

□ Neuronavigazione

M. SKRAP, P.P. JANES, B. ZANOTTI, A. CRAMARO

Divisione di Neurochirurgia, Ospedale "Santa Maria della Misericordia", Udine

□ INTRODUZIONE

Con l'elaborazione dei principi basilari della stereotassia, l'attuale tecnologia informatica ci consente di ottenere in modo estremamente dinamico queste informazioni spaziali sia in fase preoperatoria che durante l'intervento, dando conferma della posizione del chirurgo.

In tempo reale il sistema ci mostra sulla RM o sulla TC la nostra posizione intraoperatoria risolvendo così il primo problema della chirurgia che è l'orientamento spaziale anatomico.

Questo affinamento tecnologico ha introdotto molte innovazioni sui possibili approcci neurochirurgici, che possono variare da un semplice aiuto ad un contributo essenziale e determinante.

La nostra esperienza si basa su una casistica iniziata con le resezioni volumetriche stereotassiche computer assistite e su una casistica degli ultimi anni con la neuronavigazione che data la praticità ha ridotto di moltissimo l'utilizzo del casco stereotassico. Con la metodica stereotassica sono stati eseguiti più di 400 interventi per diversa patologia (sono escluse le biopsie stereotassiche) di cui la maggior parte di origine tumorale,



Figura 1. Il neuronavigatore nella sala operatoria con il sistema di riferimento.

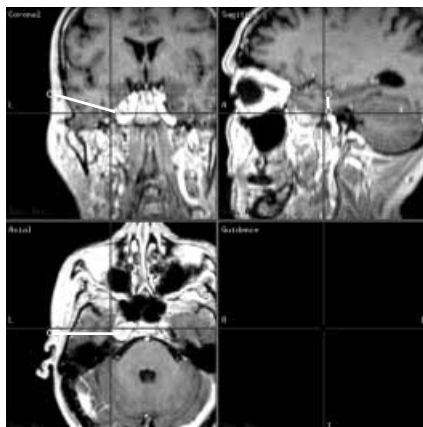
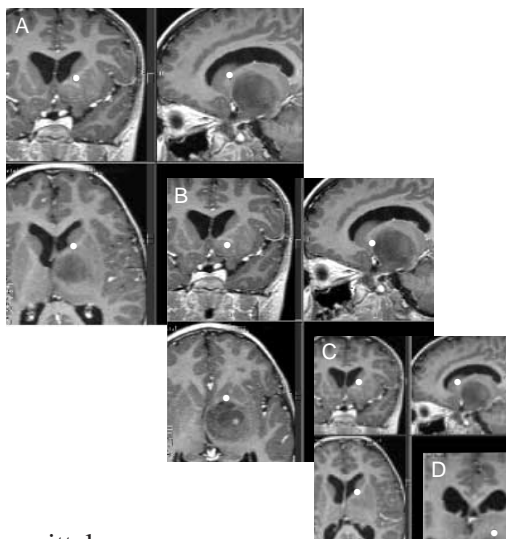


Figura 2. Il punto scelto dal chirurgo visibile nelle tre ricostruzioni della RM encefalica.



sagittale e coronale, intersecate nel punto da noi scelto (Figura 2). Noi potremo spostare questo punto in ogni ricostruzione osservandone la corrispondenza oppure far scorrere le immagini

mentre con la neuronavigazione (*Stealth Station, Sofamor, Danek*), dalla fine del 1997 a tutt'oggi, sono stati trattati più di 1000 pazienti. Riteniamo che sia oramai inutile quantificare questi procedimenti che dovrebbero far parte della routine quotidiana.

□ METODICA

La possibilità di una pianificazione teorica dell'intervento e l'aiuto di una guida computerizzata durante il procedimento creano una mentalità nuova sul come considerare lo spazio encefalico portando a dei ragionamenti innovativi sulle indicazioni e sugli approcci chirurgici.

I passaggi operativi sono due:

1. *Acquisizione delle informazioni diagnostiche*

Il paziente esegue una RM o una TC i cui dati saranno trasferiti nel computer del neuronavigatore.

