

Přední epileptochirurgické centrum v Miláně používá stereotaktický robotický systém *neuromate*® Frameless Gen II k implantaci intracerebrálních elektrod

Neurochirurgové v chirurgickém centru Claudia Munariho pro epilepsii a Parkinsonovu chorobu při nemocnici Niguarda v Miláně v Itálii používají stereotaktický systém Renishaw neuromate® při zákrocích SEEG k definování epileptogenní zóny a zvyšují tak přesnost za současného zkrácení doby zákroku s velice nízkým výskytem komplikací.

Dr. Francesco Cardinale by rád dále rozšířil svou robotickou stereotaktickou techniku vycházející z klasické Talairachovy metodologie. „Chirurgie byla dlouho považována za krajní možnost léčby poté, co bylo u pacientů neúspěšně testováno několik kombinací antiepileptik v průběhu mnoha let. Pokud však u konkrétního pacienta budou neúčinné nebo netolerované dva léky, pravděpodobnost, že bude účinný třetí přípravek, je nižší než 5% ¹. V náhodně vybraných kontrolovaných klinických hodnoceních bylo již dávno prokázáno, že chirurgie je lepší variantou než farmakoterapie z hlediska klinických a psychosociálních výstupů ², o ekonomickém a sociálním dopadu chronického onemocnění nemluvě. Není už čas, aby se chirurgie stala časnou alternativou, zvláště u malých dětí, u kterých se vyskytne negativní reakce na jedno nebo dvě antiepileptika?“

Epilepsie

Epilepsie je onemocnění charakterizované nekontrolovanými elektrickými výboji v mozku, které postihuje až 1% populace. Jedná se o druhou nejčastější příčinu mentálních poruch ². Onemocnění často začíná v dětství a u třetiny pacientů nelze dosáhnout adekvátní kompenzace pomocí farmakoterapie ¹. Děti, u kterých nelze dosáhnout pomocí farmakoterapie adekvátní kompenzace onemocnění, trpí na invalidizující příznaky onemocnění, závažné nežádoucí účinky léků, které spolu se sociální stigmatizací představují závažné překážky znemožňující nezávislý a uspokojivý život. Dospělí, kteří byli celý život omezováni závažným onemocněním, často již nezvládnou dohnat ztráty v psycho-sociálním vývoji, i když se podaří zbavit je záchvatů. Kromě toho je mozek malých dětí velice přizpůsobivý, takže funkční oblasti poškozené chirurgickým zákrokem se často znovu rozvinou v jiné části mozku ³. Ze všech těchto důvodů je vhodné epileptochirurgický výkon zvažovat co nejrychleji ³.



Dr. Cardinale používá systém *neuromate*® během zákroku SEEG

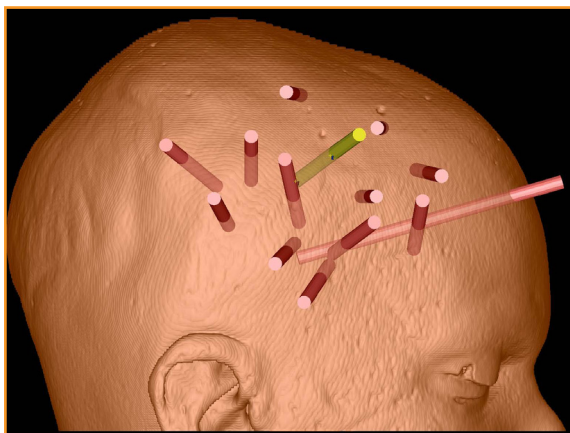
Neinvazivní vyšetření

Do strany kontralaterální k místu, kde bylo onemocnění nejdříve diagnostikováno, se zavádí pět záznamových elektrod. Jsou rozloženy do kříže, centrální elektroda sleduje plánovanou trajektorii a další čtyři elektrody leží 2 mm od středového bodu. Vnější plášť každého implantátu má na hrotu makroelektrodový kontakt a uvnitř se nachází posuvná vnitřní elektroda s mikroelektrodovým kontaktem na konci.

