

DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS NA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA ESTEREOTÁXICA

Simplificação do método convencional

Sebastião Silva Gusmão¹

RESUMO - Apresenta-se uma simplificação dos métodos gráfico e aritmético usualmente utilizados para determinação das coordenadas estereotáticas de um alvo na tomografia computadorizada. O cálculo aritmético, além de mais simples, é teoricamente mais preciso por medir as coordenadas do alvo a partir de um ponto real do espaço estereotático. O diagrama (método gráfico) proposto apresenta a vantagem de permitir a determinação das coordenadas estereotáticas do alvo independentemente do tamanho das imagens da tomografia computadorizada.

PALAVRAS-CHAVE: estereotaxia, neuroimagem.

Determination of the coordinates in the stereotactic computed tomography: simplification of the conventional method

ABSTRACT - A simplification of the graphic and arithmetical method traditionally used for determination of the target stereotactic coordinates in the computed tomography is presented. The arithmetical calculation, besides simpler, is theoretically more accurate for using a real point of the stereotactic space. The proposed diagram (graphic method) presents the advantage of allowing the determination of the target stereotactic coordinates independently of the computed tomographic image size.

KEY WORDS: stereotaxy, neuroimaging.

A estereotaxia (do grego, *steréos*, sólido, de três dimensões; *taxis*, disposição, posicionamento) é realizada por meio de aparelho de orientação geométrica, fixado à cabeça, que possibilita direcionar um instrumento até um alvo visado. O procedimento estereotático requer o aparelho próprio, a imagem do alvo cirúrgico e a correlação das coordenadas do aparelho com as do alvo. Esta correlação é feita por meio de cálculo aritmético e de diagrama recomendados pelo fabricante.

O cálculo proposto pelo fabricante determina as coordenadas do alvo a partir da construção de um ponto imaginário, podendo ser cometido erro durante a criação do mesmo. O diagrama construído pelo fabricante exige que o tamanho da imagem da tomografia computadorizada (TC) e do diagrama sejam iguais. Como as imagens de diferentes aparelhos de TC variam de tamanho em decorrência das diferentes calibrações, este diagrama só pode ser usado quando se trabalha com o aparelho para o qual foi construído.

Em nosso meio isso leva a grande limitação pois o aparelho de estereotaxia é, geralmente, usado em diferentes hospitais.

O objetivo do presente estudo é apresentar modificação do diagrama e do cálculo tradicionalmente utilizados para determinação das coordenadas estereotáticas na TC. Esta modificação, além de tornar mais simples o procedimento, usa um ponto real em relação ao qual são calculadas as coordenadas do alvo, e o diagrama pode ser utilizado com imagens tomográficas de diferentes tamanhos.

PRINCIPIOS DO PROCEDIMENTO ESTEREOTÁXICO

O sistema de coordenadas cartesianas baseia-se no conceito de René Descartes de que a localização de um ponto no espaço pode ser definida por suas relações com os três planos (horizontal, sagital e coronal) que se interceptam em ângulo reto (coordenadas cartesianas).

¹Professor Adjunto da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Minas Gerais (UFMG), Neurocirurgião do Hospital Madre Teresa e do Hospital Luxemburgo - Belo Horizonte MG, Brasil.

Recebido 31 Janeiro 2002, recebido na forma final 24 Abril 2002. Aceito 8 Maio 2002.

Dr. Sebastião Gusmão - Rua Otoni 909/410 - 30150-270 Belo Horizonte MG - Brasil.

nadas cartesianas retangulares ou ortogonais). Qualquer ponto do espaço pode, portanto, ser especificado por três coordenadas, cada uma correspondendo à distância entre o ponto e um dos planos (coordenadas X, Y e Z). O espaço estereotático formado a partir do aro do aparelho de estereotaxia (quadrado de 200 mm de lado) consiste de um cubo de 200 mm de lado. O sistema de coordenadas retilíneas (X, Y e Z) tem sua origem no canto súpero-posterior direito do cubo (Fig 1).