2. *Pianificazione dell'intervento*

È la parte forse più innovativa ed interessante nell'uso di questa apparecchiatura (Figura 1). L'informazione essenziale che il neuronavigatore ci mostra sono le ricostruzioni simultanee delle immagini RM o TC in assiale,

Figura 3. (A) (B) (C) In questo caso si è scelto quale punto d'interesse il ginocchio della capsula interna. Facendo scorrere le immagini lungo l'asse verticale è possibile valutare lo spostamento in alto e medialmente che la capsula interna ha subito. (D) Lo stesso procedimento per valutare lo spostamento posteriore del talamo. Si evidenzia così il punto d'aggressione migliore dove minore è il rischio di attraversare una struttura schiacciata.

ni lungo un asse da noi scelto (Figura 3).

In questo modo avremo delle informazioni tridimensionali sull'esatta localizzazione, sui rapporti con le strutture attigue, sugli spostamenti che la lesione ha eventualmente provocato. Si potrà identificare così il miglior tragitto e l'area dove aggredire la lesione considerandone il suo aspetto tridimensionale e gli spostamenti delle strutture attigue (Figura 4).

Possiamo quindi valutare un semplice punto, come ad esempio un piccolo bersaglio in superficie, elaborare la congiunzione tra i due punti migliori, il punto d'entrata ed il bersaglio nel caso di lesioni profonde e considerare infine l'aspetto tridimensionale

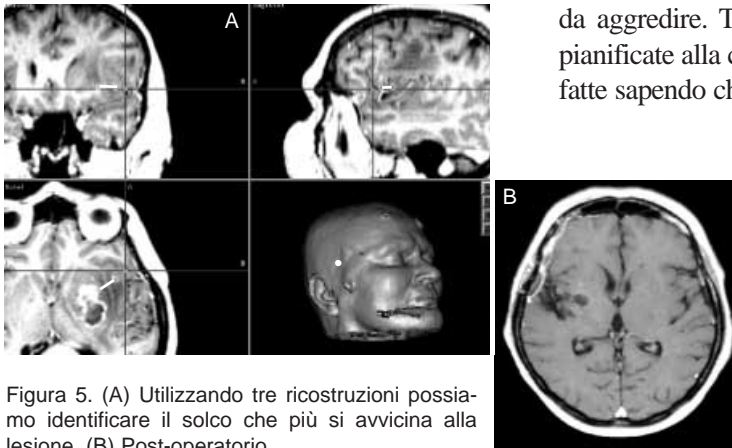


Figura 5. (A) Utilizzando tre ricostruzioni possiamo identificare il solco che più si avvicina alla lesione. (B) Post-operatorio.

della massa da aggredire. Tutte queste valutazioni, pianificate alla consolle, possono essere fatte sapendo che i riferimenti anatomici in gran parte saranno ottenuti dal computer e non ci sarà il bisogno assoluto di reperi anatomici tradizionali (Figura 5).

Con questi principi una lesione compatta può essere asportata praticamente da

qualsiasi sede, il vero limite è dato da un parenchima cerebrale infiltrato che presiede a funzioni importanti.

□ ESEMPI

Localizzazione del punto

È l'esempio più semplice ed abituale in cui il sistema ci permette di ritrovare un bersaglio attraverso un approccio minimamente indispensabile (Figura 6).

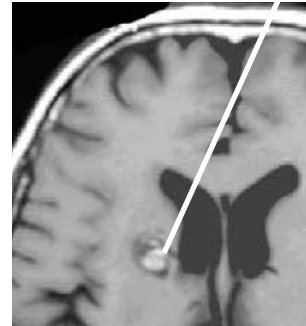


Figura 4. La traiettoria scelta per raggiungere il cavernoma posto sulla parete del ventricolo controlaterale.

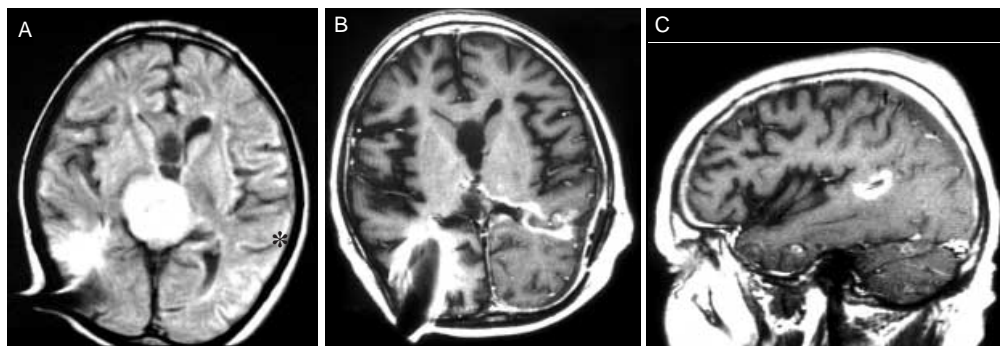


Figura 6. (A) Lesione pilocitica del mesencefalo. Utilizzando un ampio solco corticale ed una dilatazione ventricolare si raggiunge la superficie della lesione (asterisco). (B) Post-operatorio. (C) L'esito dell'approccio corticale.

