

Das trepanações pré-históricas à neuronavegação: evolução histórica das contribuições da neuroanatomia e das técnicas de neuroimagem à prática neurocirúrgica

Guilherme Carvalhal Ribas¹

Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), Brasil

RESUMO

Em forma de revisão, o presente artigo trata do histórico das contribuições da neuroanatomia e dos métodos de neuroimagem à prática neurocirúrgica. Destaca, em particular, a evolução histórica do conhecimento neuroanatômico a respeito da superfície cerebral e das correlações topográficas cranioencefálicas, o advento da microneurocirurgia e as recentes contribuições da ressonância magnética.

PALAVRAS-CHAVE

História da neurocirurgia. Neuroanatomia.

ABSTRACT

From the pre-historical trepanations to the neuronavigation systems: historical aspects of neuroanatomical and of neuroimaging contributions to the neurosurgical practice

This article reviews the history of neuroanatomical and of neuroimaging contributions to the neurosurgical practice, highlighting particularly the historical aspects of the cerebral surface knowledge development, of the cranial-cerebral topographic correlations, of the advent of microneurosurgery, and of the recent magnetic resonance imaging contributions.

KEY WORDS

History of neurosurgery. Neuroanatomy.

Estudos arqueológicos e antropológicos sugerem que, desde os primórdios, o homem relaciona a cabeça e o conteúdo intracraniano com funções particularmente importantes, que variam desde a manutenção da vida e a viabilização de atividades motoras e percepções sensitivas e sensoriais até funções de ordem mística ou mesmo mágica¹⁰.

Essas noções geraram, através dos tempos, diferentes tentativas de aplicações práticas, principalmente de ordem mística e terapêutica, entre as quais se destaca a realização de perfurações cranianas. Dada a sua frequência e sistematização em diversas civilizações pré-históricas, a simples perfuração craniana, denominada trepanação, e sua abertura mais ampla, denominada

craniectomia, possivelmente constituem os atos cirúrgicos mais antigos da humanidade. A observação de regeneração óssea encontrada nas bordas desses crânios indica que muitos desses indivíduos sobreviveram por períodos longos após esses procedimentos, não tendo, portanto, falecido em decorrência desses procedimentos primitivos^{10,20,21}.

A documentação mais antiga e segura desse tipo de procedimento diz respeito a crânios do período neolítico (cerca de até 10.000 anos) encontrados no continente europeu. Entre as diversas civilizações pré-históricas, as que mais realizaram perfurações cranianas foram as andinas pré-colombianas cujos crânios operados datam de até 2 a 3 mil anos. Entre essas, destacam-se

¹ Professor Livre-Docente e Coordenador do Setor de Neuroanatomia Aplicada da Disciplina de Topografia Estrutural Humana do Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), São Paulo, SP.

as civilizações pré-incaicas e incaicas que habitaram a região de Cuzco, no Peru, das quais foram documentados mais de 10 mil crânios com uma ou com múltiplas trepanações, com índice de sobrevivência estimado entre 60% e 80%¹⁰.

As culturas mais antigas, provavelmente, indicavam tais procedimentos para pessoas com fortes dores de cabeça, que apresentassem convulsões ou alterações mentais, para causas relacionadas com traumatismos cranianos e, possivelmente, para diferentes situações de caráter místico. Do ponto de vista operatório, é interessante observar que as trepanações realizadas pelos incas sugerem que possuíam conhecimento anatômico topográfico do crânio, uma vez que remoções ósseas extensas e bilaterais eram freqüentemente realizadas com a preservação da porção óssea mediana que cobre o seio sagital superior, importante via de drenagem venosa dos hemisférios cerebrais¹¹.

As civilizações mais antigas não deixaram maiores contribuições no campo da neuroanatomia, sendo apenas interessante apontar que, para os egípcios, mesopotâmicos, judeus, indianos e chineses, o órgão que abrigava a alma e que, portanto, revestia-se de maior importância era o coração e não o cérebro. A antiga civilização indiana parece ter sido particularmente desenvolvida no campo cirúrgico a julgar pelos seus instrumentos da época, que permitiam a dissecação de seres humanos, mas também não deixou um legado anatômico em particular. A antiga medicina chinesa foi muito complexa, ligada principalmente às noções metafísicas, e não permitia dissecações^{10,21}.

A medicina da cultura grega iniciou-se com base, principalmente, em conceitos muito subjetivos propostos pelos seus filósofos mais antigos, até que Hipócrates (460-370 a.C.), considerado o “Pai da Medicina”, viesse a formular o famoso *Corpus Hipocraticum*, constituído por conceitos médicos já mais objetivos, racionais e práticos. Em relação ao cérebro, Hipócrates enfatizou a sua importância como sede de toda a vida mental e, inclusive, como órgão que originava convulsões. No entanto, no seu tempo, as dissecações não eram permitidas nem em animais, o que bloqueou o desenvolvimento de maiores conhecimentos anatômicos²¹.

Dissecações humanas sistemáticas começaram a ser realizadas apenas em torno do ano 300 a.C. em Alexandria, Egito, que na época era uma cidade grega particularmente desenvolvida do ponto de vista cultural, já possuindo escolas, bibliotecas e museus para ensino²¹.

Em Alexandria, destacaram-se os anatomistas Herophilus (335-280 a.C.), seguidor devoto de Hipócrates e considerado o “Pai da Anatomia”, e Erasistratus (cerca de 310-250 a.C.). Segundo Celsus (25 a.C. a 50 d.C.), ambos chegaram a dissecar inclusive criminosos

vivos, sacrificados por meio dessa prática. Esses dois anatomistas tiveram interesse particular pelo sistema nervoso. Herophilus estudou o cérebro, o cerebelo e os ventrículos, distinguiu nervos sensitivos de motores e ficou particularmente conhecido pela descrição da tórula que une os seios venosos sagital, reto e transversos, que atualmente levam o seu nome. Erasistratus, por sua vez, dedicou-se principalmente aos estudos comparativos entre diferentes espécies da superfície cerebral e do cerebelo, já correlacionando a complexidade dos giros cerebrais com o intelecto^{10,21}.

