

GUIA CT-ESTEREOTÁXICA PARA NEUROCIRURGIA

por

J.R.L.MARIOLANI¹, e E.A.MONTAGNO²

RESUMO – É apresentado o princípio de operação do aparelho médico denominado guia CT-estereotáxica, concebido para trabalhar em conjunto com tomografia computadorizada e de ressonância magnética nuclear, e permitir o alcance de pontos no interior do cérebro sem visualização direta e com grande precisão. São apresentados os progressos introduzidos no aparelho quando de sua construção pelo Centro de Tecnologia - UNICAMP, abordados aspectos da fabricação do aparelho e suas possibilidades de desenvolvimento futuro.

INTRODUÇÃO

Guia estereotáxica é um dispositivo mecânico utilizado em cirurgia cerebral que permite o alcance de qualquer ponto no interior do crânio com grande precisão e sem visualização direta. Nas primeiras guias estereotáxicas, as coordenadas do alvo no interior do cérebro eram obtidas através de radiografias ortogonais. Com a introdução da tomografia computadorizada (CT) e de ressonância magnética nuclear (RMN) no diagnóstico de doenças neurológicas, o que veio a trazer maior precisão na localização de problemas no interior do crânio, tornou-se necessário, conforme Montagno e Nashold (1985), o desenvolvimento de um novo instrumento estereotáxico que fosse adequado ao emprego dessas técnicas de imagens computadorizadas, e que além disso fosse preciso, fácil de usar e seguro. Tal instrumento foi desenvolvido por um dos autores na Universidade Livre de Berlim, Montagno (1985), onde foi construído um protótipo, e posteriormente nacionalizado e aperfeiçoado no Centro de Tecnologia - UNICAMP.

DESCRIÇÃO DO APARELHO

A guia CT-estereotáxica é constituída de uma base, um sistema de fixação do crânio,

¹-Pesquisador, Centro de Tecnologia, UNICAMP, Caixa Postal 6131, CEP 13081, Campinas, SP.

²-Professor Assistente Doutor, Faculdade de Ciências Médicas, UNICAMP, Caixa Postal 1170, CEP 13100, Campinas, SP.

um sistema de referência e um sistema de direcionamento da sonda. A figura 1 mostra uma das guias construídas pelo Centro de Tecnologia - UNICAMP.

O sistema de fixação do crânio é constituído de um anel, ao qual a cabeça do paciente é presa por meio de parafusos. O sistema de referência é constituído de dois quadros de material conjugado (resina epóxi reforçada com fibra de carbono), em cuja diagonal é ajustada uma régua do mesmo material. Os quadros e as régua são dotados de furos longitudinais de secção losangular. Esses quadros são montados à base simetricamente em relação ao eixo do arco do sistema de fixação do crânio, um de cada lado da cabeça do paciente. O sistema de direcionamento da sonda é constituído de uma série de peças confeccionadas em alumínio aeronáutico que possibilitam o ajuste das coordenadas necessárias para que a sonda atinja um ponto exato no interior do crânio. Este sistema de direcionamento trabalha com dois sistemas de coordenadas, cilíndrico e esférico, de forma que seis coordenadas devem ser ajustadas no aparelho durante a cirurgia, definindo assim o ponto onde está localizado o alvo no interior do crânio e o caminho a ser percorrido pela sonda. O sistema de direcionamento da sonda é ajustado no braço superior do quadro de referência localizado mais próximo do alvo. Os braços dos quadros de referência possuem uma escala onde é ajustada a coordenada z do sistema cilíndrico, ou seja, a profundidade do corte tomográfico em relação ao ponto zero do aparelho.

