

**TRANSPOSIÇÃO DE DADOS DA TOMOGRAFIA  
COMPUTADORIZADA PARA A SUPERFÍCIE DA CABEÇA  
POR INTERMÉDIO DE TRIANGULAÇÃO E COMPASSO**

**LUIZ COUTINHO DIAS FILHO**

**DOUTORADO EM CIRURGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE PERNAMBUCO**





**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DE  
PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

DOUTORADO EM CIRURGIA

---

**LUIZ COUTINHO DIAS FILHO**

**TRANSPOSIÇÃO DE DADOS DA TOMOGRAFIA  
COMPUTADORIZADA PARA A SUPERFÍCIE  
DA CABEÇA POR INTERMÉDIO DE  
TRIANGULAÇÃO E COMPASSO**

Tese apresentada ao Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Cirurgia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Cirurgia

**ORIENTADORES**

Prof. Dr. Carlos Teixeira Brandt

Prof. Dr. Alex Caetano de Barros

---

Recife – PE  
2004

Dias Filho, Luiz Coutinho

Transposição de dados da tomografia computadorizada para a superfície da cabeça por intermédio de triangulação e compasso / Luiz Coutinho Dias Filho. – Recife : O Autor, 2004.

128 folhas : il., fig., tab., gráf.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCS. Cirurgia, 2004.

Inclui bibliografia.

1. Neurocirurgia – Técnicas cirúrgicas. 2. Craniotomia – Marcação do couro cabeludo. 3. Lesões intracranianas – Localização – Técnica de triangulação e compasso. I. Título.

616.831.2- 089

CDU (2.ed.)

UFPE

617.481

CDD (21.ed.)

BC2004 530



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIRURGIA

## DECLARAÇÃO

Declaro, para os devidos fins, e a quem interessar possa, que o **DR. LUIZ COUTINHO DIAS FILHO**, Turma 2003, foi aluno do Programa de Pós-Graduação em Cirurgia, Nível Doutorado, Área de Concentração: Cirurgia Clínica e Experimental, defendeu tese intitulada: **“TRANSPOSIÇÃO DE DADOS DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA PARA A SUPERFÍCIE DA CABEÇA POR INTERMÉDIO DE TRIANGULAÇÃO E COMPASSO”**, em 30.11.2004, às 8:30 horas, no Auditório Murilo La Greca, no Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, com o conceito **“Aprovado com distinção”**, emitido pela Banca Examinadora, composta pelos Professores: Jairo Andrade Lima (Presidente), Doutor do Departamento de Cirurgia do CCS/UFPE, Sílvio da Silva Caldas Neto, Doutor do Departamento de Cirurgia do CCS/UFPE, Tércio Souto Bacelar, Doutor do Departamento de Cirurgia do CCS/UFPE; Marcelo Moraes Valença, Doutor do Departamento de Neuropsiquiatria do CCS/UFPE e Roberto Vieira de Melo, Doutor do Departamento de Anatomia Patológica do CCS/UFPE.

Recife, 21 de dezembro de 2004.

Prof. José Lamartine de Andrade Aguiar  
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Cirurgia



José Lamartine de Andrade Aguiar  
Coordenador do Programa de  
UFPE Pós -Graduação em Cirurgia

# UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

## **REITOR**

Prof. Amaro Henrique Pessoa Lins

## **VICE-REITOR**

Prof. Gilson Edmar Gonçalves e Silva

## **PRÓ-REITOR PARA ASSUNTOS DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**

Prof. Celso Pinto de Melo

## **DIRETOR DO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**

Prof. José Thadeo Pinheiro

## **DIRETORA SUPERINTENDENTE DO HOSPITAL DAS CLÍNICAS**

Prof.<sup>a</sup> Heloísa Maria Mendonça de Morais

## **DEPARTAMENTO DE CIRURGIA**

Prof. Sílvio Romero de Barros Marques

## **COORDENADOR DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIRURGIA**

Prof. José Lamartine de Andrade Aguiar

## **CORPO DOCENTE**

Prof. Álvaro Antônio Bandeira Ferraz

Prof. Antônio Roberto de Barros Coelho

Prof. Carlos Augusto Mathias

Prof. Carlos Roberto Ribeiro de Moraes

Prof. Carlos Teixeira Brandt

Prof. Cláudio Moura Lacerda de Melo

Prof. Edmundo Machado Ferraz

Prof. Frederico Teixeira Brandt

Prof. Jairo de Andrade Lima

Prof. Joaquim Alves Norões

Prof. José Lamartine de Andrade Aguiar

Prof. Marcelo Silveira

Prof. Nelson Costa Rego Caldas

Prof. Oyama Arruda Frei Caneca

Prof. Renato Dornelas Câmara Neto

Prof. Salvador Vilar Correia Lima

Prof. Saulo Monteiro dos Santos

Prof. Sílvio Caldas Neto

Prof. Sílvio Romero de Barros Marques

Prof. Tércio Souto Bacelar

*Silvana, assim como a rosa, benevolente, permite ao orvalho acariciar-lhe as pétalas, aceitaste o toque do meu amor e te fizeste companheira de todas as horas. Foram-se o Curso Médico, a Residência, o Mestrado e, agora, o Doutorado; mas acúmulo de conhecimento não garante fortuna, nada tendo, pois, a oferecer além do meu amor, rogo-te que permaneças benevolente como a rosa.*

A João Fernando Guimbra Simões Coelho  
e Rafi Felício Bauab Dauar

## AGRADECIMENTOS

Em especial, dou a conhecer meu débito de gratidão com

CARLOS TEIXEIRA BRANDT, professor titular da Disciplina de Cirurgia Pediátrica da Universidade Federal de Pernambuco. Arcobotante que deu sustentação a esta pesquisa. Feliz encontro que reacendeu em mim a esperança, pois constatei que, na plantação tomada pelo joio, ainda há trigo da melhor qualidade.

ALEX CAETANO DE BARROS, professor adjunto da Disciplina de Neurologia e Neurocirurgia da Universidade Federal de Pernambuco. Mestre na acepção da palavra. Razão de ser destas páginas, por ter-me compelido a trocar o letargo bonançoso do cotidiano pela efervescência científica da pós-graduação.

SEBASTIÃO IGNÁCIO DE OLIVEIRA JÚNIOR, deputado estadual. Mais médico do que político, fez-se político raro, político que cumpre promessa. Concedeu-me o impagável: tempo.

PAULO DE QUEIRÓS BORBA FILHO, professor assistente da Disciplina de Métodos Complementares de Diagnóstico da Universidade Federal de Pernambuco. Não hesitando em abrir-me as portas, acreditou no meu projeto e lhe deu viabilidade.

ADONIS MANZELLA DOS SANTOS, médica radiologista da Disciplina de Métodos Complementares de Diagnóstico da Universidade Federal de Pernambuco. Prestimosa amiga, cujo auxílio no planejamento dos exames foi decisivo para o bom êxito da pesquisa.

ANDREA BEZERRA DE ANDRADE, técnica do Setor de Radiologia do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco. Com máxima solícitude, realizou as tomografias.

MANOEL VICENTE BELO, técnico da Disciplina de Anatomia da Universidade de Pernambuco. Sempre diligente em ajudar-me, dedicou todo empenho na obtenção dos espécimens anatômicos.

RICARDO ALEXANDRE MARINHO DA SILVA, futuro neurocirurgião. Dileto epígono que, com o entusiasmo típico dos que estão começando, prestou-me valioso auxílio nas cirurgias.

ANTÔNIO MARCO DUARTE DE ALBUQUERQUE, professor assistente da Disciplina de Neurologia e Neurocirurgia da Universidade Federal de Pernambuco. Sabendo da língua inglesa tanto quanto o padre sabe da missa, foi arrimo providencial na elaboração do *abstract*.

LUIZ COUTINHO DIAS, meu pai. Pacientemente leu o texto, cuidando em evitar atentados contra a Gramática.

**“... e quando se faz uma tese seja lá sobre a sífilis  
a gente acaba amando o treponema pálido.”**

Umberto Eco – O Pêndulo de Foucault (Casaubon a Belbo)

## RESUMO

Realizou-se uma análise criteriosa da eficácia do método da triangulação e compasso em transferir dados da tomografia computadorizada para a superfície da cabeça. Para tal, alvos radiopacos foram fixos nas cabeças de cadáveres humanos; em seguida, cada espécimen foi submetido à tomografia computadorizada e intentou-se a localização dos alvos por meio de triangulação e compasso. Os alvos foram distribuídos em diferentes regiões com o fito de averiguar se a posição interferiria com a acurácia do método. Como referenciais utilizaram-se tanto marcos anatômicos como marcadores radiopacos. Dois grupos foram delineados, um com e outro sem inclinação do *gantry* do tomógrafo. Quando a tomografia foi realizada sem inclinação do *gantry*, constataram-se erros de  $2,1 \pm 1,7$ mm e  $1,7 \pm 1,2$ mm ao serem utilizados, respectivamente, marcos anatômicos e marcadores radiopacos; a análise estatística demonstrou não haver diferença significativa entre tais medidas. A localização dos alvos tornou-se menos exata à medida que a inclinação do *gantry* foi aumentada. A posição dos alvos não interferiu na acurácia do método. Os cálculos demandaram  $7,1 \pm 1,0$ min. Os fatores de erro foram analisados e a aplicabilidade do método foi defendida, alegando-se o bom proveito de seu uso no posicionamento de craniotomias, na efetivação de biópsias e na punção de cistos, hematomas e abscessos. Com respeito à transferência de dados da tomografia computadorizada para a superfície da cabeça foi demonstrado que o método da triangulação e compasso é tão eficaz quanto a neuronavegação e um pouco menos que a estereotaxia convencional. Quando comparado a outros métodos, foram nítidas as vantagens relativas à acurácia e exeqüibilidade. Ademais, devem ser ressaltados o baixo custo do procedimento e o mínimo desconforto para o paciente

Palavras-chave: Marcação do couro cabeludo. Craniotomia. Localização anatômica. Cirurgia guiada por imagem. Tomografia computadorizada.

## ABSTRACT

It was performed a judicious analysis about the efficacy of the triangulation and compass method in transferring data from computed tomography to the head surface. To achieve this aim radiopaque targets were affixed to the heads of human cadavers, then each specimen underwent computed tomography scanning. Afterwards it was tried a target localization through the triangulation and compass method. The targets were distributed in different regions with a view to ascertain if particular positions would interfere with the accuracy of this method. Anatomical landmarks and radiopaque markers were both used as reference points. Two groups were delineated, one with inclination of the scanner gantry and another with no inclination. When computed tomography scanning was performed without gantry inclination, error of  $2.1\pm 1.7\text{mm}$  was evidenced using anatomical landmarks while using radiopaque markers error of  $1.7\pm 1.2\text{mm}$  was obtained; statistical analysis demonstrated that there was no significant difference between such measures. With gantry inclination progressively increasing, targets localization became less accurate. Targets positions have not interfered with the method accuracy. Calculations required  $7.1\pm 1.0\text{min}$ . The sources of error were analyzed. Applicability of the method was supported by its utility for craniotomy placement, biopsies sampling and aspiration of cysts, hematomas, and abscesses. With regard to data transference from computed tomography to the head surface it was shown that the triangulation and compass method is as effective as neuronavigation and slightly less effective than usual stereotaxis. When compared to others methods, the advantages relating to accuracy and feasibility were clear. In addition, it should be emphasized the low cost and minimum discomfort of this procedure.

Key words: Scalp marking. Craniotomy. Anatomical localization. Image-guided surgery. Computed tomography

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Diagrama apresentado por Godlee <sup>16</sup> .....	23
<b>Figura 2</b> - Pierre Paul Broca.....	23
<b>Figura 3</b> - Walter Dandy.....	25
<b>Figura 4</b> - Egas Moniz.....	26
<b>Figura 5</b> - Godfrey Hounsfield.....	27
<b>Figura 6</b> - Representação esquemática do aparato envolvido na produção de uma imagem por tomografia computadorizada.....	28
<b>Figura 7</b> - Aparelho estereotáctico utilizado por Horsley e Clarke.....	30
<b>Figura 8</b> - Sistema de neuronavegação.....	31
<b>Figura 9</b> - Reprodução da figura 1 de O’Leary e Lavyne <sup>58</sup> .....	33
<b>Figura 10</b> - Reprodução da figura 5 (esquerda) de O’Leary e Lavyne <sup>58</sup> .....	33
<b>Figura 11</b> - Reprodução da figura 4 de Cail e Morris <sup>59</sup> .....	34
<b>Figura 12</b> - Reprodução das figuras 2 e 5 de Patil e Woosley <sup>9</sup> .....	35
<b>Figura 13</b> - Reprodução das figuras 1b e 1c de Coraddu et al. <sup>60</sup> .....	36
<b>Figura 14</b> - Reprodução da figura 2 de Penning <sup>10</sup> .....	37
<b>Figura 15</b> - Reprodução da figura 3 de Penning <sup>10</sup> .....	38
<b>Figura 16</b> - Reprodução da figura 1 de Vilela Filho <sup>14</sup> .....	39
<b>Figura 17</b> - Reprodução da figura 2A de Vilela Filho <sup>14</sup> .....	39
<b>Figura 18</b> - Reprodução das figuras 1 e 2 de Hayman et al. <sup>11</sup> .....	40
<b>Figura 19</b> - Reprodução da figura 1 de Piskun et al. <sup>28</sup> .....	41
<b>Figura 20</b> – Reprodução das figuras 1, 2 e 3 de Hirschberg <sup>13</sup> .....	42
<b>Figura 21</b> - Reprodução da figura 2 de Feild et al. <sup>6</sup> .....	42
<b>Figura 22</b> - Reprodução da figura 7 de Greenblatt et al. <sup>63</sup> .....	43

<b>Figura 23</b> - Reprodução da figura 1 de King e Walker. <sup>7</sup> .....	43
<b>Figura 24</b> - Reprodução da figura 2 de King e Walker <sup>7</sup> .....	44
<b>Figura 25</b> - Reprodução das figuras 4, 5A e 5C de Deeb e Maroon <sup>64</sup> . ....	44
<b>Figura 26</b> - Reprodução da figura 1 de Kubo et al. <sup>8</sup> .....	45
<b>Figura 27</b> - Reprodução da figura 3A de Kubo et al. <sup>8</sup> .....	45
<b>Figura 28</b> - Reprodução da figura 3C de Kubo et al. <sup>8</sup> .....	45
<b>Figura 29</b> - Triangulação.....	46
<b>Figura 30</b> – Marcos referenciais e ponto que se deseja localizar no couro cabeludo.....	48
<b>Figura 31</b> – Marcação do ponto X'.....	49
<b>Figura 32</b> – Determinação do cateto X'P <sub>2</sub> .....	50
<b>Figura 33</b> – Marcação do ponto X.....	51
<b>Figura 34</b> - Marcadores radiopacos definem os pontos P <sub>1</sub> e P <sub>2</sub> .....	51
<b>Figura 35</b> - Cálculos efetivados diretamente no monitor.....	52
<b>Figura 36</b> – Marcação do ponto X.....	52
<b>Figura 37</b> – Parafusos.....	54
<b>Figura 38</b> - Compasso.....	55
<b>Figura 39</b> - Caneta.....	55
<b>Figura 40</b> – Divisão da abóbada craniana em regiões.....	57
<b>Figura 41</b> - Parafusos utilizados como alvos (setas vermelhas) e parafusos utilizados como referências (setas azuis).....	58
<b>Figura 42</b> – Suporte.....	58
<b>Figura 43</b> - Cabeça posicionada para exame.....	59
<b>Figura 44</b> – Alinhamento.....	59

<b>Figura 45</b> - Parafusos utilizados como alvos (setas vermelhas) e parafusos utilizados como referências (setas azuis).....	60
<b>Figura 46</b> – Cortes tomográficos.....	60
<b>Figura 47</b> – Identificação dos parafusos.....	61
<b>Figura 48</b> – Marcação das projeções de X.....	62
<b>Figura 49</b> – Utilização da planilha do programa Microsoft Excel.....	63
<b>Figura 50</b> - Transposição utilizando marcos anatômicos.....	64
<b>Figura 51</b> – Transposição utilizando marcadores radiopacos.....	64
<b>Figura 52</b> – Mensuração do erro.....	65
<b>Figura 53</b> – Vértice do crânio.....	86
<b>Figura 54</b> – Acurácia.....	88
<b>Figura 55</b> – Násio.....	90
<b>Figura 56</b> – Identificação do násio na tomografia.....	91
<b>Figura 57</b> – Trago.....	92
<b>Figura 58</b> – Identificação do trago na tomografia.....	93
<b>Figura 59</b> – Ínio.....	93
<b>Figura 60</b> – Identificação do ínio na tomografia.....	95
<b>Figura 61</b> – Ausência de protuberância occipital externa.....	95
<b>Figura 62</b> – O <i>pixel</i> é a representação pictórica bidimensional daquilo que compõe o <i>voxel</i> (elemento tridimensional).....	96
<b>Figura 63</b> – Determinação da projeção ortogonal quando o exame for realizado com o <i>gantry</i> inclinado.....	99
<b>Figura 64</b> – O compasso como instrumento de Deus.....	101
<b>Figura 65</b> – Craniotomia guiada pelo método da triangulação e compasso.....	101

<b>Figura 66</b> – Lesão extradural sendo ressecada através de mínima abertura no crânio.....	102
<b>Figura 67</b> – Marcação do couro cabeludo.....	102
<b>Figura 68</b> – Marcação do ponto X no crânio.....	103
<b>Figura 69</b> – Marcação do ponto X na meninge.....	104
<b>Figura 70</b> – Biópsia.....	106
<b>Figura 71</b> – Drenagem de abscessos.....	106
<b>Figura 72</b> – Punção de hematoma.....	107
<b>Figura 73</b> – Abordagem de lesão profunda.....	108
<b>Figura 74</b> – Guia.....	109
<b>Figura 75</b> – Demonstra-se como a lesão evidenciada nos exames da figura 73 pode ser alcançada por uma agulha de biópsia.....	110
<b>Figura 76</b> – Biópsia de lesão profunda .....	111
<b>Figura 77</b> – Utilização do guia.....	112
<b>Figura 78</b> – Utilização do método da triangulação e compasso com cortes coronais...	115

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Grupo I.....	69
<b>Gráfico 2</b> – Grupo II.....	72
<b>Gráfico 3</b> – Grupo III.....	75
<b>Gráfico 4</b> – Grupo IV.....	78
<b>Gráfico 5</b> – Comparação entre os grupos.....	81

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Grupo I. Distância entre o centro do alvo e o ponto assinalado (mm).....	68
<b>Tabela 2</b> – Grupo I. Estatística da amostra.....	70
<b>Tabela 3</b> – Grupo I. Alvos anteriores, médios e posteriores.....	70
<b>Tabela 4</b> – Grupo I. Alvos da região do vértice, superiores e inferiores.....	70
<b>Tabela 5</b> – Grupo II. Distância entre o centro do alvo e o ponto assinalado (mm).....	71
<b>Tabela 6</b> – Grupo II. Estatística da amostra.....	73
<b>Tabela 7</b> - Grupo II. Alvos anteriores, médios e posteriores.....	73
<b>Tabela 8</b> – Grupo II. Alvos da região do vértice, superiores e inferiores.....	73
<b>Tabela 9</b> – Grupo III. Distância entre o centro do alvo e o ponto assinalado (mm).....	74
<b>Tabela 10</b> – Grupo III. Estatística da amostra.....	76
<b>Tabela 11</b> – <i>Gantry</i> com 7° , 14° e 21° de inclinação.....	76
<b>Tabela 12</b> – Grupo IV. Distância entre o centro do alvo e o ponto assinalado no couro cabeludo.....	77
<b>Tabela 13</b> – Grupo IV. Estatística da amostra.....	79
<b>Tabela 14</b> – <i>Gantry</i> com 7° , 14° e 21° de inclinação.....	79
<b>Tabela 15</b> – Tempo.....	82
<b>Tabela 16</b> – Tempo. Estatística da amostra.....	83

## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>2 - LITERATURA.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 - RASTREANDO O INVISÍVEL.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 - TRANSPOSIÇÃO DE DADOS PARA O CRÂNIO NA ERA DA RADIOGRAFIA.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3 - TRANSPOSIÇÃO DE DADOS PARA O CRÂNIO NA ERA DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA.....</b>	<b>27</b>
<b>2.4 - O MÉTODO DA TRIANGULAÇÃO E COMPASSO.....</b>	<b>46</b>
<b>3 – MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>53</b>
<b>3.1 – MATERIAIS.....</b>	<b>54</b>
<b>3.1.1 – SELEÇÃO.....</b>	<b>54</b>
<b>3.1.2 – INFORMAÇÕES TÉCNICAS.....</b>	<b>54</b>
<b>3.2 – MÉTODOS.....</b>	<b>56</b>
<b>3.2.1 – PROCEDIMENTOS.....</b>	<b>56</b>
<b>3.2.1.1 – Obtenção dos espécimens anatômicos.....</b>	<b>56</b>
<b>3.2.1.2 – Disposição dos alvos.....</b>	<b>56</b>
<b>3.2.1.3 – Referenciais.....</b>	<b>57</b>
<b>3.2.1.4 – Fixação dos parafusos.....</b>	<b>58</b>
<b>3.2.1.5 – Realização da tomografia computadorizada.....</b>	<b>58</b>
<b>3.2.1.6 – Efetivação dos cálculos.....</b>	<b>61</b>
<b>3.2.1.7 – Transposição dos dados para o couro cabeludo.....</b>	<b>63</b>

	16
<b>3.2.1.8 – Medida da distância entre o centro do alvo e o ponto assinalado</b> .....	64
<b>3.2.2 – ANÁLISE ESTATÍSTICA</b> .....	65
<b>3.2.3 – ASPECTO ÉTICO</b> .....	65
<b>4 - RESULTADOS</b> .....	67
<b>4.1 – DISTÂNCIA ENTRE O CENTRO DO ALVO E O PONTO ASSINALADO</b> .....	68
<b>4.1.1 – GRUPO I – MARCOS ANATÔMICOS UTILIZADOS COMO REFERÊNCIAS, GANTRY SEM INCLINAÇÃO (0°)</b> .....	68
<b>4.1.2 – GRUPO II – MARCADORES RADIOPACOS UTILIZADOS COMO REFERÊNCIAS, GANTRY SEM INCLINAÇÃO (0°)</b> .....	71
<b>4.1.3 – GRUPO III – MARCOS ANATÔMICOS UTILIZADOS COMO REFERÊNCIAS, GANTRY INCLINADO</b> .....	74
<b>4.1.4 – GRUPO IV – MARCADORES RADIOPACOS UTILIZADOS COMO REFERÊNCIAS, GANTRY INCLINADO</b> .....	77
<b>4.1.5 – COMPARAÇÃO ENTRE OS GRUPOS</b> .....	80
<b>4.1.5.1 – Comparação entre os grupos I e II</b> .....	80
<b>4.1.5.2 – Comparação entre os grupos III e IV</b> .....	80
<b>4.1.5.3 – Comparação entre os grupos I e III</b> .....	80
<b>4.1.5.4 – Comparação entre os grupos II e IV</b> .....	80
<b>4.2 – TEMPO</b> .....	82
<b>5 - DISCUSSÃO</b> .....	84
<b>5.1 – METODOLOGIA</b> .....	85
<b>5.2 – ACURÁCIA</b> .....	87
<b>5.3 – FATORES DE ERRO</b> .....	89
<b>5.3.1 – FATORES INERENTES A QUEM EXECUTA O PROCEDIMENTO</b> .....	89

	17
<b>5.3.2 – FATORES INERENTES AOS REFERENCIAIS.....</b>	<b>90</b>
<b>5.3.3 – FATORES INERENTES AO EXAME.....</b>	<b>96</b>
<b>5.3.3.1 – Espessura dos cortes tomográficos.....</b>	<b>96</b>
<b>5.3.3.2 – Intervalos entre os cortes tomográficos.....</b>	<b>97</b>
<b>5.3.3.3 – Inclinação do gantry.....</b>	<b>98</b>
<b>5.3.3.4 – Movimentos durante a execução do exame.....</b>	<b>100</b>
<b>5.4 – APLICABILIDADE.....</b>	<b>100</b>
<b>5.5 – VANTAGENS E DESVANTAGENS.....</b>	<b>112</b>
<b>6 - CONCLUSÕES.....</b>	<b>118</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>120</b>

# 1 - INTRODUÇÃO

STAUFFACHER - (Gritando.) A maçã foi derrubada!  
(Enquanto a atenção da multidão era desviada para o local onde Berta havia se colocado entre Rudenz e Gessler, Tell atirou a flecha.)

RÖSSELMANN - O menino está vivo!

MUITAS VOZES - Ele acertou a maçã!

(Guilherme Tell, Ato III, Cena III – Schiller)

Um desfecho feliz seria muito improvável se o tirano Gessler tivesse ordenado que os olhos de Guilherme Tell fossem vendados; é praticamente impossível alvejar aquilo que não se vê. Assim, entende-se que o avanço da Neurocirurgia tenha sido tolhido por séculos a fio; ter a ousadia de abordar uma lesão intracraniana era como tentar acertar o alvo lançando a flecha com os olhos fechados, só por um inusitado bafejo da sorte ele seria atingido. Não havendo como identificar o local da lesão, era impossível determinar com segurança onde abrir o crânio.<sup>1</sup>

No geral, as estruturas intracranianas são inacessíveis aos sentidos; inspeção, palpação e ausculta, métodos perscrutadores usuais do exame clínico, são de pouca valia quando se trata de esquadrihar o conteúdo do crânio. Entretanto, os pioneiros da investigação neurológica vislumbraram uma saída no conceito de regionalização das funções corticais, o qual se consolidou definitivamente a partir do penúltimo decênio do século XIX.<sup>2</sup> Como determinadas regiões do córtex cerebral são incumbidas de funções diferenciadas, o local acometido por uma lesão pode ser determinado com base no reconhecimento da função comprometida; surge assim a possibilidade de valer-se dos conhecimentos de topografia craniencefálica para definir onde posicionar a craniotomia.<sup>3</sup>

Sem dúvida, uma luz havia sido acesa na noite brumosa, porém insuficiente para dissipar as trevas; não havendo como enxergar através do crânio, o local da lesão era

deduzido de modo indireto, a partir do exame neurológico, o que estava longe de ser satisfatório.

A radiografia inaugurou a era auspiciosa do diagnóstico por imagem, mas a estrêua busca de meios para solucionar o problema da localização de lesões intracranianas só seria devidamente recompensada cerca de um século após, com o surgimento de métodos revolucionários de exame que, de modo notável, expandiriam o campo de atuação dos sentidos humanos. Disponibilizando imagens altamente detalhadas de secções do corpo, a tomografia computadorizada e a ressonância magnética nuclear trouxeram o conteúdo craniano ao alcance dos olhos.<sup>4</sup>

Contudo a realidade ainda está em débito com a ficção, não foi alcançado o “superpoder” de olhar diretamente através das paredes, os exames permitem uma visão indireta, fornecendo representações pictóricas do interior do crânio. Por conseguinte, o antigo problema de posicionar devidamente a craniotomia ainda merece atenção, pois os dados colhidos nas imagens devem ser repassados para a superfície da cabeça, e isso nem sempre é fácil.<sup>5-10</sup>

Com base na análise dos exames, o cirurgião demarca sobre a imagem o local ideal para efetuar a craniotomia; como regra, o alvo a ser atingido na superfície do cérebro deve corresponder ao centro da abertura no crânio. Tal objetivo é alcançado com precisão milimétrica quando se utiliza aparelho estereotático fixo ao crânio, porém trata-se de procedimento laborioso, bastante desconfortável para o paciente e, além do mais, freqüentemente inacessível devido ao elevado custo do instrumental. Ultimamente, o desenvolvimento de sofisticados sistemas de neuronavegação também tem possibilitado grande acurácia no posicionamento da craniotomia, entretanto, por depender de

equipamento muito dispendioso, tal método é tido como *avis rara*, anseio utópico do neurocirurgião que atua fora do contexto dos países ricos.<sup>8</sup>

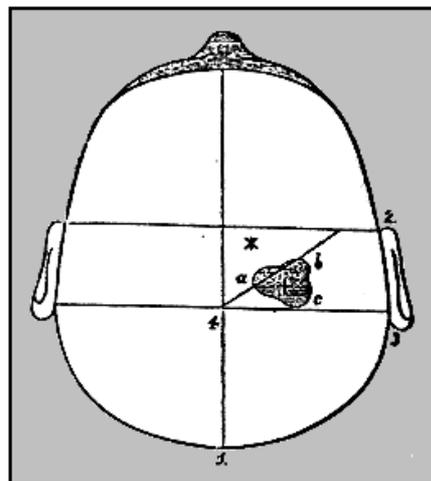
Corriqueiramente, o neurocirurgião transfere dados do exame para o paciente tomando como referências pontos conhecidos tanto nas imagens como no crânio; entretanto a pobreza de marcos anatômicos na abóbada craniana, lisa e ovóide, torna esse procedimento exposto a erros freqüentes.<sup>11, 12</sup> Desde o advento da tomografia computadorizada, vários métodos foram propostos com o intuito de minimizar essa dificuldade, buscando uma alternativa que, embora não tendo a acurácia das técnicas estereotáticas, seja mais eficaz que a marcação à mão livre, reunindo também as vantagens de causar mínimo desconforto, ser simples e pouco onerosa. Até agora, nenhum desses métodos conquistou o uso geral, tornando-se rotineiro entre os neurocirurgiões.<sup>7, 11, 13, 14</sup>

Esta pesquisa foi realizada com o propósito de demonstrar a efetividade da transposição de dados da tomografia computadorizada para a superfície da cabeça por meio de um simples compasso e fazendo uso de triangulação. Método confortável para o paciente, acessível a qualquer neurocirurgião, fácil de aplicar e fundamentado na geometria, atendendo, pois, à recomendação lapidar do filósofo Friedrich Nietzsche: “Nós queremos, tanto quanto seja possível, introduzir em todas as ciências a sutileza e a severidade da matemática”.<sup>15</sup>

## **2 - LITERATURA**

## 2.1 – RASTREANDO O INVISÍVEL.

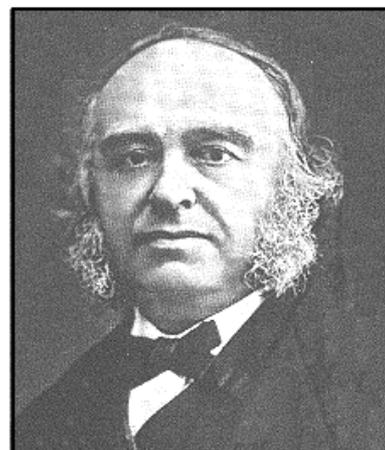
Em 1887, no renomado periódico *The Lancet*, Francesco Durante vaticinou: “O progresso da patologia experimental e dos estudos de localização cerebral, a cada dia que passa, tem aplainado os caminhos que conduzem ao diagnóstico das doenças cerebrais, de modo que, no futuro, a cavidade craniana poderá entrar no domínio da cirurgia”.<sup>3</sup> Na verdade, a previsão veio um pouco tarde; em 1885 Rickman Godlee havia realizado a ressecção de um tumor intracraniano, localizando-o com base no exame neurológico e nos preceitos de topografia craneoencefálica<sup>16</sup> (Figura 1).



**Figura 1**– Diagrama apresentado por Godlee.<sup>16</sup> Os dados clínicos sugeriram tratar-se de uma lesão nas imediações do sulco central, o qual foi localizado a partir do conhecimento das relações entre referências distinguidas na superfície da cabeça e os giros cerebrais (topografia craneoencefálica).

A estratégia estava bem definida: a análise judiciosa dos sinais e sintomas indicaria que região do cérebro foi comprometida; o local mais conveniente para a craniotomia seria determinado na medida em que fossem conhecidas as relações entre referenciais estabelecidos na superfície da cabeça e as estruturas intracranianas.<sup>16</sup>

Nesse âmbito o nome do francês Pierre Paul Broca (Figura 2) ressoa duas vezes nos escaninhos da História da Neurocirurgia. Em 1861, perante a Sociedade de Antropologia de Paris, Broca deu o primeiro passo efetivo no rumo de uma teoria da regionalização das



**Figura 2**– Pierre Paul Broca

funções corticais, ao declarar que lesões do terço posterior do giro frontal inferior esquerdo resultam em distúrbio de linguagem.<sup>17, 18</sup> Também foi ele o primeiro a propor o uso sistemático de referências anatômicas do crânio e couro cabeludo para localizar regiões do encéfalo, lançando, portanto, os fundamentos da topografia cranecefálica.<sup>19</sup>

Todavia, o diagnóstico topográfico esteado unicamente na avaliação clínica deixava muito a desejar. Logo veio à baila o conceito de “área muda”, utilizado com respeito às várias regiões do cérebro cuja disfunção não é claramente expressa por sinais e sintomas específicos. Frequentemente, uma lesão só era detectada quando assumia grandes dimensões, estendendo-se até regiões ditas como “eloqüentes” (áreas de grande expressividade clínica); o retardo no diagnóstico podendo ter conseqüências desastrosas. Por outro lado, alterações circulatórias e aumento da pressão intracraniana podem afetar estruturas distantes da lesão primária, determinando o surgimento de evidências clínicas que podem ser erroneamente interpretadas e resultando em “falsa localização”; caso fosse pego nessa armadilha da semiótica, o neurocirurgião teria o dissabor de abrir o crânio no local errado.<sup>20</sup>

## **2.2 – TRANSPOSIÇÃO DE DADOS PARA O CRÂNIO NA ERA DA RADIOGRAFIA.**

A possibilidade de deparar com uma “área muda” ou de cair na cilada da “falsa localização” compeliu os cirurgiões a buscarem um modo mais eficiente de localizar lesões intracranianas. Um alento surgiu no ocaso do século XIX, adstrito à extraordinária descoberta de Wihelm Konrad von Röntgen: os raios X.<sup>4</sup>

Logo se percebeu que a radiografia simples era de pouca utilidade na localização dos processos patológicos intracranianos; poucas lesões erodem as estruturas ósseas contíguas ou apresentam-se radiopacas, podendo ser distinguidas no exame. Em 1912, Arthur Schüller chamou a atenção para o desvio da glândula pineal calcificada, que pode ser detectado na radiografia do crânio, sinalizando a presença de uma lesão contralateral.<sup>21</sup> Porém tal achado não propicia uma localização efetiva, apenas indica o lado comprometido; além do mais, muitas vezes não há deslocamento perceptível, por tratar-se de uma lesão pequena ou porque a glândula não está calcificada.<sup>22</sup>

Urgia que um *deus ex machina* fosse trazido à cena; assim ocorreu a partir de uma idéia surpreendentemente simples, preencher espaços anatômicos com substâncias contrastantes, isto é, substâncias que podiam ser divisadas nas radiografias. Em 1918, a partir da observação da radiografia abdominal de um paciente com pneumoperitônio, o neurocirurgião americano Walter



Dandy (Figura 3) atinou com a possibilidade do ar ser utilizado como substância contrastante, introduzindo-o no interior dos ventrículos; surgiu assim a ventriculografia.<sup>23, 24</sup> Pouco tempo depois, outro lampejo de argúcia: Dandy injetou ar no espaço subaracnóide e obteve o delineamento da superfície encefálica na radiografia. Essa técnica foi detalhadamente descrita em 1919, caindo no uso geral com o nome de pneumoencefalografia.<sup>24, 25</sup>

Mas foi Egas Moniz (Figura 4), pontífice maior da Neurologia portuguesa, quem consagrou os exames radiológicos como decisivos na busca do neurodiagnóstico. Em 1927, Moniz descortinou a arteriografia, exame baseado no uso de substância contrastante

líquida para demarcar as artérias cerebrais. A descoberta foi recebida com entusiasmo e ainda hoje tem lugar garantido entre os principais métodos de diagnóstico a serviço do neurologista.<sup>26</sup>

Os exames radiológicos inauguraram uma nova era no que concerne à localização cirúrgica de processos patológicos intracranianos. Antes, localizar uma lesão cerebral era como buscar terras ignotas, enfrentando o mar



**Figura 4** - Egas Moniz

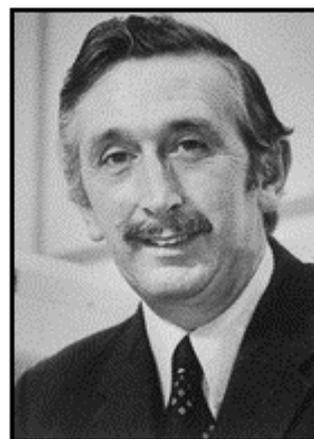
proceloso sem uma carta náutica; agora, desde que se trate de lesão radiologicamente distinguível, o navegador sabe para onde virar o leme, pois tem um mapa na mão. Cedo se fez uso dessa vantagem; em 1896, Lennander realizou a primeira intervenção cirúrgica guiada por informações colhidas em radiografias: a retirada de um projétil de arma de fogo que estava alojado no lobo occipital.<sup>27</sup>

A transferência dos dados radiográficos para a superfície da cabeça não é tão simples. As imagens representam projeções das estruturas anatômicas numa superfície plana; trata-se, pois, de caracterizar um objeto tridimensional a partir de sua “sombra radiológica”.<sup>28</sup> Antes de tudo, devem ser selecionadas referências conhecidas tanto nos exames como no crânio; para tal são considerados marcos anatômicos como o násio, o ínio, o vértice, os meatos acústicos externos, as margens orbitais e a linha mediana. Tomando-se como base os marcos referenciais, medidas feitas nas radiografias podem ser repassadas para a cabeça, desde que antes seja corrigida a magnificação.<sup>6, 29</sup> Naturalmente, como se trata de uma recomposição tridimensional, devem ser utilizadas ao menos duas radiografias, divergindo 90° uma da outra.<sup>29</sup>

Distorções ao passar para uma superfície curva medidas obtidas numa área plana, escassez de referências anatômicas bem definidas na abóbada craniana e dificuldade em corrigir a magnificação estão entre os motivos que tornam susceptível de erro a transferência de informações das radiografias para a superfície da cabeça.<sup>29</sup> Tendo isso em mente, o cirurgião cauteloso era apologista das craniotomias amplas, do contrário incorreria no risco de não encontrar a lesão dentro dos confins da abertura realizada no crânio.<sup>30, 31</sup>

### **2.3 – TRANSPOSIÇÃO DE DADOS PARA O CRÂNIO NA ERA DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA.**

O benefício advindo da utilização desses exames radiológicos trouxe novo ânimo, porém mostra-se inexpressivo quando comparado ao que estava por vir. O proveito do conúbio entre Neurocirurgia e Radiologia ultrapassou as raiais do imaginável; em 1972, o engenheiro britânico Godfrey Hounsfield (Figura 5) apresentou a tomografia computadorizada ao mundo e, desde a invenção do trépano, nada havia se mostrado tão útil para o neurocirurgião.<sup>32, 33</sup>



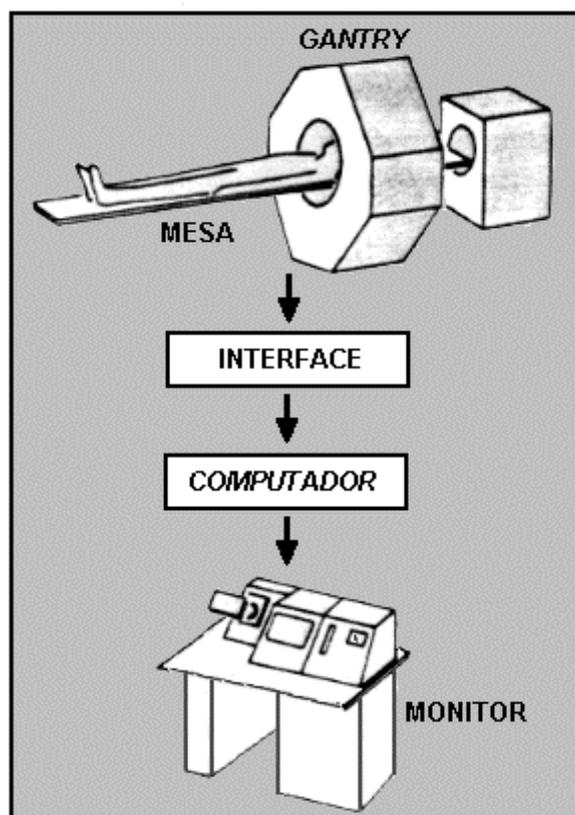
**Figura 5** – Godfrey Hounsfield

O reconhecimento não tardou, Hounsfield foi agalardado com o Prêmio Nobel de Medicina em 1979.<sup>34</sup> Contudo não é lícito esquecer que, cerca de cinquenta anos antes, o primeiro passo fora dado pelos idealizadores do método tomográfico, entre os quais devem ser destacados Mayer, Baese e, principalmente, Bocage.<sup>35</sup> Na sua essência, o procedimento consiste em mover a fonte de raios X e o filme durante a exposição, de tal maneira que a projeção de um plano selecionado no corpo do paciente permaneça em foco

enquanto as projeções dos planos acima e abaixo são veladas.<sup>36</sup> As tomografias (ou planigrafias) assim obtidas solucionaram um dos maiores problemas da radiografia: a superposição de “sombras” indesejáveis na área de interesse.<sup>37</sup>

Para realizar-se uma tomografia computadorizada é utilizado um método tomográfico para produzir séries de imagens de secções do corpo; no entanto, em vez de incidir sobre um filme, o feixe de raios X é captado por detectores onde serão geradas informações concernentes à intensidade de radiação.<sup>33</sup> A fonte de raios X e os detectores são acondicionados no *gantry* (palavra inglesa que significa pórtico e que assoma no jargão radiológico como anglicismo, não é costume traduzi-la), uma estrutura que incorpora o dispositivo que é responsável pelos movimentos requeridos pelo sistema, tornando possível a realização de múltiplas projeções. O paciente é acomodado sobre a mesa do tomógrafo, que se deslocará apresentando novas secções do corpo para análise<sup>4, 36</sup> (Figura 6).