Hloubková implantace elektrod

U zbývající třetiny pacientů je nutné provést intracerebrální záznam, na jehož základě bude možné stanovit epileptogenní zónu (EZ). Stereoencefalografie (SEEG) je stereotaktický výkon, při kterém se zavádí záznamové elektrody přímo do mozkových struktur se strategií vyšetření upravenou na základě neinvazivních analýz na míru potřebám pacienta. Hluboko do mozku se zavede až 20 elektrod, každá s až 18 elektrickými kontakty po celé své délce. Pomocí nich provedou lékaři elektrofyziologický záznam s nebyvalou prostorovou hustotou a přesností. Retrospektivní analýza 81 implantací elektrod s robotickým stereotaktickým systémem *neuromate*^{*} prokázala mediánovou přesnost aplikace 0,78 mm ⁴.

Jelikož je mozek a hlavně kortex hustě protkán krevními cévami, plánování na základě obrazové dokumentace a přesná implantace vycházející z přesné vizualizace cév jsou pro postup zcela zásadní. Kombinace stabilní robotické platformy *neuromate*^{*} vedené chirurgem pomocí pokročilého chirurgického plánovacího softwaru poskytuje efektivnější techniku pro zavádění většího množství hloubkových elektrod ⁵.



Chirurgický plánovací software zobrazující vektory cíle hloubkových elektrod

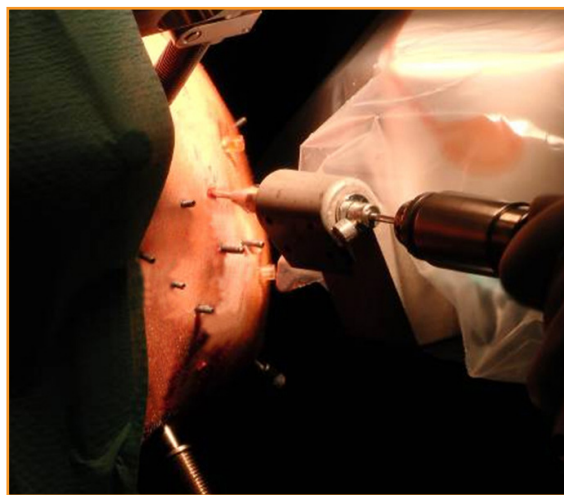
Nízký výskyt komplikací

Dr. Massimo Cossu, neurochirurg, uvádí: „Ze série 400 případů s více než 5 500 elektrodami jsme měli dva suspektní případy infekce na MR. Pacienti byli vyléčeni. Výskyt intracerebrálního krvácení je nižší než 1% a neobjevil se žádný případ edému mozku. Celkový výskyt komplikací je 5,4% ve srovnání s 20% výskytem komplikací u subdurálních elektrod ^{5, 6}“. Dr. Cardinale připisuje velmi nízkou frekvenci krvácivých komplikací pečlivému plánování dle potřeb každého pacienta vycházejícího ze zobrazovacích technik s vysokým rozlišením a vysoké geometrické přesnosti robota *neuromate*^{*}. Dr. Cossu připisuje velmi nízkou frekvenci infekcí minimálně invazivnímu perkutánnímu přístupu.

Chirurgický zákrok

Robot *neuromate*^{*} umožňuje přesné uložení držáku nástroje v předem naplánované trajektorii a specifikované vzdálenosti od lebky pacienta a cíle v mozku. Chirurg provede přes kůži návrh o hloubce odpovídající síle lebeční kosti. Pomocí monopolárního koagulatoru se provede koagulace dura mater a operatér získá otvor v ochranné membráně obklopující mozek. Chirurg zavede do návrhu pomocí robotického vodiče dutý šroub a za několik sekund tak zajistí přesné zarovnání s plánovanou trajektorií. Robot se poté přesune do další polohy k zavedení dalšího šroubu.

V druhé fázi chirurgického výkonu zavede chirurg elektrody SEED přes vodičí šrouby. Nejdříve zavede a vytáhne rigidní mandrén a vytvoří jím tak prostor v mozkovém parenchymu. Následně se zavádí semirigidní elektroda (Microdeep Intracerebral Electrodes – D08[®], Depth Electrodes Range 2069[®]). K dispozici jsou různé modely elektrod s širokým spektrem délek a počtu kontaktů. Celý proces probíhá pod 2D RTG kontrolou zajišťovanou systémem O-arm[®]. Video-SEEG monitorování trvá 5 až 15 dnů. 90% pacientů, kteří podstoupí SEEG, absolvuje následně chirurgickou léčbu.