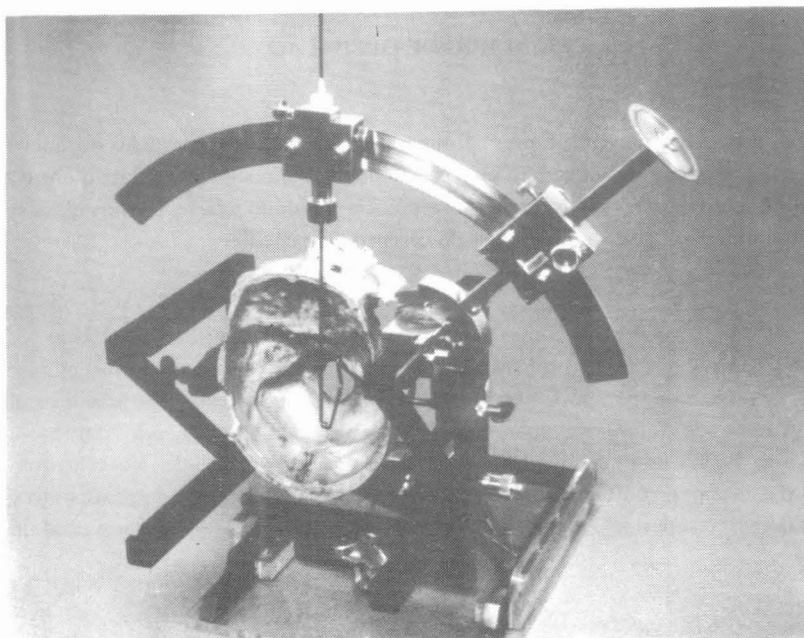


Figura 1. Guia CT-estereotáxica construída pelo Centro de Tecnologia - UNICAMP

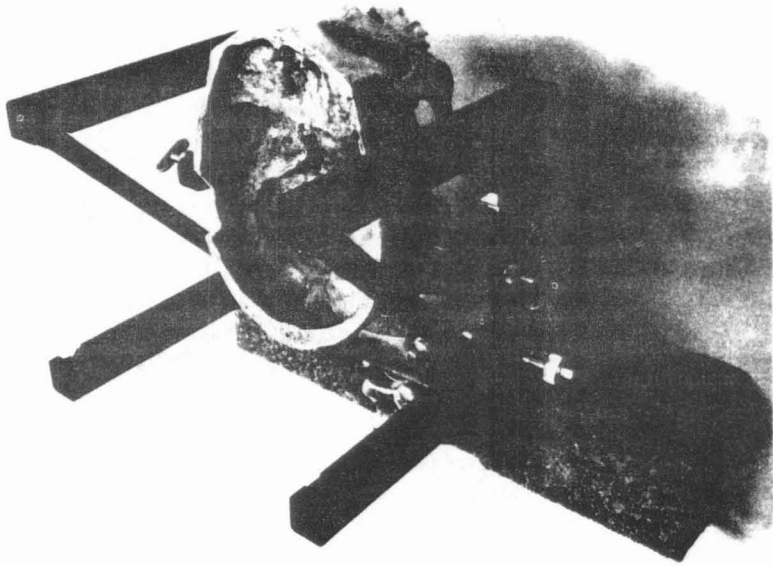


Figura 2. Fixador do crânio e sistema de referência. Montagem necessária para a obtenção das tomografias.

PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO

A cabeça do paciente é presa firmemente por meio de parafusos ao anel fixado à base do instrumento, de forma que não haja possibilidade de movimento relativo entre o crânio e o sistema de referência. Com o sistema de referência montado à base, conforme mostrado na figura 2, são obtidos os cortes tomográficos do cérebro do paciente.

Na tomografia são medidas as três coordenadas cilíndricas (r , Θ e z), conforme mostrado da figura 3, que podem ser transferidas diretamente ao instrumento sem necessidade de cálculos ou do uso de "phantoms". Os furos longitudinais de secção losangular existentes nas peças do sistema de referência aparecem na tomografia - dependendo da resolução do tomógrafo - na forma de pequenos losangulos ou de pontos localizados no centro da secção transversal das mesmas, conforme representado na figura 3. A distância entre o ponto O (corte transversal do braço superior do quadro de referência) e o ponto B (corte transversal da régua),

indicada como z na figura 3, representa exatamente a profundidade do corte tomográfico em relação ao ponto zero do instrumento, pois a régua está montada na diagonal do quadrado formado pelo quadro de referência. Desta forma, são obtidas coordenadas tridimensionais a partir de um plano (a tomografia), sem necessidade de qualquer cálculo, o que, em comparação com outros sistemas estereotáxicos, representa uma grande vantagem para o cirurgião, pois o mesmo não necessita desviar sua atenção para a realização de cálculos e pode executar a cirurgia com maior rapidez.

