

Breve história da estereotaxia

Brief history of stereotaxy

Manoel Jacobsen Teixeira⁽¹⁾, Erich Fonoff⁽²⁾

Teixeira MJ, Fonoff E. Breve história da estereotaxia. Rev Med (São Paulo). 2004 jan.-jun.;83(1-2):50-3.

RESUMO: Este é um artigo ilustrativo sobre o desenvolvimento dos aparelhos estereotáxicos desde os modelos aplicados a pesquisa anatômicas em animais até os dias de hoje. Houve uma evolução extraordinária com simplificação dos aparelhos para aumentar a praticidade dos procedimentos, no entanto manteve-se o conceito inicial da localização milimétrica tridimensional no encéfalo. Os referenciais deixaram de ser as proeminências ósseas cranianas e passaram a ser estruturas encefálicas que podiam ser correlacionadas aos atlas encefálicos, aumentando a precisão dos procedimentos. Atualmente técnicas de neuroimagem como a tomografia computadorizada ou a ressonância magnética trazem características tridimensionais do encéfalo de cada indivíduo e podem ser fundidas aos atlas conformacionais com auxílio da computação gráfica, aumentando a segurança e a melhoria dos resultados de forma menos invasiva.

DESCRITORES: Crânio/cirurgia. Técnicas estereotáxicas/história. Técnicas estereotáxicas/utilização. Procedimentos neurocirúrgicos/métodos. Procedimentos neurocirúrgicos/instrumentação.

O primeiro registro histórico de investigação guiada por instrumentos foi no laboratório de neurofisiologia em 1873, quando Dittmar¹ no laboratório de Ludwig utilizou um aparelho especialmente desenhado por ele, para ser utilizado em medula oblonga de gatos em estudo dos centros vasomotores. Zernov², um anatomista russo, desenvolveu seqüencialmente o encefalômetro, um aparelho baseado em coordenadas polares para utilização em estudos anatômicos do cérebro humano.

O enunciado dos princípios estereotáxicos é normalmente creditado a Robert Henry Clarke³ e Victor Horsley³, no seu detalhamento e desenho de um aparato para estudo das funções cerebelares em macacos. Em 1906 eles escreveram que “através deste aparelho, cada milímetros cúbico do cérebro pode ser estudado e registrado”. O Aparelho de Horsley-Clarke foi baseado na reprodutibilidade da relação entre os pontos de referência de superfície e o crânio (canais auditivos externos, borda orbital inferior, linha mediana); e estruturas anatômicas do cérebro do

(1) Médico neurocirurgião. Professor Doutor do Departamento de Neurologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Diretor da Divisão da Neurocirurgia Funcional do Instituto de Psiquiatria do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

(2) Médico neurocirurgião. Doutorando pelo Departamento de Neurologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Médico Residente da Divisão de Neurologia Funcional do Instituto de Psiquiatria do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Endereço para correspondência: Divisão de Neurocirurgia Funcional. Av. Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 255. CEP: 05403-000 - São Paulo, SP. E-mail: manoelj@alcnet.com.br, fonoffet@usp.br

animal experimental. A partir dos pontos de fixação do estereotáxico no crânio estabeleceram as linhas base de um sistema tridimensional de coordenadas cartesianas e as correlacionaram às estruturas cerebrais nos atlas microanatômicos.

Clarke³ sugeriu a Sir Victor Horsley³ que o método estereotáxico poderia ser útil para a neurocirurgia em pacientes. No entanto, Horsley não deu o devido crédito de sua idéia finalizando a amizade entre os dois. Não obstante, Clarke³ submeteu uma aplicação de patente para o instrumento estereotáxico para humanos em 1912. Houve grandes dificuldades no início utilização desta técnica em pacientes, por conta da grande variabilidade entre os pontos de referência dos crânios e estruturas cerebrais em humanos.

Aubrey Mussen⁴, um fisiologista do Instituto Neurológico de Montreal, comissionou um artesão de instrumentos de Londres a fim de construir um estereotáxico em 1918. Este instrumento era modificação do original de Horsley-Clarke. Ele era fixado à cabeça do paciente por barras nas orelhas, as quais seriam inseridas nos canais auditivos externos, e um grampo fixando a aresta infraorbitária. Mussen⁴ também desenvolveu um atlas estereotáxico baseado nos pontos de referência similares ao atlas estereotáxico animal de Clarke. No entanto, o estereotáxico de Mussen nunca foi utilizado clinicamente, pois nunca convenceu nenhum neurocirurgião de utilizá-lo.