Hounsfield simplesmente fez uso do maior legado tecnológico do século XX: o computador. As informações geradas nos detectores de radiação são encaminhadas a um computador para processamento; a partir daí, a imagem representando uma secção do corpo será reconstruída matematicamente e apresentada na tela do monitor, podendo



**Figura 6** – Representação esquemática do aparato envolvido na produção de uma imagem por tomografia computadorizada (modificado de Ter-Pogossian<sup>36</sup>).

ser fotografada <sup>38</sup> (Figura 6).

As vantagens da tomografia computadorizada são gritantes: uma estrutura não encobre a outra, há nítida definição espacial, a escala impressa nas imagens possibilita dimensionamento fácil e acurado, “partes moles” são bem caracterizadas e, além do mais, trata-se de exame muito sensível, permitindo o diagnóstico de lesões diminutas.<sup>38-41</sup>

Contudo, não demora e outra prima-dona desponta no palco do neurodiagnóstico. Em 1978, na Inglaterra, Hugh Clow e Ian Young obtêm as primeiras imagens de secções de uma cabeça humana realizadas a partir de ressonância magnética nuclear.<sup>34</sup> Em 2003, nova consagração das Ciências Exatas no templo de Esculápio, o Prêmio Nobel de Medicina é dividido entre o químico Paul Lauterbur e o físico Peter Mansfield por terem viabilizado o uso dos princípios de ressonância magnética nuclear para aquisição de imagens do corpo.<sup>42</sup>

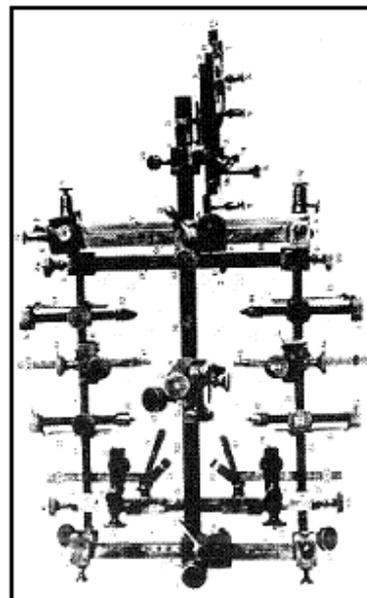
As imagens são produzidas com base em sinais de radiofrequência que, sob condições especiais, são emitidos pelos núcleos dos átomos de hidrogênio dos tecidos. Tais sinais são captados por uma antena disposta em torno do corpo do paciente e encaminhados a um computador, onde serão submetidos a um processo de reconstrução similar ao utilizado na tomografia computadorizada.<sup>43, 44</sup>

Com o progresso das técnicas de avaliação por imagem, exames como a ventriculografia e pneumoencefalografia tornaram-se obsoletos. O advento da ressonância magnética nuclear suscitou a expectativa de que os dias da tomografia computadorizada estavam contados, entretanto assim não ocorreu, pois ambos os exames têm vantagens a oferecer. A tomografia computadorizada é realizada com maior rapidez, evidencia melhor as estruturas ósseas, apresenta sensibilidade maior quanto à detecção de sangramento recente (em especial no espaço subaracnóideo), pode ser utilizada em portadores de qualquer tipo de prótese metálica e é menos onerosa.<sup>43, 45</sup> Por seu turno, a ressonância

magnética nuclear não utiliza radiação ionizante, permite melhor diferenciação dos tecidos, pode produzir imagens em múltiplos planos, não é afetada por artefatos causados pelo osso, possibilita avaliação funcional e faz uso de um meio de contraste por assim dizer inócuo.<sup>43, 45, 46</sup>

A tomografia computadorizada e a ressonância magnética nuclear fornecem informações altamente precisas a respeito do conteúdo craniano, portanto logo se buscou um meio de utilizar esses dados para, com máxima exatidão, localizar lesões encefálicas. A procura não foi muito longe, bastou adaptar aos novos exames as técnicas estereotáticas que vinham sendo utilizadas há décadas pelos neurocirurgiões.<sup>47</sup>

No início do século XX, em Londres, o neurocirurgião Victor Horsley e o matemático Robert Henry Clarke puseram-se a excogitar uma maneira de conduzir um eletrodo até o núcleo denteado de macacos, com o intuito de estudar a função do cerebelo.<sup>47-49</sup> Assim foi idealizado o método estereotático de abordagem cirúrgica, que implica em orientar tridimensionalmente a extremidade de um instrumento com o objetivo de atingir um alvo no interior do corpo.<sup>48, 49</sup> Para tal, utiliza-se o princípio cartesiano de localizar um ponto no espaço com base em três coordenadas, sendo necessário buscar essas coordenadas num exame ou num atlas de secções do encéfalo, para depois lançar mão de um dispositivo capaz de guiar o instrumento até o alvo<sup>47, 50</sup>



**Figura 7** – Aparelho estereotático utilizado por Horsley e Clarke<sup>48</sup>

(Figura 7).

Exames que disponibilizam imagens de secções do corpo, realizadas em planos paralelos entre si, são ideais para obter as coordenadas estereotáticas; entende-se assim

que o advento da tomografia computadorizada e da ressonância magnética nuclear tenha revitalizado a estereotaxia.<sup>47, 51, 52</sup> A lista de indicações para o método tornou-se mais numerosa, nela sendo incluída a escolha do local da abertura no crânio, ou seja, a realização de craniotomias estereotáticas.<sup>52, 53</sup>

A maior desvantagem da estereotaxia tradicional é a necessidade de utilizar o aparelho estereotático, dispositivo mecânico que é fixo na cabeça através de parafusos, servindo de condutor para o instrumento que deve atingir o alvo.<sup>48</sup> Técnicas estereotáticas que dispensam tal apetrecho foram desenvolvidas nos últimos quinze anos, seu uso tendo recebido o sugestivo epíteto de neuronavegação.<sup>54, 55</sup> Na sua essência, o método consiste em obter previamente imagens da



**Figura 8** – Sistema de neuronavegação

cabeça e apresentá-las na tela de um monitor localizado na sala de cirurgia (Figura 8), para nelas ser demarcado o local que o instrumento usado na neuronavegação está ocupando num instante qualquer.<sup>56</sup>

Um sistema de neuronavegação baseia-se no uso de digitalizadores, dispositivos que detectam a posição do instrumento no campo cirúrgico, entregando as informações ao computador. Para que os dados possam ser transferidos para as imagens é necessário providenciar referenciais cujas posições sejam conhecidas tanto no paciente como no exame, assim é fornecido substrato para que o computador possa definir a correspondência entre pontos da cabeça e das imagens.<sup>50, 54, 56</sup> Geralmente utilizam-se como referências

marcadores posicionados no couro cabeludo ou referenciais anatômicos bem definidos como o násio e o trago.<sup>56</sup>

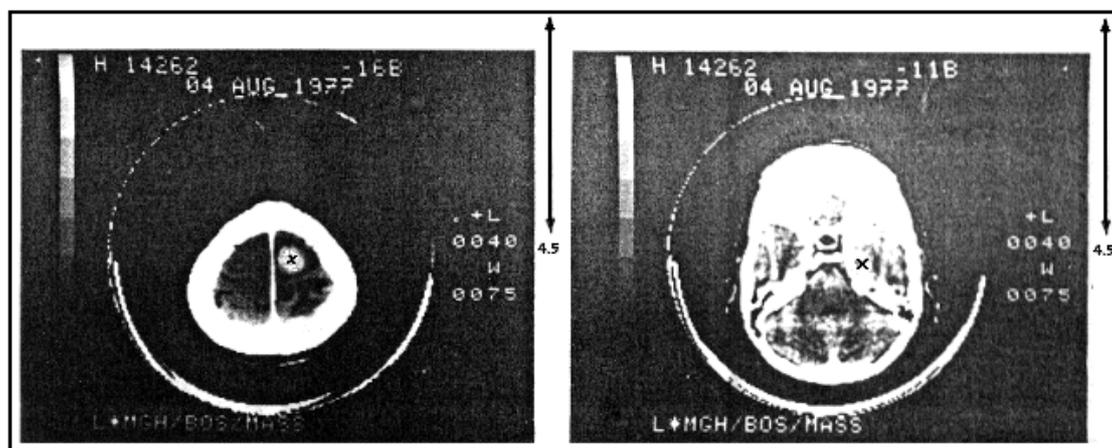
A neuronavegação tem sido reputada como a quintessência dos métodos de localização neurocirúrgica, mostrando-se útil não só para definir o local da craniotomia mas também para guiar o neurocirurgião pelo restante do procedimento.<sup>56</sup> Contudo, o alto nível de sofisticação tecnológica repercute no preço, o que muitas vezes inviabiliza a aquisição do aparelho.<sup>8</sup>

No caso específico do posicionamento da craniotomia, é imperioso que o neurocirurgião se familiarize com métodos alternativos que sejam acessíveis e de fácil aplicação. Visando transferir dados das imagens de secções da cabeça para o couro cabeludo, procedimentos simples vêm sendo propostos desde o advento da tomografia computadorizada.<sup>6-14, 28, 57-65</sup>

O pioneirismo coube a Ambrose<sup>57</sup> que, já em 1973, propôs um método para identificar os planos correspondentes às imagens. Uma fita adesiva era fixa adiante da orelha direita e nela assinalados os níveis programados para os cortes tomográficos; depois, o paciente era posicionado de modo que tais marcas fossem relacionadas a uma escala gravada no compartimento de água que, nos primeiros tomógrafos, envolvia a cabeça. Destarte, as marcas inscritas na fita indicariam a posição dos planos seccionais utilizados no exame.

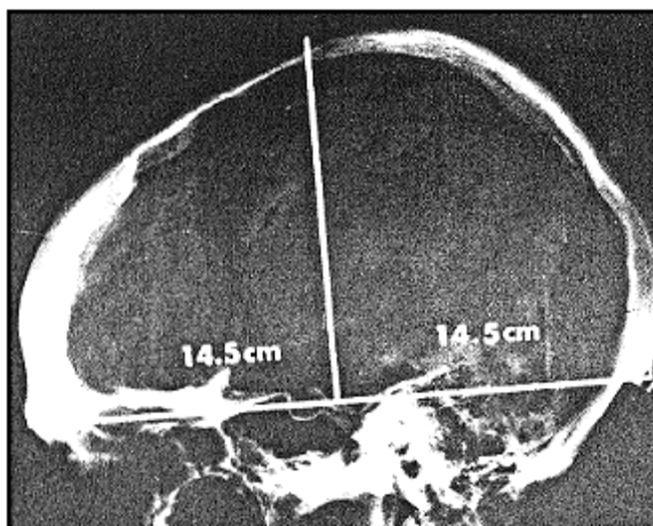
Em algumas técnicas há intermediação de uma radiografia simples, o que reflete o antigo vínculo do neurocirurgião com os exames radiológicos tradicionais; primeiro os dados são transferidos da tomografia para a radiografia, depois são repassados desta para a cabeça.<sup>9, 12, 58-60</sup>

Assim procederam Norman e Newton<sup>12</sup> ao utilizarem um método baseado na realização de radiografias simples usando a própria fonte de raios X do tomógrafo. Os planos em que as imagens foram elaboradas são demarcados por retas paralelas traçadas nas radiografias; em seguida, identifica-se o plano que contém a lesão e para ele são transferidas as medidas efetivadas na tomografia computadorizada, antes sendo corrigida a minificação.



**Figura 9** – Reprodução da Figura 1 de O’Leary e Lavyne.<sup>58</sup> A posição da lesão mostrada à esquerda é transposta para o corte tomográfico que foi delineado na radiografia.

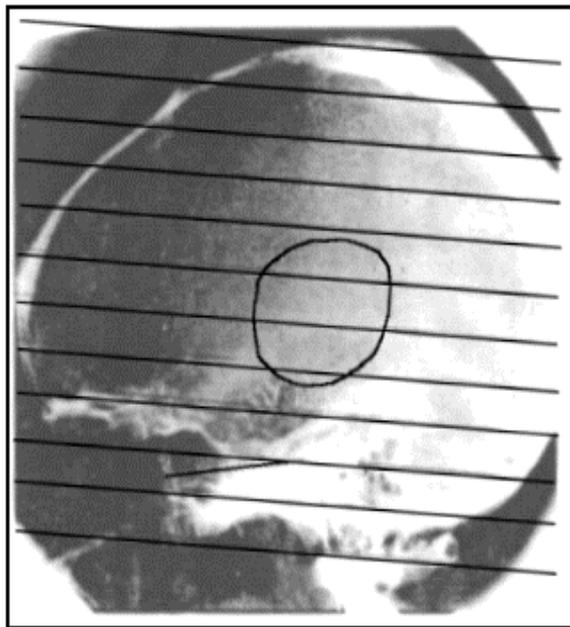
A técnica preconizada por O’Leary e Lavyne<sup>58</sup> objetiva a localização de lesões situadas nas imediações do vértice. Antes de tudo, seleciona-se um corte tomográfico que passe pela base do crânio e no qual haja referenciais ósseos bem distinguíveis, como os processos clinóides, o ínio e as porções petrosas dos ossos



**Figura 10**– Reprodução da Figura 5 (esquerda) de O’Leary e Lavyne.<sup>58</sup> A posição da lesão é transferida para o plano de corte delineado na radiografia; o término da reta perpendicular que parte desse ponto indica o local onde a craniotomia deverá ser centrada

temporais; tais marcos anatômicos são identificados numa radiografia lateral do crânio e, passando por eles, é traçada uma reta que corresponde ao nível de secção da imagem considerada na tomografia. Em seguida, na imagem tomográfica que contém o alvo, determina-se a distância entre o centro da lesão e a margem superior da moldura onde a mesma está enquadrada; essa medida é repassada para a imagem cujo plano está delineado na radiografia, definindo um ponto que está situado na mesma posição que o centro da lesão ocupa na imagem que o contém (Figura 9). A distância entre esse ponto e a superfície anterior do crânio é medida e, após corrigir-se a minificação, será utilizada para definir a posição do mesmo no plano previamente identificado na radiografia. Finalmente, na radiografia, traça-se uma perpendicular partindo do aludido ponto e terminando na porção superior do crânio; seu término indica o local onde a craniotomia deverá ser centrada (Figura. 10).

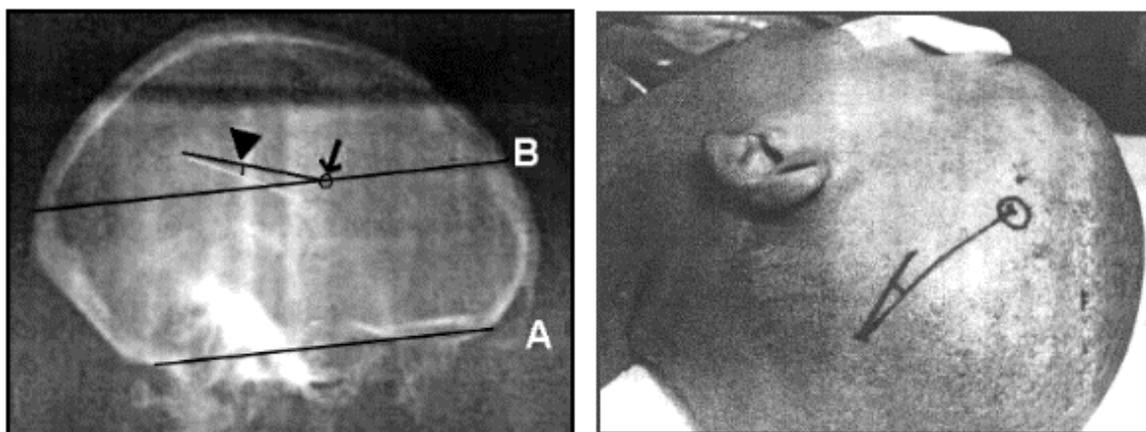
Ainda na trilha dos métodos que utilizam radiografias está a técnica de Cail e Morris.<sup>59</sup> Numa radiografia lateral do crânio é traçada uma reta com a mesma inclinação dos cortes tomográficos, que é obtida tomando-se o valor do ângulo do *gantry* registrado na tomografia e relacionando-o com a linha radiológica de base (quando esta não é passível de reconhecimento na radiografia são utilizados como referências os marcos anatômicos da base do crânio, tal qual no



**Figura 11** – Reprodução da Figura 4 de Cail e Morris.<sup>59</sup> As retas paralelas indicam os planos de corte; a lesão foi delimitada a partir da identificação de sua posição em três desses planos. Observe-se o ângulo entre os planos de corte e a linha radiológica de base.

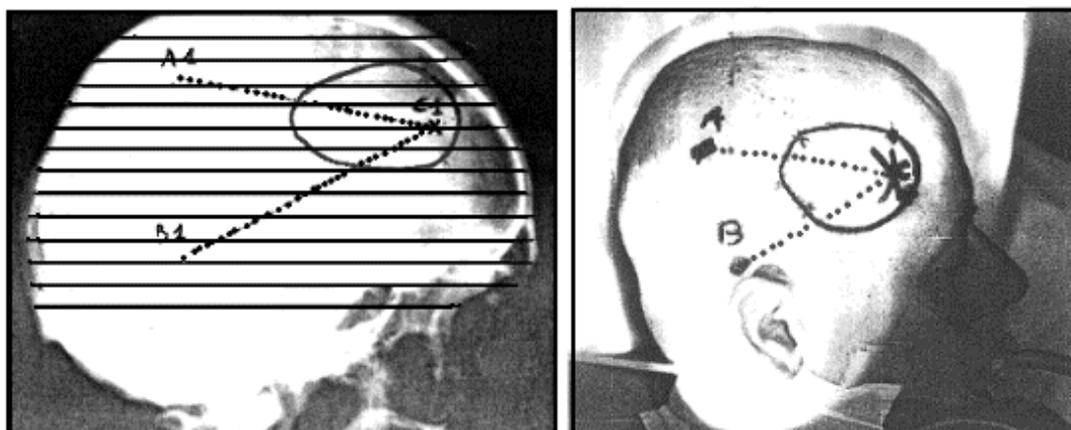
método de O’Leary e Lavyne<sup>58</sup>). Sob a radiografia é posicionada uma folha transparente onde foram traçadas retas separadas entre si por distâncias que correspondem às espessuras dos cortes tomográficos, corrigidas de acordo com a magnificação; a linha previamente demarcada no exame deve coincidir com uma das retas situadas inferiormente. Em seguida, são computadas medidas referentes à localização da lesão na tomografia e, após realizarem-se os ajustes relacionados à minificação tomográfica e à magnificação radiográfica, esses valores são transferidos para a radiografia, e daí para o couro cabeludo (Figura 11).