Paralelamente a essas descrições neuroanatômicas, os famosos filósofos gregos dessa época discutiam as possíveis relações entre a alma e o intelecto. Platão (cerca de 429-348 a.C.) e Demócrito (cerca de 460-370 a.C.), contemporâneos de Hipócrates, acreditavam que a alma possuía três partes: a primeira se situava na cabeça e se relacionava com o intelecto, a segunda habitava o coração e se relacionava com os sentimentos de raiva, medo, orgulho e coragem, e a terceira parte se localizava no fígado e era responsável pelos sentimentos de luxúria, desejo e outras paixões consideradas inferiores. Aristóteles (384-322 a.C.), discípulo de Platão e o maior dos filósofos gregos ditos naturais, por sua vez, adotava a teoria mais antiga denominada de cardiocêntrica, ao acreditar que as funções intelectuais e perceptuais relacionavam-se com o coração, uma vez que esse era sentido como quente, enquanto o cérebro era sentido como frio, ou seja, o cérebro servia para regular o calor das paixões do coração^{10,21}.

Apesar da importância da cultura grega, a contribuição anatômica mais conhecida da Antiguidade clássica foi produzida, em Roma, por Galeno (130-200). Nasceu na Grécia, Galeno estudou anatomia em Alexandria, retornou à sua cidade natal, Pergamon, onde foi cirurgia de gladiadores, e, depois de várias viagens, fixou-se em Roma, local em que passou a maior parte da sua vida como médico da corte de vários imperadores. Suas dissecações foram feitas, principalmente, em animais, o que em parte explica a impropriedade de algumas das suas conclusões da época. Apesar do seu conhecido respeito e admiração por Aristóteles, Galeno enfatizava a maior importância do cérebro, mas não relacionava os seus giros com o intelecto, como já sugerido por Erasistratus. Da sua obra, destaca-se a descrição da cadeia simpática e dos gânglios autonômicos^{10,21}.

Os cerca de mil anos da Idade Média, do século IV ao século XIV, foram sabidamente pobres no que diz respeito a desenvolvimentos científicos em geral. Embora tendo tido as contribuições de Avicena (980-1037) no mundo árabe, que é considerado por alguns autores como tendo sido o primeiro autor a ilustrar o cérebro humano em torno do ano 1000³⁰, e as contribuições de Mundino dei Luzzi, que aparentemente realizou as

primeiras disseções humanas no continente europeu em torno de 1316³⁰, os estudos anatômicos foram muito limitados em consequência particularmente da proibição dessa prática.

Ao longo da Renascença, com maior liberalidade para a realização de dissecações de cadáveres, ocorreu um grande desenvolvimento do conhecimento anatômico em geral, merecendo destaque a monumental obra de Andreas Vesalius (1514-1564) *De Humani Corpori Fabrica*, publicada em 1543²⁹, as ilustrações do próprio Leonardo da Vinci (1472-1519), que chegou a dissecar cerca de 300 cadáveres e que estudou em particular os ventrículos encefálicos⁹, e as ilustrações de Julius Casserius (cerca de 1545-1616), que representou as circunvoluções cerebrais à semelhança do intestino delgado³⁰.

Tendo como base os novos conhecimentos anatômicos da época, Ambroise Paré (1510-1590) estabeleceu os fundamentos básicos da cirurgia em geral e, em relação à cirurgia craniana em particular, chegou a desenhar uma série de trépanos¹⁶.

A seguir, o conhecimento neuroanatômico desenvolveu-se ao nível da descrição minuciosa de detalhes morfológicos ao longo dos séculos XVII, XVIII e XIX, principalmente por causa das contribuições das escolas anatômicas italiana, francesa e alemã.

Franciscus de la Bõe (1614-1672), também conhecido como Sylvius, descreveu o sulco lateral e outras estruturas que também receberam o seu nome¹⁰; Raymond Vieussens (1644-1716) descreveu o centro semioval^{10,30} na sua *Neurographia Universalis*, editada em 1690³⁵; Godefroid Bidloo ilustrou claramente o sulco central em seu Atlas de 1685³⁰; Felix Vicq d' Azyr (1748-1794), famoso pela descrição do trato mamilotalâmico, também descreveu os giros pré e pós-centrais e cunhou o termo *unco*³⁰; Johann Christian Reil (1759-1813) descreveu com maiores detalhes a ínsula já previamente descrita por Bartholin em 1641^{10,30}; e Herbert Mayo, aluno do famoso anatomista e cirurgião Charles Bell (1774-1842), publicou, em 1827, ilustrações descrevendo a coroa radiada e a cápsula interna, entre outros tratos³³.

Apesar de os termos hemisférios e lobos cerebrais já terem sido propostos no século XVII por Thomas Willis (1621-1675), coube ao anatomista italiano Luigi Rolando (1773-1831), no seu texto *Della Struttura degli Emisferi Cerebrali*, publicado em 1829 (Rolando L: *Della Struttura degli Emisferi Cerebrali*. Memorie de Regia Accademia delle Scienze di Torino, 1829; apud Türe e cols.³³), ser o primeiro autor a ilustrar, com acurácia, os sulcos e os giros cerebrais, incluindo o sulco central que posteriormente recebeu o seu nome^{10,19}.

Os termos frontal, parietal e occipital, referentes aos ossos da convexidade craniana, foram inicialmente utilizados também como denominações de regiões

cerebrais pelo anatomista alemão Friedrich Arnold (1803-1890). No entanto, conforme mencionado em seu tratado de anatomia, publicado em 1851, Arnold acreditava não haver qualquer ordem na disposição dos giros cerebrais, reconhecendo como sulcos constantes apenas a fissura silviana e o sulco parietoccipital, então denominado de fissura occipital interna, e admitindo que o lobo temporal fosse extensão do lobo occipital (citado em Broca⁴).

Segundo Broca, foi Louis Pierre Gratiolet (1815-1865), que teve como mestre e colaborador François Leuret (1797-1851), quem primeiro observou haver uma real organização na “aparente disposição caótica das circunvoluções cerebrais humanas”. Gratiolet utilizou os termos inicialmente empregados por Arnold e descreveu que cada hemisfério é constituído por cinco lobos: frontal, parietal, occipital, temporal e ínsula. Além da descrição da radiação óptica que leva o seu nome, foi também esse anatomista quem cunhou o elegante e clássico termo *plis de passage*, alusivo às conexões existentes entre giros adjacentes, e descreveu com mais detalhes os sulcos cerebrais, distinguindo-os conforme o seu aparecimento ao longo da filogênese (citado em Broca⁴).

Ao reconhecer a existência de uma organização básica, que rege a disposição anatômica dos sulcos e dos giros cerebrais, e propor a divisão dos hemisférios em lobos, conforme as suas respectivas relações topográficas com os ossos da calota craniana, Gratiolet foi também o primeiro a considerar as relações topográficas eventualmente existentes entre os sulcos e giros e as suturas cranianas. Nesse sentido, Gratiolet chamou a atenção para a relação aproximada que existe entre a sutura coronal e o sulco central, ou de Rolando, e para a relação mais estreita existente entre a sutura lambdóidea e a fissura occipital externa, extensão do sulco parietoccipital na superfície cerebral externa (citado em Broca⁴).