Como indicadores de coordenadas, foram propostas barras referenciais de alumínio (duas verticais e uma diagonal) dispostas em forma de N nas placas laterais usadas durante os cortes tomográficos (indicadores laterais de coordenadas). Estes indicadores, propostos para o aparelho de Leksell, foi adotado nos demais sistemas de estereotaxia. As barras referenciais dos indicadores laterais de coordenadas definem o espaço estereotático tomográfico que encontra-se contido dentro do espaço estereotático do aparelho¹. As duas barras verticais do mesmo lado, de 120 mm de altura, distam 120 mm, estando a posterior em 40 mm e a anterior em 160 mm do eixo Y do aro. As barras verticais de um lado distam das do lado oposto 190 mm, estando as da direita

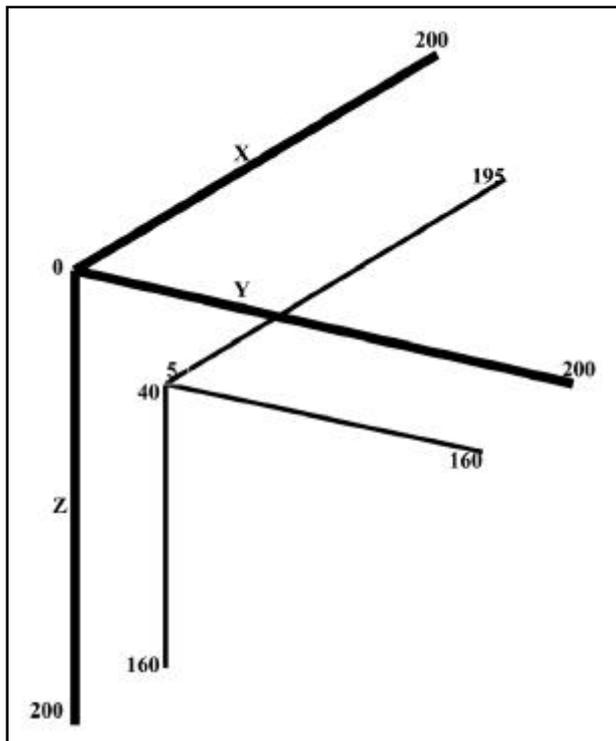


Fig 1. O cubo que forma o espaço estereotático do aparelho tem 200 mm de lado e a origem do sistema de coordenadas encontra-se no canto súpero-posterior direito. Em seu interior encontra-se o cubo que define o espaço estereotático da tomografia computadorizada. Os dois cubos têm o mesmo centro.

em 5 mm e as da esquerda em 195 mm do eixo X do aro (Fig 1). Como o corte tomográfico passa através das três barras dispostas em forma de N, três marcas referenciais indicadoras de coordenadas (anterior, medial e posterior) aparecem de cada lado do corte tomográfico (Fig 2).

A barra vertical posterior (eixo Z, de 120 mm de altura), a barra diagonal e a linha de base (eixo Y de 120 mm, que une as barras verticais do mesmo lado) que as une, formam um triângulo retângulo e isósceles, com catetos de igual comprimento e ângulos complementares de 45 graus (Fig 2). Em decorrência do teorema de Tales (um feixe de paralelas determina em duas transversais segmentos proporcionais; como consequência, uma paralela a um dos lados de um triângulo corta proporcionalmente os dois outros lados do triângulo), qualquer linha horizontal paralela ao eixo Y que corte as barras vertical posterior e diagonal, como no corte tomográfico, forma também um triângulo retângulo com catetos de igual comprimento e ângulos complementares de 45 graus (Fig 2). O comprimento do cateto vertical, que indica a altura do plano do corte tomográfico, é igual ao do cateto horizontal, pois em um triângulo retângulo com ângulos complementares de 45 graus os catetos são iguais. O comprimento do cateto horizontal corresponde à distância entre as marcas ou referenciais posterior e medial vistas de cada lado do corte tomográfico e correspondentes, respectivamente, ao corte das barras vertical posterior e diagonal do N (ou do cateto vertical e da hipotenusa do triângulo retângulo de catetos iguais). Esta distância corresponde, portanto, à altura do plano de corte (coordenada Z) (Fig 2). Quanto mais próximas as referências posterior e medial, menor o valor de Z e mais alto o corte tomográfico (mais próximo da origem da coordenada Z).

DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO ALVO PELO MÉTODO TRADICIONAL

Para se evitar erro na determinação das coordenadas do alvo, recomenda-se o uso de dois métodos diferentes, um baseado em cálculos aritméticos usando-se o software do tomógrafo e outro manual por meio de diagrama.

- *Cálculo aritmético*: O cálculo das coordenadas do alvo é feito a partir da definição do ponto central do espaço estereotático na TC criado pelas quatro referências (barras verticais do N) que definem um retângulo. Este ponto corresponde ao cruzamento das duas diagonais do retângulo. As coordenadas X e Y do alvo são então medidas a partir deste ponto central, que corresponde ao centro do aro (X = 100,

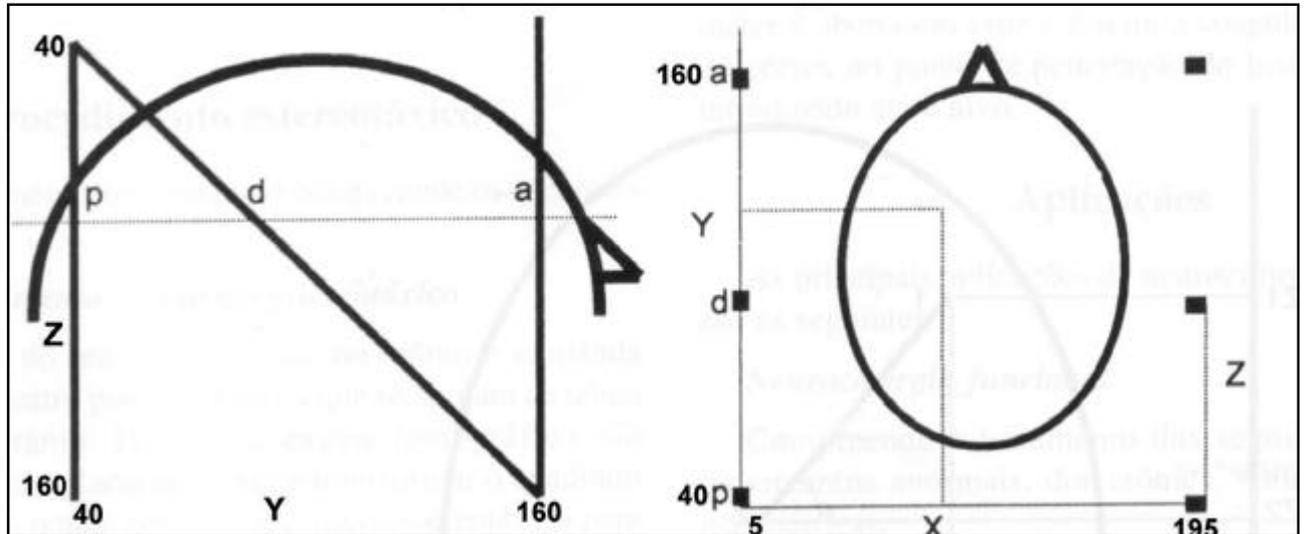


Fig 2. À esquerda, vista lateral do espaço cúbico que contém a cabeça, evidenciando o ponto de interseção do corte tomográfico com as barras posterior (p), anterior (a) e a diagonal (d) do N. A linha do corte tomográfico define, juntamente com a barra vertical posterior e a diagonal, um triângulo retângulo de catetos iguais. À direita, corte tomográfico da figura da esquerda com as três referências de cada lado formadas pela interseção do corte com o N. Tomando-se como referência o ponto de interseção do corte tomográfico com a barra posterior (p), mede-se as distâncias do alvo à linha que une as referências anterior e posterior direitas e acrescenta-se 5 mm (coordenada X), e à linha que une as referências posteriores e acrescenta-se 40 mm (coordenada Y). A coordenada Z corresponde à distância entre as referências posterior e diagonal, acrescida de 40 mm.