Qualquer transposição de dados de um exame para outro ou de um exame para a superfície do crânio é realizada com base em referências cuja posição é conhecida tanto no exame onde as informações são colhidas como no exame de destino ou no crânio. Para tal, podem ser utilizados referenciais anatômicos ou marcadores radiopacos que são posicionados no couro cabeludo; neste último caso espera-se maior acurácia, pois não há o risco de descair em dúvida. As técnicas de transferência de dados anteriormente descritas fazem uso de referenciais anatômicos; buscando maior precisão, alguns autores idealizaram procedimentos em que a radiografia é realizada após a fixação de marcadores radiopacos no couro cabeludo.<sup>9, 60</sup>



**Figura 12** – Reprodução das Figuras 2 e 5 de Patil e Woosley.<sup>9</sup> O alvo foi assinalado na reta B, que representa o corte onde a lesão está contida (seta). Um segmento de reta foi traçado desde o alvo até o extremo superior da imagem da agulha; seu comprimento e o ângulo formado com a agulha (“cabeça de seta”) serão utilizados para localizar o alvo na superfície do crânio.

Patil e Woosley<sup>9</sup> recomendam que uma radiografia lateral do crânio seja realizada, antes, porém, uma agulha reta é fixa no couro cabeludo numa situação anterior ou posterior àquela prevista para a lesão. Em seguida, como na técnica de O'Leary e Lavyne,<sup>58</sup> demarca-se na radiografia uma linha que corresponde a um dos cortes tomográficos que passa pela base do crânio; a distância entre este corte e aquele que contém a lesão é determinada e será utilizada para assinalar na radiografia o plano de corte que passa pelo alvo. Como na técnica de Cail e Morris<sup>59</sup> o ponto que corresponde ao alvo é demarcado na radiografia, depois se toma como referência um ponto num dos extremos da imagem radiográfica da agulha e traça-se um segmento de reta unindo-o ao alvo; a distância entre esses dois pontos e o ângulo entre o segmento de reta que os une e aquele que corresponde à imagem radiográfica da agulha são utilizados para identificar o local do alvo na superfície da cabeça (Figura 12).

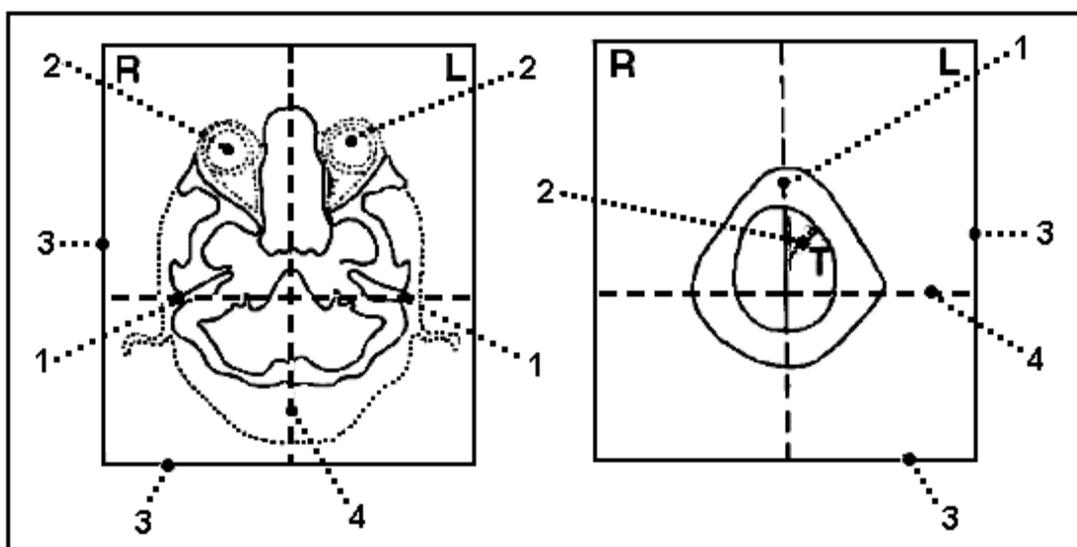


**Figura 13** – Reprodução das Figuras 1b e 1c de Coraddu et al.<sup>60</sup> Após a identificação do alvo (C1) na radiografia, são medidas as distâncias entre este e os marcadores (A1 e B1). Essas medidas corresponderão às aberturas de um compasso que, uma vez centrado sobre os pontos inicialmente marcados sobre a cabeça (A e B), será utilizado para traçar dois arcos que se cruzarão no ponto procurado (C).

Do mesmo modo que na técnica de Patil e Woosley,<sup>9</sup> o que há de original no procedimento sugerido por Coraddu et al.<sup>60</sup> é o método utilizado para transferir as informações da radiografia para o crânio. Inicialmente, dois pontos são assinalados no couro cabeludo e sobre cada um deles é fixo um marcador radiopaco; a seguir, uma

radiografia lateral do crânio é realizada, nela sendo demarcado o local da lesão através do método de Cail e Morris <sup>59</sup> (Figura 13). Por fim, as distâncias entre o alvo e as imagens que correspondem aos marcadores são medidas na radiografia e usadas para determinar as aberturas de um compasso que, uma vez centrado sobre os pontos inicialmente marcados sobre o couro cabeludo, será utilizado para traçar dois arcos que supostamente se cruzarão no ponto procurado (Figura 13).

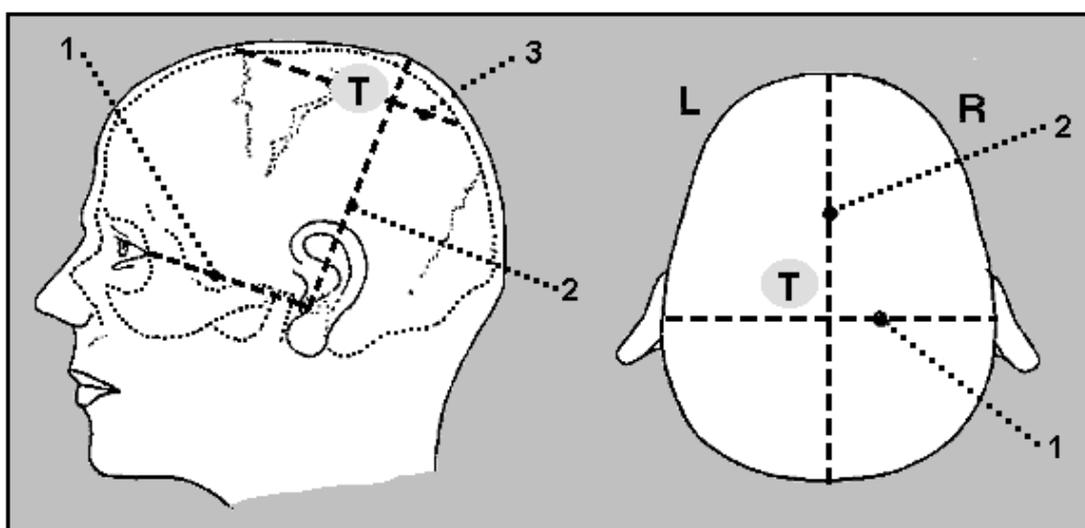
No entanto, permanecer atrelado à radiografia era desdenhar o progresso. Logo foram idealizadas maneiras de transferir as informações das imagens tomográficas diretamente para o crânio. <sup>6-8, 10, 11, 13, 14, 28, 61-65</sup>



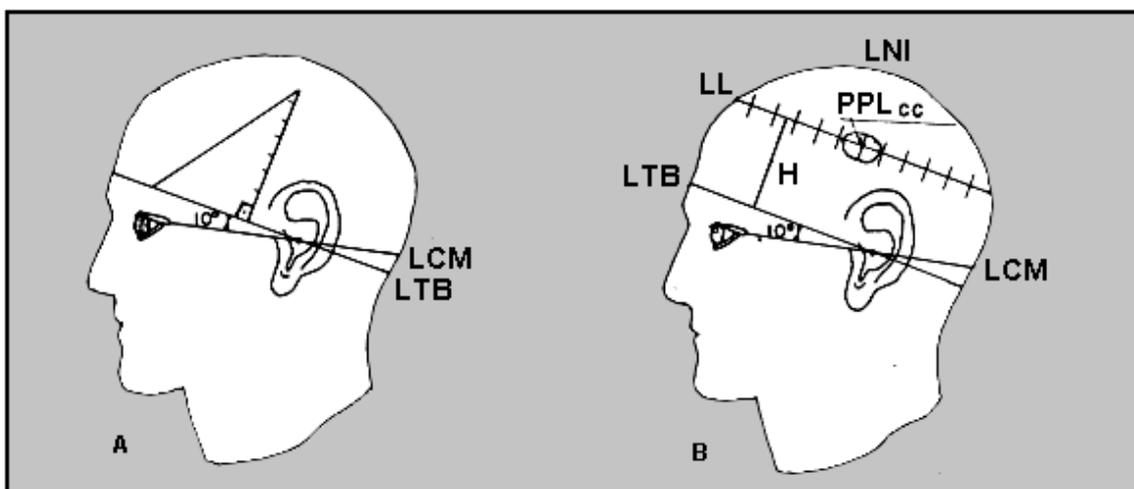
**Figura 14** – Reprodução da Figura 2 de Penning.<sup>10</sup> O diagrama da esquerda representa o corte que passa pelos meatos acústicos externos, nele estando delineadas a linha contida no plano perpendicular que passa pelos meatos e a linha contida no plano mediano. À direita está o corte que passa pela lesão (T), aí será medida a distância entre a lesão e o plano perpendicular que passa pelos meatos, como também a distância entre a lesão e o plano mediano (observar que os números indicando os planos variam de um diagrama para o outro).

O método empregado por Penning<sup>10</sup> lança mão unicamente de referenciais anatômicos. Primeiro é definida a inclinação do corte tomográfico que passa pelos meatos acústicos externos (para tal utilizam-se as margens das órbitas como referências). Assinalando o plano de tal corte, uma linha é traçada no couro cabeludo; em seguida, outra

linha é demarcada, num plano perpendicular ao da primeira e unindo os dois meatos acústicos externos. A distância entre o corte tomográfico que passa pelos meatos e aquele que passa pelo centro da lesão é utilizada para definir uma terceira linha na superfície da cabeça, indicando o plano seccional em que o ponto procurado se encontra. Depois, toma-se uma folha transparente para nela serem demarcados o alvo e o contorno periférico do quadro onde ele está contido na tomografia; tal folha é sobreposta à imagem onde os meatos acústicos externos são distinguidos (Figura 14), antes tendo sido traçada uma reta unindo-os (o contorno periférico do enquadramento desta imagem deve coincidir com o contorno traçado na folha transparente). A distância entre a reta e o alvo marcado na folha transparente é determinada e corrigida quanto à minificação, sendo utilizada para identificar na cabeça do paciente a distância entre a lesão e o plano que passa pelos meatos acústicos externos e é perpendicular aos cortes tomográficos (Figura 15).

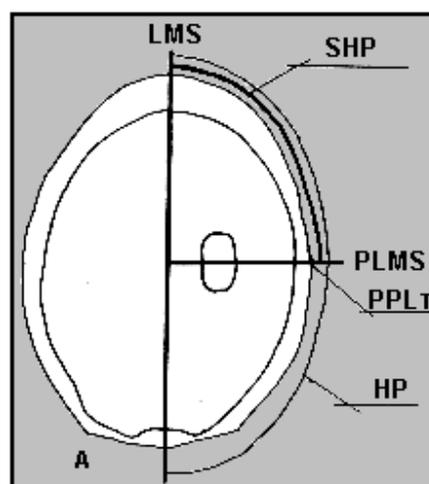


**Figura 15** – Reprodução da Figura 3 de Penning.<sup>10</sup> O alvo é identificado na superfície do crânio com base no conhecimento da distância entre a lesão e os três planos (plano sagital, plano que passa pelos meatos e pelas órbitas, plano perpendicular a este e que também passa pelos meatos).



**Figura 16** – Reprodução da Figura 1 de Vilela Filho.<sup>14</sup> LTB: linha tomográfica basal; LL: linha da lesão (indica o nível do plano de corte que passa pelo centro da lesão); H: distância entre a LTB e a LL; PPL<sub>cc</sub>: ponto de projeção do centro da lesão no couro cabeludo; LCM: linha cantomeatal; LNI: linha nasoiníaca

Da mesma forma que Penning, Vilela Filho<sup>14</sup> utiliza marcos anatômicos como referenciais para traçar na superfície da cabeça uma linha demarcatória de um dos cortes tomográficos que passam pela base do crânio (intitulada linha tomográfica basal). Em seguida, é determinada a distância entre o plano de secção que corresponde à linha tomográfica basal e aquele que passa pelo centro da lesão. Por intermédio de um esquadro, essa distância é assinalada na cabeça do paciente, indicando o nível em que será traçada uma linha que corresponde ao plano seccional que

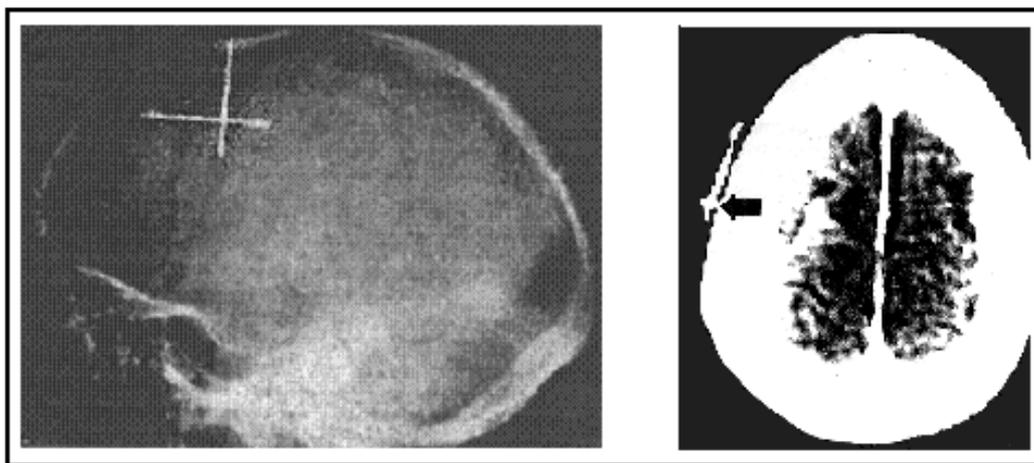


**Figura 17** – Reprodução da Figura 2A de Vilela Filho.<sup>14</sup> LMS: linha média-sagital (plano mediano); PLMS: perpendicular à LMS; PPL<sub>T</sub>: ponto de projeção da lesão; HP: hemiperímetro; SHP: segmento do hemiperímetro (medida do contorno do cabeça desde o PPL<sub>T</sub> até a LMS).

passa pelo centro da lesão (Figura 16). Na imagem que contém o centro da lesão marca-se o ponto que deverá ser localizado na superfície da cabeça (Figura 17); depois, com uma fita métrica, é medido o comprimento da linha de contorno da cabeça, desde este ponto até a linha mediana anterior ou posterior (alfinetes são cravados ao longo da linha de contorno

para dar apoio à fita métrica). Esta medida é multiplicada pelo fator de minificação, sendo depois repassada para o couro cabeludo com o auxílio da fita métrica.

Tendo em vista a realização de biópsias guiadas por tomografia computadorizada, Maroon et al.<sup>61</sup> consideraram propício o uso de marcadores. Para tanto, propuseram a utilização de tiras de fita adesiva radiopaca, dispostas verticalmente na superfície da cabeça e separadas por intervalos de 1cm. Estando o paciente na mesa do tomógrafo, demarca-se na pele uma linha cuja inclinação corresponda ao ângulo do *gantry*; com base nessa referência identifica-se o plano de secção que contém o alvo. Na imagem tomográfica que passa pelo centro da lesão é medida a distância entre o alvo e o marcador mais próximo, tal valor é multiplicado pelo fator de minificação, possibilitando identificar no crânio o local apropriado para a trepanação.

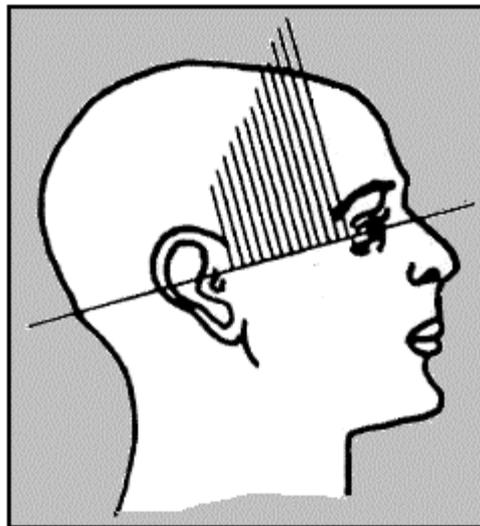


**Figura 18** – Reprodução das Figuras 1 e 2 de Hayman et al.<sup>11</sup> À esquerda, radiografia do crânio evidenciando a disposição dos grampos. À direita, corte tomográfico que passa exatamente no ponto de cruzamento dos grampos (seta).

Hayman et al.<sup>11</sup> também estão entre os que advogam o uso de referenciais radiopacos. Esses autores sugeriram que, previamente ao exame, um grampo para prender cabelo seja fixo numa mecha localizada nas imediações do ponto procurado; depois, um segundo grampo deve ser disposto perpendicularmente (assim, o par de grampos apresenta-se com uma configuração em cruz). Os cortes tomográficos são realizados paralelamente

ao grampo horizontal e, após corrigir-se a minificação, as distâncias entre a lesão e os grampos são utilizadas para determinar o local do ponto procurado (Figura 18).

Piskun et al.<sup>28</sup> foram mais criativos, uma “grade” formada por tubos de polietileno é fixa com fita adesiva na região onde supostamente será posicionada a craniotomia (Figura 19). Os tubos são preenchidos com chumbo ou bário, dispostos paralelos entre si e separados por intervalos de 1cm. Suas extremidades inferiores estão no mesmo nível; cada tubo é cerca de 1cm mais curto do que o precedente, de sorte que as

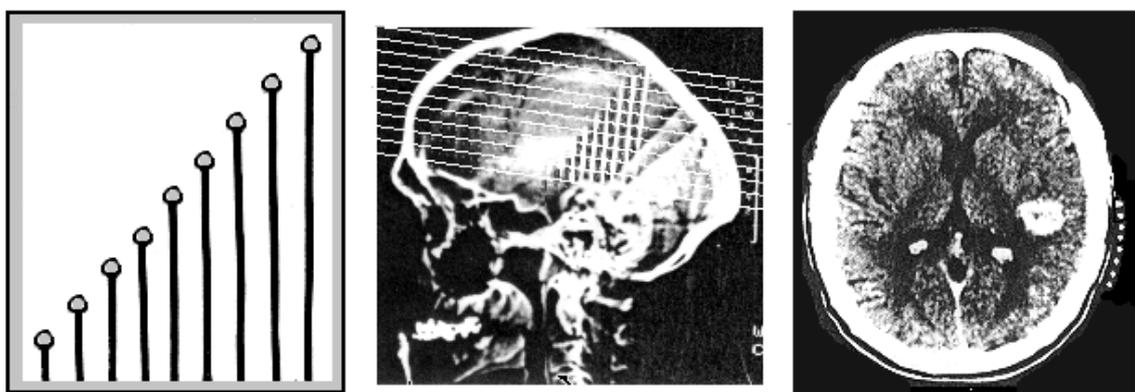


**Figura 19** – Reprodução da Figura 1 de Piskun et al.<sup>28</sup>

extremidades superiores ocupam alturas diversas. A tomografia é realizada tendo-se o cuidado de manter a base da “grade” coincidindo com um dos planos de corte mais inferiores. A quantidade de tubos que é distinguida na imagem que contém o alvo indica o nível deste corte tomográfico; o local procurado passa a ser conhecido ao determinarem-se os tubos entre os quais a lesão está compreendida.