Gratiolet inicialmente considerou o giro pré-central, então denominado de “primeira prega ascendente”, como pertencente ao lobo parietal, conforme sua publicação *Sobre as Pregas Cerebrais do Homem e dos Primatas* de 1854 (Gratiolet LP: *Memoire sur les plis cérébraux de l'homme et des primates*. Paris, Bertrand, 1854, apud Tamraz e Comair³⁰), vindo apenas posteriormente a situá-la no lobo frontal, por ocasião da publicação do segundo volume de sua obra *Anatomia Comparada do Sistema Nervoso*, realizada em conjunto com o anatomista Leuret em 1857 (citado em Broca, 1876⁴). Em relação aos giros pré e pós-central, é também interessante mencionar que o anatomista alemão Bischoff denominou-os de “circunvoluções centrais anterior e posterior” em 1868 (citado em Broca⁴), já sugerindo, portanto, agrupar separadamente esses dois

giros, assim como também foi sugerido por Taylor, em 1900³¹, o que constitui uma noção correspondente à proposição atual de que, dadas as suas bem definidas correlações anatômicas e funcionais, esses giros devem compor um lobo separado denominado lobo central^{27,44}.

O conhecimento das correlações entre as estruturas nervosas e suas respectivas funções neurofisiológicas só veio a ser desenvolvido a partir da segunda metade do século XIX, e os pioneiros da localização das funções corticais cerebrais foram indubitavelmente Pierre Paul Broca (1824-1880), na França, e John Hughlings Jackson (1835-1911), na Inglaterra¹⁰.

Antropologista, anatomista, neurologista e cirurgião, Broca baseou-se inicialmente no conhecimento anatômico disponível na época, tendo sido particularmente motivado e influenciado pelas já mencionadas descrições de Gratiolet^{4,33}, e tornou-se o introdutor do conceito de localização cerebral¹⁹. Como destaque da sua obra, Broca⁴ descreveu em 1861 a localização da área cerebral responsável pela articulação da linguagem, situando-a na “porção posterior da terceira circunvolução frontal, adjacente à fissura de Sylvius”, tendo-se baseado nos achados anatomopatológicos do cérebro de um paciente de nome Leborgue, previamente por ele examinado em vida, que apresentava quadro de afasia motora associada à hemiplegia direita. É interessante mencionar que, somente após dois anos, Broca notou que esse tipo de acometimento relacionava-se particularmente com o lado esquerdo do cérebro¹⁰ e veio a tratar mais claramente dessa questão apenas em 1865¹⁰.

Hughlings Jackson, por sua vez, sugeriu na mesma época a existência de uma área cortical motora com base em observações clínicas de pacientes epiléticos. Na Alemanha, Gustav Fritsch e Edward Hitzig, em 1870, comprovaram experimentalmente em cachorros as concepções de Jackson, ao demonstrarem que tanto as funções motoras como as sensitivas relacionam-se com o córtex cerebral. Logo a seguir experimentos em animais foram expandidos por David Ferrier na Inglaterra que, em 1886, mapeou detalhadamente o córtex sensitivo-motor do macaco. A partir do controle da técnica de estimulação cortical, vários outros autores desenvolveram verdadeiros mapas topográficos do córtex, entre os quais se destacam os de Grünbaum e Sherrington, de 1903, feitos baseados em estudos em macacos, e o primeiro mapa topográfico cortical humano desenvolvido pelo alemão Fedor Krause, em 1911¹⁰.

O conhecimento das localizações das principais funções nervosas corticais passou a permitir a realização de correlações anatomoclínicas, mas a inexistência de exames de imagens que demonstrassem a localização precisa de lesões intracranianas, potencialmente cirúrgicas, em relação à superfície craniana, gerou ao longo

da segunda metade do século XIX estudos de anatomia topográfica cranioencefálica que visavam correlacionar a localização das áreas cerebrais de funções recentemente descobertas com pontos de reparo da superfície craniana, de forma a permitir a projeção estimada de lesões encefálicas na superfície do crânio a partir de suas conseqüentes alterações neurológicas.

Broca foi também o pioneiro desses estudos, tendo comunicado, em 1861, à Sociedade Anatômica de Paris os resultados do seu primeiro estudo de correlações topográficas craniocerebrais realizado em 11 cadáveres de adultos do sexo masculino, que foi publicado no mesmo ano⁵. Para a sua realização, Broca introduziu pinos de madeira através de perfurações cranianas estrategicamente situadas e, a seguir, examinou detalhadamente as suas localizações nos respectivos cérebros retirados à autópsia. Nesse seu primeiro trabalho, destacam-se as observações de que a “fissura occipital coincide com a sutura lambdóidea, ou se situa imediatamente à sua frente” e de que “a extremidade superior da fissura de Rolando se situa entre 40 e 52 milímetros posteriormente ao bregma”, contrariando e corrigindo os achados prévios de Gratiolet, que a situavam sob o bregma (citado em Broca⁴).

Em 1876, Broca publicou o trabalho *Sobre a Topografia Craniocerebral*⁴, que constitui uma verdadeira monografia sobre o assunto, na qual menciona seus estudos sobre o tema e compara seus achados com os de outros autores da época. Nesse texto, Broca já distingue os sulcos das fissuras, classifica os sulcos em primários e secundários ou acessórios, conforme suas maiores ou menores constâncias anatômicas, e reconhece como fissuras apenas a fissura de Rolando, que corresponde ao sulco central, a fissura lateral de Sylvius e a fissura occipital externa que corresponde à emergência do sulco occipital na convexidade. Além das correlações topográficas dessas fissuras, Broca estudou também as correlações de pontos craniométricos e das bossas frontal e parietal.

Concomitantemente com Broca, também estudaram os sulcos e giros nessa época Alexander Ecker, que nomeou os sulcos orbital, pré-central, parietoccipital e occipital transverso, em 1869³⁰, e William Turner (1832-1916), cujo nome se tornou epônimo do sulco intraparietal¹⁹.

Os métodos de correlação topográfica cranioencefálica que foram estudados e propostos a seguir, ao longo da época de transição entre os séculos XIX e XX, basearam-se, principalmente, no estabelecimento de medidas ao longo de linhas traçadas a partir de pontos cranianos de fácil identificação e visavam particularmente às aplicações clínico-cirúrgicas.