Traiettoria

Consente l'utilizzo dei solchi, un percorso ed il raggiungimento della lesione con minor danni funzionali al parenchima circostante, adattandosi, quando è possibile, alle caratteristiche anatomiche del singolo paziente (Figure 7, 8, 9, 10).

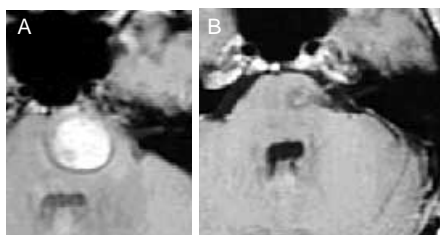


Figura 7. (A) Cavernoma del tronco. Si sceglie il punto in cui la lesione, non visibile in superficie, si trova a minor profondità. (B) Post-operatorio.

Volume

Si valuta l'aspetto 3D della lesione e lo spostamento delle strutture encefaliche. La compressione delle strutture attigue, valutabile su singole immagini, può indurre a decisioni errate legate all'apparente superfi-

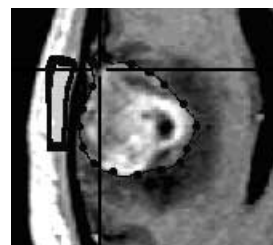


Figura 8. Una lesione di superficie. Oltre alla localizzazione possiamo tracciare l'esatta craniotomia necessaria.

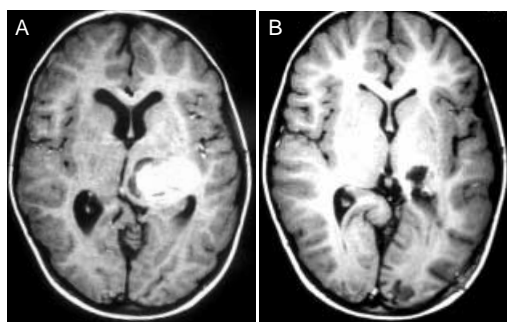


Figura 9. (A) Lesione talamica che spinge in avanti la capsula interna ed i nuclei della base. Si esegue un approccio parieto-occipitale leggermente posteriorizzato. (B) Quadro post-operatorio che evidenzia l'esito dell'approccio.

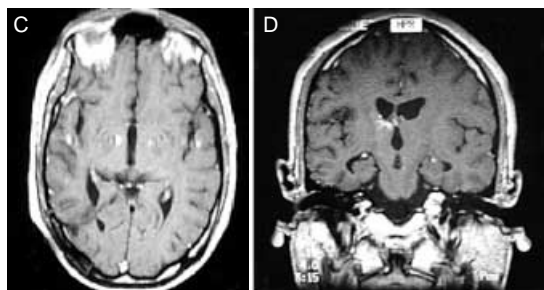
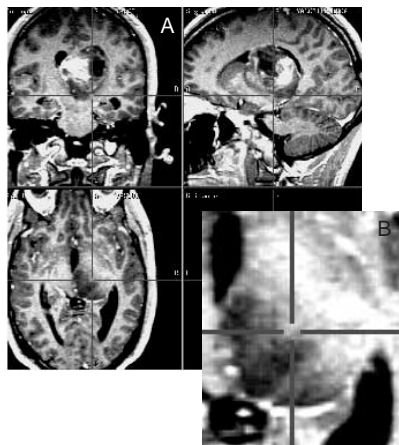


Figura 10. (A) Lesione ventricolare a partenza dal talamo. (B) Con il neuronavigatore scegliamo la traiettoria che ci porta lungo la base di crescita. Facendolo subito all'inizio del procedimento si mantiene quasi inalterato questo rapporto d'impianto. (C, D) Quadro post-operatorio.

cialità delle lesioni, quando queste invece hanno compresso e reso sottile e quasi insignificante una struttura ancora funzionante (Figura 11).