Não até 1932, quando o estereotáxico de Horsley-Clarke foi reproduzido de uma ilustração de um artigo escrito por eles e reconstruído na Universidade de Northwest. Rason e Ingram então utilizaram este aparelho em seus estudos clássicos de formação reticular, cérebro médio e hipotálamo. Pouco tempo depois, o aparato de Horsley-Clarke foi novamente reproduzido na Universidade de Chicago para o estudo sistemático da atividade elétrica no cérebro de gatos e os efeitos da anoxia nos potenciais cerebrais profundos. Desta maneira, o estereotáxico de Horsley-Clarke foi multiplicado em muitos laboratórios médicos, com modificações e adaptações do original a fim de uma variedade de investigações neurofisiológicas e anatômicas.

Embora o sistema de Horsley-Clarke, baseado nos pontos de referência cranianos, era razoavelmente preciso para a localização reprodutível das estruturas subcorticais em pequenos animais, a variabilidade anatômica entre espécies e entre indivíduos limitou muitas investigações.

Pontos de referência cranianos foram utilizados, de modo confiável, pela primeira vez para estruturas

justapostas às proeminências ósseas referencia. Portanto, em 1933, Kirschner⁵ foi capaz de desenvolver um instrumento estereotáxico para coagulação térmica do gânglio Gasser para tratar neuralgia trigeminal. Seu método utilizou o forâmen oval como estrutura referencial da qual partiria a localização do gânglio.

A variabilidade da relação espacial entre estruturas subcorticais e pontos de referência cranianos era provavelmente a razão mais importante pela qual o estereotáxico humano não apresentou importância prática. Somente quando pontos de referência cerebrais puderam ser visibilizados e correlacionados com os alvos de interesse em cada indivíduo é que os sistemas estereotáxicos apresentaram a versatilidade necessária para serem utilizados em neurocirurgia funcional. Mesmo que a ventriculografia tenha sido desenvolvida por Walter Dandy⁶ na década de 1920, somente depois de 25 anos é que Spiegel e Wycis⁷ consideraram a sua utilização para fins de localização estereotáxica. Valeram-se da ventriculografia positiva por contraste radiopaco associado a visibilização do corpo pineal para localizar alvos intracranianos. O primeiro instrumento estereotáxico utilizado rotineiramente em cirurgias subcorticais humanas foi descrito graças a estes investigadores em 1946.

O desenho de Spiegel e Wycis⁷ foi baseado em um capacete de resina moldado cada paciente. Um anel ficava suspenso envolvendo a cabeça do paciente e um feixe de eletrodos era montado neste anel. A contribuição mais importante deles foi a idéia de relacionar os alvos anatômicos aos pontos de referência no próprio encéfalo – por isso o nome “estereoencefalótomo”. Os pontos de referência que eram base para o atlas estereotáxico original de Spiegel e Wycis eram a glândula pineal e os forâmens de Monro, visibilizados por pneumoencefalogramas pré-operatórios ou intraoperatórios. Com o desenvolver da ventriculografia por contraste, as comissuras anterior e posterior e a linha traçada entre elas, a linha intercomissural, tornaram-se os pontos de referência cerebrais mais utilizados, por sua constância e proximidade com os alvos localizados em torno do terceiro ventrículo.

A primeira intervenção estereotáxica em humanos foi a coagulação do núcleo dorsal mediano do tálamo em paciente que sofria de grave doença psiquiátrica, a fim de oferecer uma alternativa menos iatrogênica para as leucotomias frontais que eram populares naquela época. No entanto, nesta publicação original, Spiegel e Wycis⁷ propuseram outras aplicações para técnicas estereotáxicas para além das psicocirurgias: eles também sugeriram o uso do

estereotáxico para a interrupção das vias de dor, para distúrbios de movimento, e para “aspiração de cavidades patológicas, tumores císticos”.

A fim de localizar estruturas subcorticais no tratamento de dor e de distúrbios de movimento, Spiegel e Wycis⁷ planejaram um atlas estereotáxico humano que foi baseado no nas comissuras com pontos de referência. Ele consistia numa série de fatias cerebrais coronais, cortadas em intervalos constantes em relação à comissura posterior no eixo ântero-posterior e à linha mediana no látero-lateral. Estas fatias coronais foram fotografadas com uma grade de referência milimétrica disposta ao redor das bordas de cada seção coronal. Utilizando esta grade de referência, o cirurgião podia simplesmente medir as coordenadas de altura e de lateralidade das estruturas-alvo subcorticais identificados em uma das fatias coronais especificadas pela distância anterior ou posterior da comissura posterior. Desta maneira as coordenadas podiam ser facilmente determinadas logo antes dos procedimentos cirúrgicos, para assim procederem ablações seletivas com maior praticidade. Estes estudos preliminares trouxeram subsídios importantes quanto aos métodos de localização necessários para serem realizadas as primeiras paliotomias no tratamento de distúrbios de movimento e dor crônica, relatados por Spiegel e Wycis⁷ nos anos 50 assim como aspirações estereotáxicas de tumores císticos e seu tratamento pela instilação de fósforo radioativo, início da radioterapia intracavitária.