Entre esses métodos, destacam-se na literatura francesa os propostos por Championniere, Poirier, Le

Fort e Chipault³², e na literatura alemã os de Krönlein (Krönlein RU: *Topographie crânio cérebro*. V. Bruns' Beitrage zur Keinishen Chirurgie, 1989, p. 364; apud Krause¹⁷, 1912) e de Kocher (Kocher ET: *Chirurgische operationslehre*. 5.ed. Iena: Gustav Fischer, 1907; apud Krause, 1912¹⁷). É interessante mencionar que Emil Thiodor Kocher (1841-1917) e Rudolf Ulrich Krönlein (1847-1910) foram ambos grandes cirurgiões suíços. Kocher chegou a ganhar o prêmio Nobel de Medicina e de Fisiologia, em 1909, em função de seus estudos sobre a fisiologia e a cirurgia da glândula tireóide, e Krönlein ficou particularmente conhecido por seus trabalhos a respeito de hérnias da parede abdominal¹.

Com o advento da radiologia, após a descoberta da radiação X por Wilhelm Konrad Röntgen (1845-1923) em 1895¹, os estudos de correlação passaram a se preocupar também em determinar coordenadas que permitissem a identificação das estruturas encefálicas sobre as imagens radiológicas simples do crânio então obtidas.

Entre os métodos com essa finalidade, cabe destacar o estudo intitulado "Relações radiográficas existentes entre os sulcos e giros cerebrais e suturas cranianas", realizado por P. Marie, Foix e Bertrand, em 1915, durante a I Guerra Mundial. Para a sua realização, os autores introduziram, em cadáveres, hastes metálicas através de perfurações cranianas feitas nos pontos a serem estudados, obtiveram imagens radiológicas simples e, a seguir, removeram os cérebros das caixas cranianas para estudar detalhadamente os locais atingidos pelas hastes metálicas. O estudo visava permitir a localização de estruturas encefálicas a partir da superposição de radiografias de pacientes sobre um esquema da superfície cerebral obtido com base nos resultados do estudo, e o seu texto menciona conclusões como "o centro de Broca se relaciona com o bordo superior do osso esfenoide", "o giro supramarginal se encontra acima da linha frontolambdoídea e deve ser determinado a partir do término da fissura silviana", e "a prega curva (giro angular) em geral também se dispõe acima da linha frontolambdoídea, 2 centímetros posteriormente ao término da fissura silviana, porém a uma distância bastante variável do lambda". Em relação aos ventrículos laterais, esses autores já apontaram "a relação dos cornos frontais com a sutura coronal" e com "as porções anteriores do vale silviano"³².

Ainda no que diz respeito às relações das suturas cranianas com os sulcos e giros cerebrais, é interessante observar que os livros-texto mais clássicos que se seguiram apresentam ilustrações pertinentes a essas relações, mas praticamente não as descrevem nos seus textos. Entre esses tratados e atlas que contêm belas ilustrações das relações existentes entre as suturas cranianas e a superfície cerebral, destacam-se o *Tratado*

de *Anatomia Topográfica* de Testut e Jacob³² (1932), cujas primeiras edições remontam ao início do século passado, o *Tratado de Anatomia Regional de Medicina e Cirurgia do Cérebro e da Medula Espinal* de Krause¹⁷ (1912), e o mais recente *Atlas de Anatomia Humana Topográfica e Aplicada* de Pernkoff²⁵ (1980), cuja primeira edição data de 1963. Os textos neurocirúrgicos publicados nas últimas décadas frequentemente mencionam as coordenadas mais clássicas e usuais, mas não chegam a tratar do assunto topografia cranioencefálica propriamente, com exceção do capítulo sobre técnica microneurocirúrgica escrito por Rhoton no *Tratado de Cirurgia Neurológica* editado por Youmans²⁶, no qual são mencionadas mais detalhadamente algumas dessas relações topográficas básicas.

Em relação à aplicação cirúrgica dos conhecimentos de topografia cranioencefálica, o próprio Broca relatou, em 1876, o tratamento cirúrgico de um paciente portador de um abscesso cerebral na área de linguagem, realizado por "uma trepanação feita 1,5 centímetro posteriormente à sutura coronal e 2 centímetros acima da fissura de Sylvius"³⁴, e com esse procedimento inaugurou a neurocirurgia moderna no sentido de que os procedimentos cirúrgicos passaram a ser primariamente dirigidos por conhecimentos de correlação clínico-topográfica, tornando-se, portanto, menos exploratórios¹².

Em 1879, William Macewen (1848-1924), cirurgião de Glasgow, Escócia, também tendo como base os mapas funcionais do córtex humano então recentemente desenvolvidos, operou com sucesso um jovem portador de um meningioma frontal responsável por convulsões focais motoras¹⁰.

No entanto, coube a Victor Horsley (1857-1916), cirurgião do National Hospital em Queens Square, Londres, vir a ser considerado o "Pai da Neurocirurgia"²¹. Horsley realizou com sucesso várias operações intracranianas, foi o primeiro cirurgião a remover com sucesso um tumor intramedular, em 1887, realizou vários trabalhos experimentais em animais, entre os quais se destaca o desenvolvimento do método estereotáxico em 1908⁸, e foi também um dos pioneiros em estimulação cortical transoperatória dos giros pré e pós-central em humanos, descrevendo, em torno de 1885, que a representação principal do córtex motor dispõe-se anteriormente ao sulco central¹⁰.

Apesar da significativa contribuição desses pioneiros aqui mencionados, o cirurgião de maior destaque no estabelecimento da neurocirurgia como especialidade foi o norte-americano Harvey Cushing (1869-1939) que, após breve treinamento com o próprio Victor Horsley em Londres, desenvolveu os pilares da prática neurocirúrgica nos Estados Unidos, com a proposição de várias técnicas e com o desenvolvimento de vasta casuística em diferentes áreas neurocirúrgicas¹⁰.

No que diz respeito à anatomia topográfica e funcional do cérebro, Cushing foi também um dos pioneiros da estimulação cortical, ao estimular a superfície cerebral de pacientes conscientes operados apenas com anestesia local e, assim, reproduzir auras e crises de pacientes epiléticos e mapear diferentes locais corticais relacionados com diferentes atividades motoras e sensações. Essas suas observações foram posteriormente confirmadas e particularmente descritas em detalhes por Wilder Penfield (1891-1976) em seus estudos transoperatórios de pacientes epiléticos no Instituto Neurológico de Montreal, que culminaram com o mapeamento pormenorizado dos córtices motor e sensitivo em 1937 (Penfield WG, Boldrey E: *Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation*. *Brain*. 60:389-443, 1937; apud Brodal, 1981⁶).