□ UTILIZZI VARI

Con la routine si possono scoprire molti altri usi del sistema e spesso si tratta di scelte che sono possibili per la singolarità del quadro anatomo-patologico del paziente.

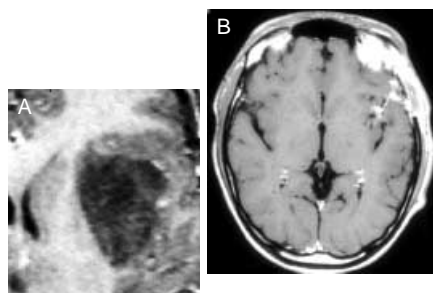


Figura 11. (A) Lesione di basso grado dell'insula che prende rapporto con la capsula interna. Il neuronavigatore ci facilita nel confermarci il margine mediale della lesione. (B) Post-operatorio.

Resezioni chirurgiche in due fasi

In alcuni casi di lesioni benigne e molto voluminose situate in sedi critiche, abbiamo usato la neuronavigazione per programmare un'asportazione in due fasi. Il motivo principale per una tale strategia era l'eccessivo rischio di un'asportazione radicale in un'unica fase. Si temeva di danneggiare il tessuto cerebrale circostante schiacciato da lungo tempo e quindi potenzialmente più a rischio.

Un'asportazione in due fasi avrebbe comportato un trauma chirurgico meno acuto, avrebbe dato al parenchima cerebrale il tempo per recuperare e la nuova situazione anatomica avrebbe facilitato una migliore distinzione tra tessuto patologico e tessuto sano essendo questo meno compresso rispetto all'inizio.

La neuronavigazione è stata utile al primo intervento per controllare meglio un

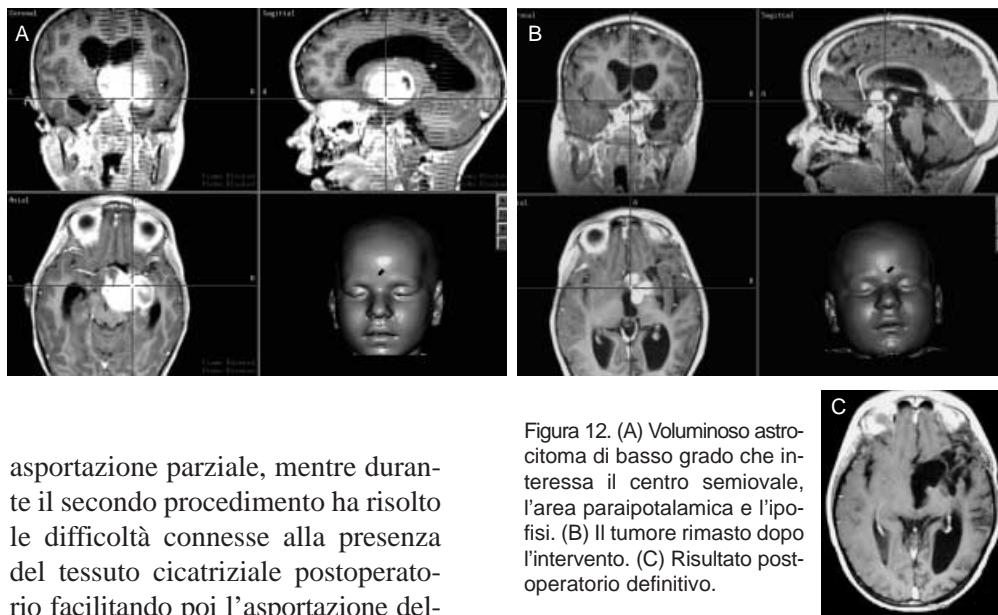


Figura 12. (A) Voluminoso astrocitoma di basso grado che interessa il centro semiovale, l'area paraipotalamica e l'ipofisi. (B) Il tumore rimasto dopo l'intervento. (C) Risultato postoperatorio definitivo.

asportazione parziale, mentre durante il secondo procedimento ha risolto le difficoltà connesse alla presenza del tessuto cicatriziale postoperatorio facilitando poi l'asportazione della massa residua nell'ambito di uno

spazio chirurgico maggiore ed un parenchima cerebrale meno compromesso (Figure 12 e 13).