neuromate^{*} při přesném a rychlém uložení vodiče vrtáku

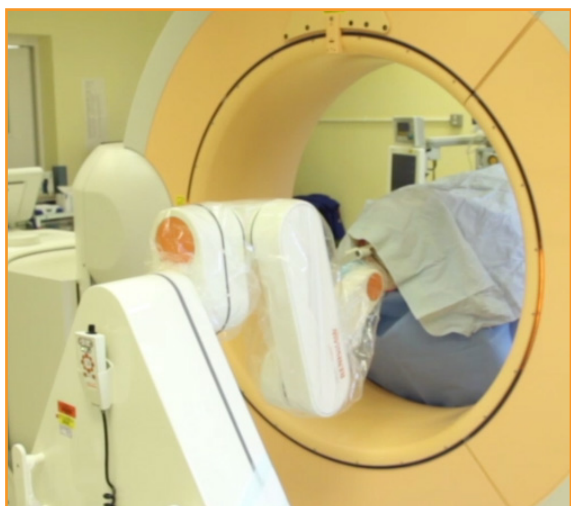
Nedávný výkon

Při nedávném výkonu u 8letého dítěte ⁹, který vedli dr. Cardinale a dr. Cossu, odhalilo neinvazivní vyšetření malou potenciálně epileptogenní lézi (nodulus heterotopické šedé hmoty) uložený nad pravou insulou. Interdisciplinární hodnotící tým naplánoval vyšetření SEEG, jehož cílem bylo potvrdit epileptogenní roli léze a okolního kortexu a stanovit její vztah s vysoce rizikovými strukturami jako je insulární a primární motorický kortex a kortikospinální trakt.

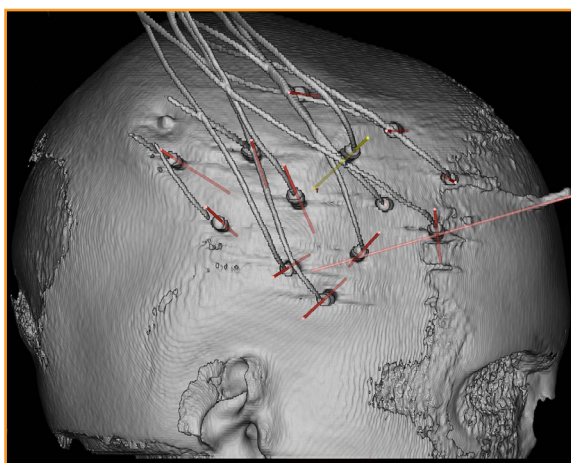
Plánování

Dr. Cardinale provedl koregistraci kombinace několika obrazových souborů. 3D rotační angiografie poskytla informace o kostních a cévních strukturách s vysokým rozlišením, různé modality MR vizualizovaly parenchymové struktury. Chirurg stanovil trajektorie zavádění elektrod vyhýbající se cévám. Tyto kroky zobrazování a plánování proběhly ve značném předstihu před chirurgickým výkonem. Pacient nebyl omezován připojenými stereotaktickými rámy nebo základními značkami.

V den chirurgického zákroku byl pacientovi v celkové anestezii nasazen na hlavu Talairachův stereotaktický rám připojený na základnu robota *neuromate** a peroperační zobrazovací zařízení O-arm® bylo přesunuto do polohy okolo hlavy pacienta. Limitované zorné pole 3D systému O-arm® neumožňuje používat velké 3D rámové lokalizátory. Používají se tudíž 2D lokalizátory a rameno O-arm® provede 2 ortogonální projekční snímky ve 2D. K tomuto účelu byly na lebku připojeny 4 základní značky (Cranial Marker System®) s následnou vizualizací na snímcích 2D a 3D, které umožní koregistraci těchto 2D skenů s 3D plánovacími soubory.



*neuromate** propojený se zobrazovacím systémem Medtronic O-arm®



Zavedené elektrody vizualizované chirurgickým plánovacím softwarem

Pooperační péče

Po stereotaktické implantaci elektrod provedl chirurgický tým ihned na operačním sále pooperační kontrolu na 3D snímcích systému O-arm® koregistrovaných k předoperačním anatomickým údajům MR. Na základě těchto měření bylo možné přesně lokalizovat informace na jednotlivých kontaktech elektrod SEEG. Následně proběhla kontrola správné funkce elektrod, aby bylo možné v případě selhání zařízení ihned vyměnit. Naměřené křivky SEEG potvrdily uložení jednotlivých kontaktů do šedé hmoty, bílé hmoty nebo mozkomíšního moku.