O passo inicial que veio permitir a localização operatória precisa de estruturas e lesões encefálicas superficiais e profundas com o auxílio de diferentes formas de instrumentação dirigida por coordenadas externas e que se constitui, inclusive, na base dos chamados métodos de neuronavegação – desenvolvidos mais recentemente – dirigida por imagens, foi o advento da estereotaxia.

O conceito de estereotaxia foi desenvolvido por Victor Horsley, em 1908, que, trabalhando em associação com o matemático e engenheiro R. H. Clark em experimentos que visavam à colocação de eletrodos em núcleos denteados de animais, acabou elaborando um método de localização com base em coordenadas tridimensionais relacionadas com referências cranianas externas. Dessa forma, Horsley e Clark desenvolveram o primeiro instrumento de estereotaxia e publicaram o primeiro atlas sobre o assunto, ambos pertinentes a coordenadas referentes a crânios de macacos *Rhesus*. O próprio termo estereotaxia (do grego *estereo*: espaço, e *taxia*: disposição, arranjo) foi cunhado por esses dois autores^{8,10}.

Com o advento da radiologia, os estudos de correlação passaram a se preocupar também em determinar coordenadas que permitissem a identificação das estruturas encefálicas sobre as imagens radiológicas simples do crânio. Entretanto, essas correlações não eram suficientemente precisas, principalmente no que diz respeito às estruturas mais profundas, razão pela qual tanto as correlações cranioencefálicas como as primeiras coordenadas estereotáxicas baseavam-se apenas em pontos de reparo cranianos externos.

Com o recurso da pneumoencefalografia, desenvolvida em 1918 por Walter Dandy, eminente neurocirurgião, discípulo de Cushing, obtida pela injeção de ar no espaço subaracnóideo, tornou-se possível a observação radiográfica da superfície encefálica e dos

seus ventrículos contrastados pelo ar, permitindo a localização radiológica individual e precisa de estruturas e de pontos de reparo encefálicos profundos, bem como a determinação indireta da topografia de lesões intracranianas a partir da análise das deformações e deslocamentos dos espaços líquóricos preenchidos por ar¹⁰. Outra contribuição de grande importância dessa época para a localização de estruturas encefálicas, e particularmente para o diagnóstico de lesões vasculares intracranianas, é a angiografia, desenvolvida pelo eminente neurologista português Egas Moniz em conjunto com o seu colaborador neurocirurgião Almeida Lima, em 1927¹⁰.

Com a pneumoencefalografia, os conceitos e o desenvolvimento inicial da técnica estereotáxica puderam ser mais bem elaborados para a sua aplicação prática e precisa em seres humanos. O primeiro sistema de estereotaxia para esse fim foi desenvolvido por E.A. Spiegel e H.T. Wycis, em 1947, e consistia de barras mensuradas e de cursores presos a um anel que, fixado em torno da cabeça do paciente, permitia a obtenção de coordenadas tridimensionais então sobrepostas a imagens pneumoencefalográficas. Os mesmos autores publicaram, em 1952, o primeiro atlas de coordenadas estereotáxicas do encéfalo humano e aplicaram o seu método para o tratamento de distúrbios do movimento, dores crônicas, afecções psiquiátricas e epilepsia⁸.

Ao longo da década de 1950, vários outros autores desenvolveram diversos sistemas e publicaram mais atlas estereotáxicos utilizando também imagens angiográficas e estimulações neurofisiológicas. Entre os atlas publicados, destacam-se o de Talairach e colaboradores, de 1957, e o de Talairach e Szikla, de 1967, que inclui a localização dos principais vasos, sulcos, giros e vias subcorticais intracranianas⁸.

A técnica estereotáxica veio também possibilitar o desenvolvimento da aplicação de radioterapia concentrada e limitada a um volume intracraniano bem preciso e delimitado, técnica idealizada por Lars Leksell e colaboradores, em 1951, denominada radioterapia estereotáxica e também conhecida como radiocirurgia.

Após cerca de meio século de prática, já como especialidade bem definida mundialmente, a neurocirurgia teve o seu mais importante avanço com o advento da microneurocirurgia, fruto das contribuições de M. Gazi Yasargil, neurocirurgião de origem turca que desenvolveu toda a sua obra em Zurique, Suíça.

O microscópio cirúrgico foi inicialmente utilizado pelo otorrinolaringologista William House em 1961 (apud Yasargil, 1999³⁹) e, logo a seguir, pelo neurocirurgião Theodore Kurze^{18,39}, respectivamente para o tratamento cirúrgico de neurinomas de acústico por via translabiríntica e pela fossa média. Após contato com as publicações desses dois autores, Yasargil começou a

utilizá-lo, em 1963, e após estágio e treinamento laboratorial em técnicas microcirúrgicas, sob a orientação de R. M. Peardon Donaghy, neurocirurgião também pioneiro em microcirurgia, em Burlington, Vermont, nos Estados Unidos. De volta a Zurique, iniciou, em 1967, o seu emprego contínuo nos diversos tipos de procedimentos neurocirúrgicos, introduzindo, assim, definitivamente o microscópio na prática neurocirúrgica³⁹.

Paralelamente à utilização do microscópio, a microcirurgia só se tornou possível graças ao emprego da microcoagulação bipolar já inicialmente concebida por J. Greenwood, em 1940, e posteriormente desenvolvida pelo grande e criativo neurocirurgião Leonard Malis por meio de modelos sucessivos a partir de 1960^{22,26}. O outro instrumento cirúrgico fundamental para a aplicação dessas novas técnicas, e que futuramente viria viabilizar o advento da cirurgia da base do crânio propriamente dita, foi o *air drill*, sistema de brocagem óssea de alta velocidade desenvolvido por várias empresas durante a década de 1970²⁶. A viabilização de acessos cranianos mais basais, possibilitada com a sua utilização, permitiu melhor exposição das estruturas basais com menor retração encefálica e com maiores ângulos de visão e de trabalho.