Endoscopia

L'endoscopio ha una visione molto chiara ma l'orientamento è possibile solo se il quadro anatomico è normale come nei casi di VCS. Diventa problematico nel caso di anomalie anche semplici e qui il neurona-

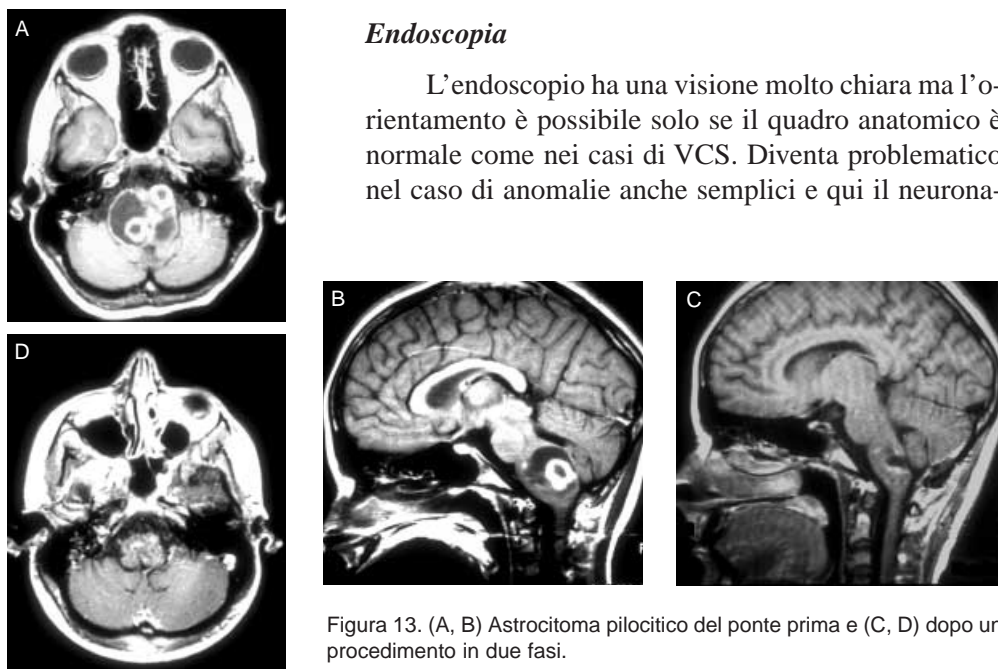


Figura 13. (A, B) Astrocitoma pilocitico del ponte prima e (C, D) dopo un procedimento in due fasi.

vigatore, che è in grado di “vedere” l’endoscopio evidenzia sulla RM la struttura che stiamo osservando con l’endoscopio (Figura 14).

Chirurgia della base

La patologia della base cranica si presta all’uso del neuronavigatore per diversi motivi. L’eventuale alterazione

dell’anatomia della base crea non poche difficoltà al chirurgo che può non riconoscere gli abituali punti di riferimento. L’assenza poi dello spostamento delle strutture consente l’utilizzo del neuronavigatore anche per tutta la durata dell’intervento. Nella nostra esperienza è stato usato per l’asportazione di meningiomi petroclivali con ampia base d’impianto. Risulta molto utile durante la fase “cieca” del distacco del meningioma dalla base, presupposto questo per l’asportazione della massa. Il navigatore indica la distanza che ci separa dal margine mediale dove si possono ledere le strutture (vascolari, nervose) spostate dalla massa, indica la posizione dove presumibilmente si trova il nervo abducente, informa sull’estensione lungo il clivus e verso l’incisura del tentorio. Queste informazioni permettono di sveltire l’intervento accelerando il lavoro nei punti non problematici e

viceversa facendo aumentare l’attenzione del chirurgo nelle zone critiche (Figura 15).