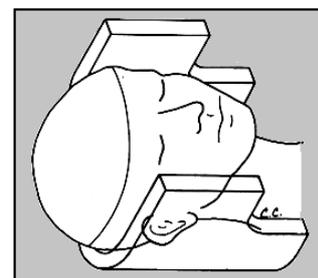
No geral, o procedimento utilizado por Hirschberg<sup>13</sup> é similar àquele proposto por Piskun et al.<sup>28</sup> Nove cateteres radiopacos são fixos num cartão retangular de plástico, paralelos entre si e cada um diferindo do precedente por um comprimento que corresponde à espessura dos cortes tomográficos; logo acima do extremo superior de cada cateter há um orifício no cartão. Tal dispositivo é fixo na região do couro cabeludo onde se supõe que o ponto procurado esteja. A tomografia é realizada de maneira que o corte mais caudal corresponda à base do cartão. No couro cabeludo, um ponto é assinalado através do orifício situado acima do mais curto dos cateteres que são distinguidos na imagem que contém o

centro da lesão; paralela a base do cartão e passando por tal ponto, uma linha é traçada no couro cabeludo (esta indica o plano de corte que contém o centro da lesão). Depois, na mesma imagem, é identificado o cateter que está posicionado no local que corresponde à projeção do centro da lesão na superfície da cabeça; através do orifício situado acima deste cateter, um ponto é marcado no couro cabeludo. Por fim, uma linha é traçada partindo deste último ponto e contida num plano perpendicular aos cortes tomográficos; a projeção do centro da lesão na superfície da cabeça estará na intersecção desta linha com aquela antes demarcada no couro cabeludo (Figura 20).



**Figura 20** – Reprodução das Figuras 1, 2 e 3 de Hirschberg.<sup>13</sup> À esquerda, montagem dos cateteres radiopacos (acima de cada cateter há um orifício no cartão). No centro, radiografia digital do crânio (*scout view*) onde se evidencia o dispositivo em posição. À direita, corte tomográfico que passa pelo centro da lesão; oito cateteres são evidenciados (portanto este é o segundo corte) e, numa contagem de trás para diante, o sexto cateter está localizado no ponto onde o centro da lesão é projetado sobre a superfície da cabeça.

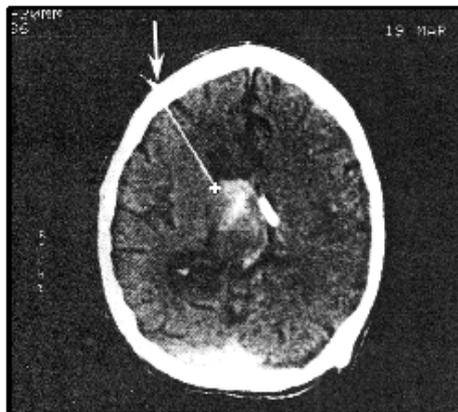
No *gantry* do tomógrafo há um dispositivo que lança um feixe luminoso linear sobre o couro cabeludo, sendo especialmente útil no alinhamento da cabeça, mas que também pode ser usado para identificar o plano de corte. Disso têm tirado proveito algumas técnicas utilizadas para tornar mais fácil a abordagem de uma lesão intracraniana.<sup>6-8, 62-64</sup>



**Figura 21** – Reprodução da Figura 2 de Feild et al.<sup>6</sup> A luz do *gantry* indica o corte que contém o centro da lesão.

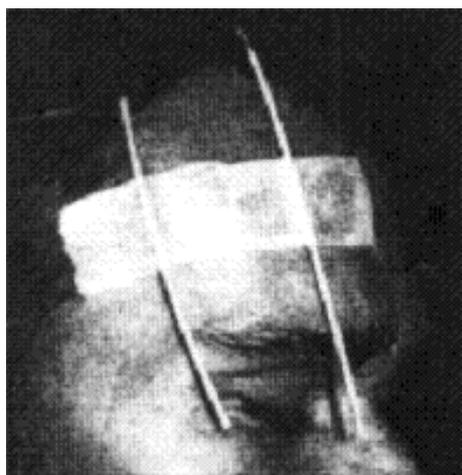
No método descrito por Feild et al.<sup>6</sup> a luz do *gantry* é utilizada para distinguir o plano de corte que corresponde à imagem que contém o centro da

lesão (Figura 21). Para identificar este nível, pequenas marcas são traçadas no couro cabeludo, lateralmente e na linha média; no próximo passo, uma régua plástica flexível é curvada em torno da cabeça e uma linha é traçada passando sobre as marcas previamente assinaladas. Em seguida, toma-se a imagem que contém o centro da lesão para nela ser medido o contorno da superfície da cabeça, desde a projeção do centro da lesão até a linha mediana anterior ou posterior, para tal é utilizada a régua flexível (procedimento semelhante ao proposto por Vilela Filho, porém este autor em vez da régua utiliza uma fita métrica). Após corrigir-se a minificação, tal medida é repassada para a linha previamente demarcada no couro cabeludo.



**Figura 22** – Reprodução da Figura 7 de Greenblatt et al.<sup>63</sup> A seta indica a pequena agulha no couro cabeludo.

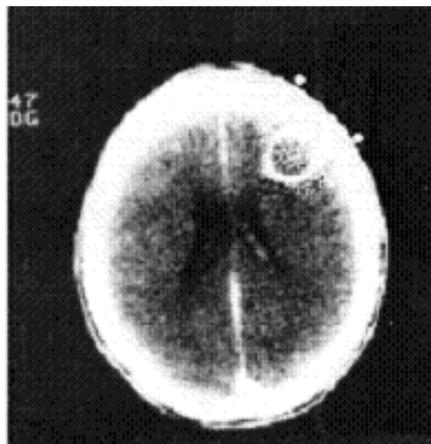
Utilizando a luz do *gantry* para indicar o corte que passa pela lesão, Yeates et al.<sup>62</sup> realizaram biópsias na sala do tomógrafo, antes repetindo o exame para confirmar se a agulha estava bem posicionada. Assim também procederam Greenblatt et al.,<sup>63</sup> porém o exame era repetido antes de efetivar-se a trepanação, com uma pequena agulha introduzida no couro cabeludo objetivando confirmar o acerto na determinação do local a ser trepanado e para auxiliar na escolha da direção do trajeto (Figura 22); um terceiro exame era realizado para averiguar o posicionamento da agulha de biópsia.



A técnica proposta por King e Walker<sup>7</sup> primeiro utiliza a luz do *gantry* para determinar na

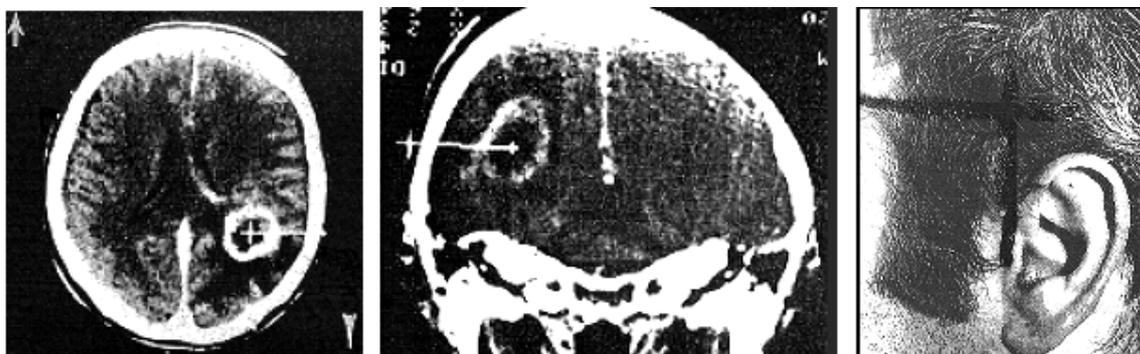
**Figura 23** – Reprodução da Figura 1 de King e Walker.<sup>7</sup> Os cateteres radiopacos são fixos perpendicularmente aos cortes

superfície da cabeça a linha indicadora do corte tomográfico que passa pelo centro da lesão, depois, cruzando perpendicularmente essa linha, dois cateteres radiopacos são fixos no couro cabeludo, supostamente um adiante e outro atrás da área de projeção da lesão (Figura 23). O exame é repetido e, tomando-se o corte tomográfico que contém o centro da lesão, as distâncias entre o ponto procurado e os cateteres são medidas (Figura 24); estes valores, uma



**Figura 24** – Reprodução da Figura 2 de King e Walker.<sup>7</sup> Os cateteres radiopacos são evidenciados nas imediações da lesão.

vez corrigida a minificação, serão utilizados para determinar o local de tal ponto na linha previamente traçada no couro cabeludo.



**Figura 25** – Reprodução das Figuras 4, 5A e 5C de Deeb e Maroon.<sup>64</sup> À esquerda, corte transversal que passa pelo centro da lesão. No centro, corte coronal que passa pelo centro da lesão. À direita, linhas indicando os planos dos cortes (traçadas sob orientação do *gantry*); na intersecção dessas linhas está a projeção do centro da lesão no couro cabeludo.

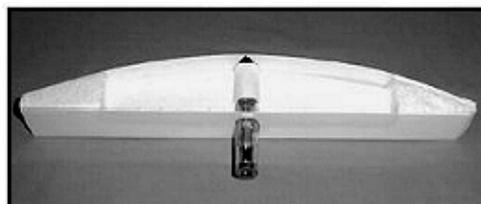
O método advogado por Deeb e Maroon<sup>64</sup> demanda a realização de duas tomografias, uma com cortes transversais e outra com cortes coronais. Inicialmente, realiza-se a série de cortes transversais e a luz do *gantry* é utilizada para demarcar no couro cabeludo a linha indicadora do plano que passa pelo centro da lesão. Depois, a série de cortes coronais é efetivada e, novamente, a linha indicadora do plano que passa pelo centro da lesão é

assinalada no couro cabeludo por intermédio da luz do *gantry*. Na intersecção de tais linhas está o ponto procurado (Figura 25).

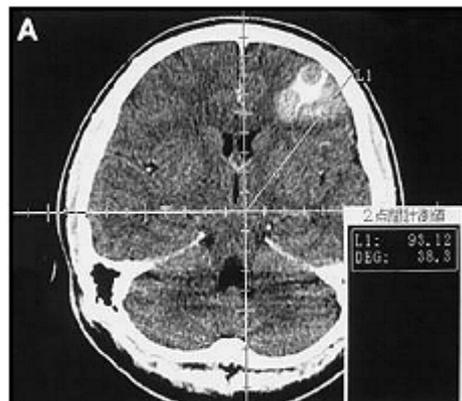
A luz do *gantry* possibilita determinar o contorno do corte tomográfico na superfície do corpo, sobre tal linha busca-se o ponto que corresponde ao alvo. Isso pode ser feito a partir do processo tradicional, que lança mão de referenciais localizados no corpo; todavia, já que o paciente se encontra na mesa do tomógrafo, pode ser cogitada uma maneira de identificar o alvo tomando-se como referência o próprio *gantry*.<sup>8</sup>

Dispositivos usando fontes de laser acopladas a um indicador de ângulo têm sido utilizados com sucesso para guiar a execução de biópsias de lesões torácicas e abdominais.<sup>66, 67</sup>

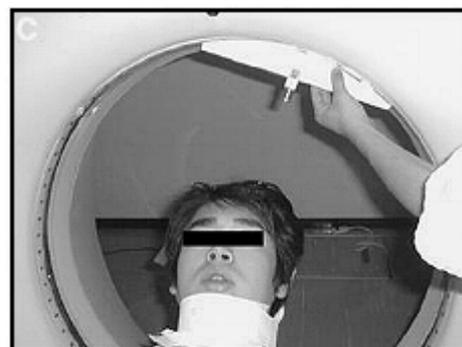
Kubo et al.<sup>8</sup> foram os primeiros a relatarem o uso de fonte de laser associada ao *gantry* com o intento de determinar o melhor local para posicionar uma craniotomia. Um indicador laser é fixo no centro de um suporte em forma de arco, cuja curvatura se adapta à abertura do *gantry* (Figura 26). A técnica é baseada no princípio geométrico que proclama: “Toda reta perpendicular a uma corda e que a divide ao meio passa pelo centro da circunferência”. O



**Figura 26** – Reprodução da Figura 1 de Kubo et al.<sup>8</sup> Indicador laser acoplado a um suporte em forma de arco.



**Figura 27** – Reprodução da figura 3A de Kubo et al.<sup>8</sup> Efetivação dos cálculos.



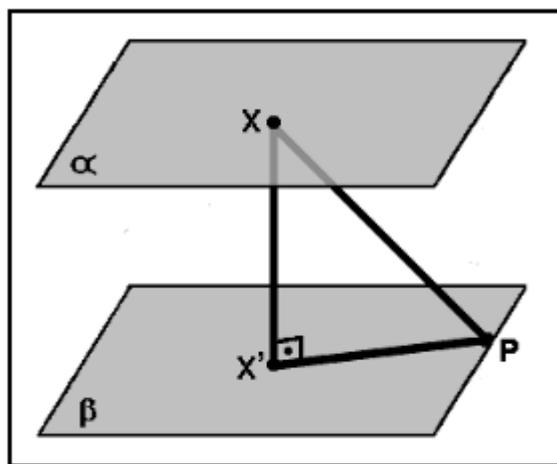
**Figura 28** – Reprodução da figura 3C de Kubo et al.<sup>8</sup> Identificação do alvo.

perpendicular a uma corda e que a divide ao meio passa pelo centro da circunferência”. O

corte que contém a lesão é apresentado no monitor do tomógrafo, o centro da imagem é determinado e uma reta é traçada unindo-o ao ponto escolhido na superfície da cabeça; depois, o ângulo entre essa reta e a vertical que passa pelo centro da imagem é medido (Figura 27) . Na margem da abertura do *gantry* inscreve-se uma escala que indica o ângulo em torno de seu centro; como o centro da imagem corresponde ao centro da abertura do *gantry*, o laser apontará para o alvo quando o suporte for colocado com o ponto médio de seu arco posicionado na marca da escala que indica o valor do ângulo previamente registrado (Figura 28).

## 2.4 – O MÉTODO DA TRIANGULAÇÃO E COMPASSO

Nenhuma das técnicas até então mencionadas reúne todas as características do que pode ser reputado como o método ideal: acurácia, possibilidade de uso retrospectivo, aplicação fácil, rapidez, transferência dos dados diretamente da imagem para a cabeça, possibilidade de ser utilizado fora da sala do tomógrafo, baixo custo e mínimo desconforto para o paciente. A técnica da triangulação e



**Figura 29** – Triangulação. O segmento de reta unindo os pontos  $X'$  e  $P$  é o cateto de um triângulo retângulo que tem como outro cateto o segmento de reta que une os pontos  $X$  e  $X'$ . A hipotenusa é o segmento de reta que une os pontos  $P$  e  $X$ .

compasso, proposta por Dias Filho et al.,<sup>65</sup> tem a pretensão de preencher essa lacuna; pôr à prova tal método é o objetivo desta pesquisa, daí ser imperioso descrevê-lo detalhadamente.

Dados os planos  $\alpha$  e  $\beta$ , paralelos entre si. Tomando-se o ponto  $X$ , no plano  $\alpha$ , e sua projeção ortogonal  $X'$ , no plano  $\beta$ , então, para qualquer ponto  $P$  contido no plano  $\beta$ ,

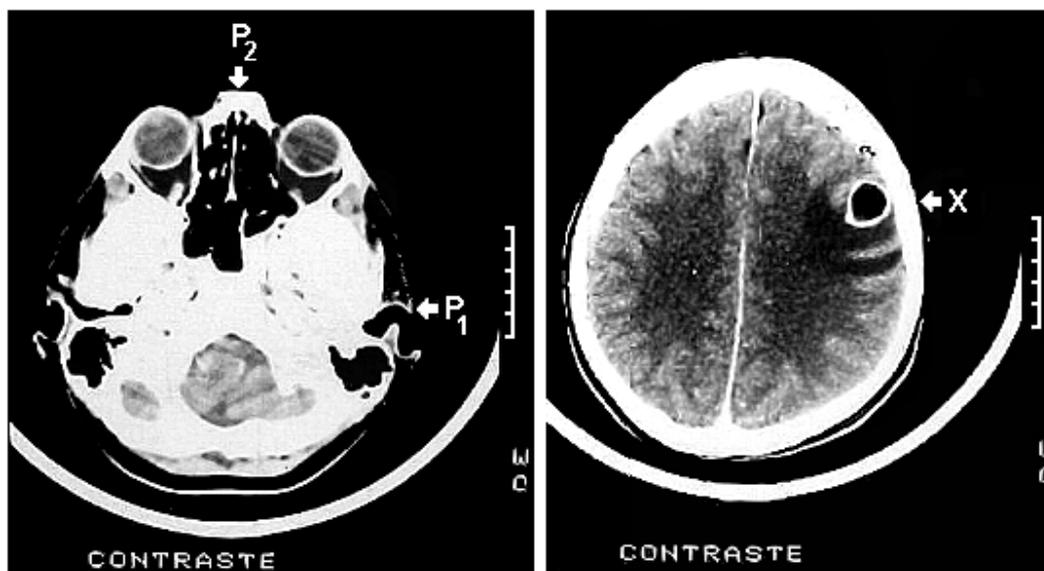
observa-se que os segmentos de retas unindo o ponto  $X'$  aos pontos  $X$  e  $P$  são os catetos de um triângulo retângulo cuja hipotenusa é o segmento de reta unindo os pontos  $X$  e  $P$ . É evidente que o comprimento do segmento de reta unindo o ponto  $X'$  ao ponto  $X$  corresponde à distância entre os dois planos (Figura 29).

A tomografia computadorizada fornece imagens que representam secções do corpo ao longo de planos paralelos entre si. Assim, se em determinado corte tomográfico for considerado o ponto  $X$ , cuja posição no couro cabeludo é desconhecida, selecionando-se noutro corte o ponto  $P_1$ , com localização conhecida na superfície da cabeça, então a distância entre  $X$  e  $P_1$  pode ser facilmente determinada, pois corresponde ao comprimento da hipotenusa de um triângulo cujos catetos são os segmentos de retas unindo os pontos  $X$  e  $P_1$  ao ponto  $X'$ , projeção ortogonal de  $X$  no corte que contém o ponto  $P_1$ . De modo análogo, se em qualquer corte for tomado o ponto  $P_2$ , também com localização conhecida na superfície da cabeça, a distância entre  $X$  e  $P_2$  poderá ser calculada.

De posse dessas duas medidas, a posição de  $X$  poderá ser determinada com o auxílio de um compasso, pois estará no ponto de encontro de dois arcos, um obtido com o compasso centrado em  $P_1$  e tendo como abertura a distância entre  $X$  e  $P_1$ , outro com o compasso centrado em  $P_2$  e tendo como abertura a distância entre  $X$  e  $P_2$ .