A magnificação e principalmente a iluminação proporcionadas pelo microscópio cirúrgico, aliadas ao emprego de instrumentos delicados, viabilizaram a visualização e o manuseio, especialmente dos espaços naturais que envolvem o sistema nervoso central e que nele estão contidos. E as suas dissecações permitiram que esses espaços, constituídos particularmente pelos sulcos e pelas fissuras, pudessem ser utilizados como verdadeiros corredores microneurocirúrgicos, em muito otimizando as exposições de estruturas e de lesões intracranianas. Coube ao próprio Yasargil fazer os primeiros estudos e as descrições dessa nova anatomia demonstrada pelo microscópio a partir de pontos de vista cirúrgicos propriamente ditos, desenhar novos instrumentos e, inclusive, propor modificações do próprio microscópio cirúrgico³⁹.

Após suas clássicas descrições da craniotomia pterional, em 1975⁴⁷, e da anatomia cirúrgica das cisternas encefálicas, em 1976⁴⁸, Yasargil passou a estudar em particular os sulcos e giros encefálicos^{23,44,46} e, ao longo de volumosa casuística, em que se destacam lesões vasculares e tumorais, acabou por sistematizar vários acessos e técnicas que hoje constituem o cerne da microneurocirurgia moderna⁴⁰⁻⁴⁵.

No campo da microanatomia neurocirúrgica destaca-se, paralelamente, a imensa contribuição da escola de Albert Rhoton Jr., iniciada ao longo da década de 1970 e ainda produtiva. Dezenas de estagiários passaram pelo seu laboratório na Universidade da Flórida; sob a sua orientação estudaram a microanatomia craniana e

encefálica, com uma visão fundamentalmente aplicada à prática neurocirúrgica, e divulgaram-na em numerosas publicações sempre ilustradas com belíssimas imagens de dissecações de espécimes cadavéricos humanos, com artérias e veias devidamente injetadas, e com textos particularmente didáticos.

Esses estudos anatômicos, que tiveram como pioneiros Yasargil e a escola de Rhoton Jr., não só abriram uma nova dimensão neuroanatômica constituída pela microanatomia neurocirúrgica, como acabaram dando origem a uma nova filosofia neurocirúrgica³⁹. A observação do encéfalo e dos seus exames de imagens normais e alterados, a partir dos sulcos cerebrais e das superfícies ventriculares, constitui hoje o cerne do raciocínio topográfico neurocirúrgico, e foi o conhecimento pormenorizado desses espaços naturais aliado às devidas técnicas que fez com que o simples uso do microscópio viesse a dar origem à verdadeira microneurocirurgia dos nossos dias. Paralelamente à sua importância cirúrgica e radiológica, esse conhecimento anatômico veio também enriquecer o raciocínio clínico e aproximou-o da visão neurocirúrgica.

A descoberta da tomografia computadorizada por G. Hounsfield¹⁴ e o seu desenvolvimento inicial ao longo da segunda metade da década de 1970 literalmente revolucionaram a prática neurológica e neurocirúrgica ao permitirem a observação direta das estruturas encefálicas e das próprias lesões intracranianas. Além de viabilizar direta e precisamente a localização anatômica das estruturas e lesões e o seu comportamento aos eventuais realces com a injeção de contraste iodado, a tomografia computadorizada passou também a ser utilizada como base de aquisição de imagens dos sistemas de estereotaxia. Entre os diversos sistemas utilizando a tomografia, destacam-se os de Brown-Roberts-Wells, de Cosman-Roberts-Wells, o de Leksell, o de Tailarach e o de Riechert-Mundinger⁸, e o seu emprego passou a viabilizar também a realização de biópsias de diversas lesões, além do tratamento dos distúrbios funcionais já passíveis de serem feitos pelos sistemas mais antigos.

A utilização de técnicas estereotáticas, tendo como base imagens obtidas por tomografia computadorizada, veio permitir também a própria remoção de tumores cerebrais de forma dirigida por coordenadas estereotáticas, conforme proposto por Patrick Kelly em 1988, ao desenvolver um sistema estereotático específico para esse fim e por ele denominado ressecção tumoral volumétrica em um espaço estereotático^{8,15}.

O desenvolvimento da obtenção de imagens por ressonância nuclear magnética, por sua vez, foi fruto de fenômenos físicos já conhecidos desde a década de 1940, mas que tiveram a sua aplicação para obtenção de imagens em medicina desenvolvida ao longo da dé-

cada de 1970 a partir do trabalho de vários autores em separado, entre os quais se destacam as contribuições de Damadian, em 1971, de Lauterbur, em 1973, e de Mansfield e Grannell, em 1973²⁸. Com a sua evolução, as imagens obtidas por esse método passaram a ter uma definição anatômica muito superior às imagens tomográficas computadorizadas e, por serem sistematicamente obtidas em três planos (axial, coronal e sagital), passaram a proporcionar uma compreensão significativamente maior também da disposição espacial das estruturas e lesões intracranianas, facilitando o próprio planejamento neurocirúrgico. Além de também fornecer informações sobre o comportamento das lesões à injeção de contraste, no caso constituído por substâncias paramagnéticas, o método também fornece informações sobre o comportamento das estruturas intracranianas normais e de lesões à variação dos campos eletromagnéticos, conforme as diferentes aquisições sistematicamente realizadas.

Ao longo da última década, a ressonância magnética veio também proporcionar o estudo imagenológico de vários outros fenômenos fisiológicos e fisiopatológicos, como os relacionados com a dinâmica do líquido cefaloespinal, possibilitando o estudo do seu fluxo; os relacionados com a circulação encefálica, por meio da realização de angioressonâncias; e os com a perfusão, por estudos de difusão; o estudo da constituição bioquímica de lesões, mediante a realização de espectroscopias; e, mais recentemente, o estudo de funções corticais, pela chamada ressonância magnética funcional, e dos próprios tratos encefálicos, pela denominada tratografia, caracterizando-se como um verdadeiro universo imagenológico³⁸.

Do ponto de vista cirúrgico, além de se constituir em elemento de neuroimagem acoplado aos diferentes sistemas de estereotaxia, sua base digital de armazenamento e manipulação de imagens permite com que facilmente sejam criadas reconstruções tridimensionais com as diferentes informações obtidas pelo método, que podem ser observadas a partir de diferentes pontos de vista, prestando-se, portanto, e inclusive, para simulações de acessos e de visualizações cirúrgicas.