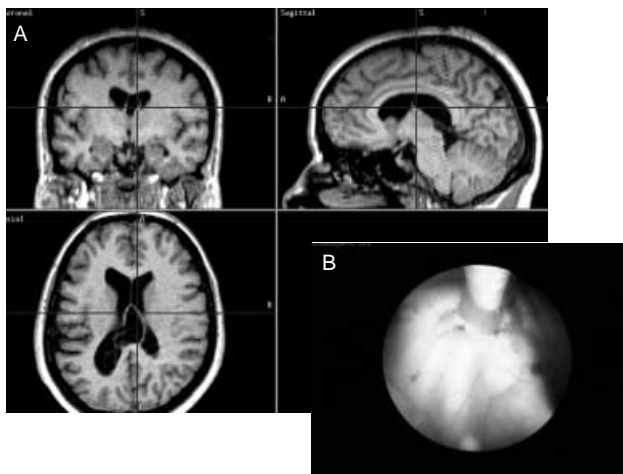


Figura 14. (A) Il neuronavigatore ci indica la posizione della punta dell’endoscopio e quindi (B) la struttura visibile all’endoscopio, in questo caso la parete della cisti.

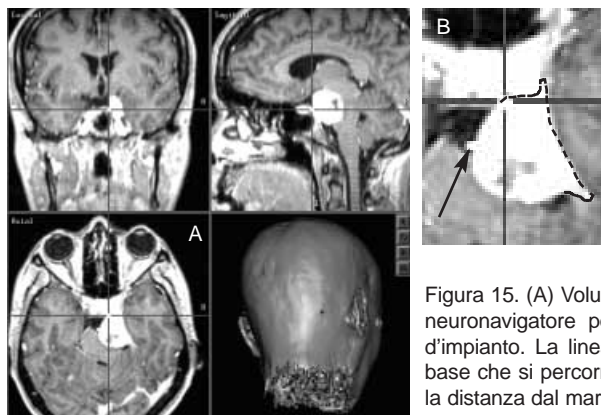


Figura 15. (A) Voluminoso meningioma petroclivale. (B) Con il neuronavigatore possiamo valutare l’estensione della base d’impianto. La linea tratteggiata evidenzia la superficie della base che si percorre durante il distacco della lesione e quindi la distanza dal margine mediale dell’arteria basilare (freccia).

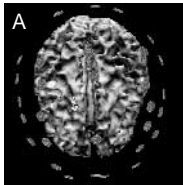
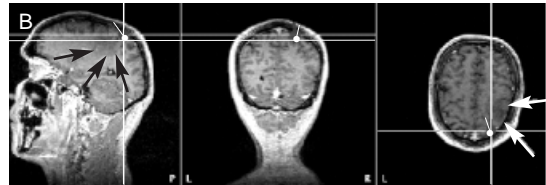


Figura 16. (A) La sovrapposizione del potenziale motorio alla RM del paziente in esame. (B) Lo spostamento del potenziale causato dalla lesione.



Chirurgia e mappaggio funzionale

Recentemente stiamo utilizzando la neuronavigazione durante il mappaggio corticale dell'area motoria, somatosensoriale e dell'area della parola. Con un software particolare (*CURRY-Neuroscan, USA*) otteniamo la registrazione di potenziali motori o somatosensoriali della corteccia. Questi segnali vengono poi sovrapposti alle immagini RM utilizzate dal neuronavigatore in modo da avere durante l'intervento anche informazioni funzionali riguardanti il campo operatorio. È un'esperienza ancora in fase di studio e

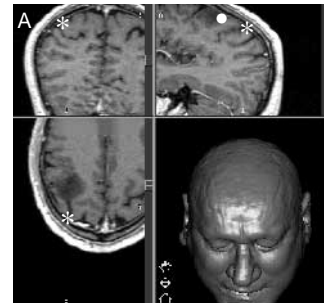


Figura 17. (A) Il puntino bianco indica sulla RM del navigatore la posizione del potenziale motorio identificato in fase preoperatoria mentre l'asterisco localizza la sede della risposta motoria intraoperatoria. (B) Mappaggio intraoperatorio in prossimità di un tumore.