A seguir, a técnica será relatada passo a passo:

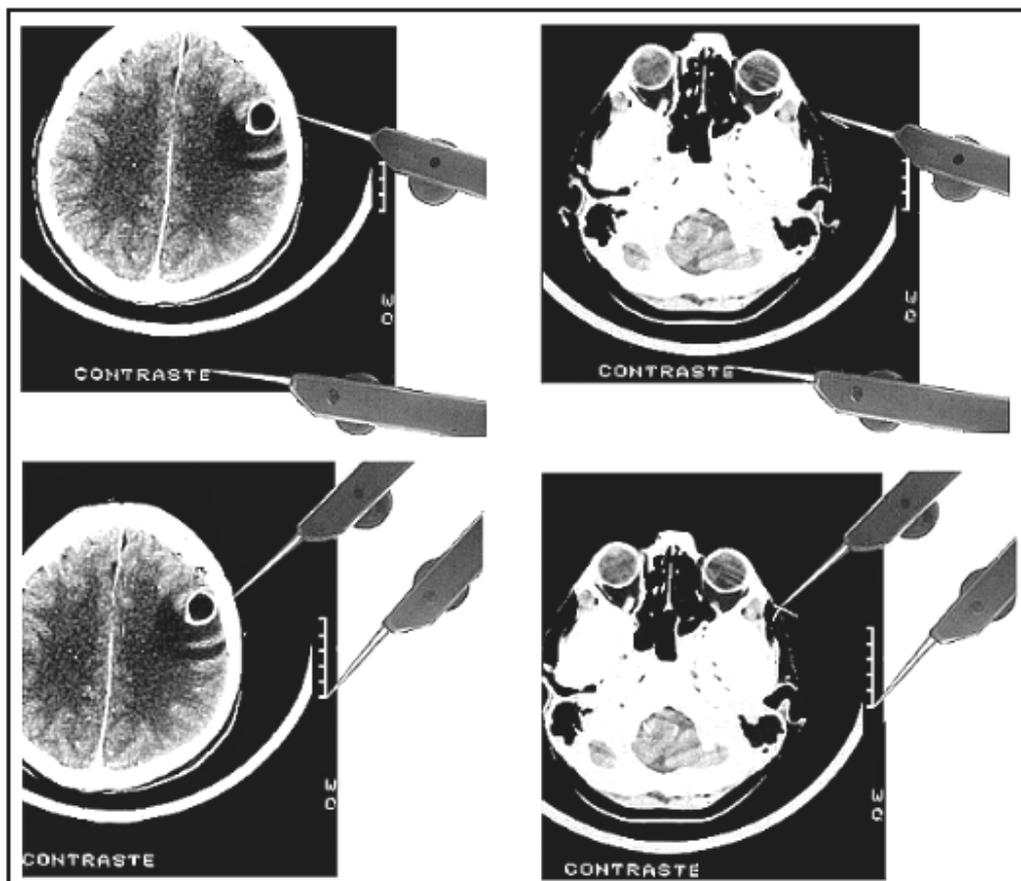
- 1) No exame é escolhido o ponto  $X$ , que deverá ser identificado na cabeça do paciente. Depois são considerados os pontos  $P_1$  e  $P_2$ , de localização conhecida tanto no exame como na superfície da cabeça. É recomendável que  $P_1$  corresponda ao trago e  $P_2$  ao násio ou ínio, conforme  $X$  esteja situado anterior ou posteriormente. Os pontos  $P_1$  e  $P_2$  podem estar no mesmo corte, o que facilita os cálculos (Figura 30).



**Figura 30** – Marcos referenciais e ponto que se deseja localizar no couro cabeludo.  $P_1$  (tragos) e  $P_2$  (násio) são pontos de localização conhecida tanto no exame como na superfície da cabeça do paciente.  $X$  (adjacente à lesão) é o ponto cuja localização é conhecida no exame e desconhecida na superfície da cabeça.

- 2)  $X'$  ocupa no corte que contém  $P_1$  ou  $P_2$  a mesma posição que  $X$  ocupa no corte em que está contido. Para que tal posição seja determinada em diferentes cortes, tomam-se os pontos fixos  $R_1$  e  $R_2$  como referenciais (cada um destes pontos ocupa sempre a mesma posição seja qual for o corte). No exemplo apresentado na Figura 31 foram selecionados como referenciais um ponto no extremo superior da letra “E” da palavra contraste ( $R_1$ ) e outro no extremo inferior da escala ( $R_2$ ).

Na imagem que contém  $P_1$ , com o compasso centrado em  $R_1$  é traçado um arco; a abertura do compasso deve corresponder à distância entre  $R_1$  e  $X$ , previamente medida na imagem que contém  $X$  (Figura 31). Em seguida, ainda na imagem que contém  $P_1$ , o compasso é centrado em  $R_2$  e outro arco é traçado; agora, a abertura deve ser equivalente à distância entre  $R_2$  e  $X$ , medida na imagem que contém  $X$  (Figura 31). No encontro desses dois arcos está  $X'_1$ , projeção de  $X$  no corte que contém  $P_1$  (Figura 32). Proceder-se de modo idêntico com respeito ao corte que contém  $P_2$ .



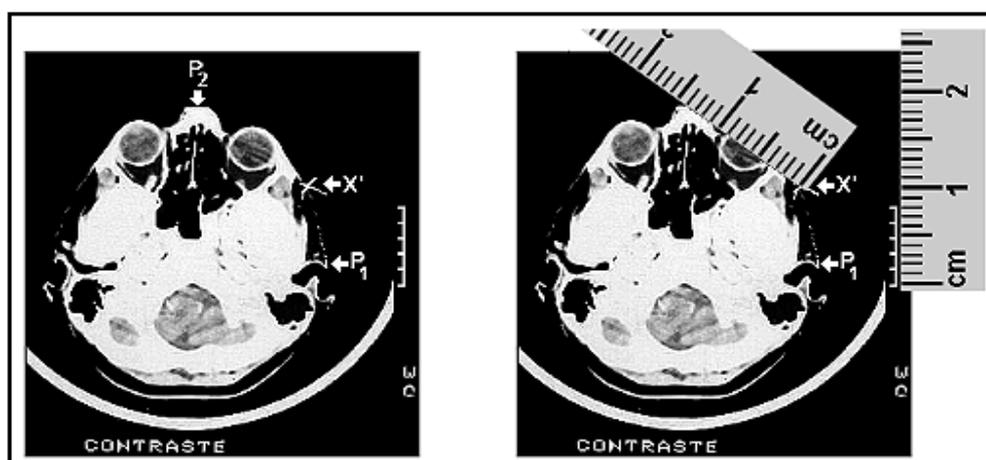
**Figura 31** – Marcação do ponto  $X'$ . São tomados como referências pontos que ocupam a mesma posição em qualquer corte. Neste exemplo foram selecionados um ponto no extremo superior da letra “E” da palavra contraste ( $R_1$ ) e outro no extremo inferior da escala ( $R_2$ ); observe-se que, fortuitamente,  $P_1$  e  $P_2$  estão no mesmo corte. Primeiro, na imagem que contém  $P_1$  e  $P_2$ , traçou-se um arco com o compasso centrado em  $R_1$  e abertura equivalendo à distância entre  $R_1$  e  $X$  (medida na imagem que contém  $X$ ). A seguir foi realizado procedimento idêntico, porém usando como referência  $R_2$ . O ponto  $X'$ , projeção de  $X$  na imagem que contém  $P_1$  e  $P_2$ , está no encontro dos dois arcos. Para assegurar maior precisão, utilizou-se uma ponta metálica no compasso (“ponta seca”); o filme foi “arranhado” com tal ponta, o que garantiu um traçado muito fino.

3) Dispõe-se agora dos triângulos  $XX'_1P_1$  e  $XX'_2P_2$ .

O cateto  $XX'_1$  corresponde à distância entre o corte que contém  $X$  e o corte que contém  $P_1$  (a distância entre dois cortes é facilmente obtida; para tanto, basta subtrair o valor da posição da mesa registrado num dos cortes daquele registrado no outro). O cateto  $XX'_2$  corresponde à distância entre o corte que contém  $X$  e o corte que contém  $P_2$ . Caso os pontos  $P_1$  e  $P_2$  estejam no mesmo

cutis (como ocorreu no exemplo apresentado),  $XX'_1$  e  $XX'_2$  são iguais e a projeção ortogonal de  $X$  é indicada simplesmente como  $X'$ .

O comprimento real do cateto  $X'_1P_1$  é obtido medindo-se com uma régua a distância entre  $X'_1$  e  $P_1$ , para depois multiplicar tal valor pelo fator de minificação. O comprimento real do cateto  $X'_2P_2$  é obtido medindo-se com uma régua a distância entre  $X'_2$  e  $P_2$ , para depois multiplicar tal valor pelo fator de minificação. O fator de minificação é calculado dividindo-se o comprimento real da escala pelo comprimento medido na imagem (Figura 32).



**Figura 32** – Determinação do cateto  $X'P_2$ . O cateto  $X'P_2$  é obtido medindo-se com uma régua a distância entre  $X'$  e  $P_2$ , para depois multiplicar esse valor pelo fator de minificação (fm).

Neste exemplo:  $fm = 50 \div 8 = 6,25$  e  $X'P_2 = 14 \times 6,25 = 87,5\text{mm}$ .

Agora, basta usar o teorema de Pitágoras para calcular o valor das hipotenusas:

$$P_1X = \sqrt{XX'_1^2 + X'_1P_1^2} \quad P_2X = \sqrt{XX'_2^2 + X'_2P_2^2}$$

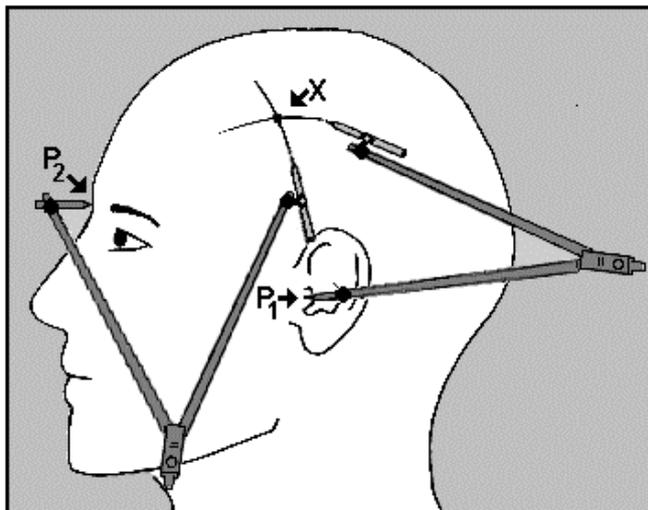
Caso  $P_1$  e  $P_2$  estejam no mesmo corte verifica-se que

$$P_1X = \sqrt{XX'^2 + X'P_1^2} \quad P_2X = \sqrt{XX'^2 + X'P_2^2}$$

- 4) Com o compasso centrado em  $P_1$  e abertura  $P_1X$ , um arco é traçado na superfície da cabeça; com o compasso centrado em  $P_2$  e abertura  $P_2X$ , traça-se outro arco.

No encontro desses arcos está o ponto X (Figura 33).

É importante que o compasso tenha os extremos articulados para melhor adaptação à forma do crânio.

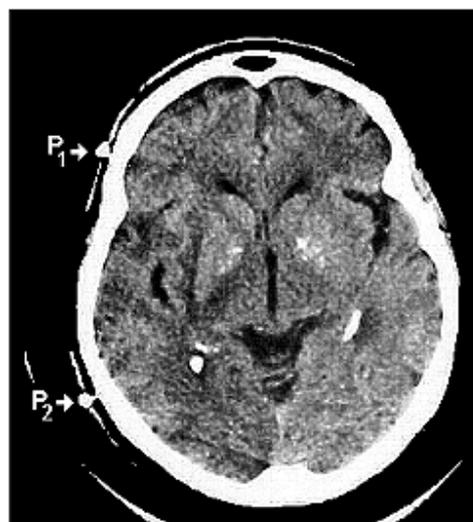


**Figura 33** – Marcação do ponto X. Com o compasso centrado em  $P_1$  e abertura  $P_1X$  é traçado um arco no couro cabeludo; com o compasso centrado em  $P_2$  e abertura  $P_2X$  traça-se outro arco. Na interseção está o ponto X.

Com a intenção de garantir maior acurácia, dois pequenos marcadores radiopacos podem ser

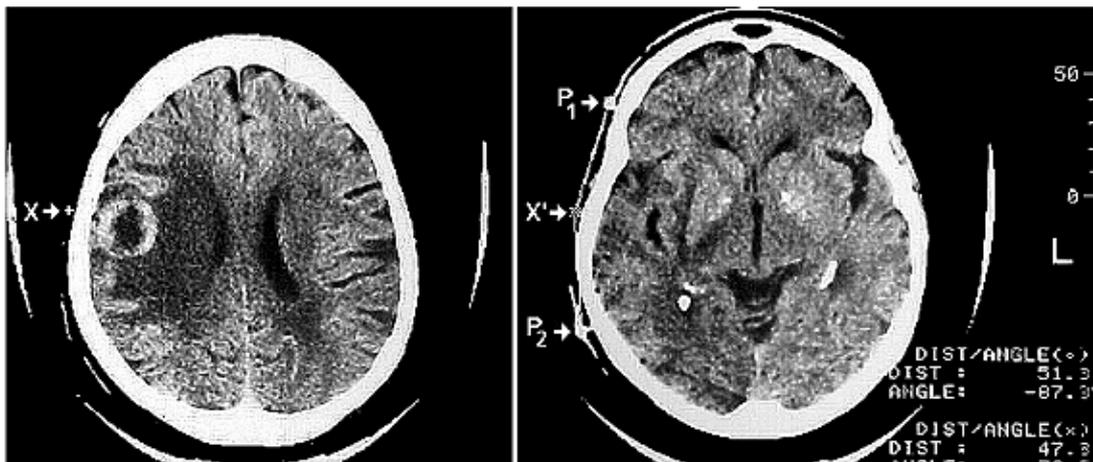
utilizados para definir os pontos  $P_1$  e  $P_2$  (Figura 34). Primeiro assinalam-se no couro cabeludo os locais dos marcadores, para depois fixá-los com fita adesiva. Em seguida, a tomografia é realizada.

Os cálculos podem ser efetivados como antes ou diretamente no monitor do tomógrafo, tirando proveito dos recursos do *software* do aparelho. Neste último caso, a localização de X é determinada no monitor e o cursor é posicionado sobre esse ponto. A seguir, a imagem que contém  $P_1$  é trazida para a tela; como o cursor não foi movido, ele ocupa neste corte a mesma posição que ocupava no corte que contém X, portanto indicando a posição de  $X'_1$ . O próximo passo será medir, diretamente na tela do monitor, a



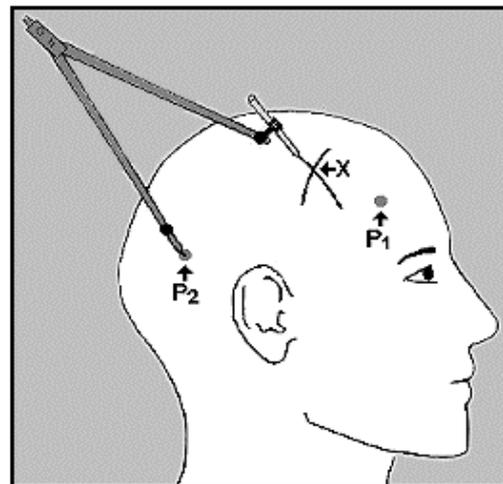
**Figura 34** – Marcadores radiopacos definem os pontos  $P_1$  e  $P_2$ .

distância entre  $X'_1$  e  $P_1$  (Figura. 35). Procede-se de modo idêntico com respeito a  $P_2$ .



**Figura 35** – Cálculos efetivados diretamente no monitor.

Achados os catetos  $X'_1P_1$  e  $X'_2P_2$ , resta encontrar os catetos  $XX'_1$  e  $XX'_2$ , o que não é difícil, basta verificar a distância entre o corte que contém X e os cortes que contêm  $P_1$  e  $P_2$ . Usando o teorema de Pitágoras, calculam-se as hipotenusas  $P_1X$  e  $P_2X$  para, enfim, com o compasso centrado sucessivamente em  $P_1$  e  $P_2$ , serem traçados na cabeça do paciente os arcos que se cruzarão exatamente no ponto X (Figura 36).



**Figura 36** – Marcação do ponto X. Com o compasso centrado sucessivamente nos pontos  $P_1$  e  $P_2$ , são traçados os arcos que se cruzam no ponto X.

## **3 – MATERIAIS E MÉTODOS**

### 3.1 – MATERIAIS

#### 3.1.1 – SELEÇÃO

- Foram utilizadas seis cabeças de cadáveres humanos, adultos, formolizados, provenientes do acervo da Disciplina de Anatomia da Universidade de Pernambuco. Três eram do gênero masculino e três do feminino.

#### 3.1.2 – INFORMAÇÕES TÉCNICAS

Utilizaram-se:

- Parafusos de aço (Figura 37). Cabeça de embeber, 5mm de diâmetro e 2mm de espessura, com fenda cruzada. Espiga cônica, totalmente rosqueada, 1,8mm no maior diâmetro e 6mm de comprimento. Ponta cônica.



Figura 37 - Parafusos

- Compasso modelo 9001, fabricado por Trident S/A Indústria de Precisão, Brasil (Figura 38). Este apresenta 12cm de comprimento, tendo ambas as extremidades articuladas e peças intercambiáveis, entre as quais há uma ponta seca reta e um adaptador para caneta.



**Figura 38** – Compasso. **A:** Com ponta seca, extremidades retificadas. **B:** Com ponta seca, extremidades anguladas. **C:** Ponta seca substituída por caneta (fita adesiva deve ser utilizada para garantir firmeza à conexão).

- Caneta marcadora para retroprojektor fabricada por Pilot, Brasil (Figura 39).



**Figura 39** – Caneta.

- Tomógrafo modelo asteion, fabricado por Toshiba, Japão.

## **3.2 – MÉTODOS**

Alvos radiopacos eram fixos na abóbada craniana de cada cabeça, os espécimens sendo então submetidos à tomografia computadorizada. Depois, a transposição de dados do exame para o couro cabeludo era efetivada e criteriosamente avaliada.

### **3.2.1 – PROCEDIMENTOS**

#### **3.2.1.1 – Obtenção dos espécimens anatômicos**

Os espécimens anatômicos eram obtidos por secção transversa na altura da junção cervicotorácica.

#### **3.2.1.2 – Disposição dos alvos**

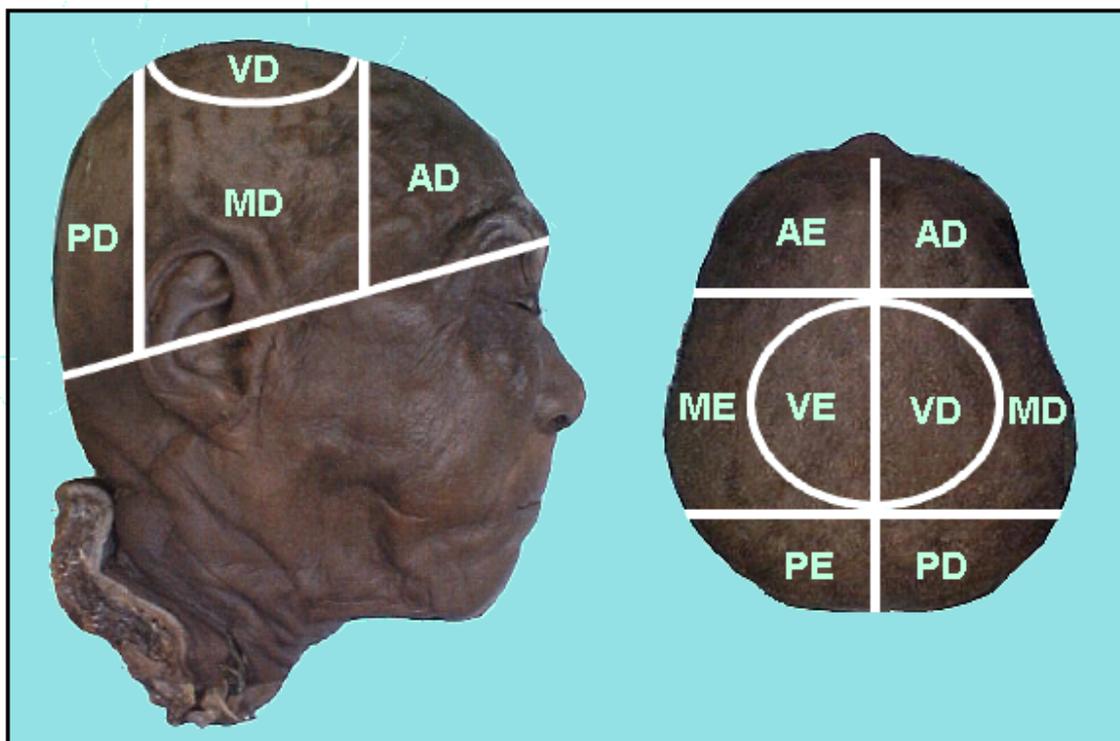
Utilizaram-se como alvos as cabeças dos parafusos.