A base digital de armazenamento e manipulação das diferentes modalidades de exames de neuroimagem, associada à tecnologia de transmissão de pulsos luminosos, culminou com o desenvolvimento do chamado neuronavegador cirúrgico, conforme idealizado inicialmente por Watanabe e cols.³⁶, em 1987, e que se caracteriza como sendo um sistema estereotáxico de neuronavegação. Tendo em uma estação de computação imagens obtidas previamente à cirurgia e relacionadas com pontos cranianos de reparo, cujo posicionamento será constantemente atualizado durante o procedimento cirúrgico, o sistema de neuronavegação é capaz de

identificar nas imagens armazenadas estruturas devidamente apontadas no campo cirúrgico, por meio de um processo de triangulação semelhante ao utilizado pelos conhecidos instrumentos de navegação, denominados sistemas de posicionamento global (do inglês: *Global Positioning System*, GPS). Para tanto, os sistemas de neuronavegação são constituídos por uma antena que possui diodos emissores de pulsos luminosos infravermelhos (do inglês: *Light Emitting Diode*, LED) e que se mobiliza em conjunto com a cabeça do paciente, uma barra com sensores infravermelhos que capta os pulsos luminosos, e a estação de computação que armazena as imagens previamente obtidas e que se encontra conectada à barra com sensores. Após o registro inicial dos pontos de reparo cranianos escolhidos, que é feito com um apontador especial conectado ao sistema, qualquer mudança da posição da cabeça é informada ao sistema através da antena a ela fixada, e qualquer estrutura apontada por um instrumento que também possua diodos emissores de pulsos luminosos, que sejam adequadamente captados pela barra com sensores, é identificada em relação às imagens armazenadas na estação de computação. Em alguns modelos, o próprio microscópio cirúrgico pode ser incorporado ao sistema de neuronavegação, de maneira que a estrutura a ser identificada possa ser apontada por um feixe de *laser* no seu próprio campo de observação e que também, no seu próprio campo de observação, possam ser projetadas a delimitação da própria lesão e a rota necessária para o seu acesso.

Na prática, o neuronavegador constitui um instrumento de grande auxílio, porque enquanto os exames de neuroimagem permitem a identificação detalhada das estruturas encefálicas pela possível caracterização da sua morfologia delimitada pelo seu contorno dado pelos espaços naturais que as contêm, e/ou por diferentes densidades pictóricas dependentes de cada tipo de exame, durante os procedimentos neurocirúrgicos as identificações anatômicas são muito dificultadas pela limitação da exposição e pela sobreposição de diferentes camadas estruturais, e, no caso da superfície cerebral, mesmo os sulcos e giros anatomicamente mais constantes são de difícil identificação cirúrgica visual, principalmente em virtude da sobreposição da aracnóide e de estruturas vasculares. Tendo em vista as suas características, o neuronavegador é particularmente útil no tratamento de lesões subcorticais de pequenas dimensões, mas, por depender de imagens previamente obtidas, a sua acurácia se reduz proporcionalmente à remoção de líquido cefaloespinal e de quaisquer outros volumes intracranianos que causem deslocamentos transoperatórios. O recente desenvolvimento de sistemas acoplados de ultra-som, para obtenção de imagens intra-operatórias que atualizam os dados prévios do

neuronavegador, constitui uma alternativa para sanar essa limitação³⁴.

A identificação transoperatória de estruturas e de lesões intracranianas em tempo real é atualmente possível com a obtenção de imagens de ressonância magnética durante os próprios atos neurocirúrgicos^{2,3,37} e, recentemente, tornou-se mais viável com o desenvolvimento de aparelhos de ressonância projetados particularmente para esse fim, mas que, por serem ainda constituídos por magnetos de baixa potência, geram imagens de definição ainda precária.

Outra técnica inovadora de localização transoperatória que se encontra em desenvolvimento consiste na utilização de instrumentos que permitem visualizar de forma óptica variações da luz refletida em diferentes áreas corticais^{2,7,13}, possibilitando, assim, a identificação de áreas eloqüentes e também de áreas patológicas.

O emprego de técnicas complementares de ressonância magnética (RM), como a angio-RM, a difusão, a espectroscopia, a RM funcional e a tratografia por RM, tanto em conjunto com a neuronavegação estereotáxica já usual quanto em conjunto com a RM transoperatória em desenvolvimento, possibilitará em breve a identificação intra-operatória de estruturas vasculares, a avaliação da perfusão circulatória, a identificação da composição de tecidos anormais e o reconhecimento de áreas e de tratos funcionalmente importantes durante os procedimentos cirúrgicos. Entretanto, a indubitável contribuição caracterizada por esses avanços tecnológicos, infelizmente, vem acompanhada de altos custos para a sua ampla difusão e, evidentemente, não substitui a necessidade de os especialistas terem uma noção bem desenvolvida da tridimensionalidade das estruturas intracranianas, cuja familiaridade é essencial para a perfeita compreensão espacial do sistema nervoso central, das suas lesões, e para o planejamento de quaisquer procedimentos intracranianos. O conhecimento das relações topográficas cranioencefálicas sabidamente é o ponto de partida para a constituição dessa noção de tridimensionalidade.

