconstruction of acquired scalp defects: an algorithmic approach. Plast Reconstr Surg 2005; 116 (4): 54e-72e.

12. Mathes S.J., Nahai F. (editors): Reconstructive surgery: principles, anatomy, & technique. Churchill Livingstone, New York, 1997.

13. Moss C.J., Mendelson B.C., Taylor G.I.: Surgical anatomy of the ligamentous attachments in the temple and periorbital regions. Plast Reconstr Surg 2000; 105 (4): 1475-1490.

14. Seitz I.A., Gottlieb L.J.: Reconstruction of scalp and forehead defects. Clin Plast Surg 2009; 36 (3): 355-377.

15. Temple C.L., Ross D.C.: Scalp and forehead reconstruction. Clin Plast Surg 2005; 32 (3): 377-390, vi-vii.

16. Wain R.A., Shah S.H., Senarath-Yapa K., Laitung J.K.: Dermal substitutes do well on dura: comparison of split skin grafting+/-artificial dermis for reconstruction of full-thickness calvarial defects. J Plast Reconstr Aesthet Surg 2010; 63 (12): e826-828.

17. Wollina U., Bayyoud Y.: Reconstruction of a large scalp defect by the sequential use of dermal substitute, self-filling osmotic tissue expander and rotational flap. J Cutan Aesthet Surg 2010: 3 (2): 106-110.

INDICE DEGLI AUTORI

Almesberger D., 47

Bramanti P., 23
Bronzoni C., 57

Calabrese S., 47, 73
Calabrò R.S., 23
Catanesi M., 23
Ciurleo R., 23
Corallo F., 23

de Bellis, M., 9
De Biasio F., 47
De Franceschi D., 47
De Salvo S., 23

Fiorentino L., 69
Franchini A.F., 13

Guarneri G.F., 47, 73

Iaccarino C., 57
Iaiza F. , 31

Lazzaro L., 47, 73
Lorusso L., 13

Maddalena G.F., 69
Marino S., 23
Moreschi C. , 27

Nasi D., 57

Orlandi E., 57

Parodi P.C., 47, 73
Polito G., 69
Porro A., 13

Rampino Cordaro E., 47
Rivilli M., 47
Romeo F., 69

Sabot A., 27
Scarano B., 69
Schiavi P., 57
Semprini G., 73
Servadei F., 57
Stefini R., 65

Verlicchi A., 37, 47

Zanetti U., 65
Zanin C., 47
Zanotti B., 11, 31, 37, 47, 73
Zingaretti N., 47

www.cranioplastica.it

Cranioplastica

Tutto quello che bisogna sapere sulle cranioplastiche su misura

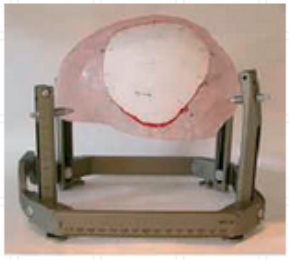
- Nella storia
- Quando, come, perché
- Chirurgia
- Medicina legale
- Faq
- Biblioteca
- Bacheca
- Contatti
- Info
- Area riservata
- Rassegna stampa

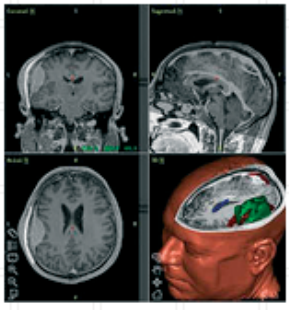
Bacheca

"La cranioplastica su misura in idrossiapatite porosa"

RIVISTA MEDICA

Scarica il fascicolo completo





Bacheca

"Cranial demolition and reconstruction - One step surgical procedure"

TOPICS IN MEDICINE

Scarica il fascicolo completo

Libro stampato su carta ecologica non riciclata
che non contiene acidi, cloro ed imbiancante ottico

Finito di stampare
nel mese di novembre 2013
presso le Nuove Arti Grafiche
via dell'òra del Garda, Z.I. sett.e A - 38122 GARDOLO (TN)
per conto della
new MAGAZINE edizioni
via dei Mille, 69 - 38122 TRENTO

www.newmagazine.it

PRINTED IN ITALY