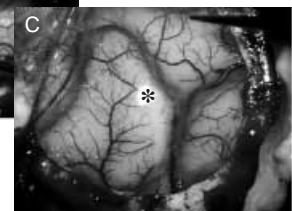
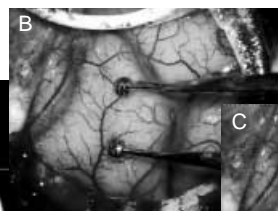
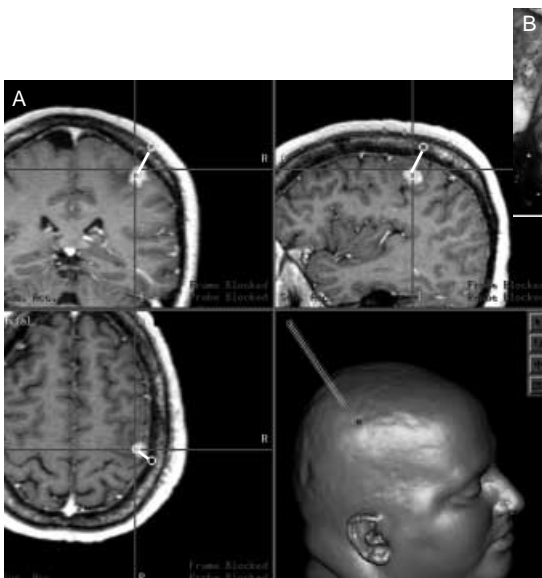
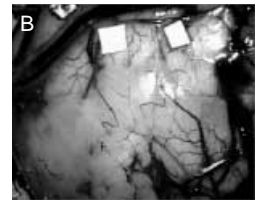


Figura 18. (A) Piccola lesione sottocorticale sotto l'area somatoestesica del pollice. (B) La stimolazione corticale nella figura A identifica una area sensitiva riguardante il pollice che ci costringe ad un approccio più diagonale per raggiungere una piccola lesione posta subito sotto la corteccia. (C) Si noti la differenza di pochi mm, che sono sufficienti per salvaguardare la funzione sensitiva (asterisco).

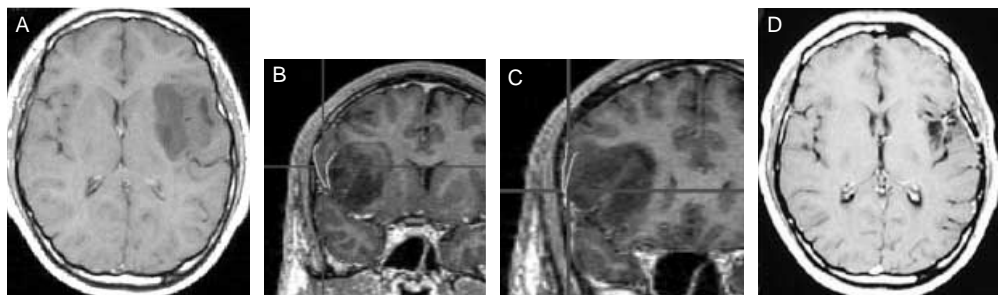


Figura 19. (A) Durante il mappaggio della parola possiamo avere un confronto di questa posizione con quella del tumore di basso grado sottostante evidenziando il migliore approccio possibile. (B) Il punto corrispondente all'area motoria della parola. (C) Rappresenta il punto di entrata chirurgico. Si noti in A l'effettivo maggiore spessore della corteccia che risulta essere comunque schiacciata. (D) Controllo post-operatorio.

per quanto stia già dando delle informazioni utili la coincidenza spaziale tra dato preoperatorio e quello intraoperatorio ottenuto con il mappaggio non raggiunge la precisione richiesta in neurochirurgia (Figure 16, 17, 18, 19).

Lesioni vascolari

Nelle malformazioni vascolari possiamo conoscere l'esatta posizione dei grossi vasi ed avere un'informazione sulla nostra posizione rispetto ai margini della lesione angiomatosa (Figura 20).

Shifting

In genere i sistemi hanno una tolleranza teorica strumentale sotto i due mm. In realtà una volta aperta la dura, già con il minimo di deliquorizzazione avviene uno

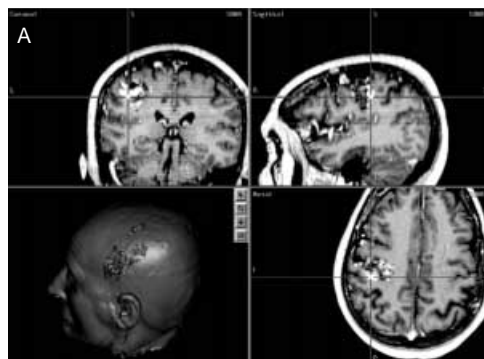
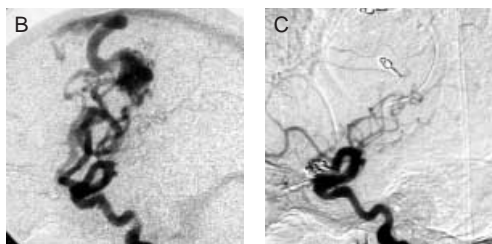


Figura 20. (A) Identificazione dei margini e dei grossi vasi. (B) Mappaggio intraoperatorio in prossimità di un tumore.



spostamento che altera la perfezione teorica iniziale. Va ricordato che generalmente si trattano lesioni espansive per cui l'errore millimetrico è abbastanza relativo.