Referências

1. ANDERSON DM: Dorland. Dicionário Médico Ilustrado. São Paulo: Manole, 1999.
2. BLACK KL, PIKUL BK: Gliomas: past, present and future. Clin Neurosurg 45:160-3, 1997.
3. BLACK PM, MORIARTY T, ALEXANDER E 3rd, STIEG P, WOODARD EJ, GLEASON PL, MARTIN CH, KIKINIS R, SCWARTZ RB, JOLESZ FA: Development and implementation of intraoperative MRI and its neurosurgical applications. Neurosurgery 41:831-42, 1997.
4. BROCA P: Sur la topographie crânie-cérébrale ou sur les rapports anatomiques du crâne et du cerveau. Rev d'Anthrop 5:193-248, 1876.
5. BROCA P: Perte de la parole, ramollissement chronique et destruction partielle du lobe antérieur gauche: sur le siège de la faculté du langage. Bull Soc d'Anth 2:235-8, 1861. Apud Finger S: Origins of Neuroscience. New York: Oxford University Press, 1994.
6. BRODAL A: Neurological Anatomy in Relation to Clinical Medicine. 3. ed. New York: Oxford University Press, 1981.
7. CANNESTRAAF, BLODD AJ, BLACK KM, TOGA AW: The evolution of optical signal in human and rodent cortex. Neuro-image 3:202-8, 1996.
8. CHIN LS, LEVY ML, APUZZO MLJ: Principles of stereotactic neurosurgery. In Youmans JR (ed.): Neurological Surgery. 4. ed. Philadelphia: WB Saunders, 1999. pp. 767-85.
9. CIANCHI M, BRESCHI G: Leonardo Anatomia. Firenze: Giunti Gruppo Editoriale, 1997.
10. FINGER S: Origins of Neuroscience. New York: Oxford University Press, 1994.
11. GRAÑA F, ROCCA ED, GRAÑA LR: Las Trepanaciones Craneanas en el Peru en la Época Pre-hispanica. Lima: Imprensa Santa Maria, 1954.
12. GUSMÃO S, SILVEIRA RL, CABRAL G: Broca e o nascimento da moderna cirurgia. Arq Neuropsiquiatr (São Paulo) 58:149-52, 2000.
13. HAGLUND MM, BERGER MS, HOCHMAN DW: Enhanced optical imaging of human gliomas and tumor margins. Neurosurgery 38:308-17, 1996.
14. HOUNSFIELD GN: Computerized transverse axial scanning (tomography): Part I – description of system. Brit J Radiol 46:1016 1973.
15. KELLY PJ, GOERSS SJ, KALL BA: Evolution of contemporary instrumentation for computed assisted stereotactic surgery. Surg Neurol 30:204-15, 1988.
16. KEYNES G: The Apologie and Treatise of Ambroise Paré. Chicago: The University of Chicago Press, 1952.
17. KRAUSE F: Chirurgie du Cerveau et de la Moelle Epiniere. Paris: Societé D'Editions Scientifiques et Medicales, 1912.
18. KURZE T, DOYLE SB: Extradural intracranial (middle fossa) approach to the internal auditory canal. J Neurosurg 19:1033-7, 1962.
19. LOCKARD I: Desk Reference for Neuroanatomy: a Guide to Essential Terms. New York: Springer-Verlag, 1977.
20. LOPES RV: La Craniectomia através de los Siglos. Valladolid S, Eve R – Cuesta, 1949.
21. LYONS AS, PETRUCELLI RJ: Medicine, an Illustrated History. New York: Abradale Press, 1978.
22. MALIS LL: Bipolar coagulation in microsurgery. In Yasargil MG (ed.): Microsurgery Applied to Neurosurgery. New York: Academic Press, 1969. pp. 41-5.
23. ONO M, KUBIK S, ABERNATHEY CD: Atlas of Cerebral Sulci. Stuttgart: Thieme, 1990.
24. PENFIELD W, RASMUSSEN T: The Cerebral Cortex of Man. New York: The MacMillan, 1952.
25. PERNKOFF E: Atlas of Topographical and Applied Human Anatomy. Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 1980.
26. RHOTON Jr. AL: General and micro-operative techniques. In Youmans JR (ed.): Neurological Surgery. 4. ed. Philadelphia: WB Saunders, 1999. pp. 724-66.
27. RIBAS GC, RODRIGUES JUNIOR AJ, JANE JA: The central lobe concept. J Neurosurg (encaminhado para publicação).

28. SARTOR K: MR Imaging of the Skull and Brain. Berlin: Springer-Verlag, 1992.
29. SAUNDERS JBCM, O'MALLEY CD: The Illustrations from the Works of Andreas Vesalius of Brussels. Cleveland: World Publ, 1950.
30. TAMRAZ JC, COMAIR YG: Atlas of Regional Anatomy of the Brain using MRI. Berlin: Springer, 2000.
31. TAYLOR EH, HAUGHTON WS: Some recent researches on the topography of the convolutions and fissures of the brain. Trans R Acad (Ireland) 18:511-9, 1900.
32. TESTUT L, JACOB O: Tratado de Anatomia Topográfica. 5.ed. Barcelona: Salvat, 1932.
33. TÜRE U, YASARGIL MG, FRIEDMAN AH, AL-MEFTY O: Fiber dissection technique: lateral aspect of the brain. J Neurosurg 477:417, 2000.
34. UNSGAARD G, OMMEDAL S, MULLER T, GRONNING-SAETERA, NAGETHUS HERMES TA: Neuronavigation by intraoperative three-dimensional ultrasound: initial experience during brain tumor resection. Neurosurgery 50:804-12, 2002.
35. VIEUSSENS R: Nevrographia Universalis. Frankfurt: Georgium Wilmelmum Künnum, 1690.
36. WATANABE E, WATANABE T, MANAKA S, MAYANAGI Y, TAKAKURA K: Three-dimensional digitizer (neuronavigator): new equipment for computed tomography-guided stereotatic surgery. Surg Neurol 6:543-7, 1987.
37. WIRTZ CR, BONSAANTO MM, KNAUTH M, TRONNIER VM, ALBERT FK, STAUBERT A, KUNZE S: Intraoperative MRI to update interactive navigation in neurosurgery: method and preliminary experience. Computer Aided Surg 2:172-9, 1997.
38. WITMER BP, MOFTAKHAR R, HASAN KM, DESHMUKH P, HAUGHTON V, FIELD A, MEYERAND ME, ROWLEY HA, ALEXANDER AL, BADIE B: Diffusion-tensor imaging of white matter tracts in patients with cerebral neoplasm. J Neurosurg 97:568-75, 2002.
39. YASARGIL MG: Legacy of microneurosurgery: memoirs, lessons, and axioms. Neurosurgery 45:1025-91, 1999.
40. YASARGIL MG: Microneurosurgery. Stuttgart: Georg Thieme, vol I, 1984a.
41. YASARGIL MG: Microneurosurgery. Stuttgart: Georg Thieme, vol II, 1984b.
42. YASARGIL MG: Microneurosurgery. Stuttgart: Georg Thieme, vol IIIa, 1987.
43. YASARGIL MG: Microneurosurgery. Stuttgart: Georg Thieme, vol IIIb, 1988.
44. YASARGIL MG: Microneurosurgery. Stuttgart: Georg Thieme, vol 4a, 1994.
45. YASARGIL MG: Microneurosurgery. Stuttgart: Georg Thieme, vol 4b, 1996.
46. YASARGIL MG, CRAVENS GF, ROTH P: Surgical approaches to "inaccessible" brain tumors. Clin Neurosurg 34:42-110, 1988.
47. YASARGIL MG, FOX JL, RAY MW: The operative approach to aneurysms of the anterior communicating artery. In: Krayenbül H (ed.): Advances and Technical Standards in Neurosurgery. Wien: Springer-Verlag, 1975. pp. 114-70.
48. YASARGIL MG, KASDAGLIS K, JAIN KK, WEBER HP: Anatomical observations of the subarachnoid cisterns of the brain during surgery. J Neurosurg 44:298-302, 1976.

Original recebido em março de 2006

Aceito para publicação em outubro de 2006

Endereço para correspondência

Guilherme Carvalho Ribas

Rua Prof. Eduardo Monteiro, 567

05614-120 – São Paulo, SP

E-mail: guilherme@ribas.med.br