Uma vez ajustadas as coordenadas no instrumento, o mesmo permite a geração de uma esfera virtual em torno do crânio do paciente, no centro da qual se localiza o alvo a ser atingido. O porta-sondas do instrumento localiza-se sobre esta esfera, e a sonda estará sempre apontando para o centro da mesma, como mostrado na figura 4. Assim, o cirurgião pode escolher o melhor trajeto para penetrar com a sonda no interior do crânio, não atingindo nenhuma região do cérebro comprometida com funções vitais. O instrumento permite assim a realização de cirurgias cerebrais menos invasivas, pois necessita-se fazer apenas um pequeno furo no ponto onde será introduzida a sonda, o que traz como consequência menor risco de infecção, e mais seguras, pois o alvo no interior do crânio pode ser alcançado com precisão.

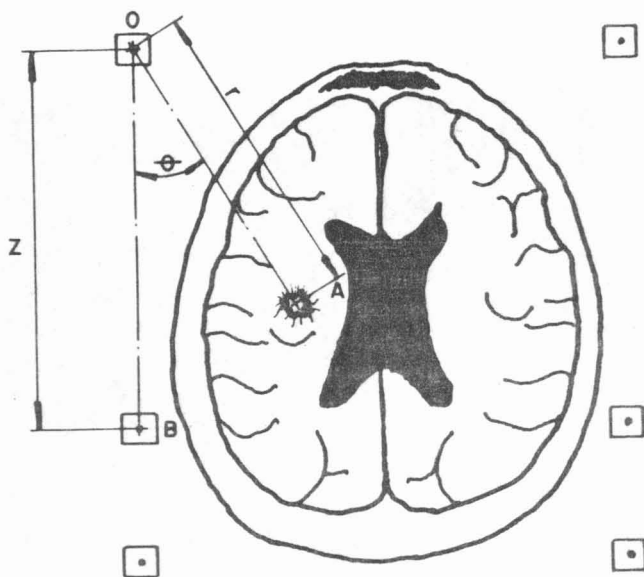


Figura 3. Representação de um corte tomográfico. O ponto A representa um tumor.

Como já foi mencionado, a guia CT-estereotáxica trabalha em coordenadas cilíndricas e esféricas simultaneamente. As três coordenadas que definem a posição do alvo são tomadas da tomografia e ajustadas no sistema de coordenadas cilíndricas, colocando assim o centro da esfera virtual gerada pelo instrumento sobre o alvo. O sistema de coordenadas

esféricas permite que a sonda atinja com precisão qualquer ponto no interior desta esfera virtual. As duas coordenadas angulares Θ e ϕ definem o caminho da sonda e o ponto do crânio a ser perfurado. Atualmente a escolha destes ângulos ainda é feita empiricamente pelo cirurgião. A coordenada linear r do sistema esférico é ajustada na escala existente sobre o porta-sondas. Ajustando-a no valor zero, a ponta da sonda estará exatamente no centro da esfera, ou seja, em cima do alvo. Deslocando esta escala, o cirurgião pode colher amostras localizadas em volta do alvo, podendo assim fazer um mapeamento da região onde se localiza, por exemplo, um tumor.