A abóbada craniana era dividida em oito regiões, cada uma recebendo um alvo.

No alto da cabeça era demarcada uma área circular com 4cm de raio, tendo por centro o vértice; esta era dividida ao meio pelo plano mediano, delimitando-se assim as regiões do vértice (direita e esquerda).

Quatro planos seccionais eram utilizados para determinar as regiões restantes: o plano mediano, dois planos coronais tangentes à área circular em torno do vértice e, assinalando a fronteira entre a abóbada e a base do crânio,<sup>68</sup> um plano que passava pela glabella e pelo ínio. Assim, de cada lado, eram delimitadas as regiões anterior, média e posterior (Figura 40).

Em cada cabeça, os alvos do lado direito eram dispostos anteriormente na região do vértice e superiormente nas regiões anterior, média e posterior; no lado esquerdo, os alvos ocupavam a metade posterior da região do vértice e as porções inferiores das regiões anterior, média e posterior.



**Figura 40** – Divisão da abóbada craniana em regiões. VD, região do vértice direita; VE, região do vértice esquerda; AD, região anterior direita; AE, região anterior esquerda; MD, região média direita; ME, região média esquerda; PD, região posterior direita; PE, região posterior esquerda.

### 3.2.1.3 – Referenciais

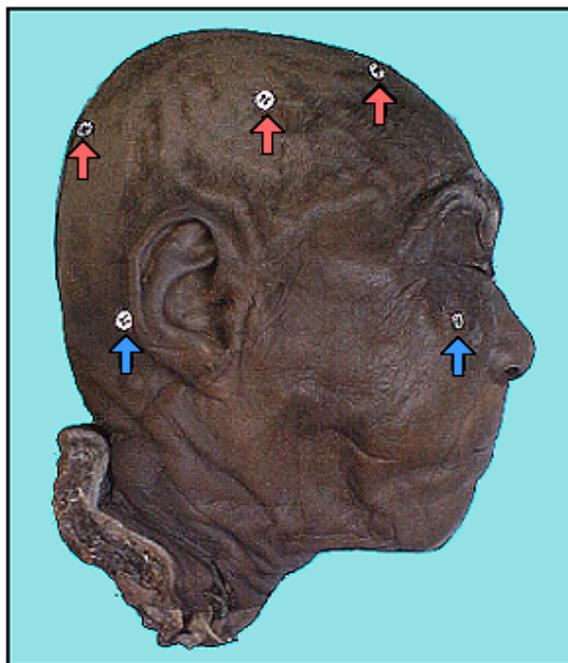
Com respeito a cada exame realizado, a posição dos alvos era calculada usando-se como referenciais tanto marcos anatômicos como marcadores radiopacos.

O násio, o ínio e os tragos eram os marcos anatômicos utilizados.

Como marcadores radiopacos utilizaram-se quatro parafusos, dois fixos nos ossos zigomáticos e dois nos processos mastóides (Figura 41).

#### 3.2.1.4 – Fixação dos parafusos

Com auxílio de broca e chave de fenda, o aparafusamento era realizado perpendicularmente à lâmina externa do osso.



**Figura 41** – Parafusos utilizados como alvos (setas vermelhas) e parafusos utilizados como referenciais (setas azuis).

#### 3.2.1.5 – Realização da tomografia computadorizada

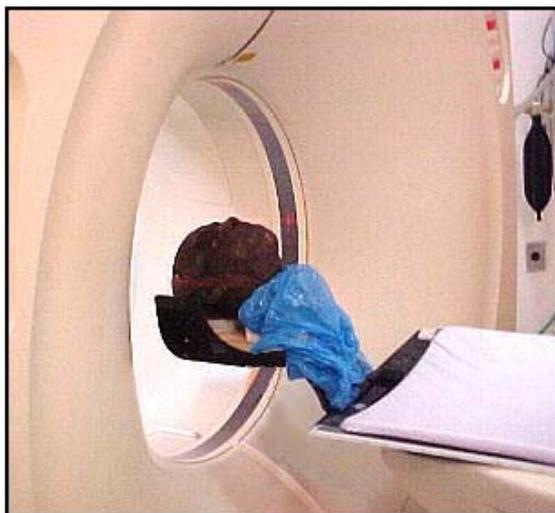


**Figura 42** – Suporte

A cabeça era posicionada no apoio para crânio da mesa do tomógrafo, acomodada num suporte feito com materiais que não interferem com o exame (Figura 42). Tal suporte consistia numa base de madeira retangular medindo 28x16cm, sobre a qual havia um

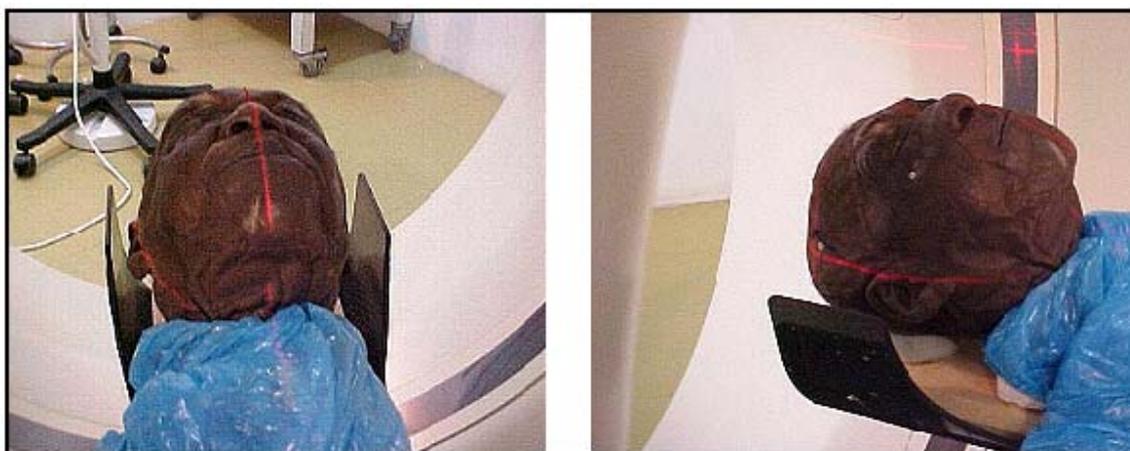
cilindro oco de poliestireno e uma peça hexaédrica do mesmo material. O cilindro tinha 5cm de raio e prestava apoio para o crânio. A peça hexaédrica media 12x8x3,5cm e dava sustentação ao pescoço.

Antes do exame o pescoço era envolto num saco plástico com o objetivo de evitar respingos de formol sobre o aparelho (Figura 43).



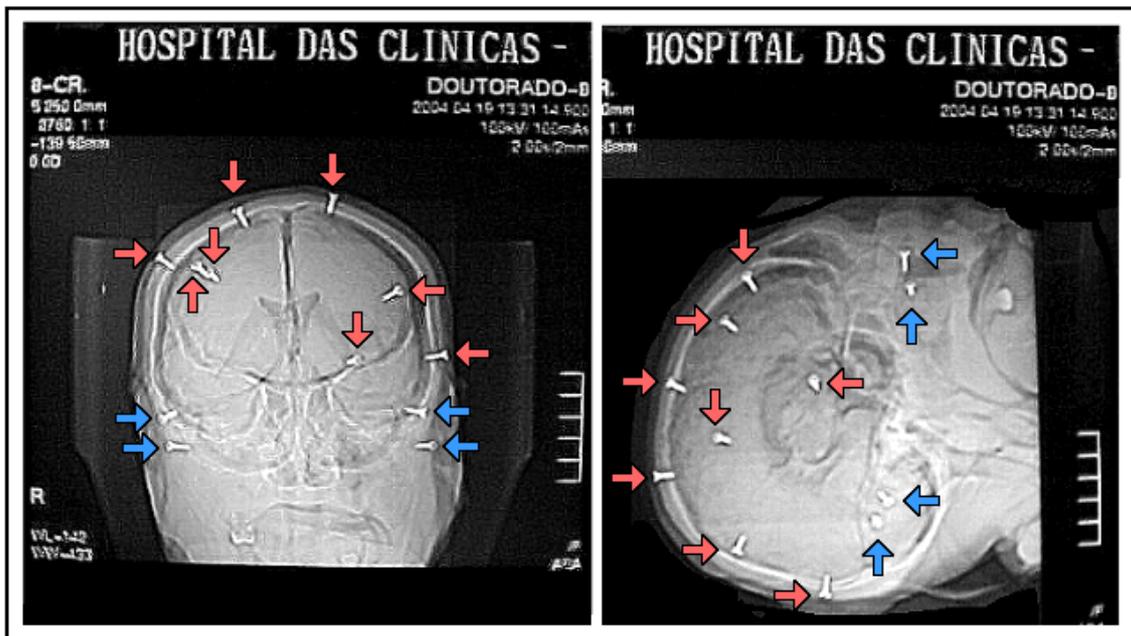
**Figura 43** – Cabeça posicionada para exame.

Eram realizados cortes axiais com espessura de 3mm e sem intervalos entre si. Como de hábito neste tipo de exame, todo cuidado era empenhado para garantir a simetria; para tal, utilizava-se a luz do *gantry* como indicador de alinhamento (Figura 44).

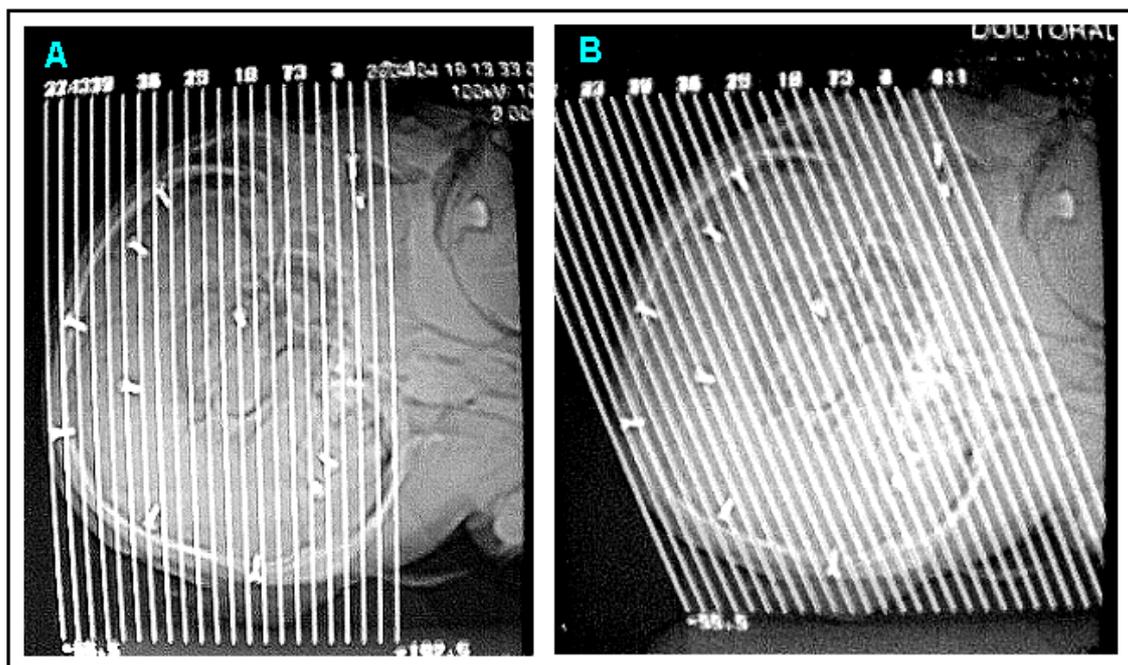


**Figura 44** – Alinhamento

Na imagem radiográfica preliminar do crânio (*scout view*) eram identificados tanto os parafusos utilizados como alvos como aqueles que serviriam de referenciais (Figura 45), cuidando-se para que todos fossem abrangidos pelo exame (Figura 46).



**Figura 45** – *Scout view*. Parafusos utilizados como alvos (setas vermelhas) e parafusos utilizados como referências (setas azuis).



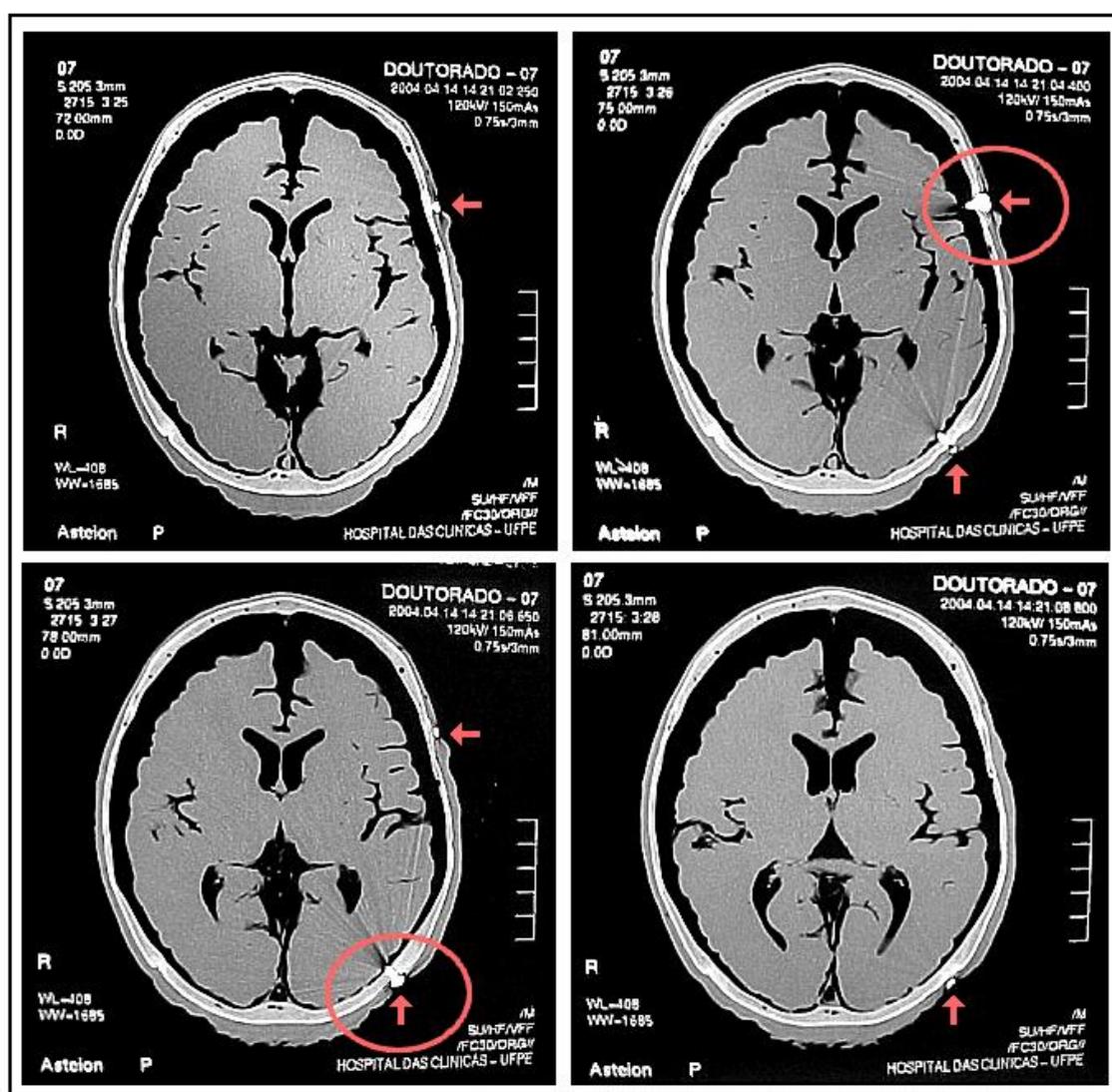
**Figura 46** – Cortes tomográficos. A: Exame realizado com o *gantry* perpendicular ao solo. B: Exame realizado com o *gantry* inclinado.

Cada cabeça foi submetida a dois exames, um com o *gantry* perpendicular ao solo,

outro com o *gantry* inclinado (Figura 46). Neste último caso, três subgrupos foram definidos em conformidade com a inclinação utilizada (7°, 14° ou 21°).

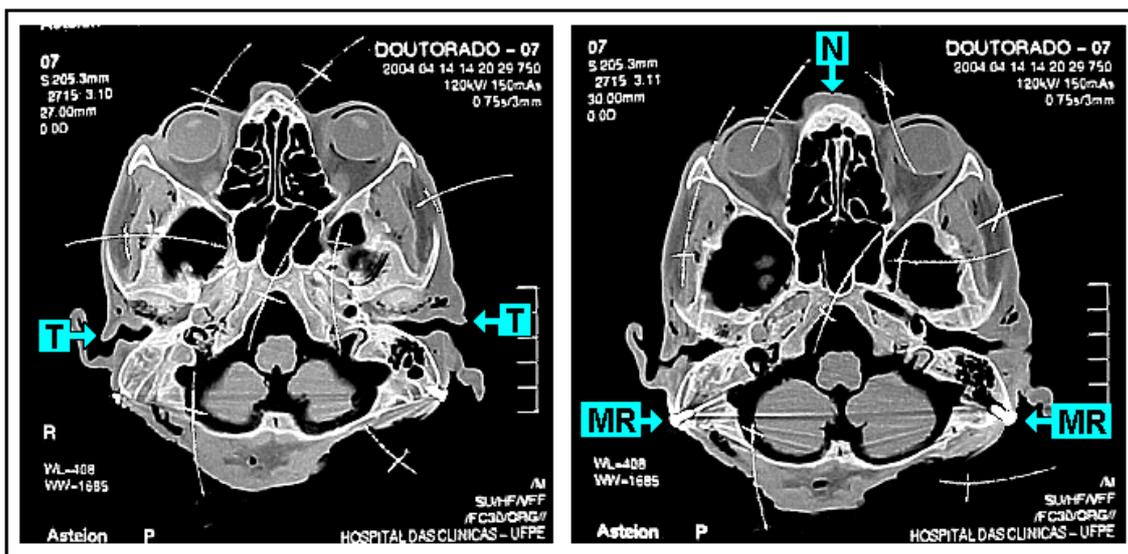
### 3.2.1.6 – Efetivação dos cálculos

Geralmente cada parafuso era distinguido em dois ou três cortes tomográficos, sendo escolhido para localização do alvo ou para tomada de referência o corte que passava pelo centro da cabeça do parafuso considerado (Figura 47).



**Figura 47** – Identificação dos parafusos. Dois parafusos são evidenciados (setas), cada um sendo demonstrado em três cortes. A imagem escolhida para os cálculos foi assinalada por uma circunferência.

Utilizando-se a ponta seca do compasso, as projeções ortogonais dos alvos eram demarcadas nos cortes que continham as referências (Figura 48). Em seguida, era medida a distância entre a projeção ortogonal do alvo considerado e cada ponto escolhido como referência para localizá-lo.



**Figura 48** – Marcação das projeções de X. O corte apresentado à esquerda passa pelos tragos (T), nele foram assinaladas as projeções ortogonais dos alvos com relação aos quais foram utilizadas essas referências. O corte apresentado à direita passa pelo náso (N) e pelos marcadores radiopacos posteriores (MR), ou seja, pelos parafusos inseridos nos processos mastóides; aí foram assinaladas as projeções ortogonais dos alvos com relação aos quais utilizaram-se essas referências.