Y = 100). Ao valor encontrado, adiciona-se ou subtrai-se 100 para obter o valor final das coordenadas. Tal método apresenta a desvantagem do alvo ser medido a partir de um ponto imaginário, podendo ser cometido erro durante a criação do mesmo².

- *Diagrama*: O diagrama fornecido pelo fabricante consiste de um quadrilátero de 200 mm de lado (réplica geométrica do aro) com quatro pontos em seu interior que devem coincidir com as quatro referências da TC correspondentes aos vértices do retângulo do espaço estereotáxico da TC (referências anteriores e posteriores). Para isso é necessária a construção de um diagrama específico para o aparelho de TC a ser utilizado e que não seja alterada a calibração do mesmo. Tal diagrama não poderá ser utilizado quando se trabalha com outro aparelho de TC².

MÉTODO PROPOSTO PARA DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS DO ALVO

- *Cálculo aritmético*: Usa-se como origem das coordenadas no espaço estereotáxico da TC a marca referencial posterior direita que dista da origem das coordenadas do aro 5 mm no eixo X e 40 mm nos eixos Y e Z. A partir desta marca tem-se um gráfico cuja ordenada (eixo Y) é a linha que liga as marcas posterior direita e anterior direita e cuja abscissa (eixo X) é a linha que liga as marcas posteriores direita e esquerda. Medem-se na TC as distâncias do alvo à abs-

cessa (valor de X) e à ordenada (valor de Y). O valor da coordenada Z é obtido medindo-se a distância entre as marcas referenciais posterior e medial do N (Fig 2). Para corrigir a origem das coordenadas no espaço estereotáxico da TC em relação ao espaço estereotáxico do aro soma-se 5 mm ao valor medido de X e 40 mm aos valores de Y e Z.

- *Diagrama*: Consiste de uma transparência retangular, cujos vértices correspondem às quatro referências geradas pelas barras verticais dos N direito e esquerdo, milimetrada nos lados esquerdo (eixo Y) e inferior (eixo X), e com o centro definido pela interseção das duas diagonais (Fig 3). Este retângulo (de 120 X 190 mm) corresponde ao espaço estereotáxico da TC, sendo inserido dentro do aro estereotáxico (quadrilátero de 200 mm de lado). Como ambos têm centros coincidentes, o eixo X do retângulo corresponde no mesmo eixo do aro aos valores de 5 a 195 mm, e o eixo Y do retângulo corresponde no mesmo eixo do aro aos valores de 40 a 160 mm. Assim, o ponto posterior direito do aro (origem das coordenadas X e Y do aro) dista do ponto posterior direito do retângulo (origem das coordenadas X e Y do espaço estereotáxico da TC) 5 mm no eixo X e 40 mm nos eixos Y e Z.

Devido à redução da imagem da TC, as quatro referências do vértice do retângulo (barras verticais dos N direito e esquerdo) que definem o espaço es-

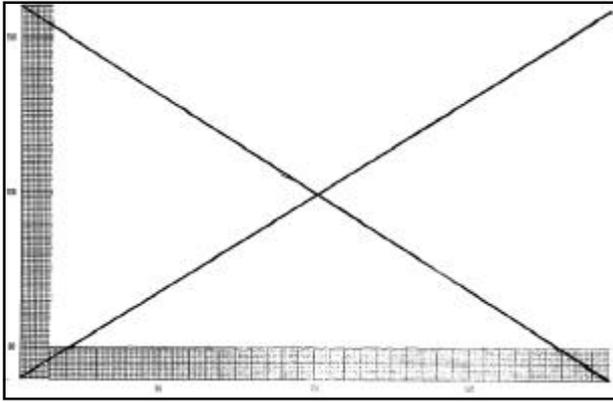


Fig 3. Diagrama em gráfico linear com origem da coordenada X em 5 mm e da Y e Z em 40 mm. As duas diagonais do retângulo que forma o diagrama definem o centro do espaço estereotáxico ($X= 100$, $Y= 100$ e $Z= 100$) e sobre estas diagonais devem se superpor os quatro pontos referenciais da barras verticais.