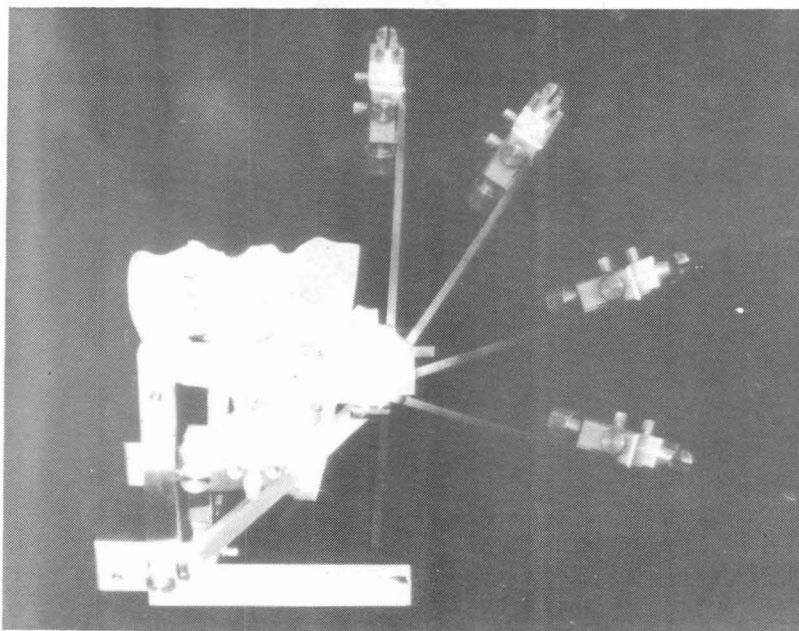


Figura 4. A guia permite a geração de uma esfera virtual ao redor da cabeça do paciente, cujo centro se encontra sobre o alvo.

Este aparelho pode ser empregado na evacuação de hematomas e abscessos, retirada de amostras para biópsia, tratamento de tumores e outras lesões inoperáveis (através do implante de sementes radioativas, por exemplo), cauterização de tumores através de um feixe de raio laser transportado por fibra óptica e para a realização de radiocirurgias, onde não há necessidade de se abrir a cabeça do paciente.

ATUALIZAÇÃO DO PROJETO

Com o objetivo de se aumentar a precisão e a segurança das cirurgias intracranianas, foram introduzidas diversas modificações no projeto original apresentado por Montagno (1985).

Para possibilitar o uso do equipamento acoplado a um tomógrafo de ressonância magnética nuclear, as peças do sistema de referência e de parte do fixador do crânio não poderiam ser de material ferromagnético. E para se evitar o aparecimento de artefatos na tomografia, essas mesmas peças, que são as que se localizam no campo de ação dos raios X do tomógrafo, não poderiam ser metálicas como no primeiro protótipo. Optou-se por construí-las em resina epóxi reforçada com fibra de carbono, material conjugado de alta resistência específica e que atende às restrições acima descritas. Obteve-se assim peças de alta resistência com baixo peso, o que é muito importante neste equipamento, uma vez que geralmente a tomografia não é feita na mesma sala onde se realiza a cirurgia, e o paciente precisa ser transportado da sala do tomógrafo à sala de cirurgia com essas peças presas à sua cabeça, pois se as mesmas forem soltas perde-se a referência e as coordenadas medidas na tomografia não terão significado.

De modo a possibilitar o alcance de pontos localizados na base do crânio, as peças do sistema de referência tiveram seu tamanho aumentado. E com o objetivo de melhorar a estabilidade e a rigidez do conjunto, modificou-se o ponto de fixação destas peças à base do instrumento.

O sistema de referência passou a contar com dois quadros, um de cada lado da cabeça do paciente, de forma a possibilitar correções de erros provocados por desalinhamento da guia em relação ao feixe de raios X do tomógrafo.

Para maior precisão no ajuste das medidas e maior facilidade do cirurgião durante a cirurgia, introduziu-se um sistema de cremalheira para o ajuste da coordenada r do sistema de coordenadas cilíndricas.

Projetou-se e construiu-se um dispositivo que permite o acoplamento da guia CT-estereotáxica a um acelerador linear. Este dispositivo tem a finalidade de permitir, sem perda de precisão, o acoplamento da guia à mesa do acelerador linear, de construção grosseira, possibilitando assim o seu emprego em radiocirurgias cerebrais. Este dispositivo é dotado de

pinos reguláveis horizontalizadores e verticalizadores que permitem o zeramento dos planos da tomografia e da base da guia em relação ao feixe de radiação emitido pelo acelerador linear, a despeito da imprecisão da mesa do mesmo.

Projetou-se e construiu-se um dispositivo que permite o acoplamento desta guia ao anel de Riechert. Este anel faz parte do sistema estereotáxico Riechert-Mundiger, o primeiro e mais difundido equipamento estereotáxico do mundo. Com esta adaptação, o sistema de coordenadas cilíndricas é substituído pelo sistema cartesiano.