Ci sono alcuni accorgimenti per mantenere delle informazioni efficaci durante l'intervento e pur non mantenendo la precisione millimetrica, si riesce conservare una serie di dati che possono comunque essere molto utili durante l'intervento.

Le lesioni dei nervi della base, del tronco encefalico, le lesioni della base ed anche le lesioni corticali in presenza di ventricoli ridotti subiscono spostamenti ridotti. È vero che in certe situazioni l'apparecchio può essere utilizzato solamente all'inizio dell'intervento, una volta però pianificato e poi impostato, all'inizio l'aiuto del navigatore risulta comunque significativo.

□ CONCLUSIONI

La metodica amplia di moltissimo le possibilità neurochirurgiche aumentando le indicazioni e modificando diversi principi di approcci chirurgici. Facilita l'apprendimento del neurochirurgo giovane, costringe a cercare delle informazioni funzionali delle aree chirurgiche e, risolvendo in gran parte il problema dell'orientamento anatomico, avvicina ulteriormente a quelli che sono i limiti biologici della chirurgia. È indubbio che, come il microscopio a suo tempo, il navigatore deve diventare un semplice strumento neurochirurgico.

Villiam Dallolio

Luigi Monolo

La neuronavigazione

Atti del Convegno Nazionale
sulla neuronavigazione

Lecco, 9-10 giugno 2000



NEW MAGAZINE EDIZIONI

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.

© Copyright 2001 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 - 38100 TRENTO

1a edizione 2001

ISBN 88-8041-046-6

Indice

- Presentazione pag. 7
L. Monolo
- Introduzione pag. 9
V. Dallolio
- La neuronavigazione pag. 11
V. Dallolio
- Il neuronavigatore in età neonatale pag. 15
A. Taborelli, V. Dallolio, L. Monolo, S. Puricelli, F. Davolio
- Uso combinato del sistema di neuronavigazione Vector Vision e del neuroendoscopio. Esperienza su 24 casi pag. 21
V. Dallolio, E. De Micheli, A. Taborelli, L. Monolo
- Nostra esperienza con neuronavigatore a braccio meccanico pag. 29
V.A. D'Angelo, L. Gorgoglione
- BrainLAB Vector Vision Square: nostra esperienza nella preparazione ed esecuzione delle procedure di neuronavigazione pag. 35
M. Boccardo, S. Telera
- Neuronavigazione pag. 51
M. Skrap, P.P. Janes, B. Zanotti, A. Cramaro

- Nuovo atlante digitale dei nuclei della base e del talamo dedicato alla chirurgia stereotassica dei disturbi del movimento
Sistema dinamico di apprendimento
A. Franzini, M. Pintucci, P. Ferroli, S. Genitrini, D. Levi, I. Dones, G. Broggi pag. 61

- Impianto di elettrodi per la stimolazione cronica del talamo con l'ausilio di sistema di neuronavigazione Vector Vision BrainLAB nel trattamento del tremore parkinsoniano
A. Lavano, G. Volpentesta, A.N. Iannello, G. Donato, D. Chirchiglia, C. Stroschio, M. Sibille, G. Zofrea, G. Ferraro, C. Veltri, M. Aloisi, C.D. Signorelli pag. 75

- La neuronavigazione spinale: nostra esperienza
A. Lavano, G. Volpentesta, A.N. Iannello, G. Donato, D. Chirchiglia, C. Stroschio, M. Sibille, G. Zofrea, G. Ferraro, C. Veltri, M. Aloisi, C.D. Signorelli pag. 83

- Experiences in computer assisted spinal surgery
U. März, J. Mehrkens, A. Muacevic pag. 87

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

Finito di stampare
nel mese di giugno 2001
con i tipi della Nuove Arti Grafiche Scarl "Artigianelli"
Piazza Fiera 4 - 38100 TRENTO
per conto della
new MAGAZINE edizioni
via dei Mille, 69 - 38100 TRENTO
PRINTED IN ITALY