Encorajado por Spiegel e Wycis⁷, Lars Leksell⁸ em Stockholm desenvolveu seu próprio instrumento estereotáxico em 1949. Este instrumento era diferente em princípios do instrumento de Spiegel e Wycis⁷ e utilizava um novo conceito: o arco-quadrante. O aparelho de Leksell consistia de pontos de fixação ao crânio do paciente e um arco-quadrante móvel que era anexado aos fixadores. O arco-quadrante movia-se por inteiro de maneira que o centro do arco podia ser posicionado exatamente no alvo intracraniano desejado. Este sistema apresentava muitas vantagens, pois adicionava praticidade e rapidez ao procedimento por sua característica isocêntrica, ou seja, um mesmo alvo poderia ser atingido por várias direções, com as mesmas coordenadas, bastando apenas alterar os ângulos de entrada. Subseqüencialmente, o instrumento de Leksell sofreu algumas modificações: a estrutura base foi mudada para uma estrutura cuboidal, mas o princípio do arco-quadrante continuou como o conceito principal do instrumento. Leksell também validou a ventriculografia para o seu estereotáxico, o que melhorou a sua precisão

para alvos encefálicos.

Jean Talairach⁹ em Paris também soube a respeito do trabalho de Spiegel e Wycis⁷. Independentemente, no entanto, ele desenvolveu um outro aparelho estereotáxico que foi registrado em 1949. Hacaen, junto a Talairach et al.⁹, também registraram em 1949 o uso clínico da talamotomia estereotáxica e capsulotomia anterior para o tratamento de dor talâmica e doenças mentais. O sistema de Talairach consistia em uma unidade básica que era fixada no crânio e uma grade dupla anexada à unidade fixa. Radiografias colimadas eram obtidas e por superposição dos furos na grade sobre uma ventriculografia por contraste radiopaco. Talairach também introduziu o conceito de telerradiografia. No sistema telerradiográfico, distâncias dos feixes de raios-X justamente colimados de um longo tubo direcionado ao paciente eram empregadas a fim de reduzir a distorção das imagens por raios divergentes. Assim, medições precisas podiam ser feitas diretamente das radiografias obtidas durante o procedimento. Além disso, a estrutura do estereotáxico de Talairach era a única que permitia a sua remoção e reposição das grades, na mesma posição e de forma precisa. Desta maneira, radiografias, ventriculografias, e mais tarde arteriografias, eram utilizadas para guiar procedimentos cirúrgicos.

Seguindo as descrições originais de instrumentos estereotáxicos de Spiegel e Wycis⁷, Leksell⁸, e Talairach et al.⁹, outros centros mundiais puderam conhecer as vantagens do método estereotáxico. A maioria deles desenvolveu seu próprio estereotáxico. Na Alemanha, Riechert e Wolff¹⁰ planejaram um aparelho similar ao descrito por Kirschner. Este instrumento utilizava-se de um arco com mira anexado a um anel base circular colocado na cabeça do paciente. O arco com a mira podia ser transportado para uma base em anel e com um simulador, denominado “phantom” o cirurgião acertaria as coordenadas. A base do instrumento original era simplesmente seguro por faixas à cabeça do paciente. Mudanças subseqüentes incorporaram o anel base fixado ao crânio. Este instrumento modificado tornou-se conhecido como o sistema de Riechert-Mundinger¹¹ e tem sido usado em muitas aplicações estereotáxicas de tumor e funcionais.

Em Genebra, Monnier projetou um estereotáxico similar, em parte, ao de Talairach e descreveu métodos radiológicos e eletrofisiológicos para localização de núcleos do tálamo para tratamento de dor crônica. Guiot e Brion¹² também desenvolveram um instrumento específico para cirurgias estereotáxicas em

doenças do movimento. Este instrumento foi modificado por Gillingham¹³ que o fixava à linha média do crânio do paciente para ser utilizado no direcionamento de eletrodos via occipital através do tálamo até o globo pálido.