ASPECTOS DA FABRICAÇÃO DO APARELHO

A guia estereotáxica foi construída em liga de alumínio ABNT 2024-T351 e resina epóxi reforçada com fibra de carbono, o que resultou num aparelho leve e resistente. As peças em liga de alumínio foram fabricadas por fresamento e torneamento, tendo sido alcançados com estas operações a precisão e o acabamento desejados. As peças que ofereceram maior dificuldade de confecção foram aquelas em resina epóxi reforçada com fibra de carbono. Devido a este material ser altamente abrasivo, estas peças tiveram que ser usinadas com rebolos diamantados, e teve que ser tomado cuidado especial em relação à instabilidade dimensional apresentada pelo material durante a usinagem, conforme relatado por Mariolani, Zanini e Cupini (1990).

POSSIBILIDADES DE DESENVOLVIMENTO FUTURO

Embora idealizada para trabalhar em conjunto com tomógrafo computadorizado, a guia CT-estereotáxica também permite adaptação ao raio X convencional, sendo necessária, porém, a realização de cálculos para a determinação dos valores a serem ajustados no seu sistema de coordenadas e para a correção de distorções do raio X convencional. Estes inconvenientes poderiam ser eliminados com o uso de uma mesa digitalizadora onde, utilizando radiografias ortogonais, o cirurgião assinalaria o alvo e os pontos de referência. Esta mesa digitalizadora seria acoplada a um microcomputador que executaria os cálculos necessários e forneceria as coordenadas a serem ajustadas.

Um outro avanço, que inclusive já está sendo implementado, é a elaboração de um programa gráfico que, a partir de imagens radiográficas do crânio, apresentaria a imagem tridimensional do cérebro e permitiria ao cirurgião a determinação exata, e não mais empírica, dos melhores ângulos para a penetração da sonda sem atingir vasos sanguíneos ou regiões comprometidas com funções vitais.

Outro melhoramento já sendo introduzido é a substituição dos atuais fixadores do crânio por outros mais robustos e que tomam a linha canto-meatal do crânio como referência

para fixação. Este novo modelo oferecerá mais conforto ao paciente e maior estabilidade na fixação de pacientes com severos movimentos involuntários.

AGRADECIMENTOS

O projeto "Guia CT-Estereotáxica" se viabilizou graças ao apoio determinado do presidente da Eletrometal e conselheiro do Centro de Tecnologia, Eng. José Diniz de Souza, que o incentivou, doou o material e confeccionou matrizes para moldagem das peças em fibra de carbono, e também da Embraer, que forneceu as ligas de alumínio aeronáutico, do Centro Tecnológico da Aeronáutica, que moldou as peças em fibra de carbono, e do técnico Nilvon Paulo Zanini, pelo esforço e cuidado empregados. A eles os nossos cordiais agradecimentos.

REFERÊNCIAS

- MARIOLANI, J.R.L., ZANINI, N.P. e CUPINI, N.L. (1990), "Experiência em Usinagem de Precisão em Resina Epóxi Reforçada com Fibra de Carbono", São Paulo (trabalho apresentado no 2º Simpósio Brasileiro de Mecânica de Precisão).
- MONTAGNO, E.A. (1985), CT-Stereotaktische Hirnoperation: Entwicklung eines neuen Apparat, Dissertation, Freie Universitat Berlin.
- MONTAGNO, E.A. e NASHOLD JR., B.S. (1985), "A New Stereotactic Instrument for Use with Computerized Tomography and Magnetic Resonance Imaging", Applied Neurophysiology, Volume 48, pages 34-38.

CT-STEREOTACTIC APARATUS FOR NEUROSURGERY

ABSTRACT -- This paper presents the principle of operation of a surgical device called CT- stereotaxic guidance system. It was projected to be used with computerized tomography (CT) or magnetic resonance imaging (MRI) without special adaptations and to allow the reach of target points in the brain without direct visualization and with great precision. It also shows the improvements of the project during its manufacturing by Centro de Tecnologia - UNICAMP, some aspects of the instrument's manufacturing and its possibilities of further developments.