Další den byl pacient přeložen do místnosti k monitorování video-EEG, kde byl neustále sledován po dobu 9 dnů. Video a elektrofyziologické monitorovací systémy zaznamenaly několik záchvatů a na tomto základě bylo možné uspokojivě zhodnotit původ a vzorec šíření záchvatové aktivity. Elektrofyziolog také použil elektrickou stimulaci přes implantované elektrody a dokončil tak definici ET a mapování mozkové aktivity.

SEEG jako nástroj léčby v dobře zvolených případech

V některých vybraných případech použil dr. Cardinale techniku použitou poprvé v Lyonu ⁷. V tomto případě byl identifikován vhodný pacient a před odstraněním elektrod provedl chirurgický tým radiofrekvenční tepelnou lézi heterotopického nodulu přes intralezionální elektrody. Dítě je 28 měsíců po léčebném zákroku nadále bez záchvatů.

Dva pacienti léčení touto technikou radiofrekvenčních tepelných lézí jsou nadále bez záchvatů, a to i po dlouhém následném sledování. V obou případech byla koagulovaná léze velmi malá, potvrzená radiologicky jako nodulární heterotopie šedé hmoty. Monitorování SEEG prokázalo důležitou roli nodulů jako zóny rozvoje iktu.

Údaje z těchto případů nebyly publikovány.

Léčba po monitorování SEEG

Pacienti, u kterých není tepelná lezionální léčba vhodná nebo u kterých se záchvaty po použití této metody stále vrací, podstoupí mikrochirurgickou resekci s cílem odstranit epileptogenní zónu neuronavigací založenou na snímcích MR ⁵.

POZNÁMKA: Stereotaktický robot *neuromate** disponuje označením CE a je schválen pro prodej v USA.

Literatura

- (1) Kwan P, Brodie MJ. Early identification of refractory epilepsy. The New England journal of medicine. 2000;342(5):314-9.
- (2) Wiebe S, Blume WT, Girvin JP, Eliasziw M. A randomized controlled trial of surgery for temporal-lobe epilepsy. The New England journal of medicine. 2001;345(5):311-8.
- (3) Loddenkemper T, Holland KD, Stanford LD, et al. Developmental outcome after epilepsy surgery in infancy. Pediatrics. 2007;119(5):930-5.
- (4) Cardinale F, Cossu M, Castana L, Casaceli G, Schiariti MP, Miserocchi A, Fuschillo D, Moscato A, Caborni C, Arnulfo G, Lo Russo G. Stereoelectroencephalography: Surgical Methodology, Safety, and Stereotactic Application Accuracy in 500 Procedures. Neurosurgery 2013;72(3):353-366.
- (5) Cossu M, Cardinale F, Castana L, et al. Stereoelectroencephalography in the presurgical evaluation of focal epilepsy: a retrospective analysis of 215 procedures. Neurosurgery. 2005;57(4):706-18.
- (6) Hamer HM, Morris HH, Mascha EJ, et al. Complications of invasive video-SEEG monitoring with subdural grid electrodes. Neurology. 2002;58(1):97-103.
- (7) Guénou M, Isnard J, Ryvlin P, et al. SEEG-guided RF thermocoagulation of epileptic foci: feasibility, safety, and preliminary results. Epilepsia. 2004;45(11):1368-74.
- (8) Cossu M, Schiariti M, Francione S, Fuschillo D, Gozzo F, Nobili L, Cardinale F, Castana L and Lo Russo, G. Stereoelectroencephalography in the presurgical evaluation of focal epilepsy in infancy and early childhood. Journal of neurosurgery. Pediatrics 2012;9(3):290-300.
- (9) Cossu M, et al. Stereo-EEG-guided radio-frequency thermocoagulations of epileptogenic grey-matter nodular heterotopy. J Neurol Neurosurg Psychiatry 2013; [Epub]. doi:10.1136/jnnp-2013-305514.

Ochranné známky

* V USA je systém *neuromate*® znám jako stereotaktický robot *neuromate*® Frameless Gen II.

Intracerebrální elektrody Microdeep – D08® je registrovaná ochranná známka společnosti DIXI Microtechniques SAS.

Depth Electrodes Range 2069® je registrovaná ochranná známka společnosti Alcis.

O-arm® je registrovaná ochranná známka společnosti Medtronic Inc.

Cranial Marker System® je registrovaná ochranná známka společnosti Leibinger.

**Informace o kontaktech po celém světě získáte na adrese
www.renishaw.cz/kontakt**