O primeiro procedimento estereotáxico realizado no Brasil foi após o Congresso Latino Americano de Neurocirurgia em 1954, na Santa Casa do Rio de Janeiro por Paulo Niemeyer. Nesta ocasião foi utilizado o sistema de Mundiger-Hassler. Na mesma época Mattos Pimenta realizou e utilizou o mesmo sistema para procedimento no Hospital São Paulo. Em 1962 Zaclis desenvolveu o próprio aparelho de estereotaxia com o princípio de arco-quadrante com o intuito de tratamento de doenças do movimento. Em 1972, Marino Jr. organizou uma sala cirúrgica para o sistema estereotáxico de Talairach no Hospital das Clínicas da FMUSP. Em 1974, Nelson Ferreira introduziu o aparato de Hitchcock em nosso meio. Em 1979 Teixeira e Nadalin realizaram os primeiros procedimentos com braquiterapia para tratamento de tumores encefálicos e

radioterapia intracavitária com ouro coloidal para tratamento de craniofaringeoma cístico. Em 1982 Teixeira realizou a primeira estereotomografia no Brasil. Em 1984 Teixeira e Martos desenvolveram o estereotáxico TM-Micromar com sistema isocêntrico compatível com tomografia computadorizada com o intuito de manipulações intracranianas e na transição crâniocervical. Neste mesmo ano o primeiro eletrodo cerebral profundo guiado por estereotaxia foi implantado para tratamento de doença de Parkinson. Em 1994 Teixeira e Alaminos iniciaram os primeiros aplicativos de computação gráfica avançada para estereotaxia, o que imprimiu maior versatilidade e rapidez ao sistema, já existente.

Atualmente os sistemas de aquisição de imagem são integrados a computação gráfica à tomografia computadorizada, tornando os procedimentos mais acurados e rápidos. O registro de campo ou microrregistro celular intraoperatório adicionam dados fisiológicos e portanto contribuem para melhorar a acurácia, abrindo horizontes para pesquisa avançada.

Teixeira MJ, Fonoff E. Brief history of stereotaxy. *Rev Med (São Paulo)*. 2004 jan.-jun.;83(1-2):50-3.

ABSTRACTS: This article illustrates the development of the stereotactic apparatus since the early prototypes used in anatomical studies. There have been many changes since the first apparatus towards the functionality and simplicity; however the core concept of millimetric spatial localization on three dimension basis has been kept.

Currently the development of brain atlases and their fusion to neuroimage techniques have improved the accuracy of spatial localization for the surgical approach making the procedures reliable and the functional results, constant with less invasive techniques.

KEY WORDS: Skull/surgery. Stereotaxy/history. Stereotaxy/utilization. Neurosurgical procedures /methods. Neurosurgical procedures/instrumentation.

REFERÊNCIAS

- Dittmar C. Ueber die lage des sogennanten gefäßzentrum in der medulla oblongata. *Berichte d. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. Leipz Math Phys Klasse*. 1873;25:449-69.
- Zernov apud Schaltenbrand G, Walker, E. Stereotaxy of human brain: anatomical, physiological and clinical applications. Stuttgart: Georg Thieme Verlag;1982.
- Horsley V, Clarke RH. The and function of the cerebellum examined by a new method. *Brain*. 1908;31:45-124.
- Mussen AV, Picard C, Olivier A, Bertrand G. The first human stereotaxic apparatus. The contribution of Aubrey Mussen to the field of stereotaxis. *J Neurosurg*. 1983;59:673-6.
- Kirschner M. Die Punktionstechnik u. elektrokoagulation des ganglion Glasseri. *Arch Klin Chir*. 1933;176:581-620.
- Dandy W, Pinkus RL. Innovation in neurosurgery: Walter Dandy in his day. *Neurosurgery*. 1984;14:623-31.
- Spiegel EA, Wycis HT. *Stereoencefalotomy, Part I-II*. New York: Grune and Stratton;1952/1962.
- Leksell L. The stereotaxic method and radiosurgery of the brain. *Acta Chir Scand*. 1951;102:319.
- Talairach J, David M, Tournoux P, Corredor H, Kvasina T. *Atlas d'anatomie stéréotaxique*. Paris: Masson; 1957.
- Riechert T, Wolff M. Die Entwicklung u. klinische bedeutung der gezielten hirnoperationen. *Med Klin*. 1951;46:609-11.
- Riechert T. Moderne chirurgie des zentralnervensystems (inductive heating). *Theraewoche*. 1959;9:430-5.
- Guiot G, Brion S, Fardeau M, Bettaier A, Molina P. Dyskinésie volitionelle d'attitude supprimée par la coagulation thalamo-capsulature. *Rev Neurol*. 1960;102:220-9.
- Gillingham FJ. Small localized lesions of the internal capsule in the treatment of the dyskinesias. *Confin Neurol*. 1962;22:385-92.