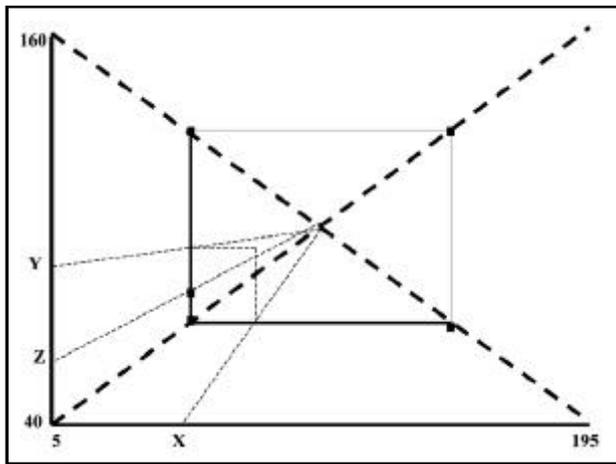


Fig 4. Determinação das coordenadas X, Y e Z do alvo por meio do diagrama (ver texto).

tereotáxico da TC não coincidem com os vértices do diagrama. O valor das coordenadas é obtido superpondo-se o diagrama à imagem da TC e fazendo coincidir as quatro referências do vértice do retângulo com as diagonais do diagrama, de tal forma que este retângulo esteja centrado e com os lados paralelos com os lados do diagrama (Fig 4).

A correção da redução da imagem da TC é feita aplicando-se o princípio dos triângulos semelhantes

(em dois triângulos semelhantes, os lados de um são proporcionais aos lados homólogos do outro). Assim, o eixo vertical (y) do diagrama corresponde à linha que une as referências anterior e posterior e qualquer ponto desta linha pode ser corrigido na escala do diagrama e ter-se o valor real da coordenada (Fig 4).

Para determinar a coordenada X, projeta-se o ponto do alvo na linha horizontal definida pelas duas referências posteriores. A seguir, traça-se uma linha que origina-se no centro do diagrama, passa pelo ponto de projeção do alvo e corta a abscissa (eixo X) do diagrama. Este último ponto corresponde à coordenada X do alvo (Fig 4).

Para determinar a coordenada Y, projeta-se o ponto do alvo na linha vertical definida pelas referências anterior direita e posterior direita. A seguir traça-se uma linha que se origina no centro do diagrama, passa pelo ponto de projeção do alvo e corta a ordenada (eixo Y) do diagrama. Este último ponto corresponde à coordenada Y do alvo (Fig 4).

A coordenada Z é definida por uma linha que se origina no centro do diagrama, passa pela referência intermediária (que corresponde ao traço oblíquo do N e à hipotenusa do triângulo retângulo de catetos iguais) e corta a abscissa do diagrama. Este ponto corresponde à coordenada Z (Fig 4).

O diagrama proposto pode ser empregado em imagens de qualquer aparelho de TC independentemente da calibração do mesmo, evitando-se programas especiais ou modificações do software. O método de cálculo proposto é mais rápido e simples que o convencional e tem a vantagem de o alvo ser medido em relação a um ponto real do espaço estereotáxico evitando-se as causas de erro na definição de um ponto imaginário. Nos últimos seis anos usamos o diagrama e o método de cálculo propostos obtendo sempre resultados coincidentes do valor das coordenadas e localização precisa dos alvos durante os procedimentos estereotáxicos.

REFERÊNCIAS

1. Leksell L, Jernberg B. Stereotaxis and tomography: a technical note. Acta Neurochir 1980;52:1-7.
2. Leksell Stereotactic systems. User's manual. Sweden: Elekta Instrument AB, 1990.