A atribuição de efetivar os cálculos era repassada ao computador, utilizando-se para tanto o programa Microsoft Excel (Versão 5.0). Todas as medidas eram tomadas em milímetros.

Seis valores eram inseridos na coluna A da planilha (Figura 49): distância entre a projeção ortogonal do alvo considerado e a primeira referência (primeira célula), distância entre a projeção ortogonal do alvo considerado e a segunda referência (segunda célula), medida real da escala (terceira célula), valor da escala medido diretamente na imagem (quarta célula), distância entre o corte que continha o alvo e o corte que continha a primeira

referência (quinta célula), distância entre o corte que continha o alvo e o corte que continha a segunda referência (sexta célula).

Tão logo os dados eram inseridos os valores das distâncias entre o ponto X e as referências eram apresentados nas primeiras células das colunas E e F (Figura 49).

The screenshot shows a Microsoft Excel window titled "Microsoft Excel - TRIANGULAÇÃO E COMPASSO". The menu bar includes "Arquivo", "Editar", "Exibir", "Inserir", "Formatar", "Ferramentas", "Dados", "Janela", and "Ajuda". The toolbar contains various icons for file operations and calculations. The spreadsheet has columns A through H and rows 1 through 8. The data is as follows:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
2			#DIV/0!	#DIV/0!				
3			0	0				
4			#DIV/0!	#DIV/0!				
5								
6								
7								
8								

**Figura 49** – Utilização da planilha do programa Microsoft Excel. Os dados são inseridos na coluna A: distância entre a projeção ortogonal do alvo considerado e a primeira referência (primeira célula), distância entre a projeção ortogonal do alvo considerado e a segunda referência (segunda célula), medida real da escala (terceira célula), valor da escala medido diretamente na imagem (quarta célula), distância entre o corte que contém o alvo e o corte que contém a primeira referência (quinta célula), distância entre o corte que contém o alvo e o corte que contém a segunda referência (sexta célula). Os resultados são apresentados nas colunas E e F: distância entre o ponto X e a primeira referência (primeira célula da coluna E) e distância entre o ponto X e a segunda referência (primeira célula da coluna F).

Com respeito a cada alvo, registrou-se o tempo decorrido desde o início do processo de marcação das projeções ortogonais até a obtenção dos valores das distâncias entre o ponto X e as referências.

### 3.2.1.7 – Transposição dos dados para o couro cabeludo

Com a caneta acoplada ao compasso, dois arcos eram traçados na superfície da cabeça, tendo como raios as distâncias entre o ponto X e as referências (Figura 50).



**Figura 50** – Transposição utilizando marcros anatômicos. O primeiro arco foi traçado com o compasso centrado no trago esquerdo. O segundo arco está sendo traçado com o compasso centrado no násio.



**Figura 51** – Transposição utilizando marcadores radiopacos. O primeiro arco foi traçado com o compasso centrado no parafuso do osso zigomático esquerdo. O segundo arco está sendo traçado com o compasso centrado no parafuso do osso zigomático direito.

Envidou-se todo cuidado com o intento de centrar adequadamente o compasso nos pontos que, na cabeça, correspondiam às referências definidas no exame; quando um parafuso era utilizado como referência, o compasso era apoiado exatamente no centro da fenda cruzada (Figura 51).

### 3.2.1.8 – Medida da distância entre o centro do alvo e o ponto assinalado

A medida dessa distância era realizada com régua milimetrada (Figura 52); quanto menor seu valor, maior a exatidão. O centro do alvo correspondia ao centro da fenda cruzada na cabeça do parafuso.



**Figura 52** – Mensuração do erro. Neste caso o local indicado pelo método da triangulação e compasso distava 5mm do centro do alvo.

### 3.2.2 – ANÁLISE ESTATÍSTICA

Em todos os casos considerou-se o nível de significância de 5%. Foi utilizado o teste “t” quando se tratou da comparação entre duas médias e análise de variância (ANOVA) ao serem comparadas três médias entre si,<sup>69</sup> nesta última circunstância fez-se uso do procedimento de comparações múltiplas de Tukey–Kramer para definir que média era significativamente diferente das outras.<sup>70</sup>

### 3.2.3 – ASPECTO ÉTICO

O projeto desta pesquisa foi submetido à apreciação do corpo docente da Disciplina de Anatomia do Departamento de Morfologia da Universidade de Pernambuco que, por não constatar nenhum impedimento ético, concedeu a vênua para que o mesmo fosse levado adiante.

## **4 - RESULTADOS**

#### 4.1 – DISTÂNCIA ENTRE O CENTRO DO ALVO E O PONTO ASSINALADO

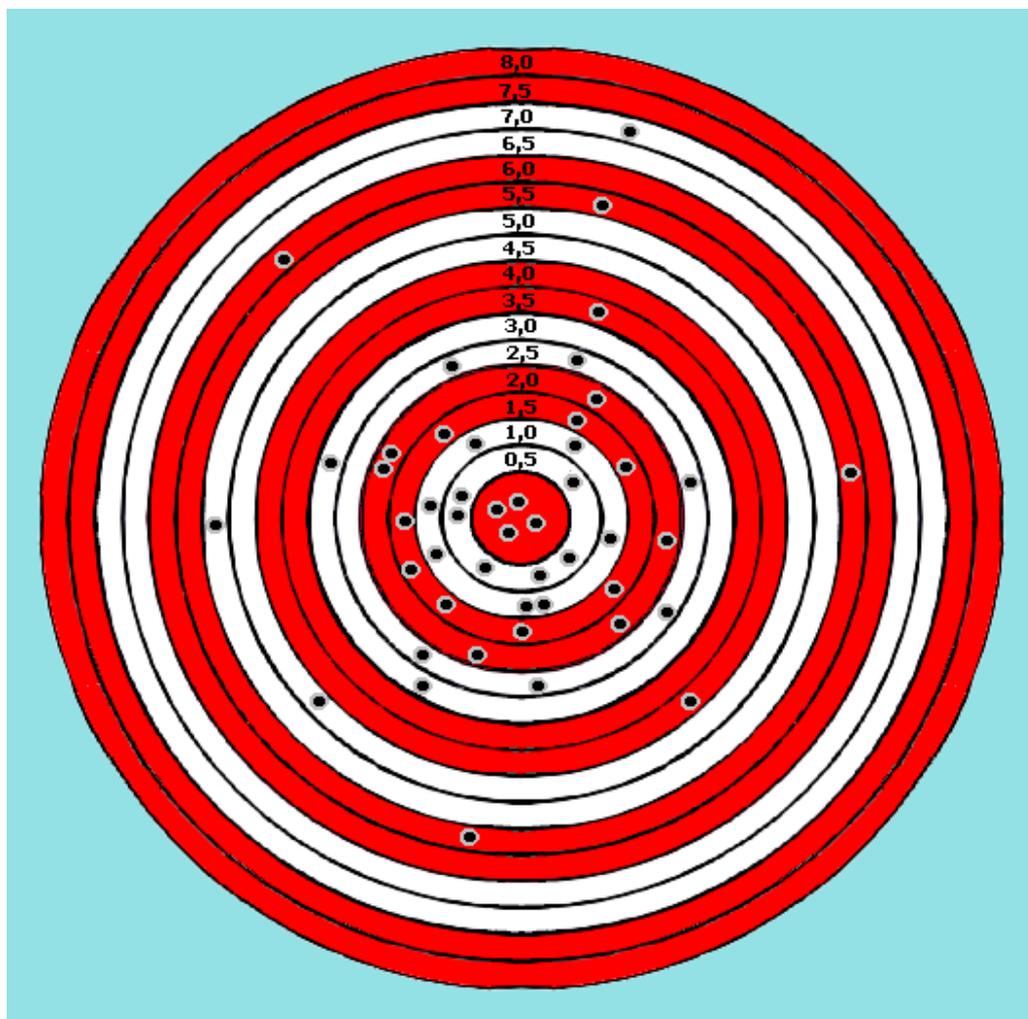
##### 4.1.1 – GRUPO I – MARCOS ANATÔMICOS UTILIZADOS COMO REFERÊNCIAS.

GANTRY SEM INCLINAÇÃO.

**Tabela 1** – Grupo I. Distância entre o centro do alvo e o ponto assinalado (mm).

Espécimen	Vértice	Anterior	Médio	Posterior
1D	0,5	7,0	1,5	1,0
1E	3,0	0,5	1,0	0,5
2D	2,0	2,0	0,0	2,0
2E	3,0	1,0	2,5	1,5
3D	2,5	0,0	0,0	4,0
3E	2,0	2,0	5,5	1,0
4D	1,5	1,5	5,5	2,5
4E	2,5	1,5	2,5	1,0
5D	1,5	1,0	5,0	2,0
5E	1,0	0,5	6,0	3,5
6D	4,5	0,5	0,5	1,5
6E	1,5	0,0	2,5	5,5

Nota: D, lado direito; E, lado esquerdo.



**Gráfico 1 – Grupo I.**

Nota: O círculo central representa acerto no centro da fenda cruzada da cabeça do parafuso. Cada faixa circunferente corresponde a 0,5mm.

**Tabela 2** – Grupo I. Estatística da amostra.

<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
48	2,1	1,7

**Tabela 3** – Grupo I. Alvos anteriores, médios e posteriores

	<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>Alvos anteriores</b>	12	1,5	1,9
<b>Alvos médios</b>	12	2,7	2,3
<b>Alvos posteriores</b>	12	2,2	1,5

Comparação entre os alvos anteriores, médios e posteriores:  $F = 1,311$  e  $p = 0,283$

**Tabela 4** – Grupo I. Alvos da região do vértice, superiores e inferiores.

	<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>Alvos da região do vértice</b>	12	2,1	1,1
<b>Alvos superiores</b> (regiões anterior, média e posterior, lado direito)	18	2,1	2,0
<b>Alvos inferiores</b> (regiões anterior, média e posterior, lado esquerdo)	18	2,1	1,9

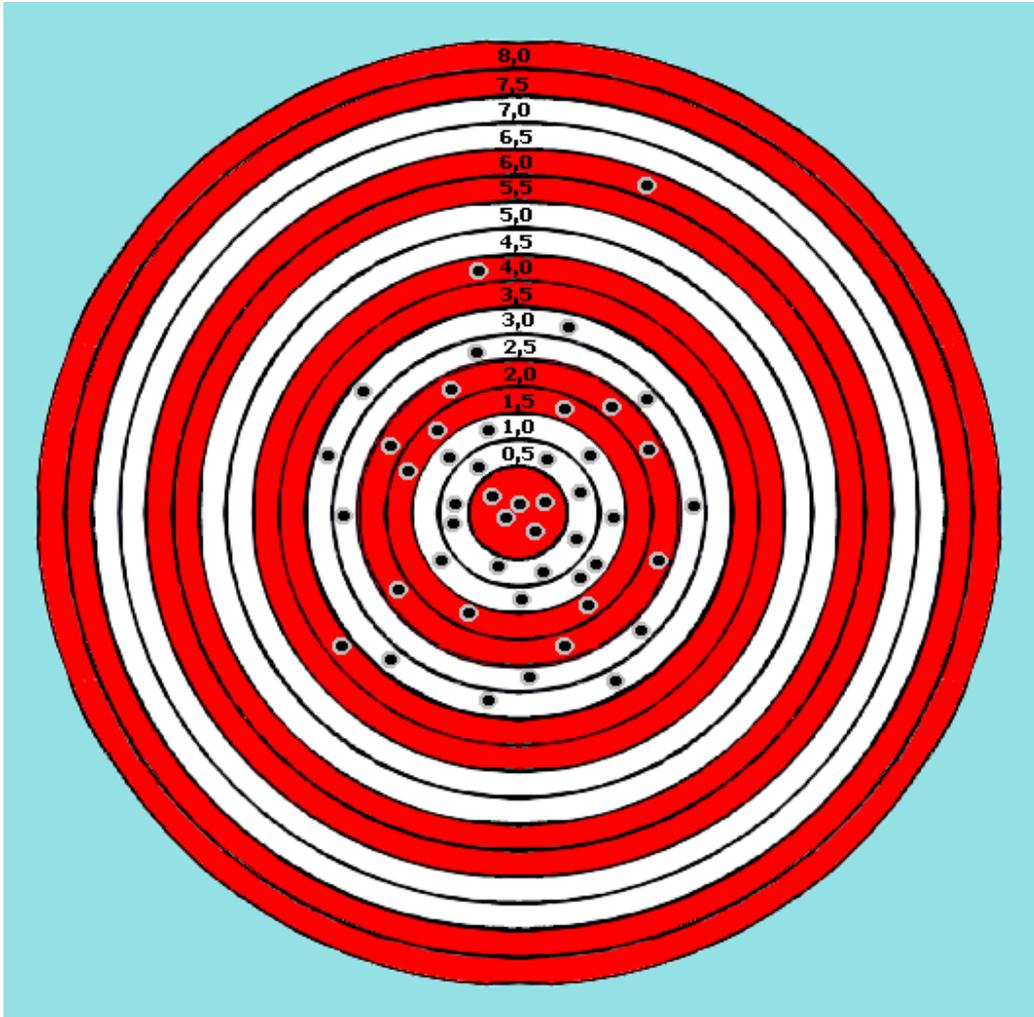
Comparação entre os alvos da região do vértice, superiores (das regiões anterior e posterior) e inferiores (das regiões anterior e posterior):  $F = 0,547$  e  $p = 0,584$

**4.1.2 – GRUPO II – MARCADORES RADIOPACOS UTILIZADOS COMO REFERÊNCIAS. GANTRY SEM INCLINAÇÃO.**

**Tabela 5 – Grupo II. Distância entre o centro do alvo e o ponto assinalado (mm)**

<b>Espécimen</b>	<b>Vértice</b>	<b>Anterior</b>	<b>Médio</b>	<b>Posterior</b>
<b>1D</b>	3,0	1,5	2,5	1,5
<b>1E</b>	0,0	1,0	1,0	3,0
<b>2D</b>	1,5	0,0	0,5	3,5
<b>2E</b>	3,0	2,5	1,0	1,0
<b>3D</b>	2,5	0,0	0,5	2,0
<b>3E</b>	3,0	1,5	2,0	4,0
<b>4D</b>	3,0	2,0	2,5	0,5
<b>4E</b>	0,5	2,5	1,0	1,5
<b>5D</b>	2,5	2,0	2,0	0,5
<b>5E</b>	0,5	1,0	0,0	1,0
<b>6D</b>	1,0	2,0	6,0	0,5
<b>6E</b>	0,0	2,0	0,5	3,0

Nota: D, lado direito; E, lado esquerdo.



**Gráfico 2 – Grupo II**

Nota: O círculo central representa acerto no centro da fenda cruzada da cabeça do parafuso. Cada faixa circunferente corresponde a 0,5mm.

**Tabela 6** – Grupo II. Estatística da amostra.

<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
48	1,7	1,2

**Tabela 7** – Grupo II. Alvos anteriores, médios e posteriores

	<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>Alvos anteriores</b>	12	1,5	0,9
<b>Alvos médios</b>	12	1,6	1,6
<b>Alvos posteriores</b>	12	1,8	1,2

Comparação entre os alvos anteriores, médios e posteriores:  $F = 0,209$  e  $p = 0,812$

**Tabela 8** – Grupo II. Alvos da região do vértice, superiores e inferiores.

	<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>Alvos da região do vértice</b>	12	1,7	1,3
<b>Alvos superiores</b> (regiões anterior, média e posterior, lado direito)	18	1,7	1,5
<b>Alvos inferiores</b> (regiões anterior, média e posterior, lado esquerdo)	18	1,6	1,0

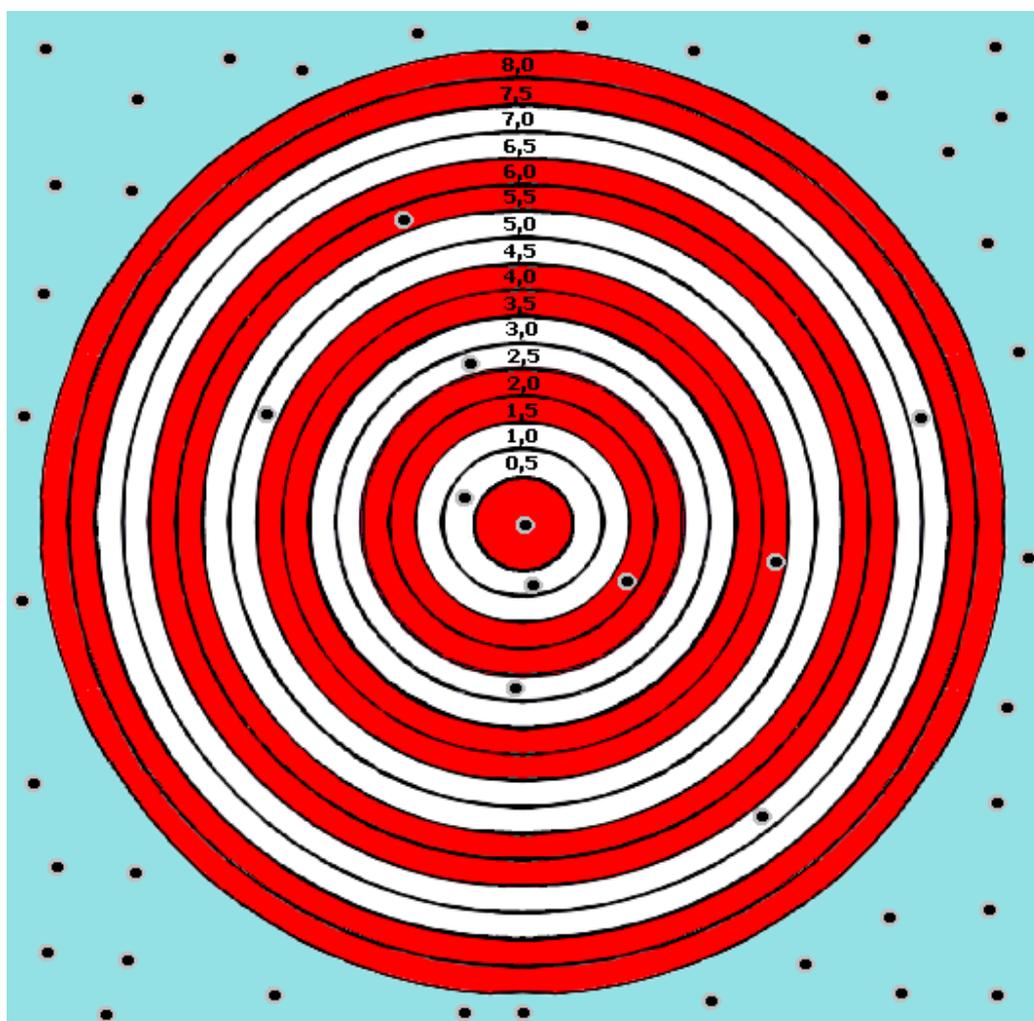
Comparação entre os alvos da região do vértice, superiores (das regiões anterior e posterior) e inferiores (das regiões anterior e posterior):  $F = 1,095$  e  $p = 0,346$

**4.1.3 – GRUPO III – MARCOS ANATÔMICOS UTILIZADOS COMO REFERÊNCIAS,  
GANTRY INCLINADO.**

**Tabela 9** – Grupo III. Distância entre o centro do alvo e o ponto assinalado (mm).

<b>Espécimen</b>	<b>Inclinação do gantry</b>				
<b>1D</b>	7°	6,5	0,5	0,5	9,0
<b>1E</b>	7°	4,5	9,0	2,5	0,0
<b>2D</b>	7°	4,0	5,5	11,5	10,5
<b>2E</b>	7°	2,5	1,5	11,5	8,5
<b>3D</b>	14°	25,0	18,0	19,5	10,0
<b>3E</b>	14°	20,5	13,5	18,0	7,0
<b>4D</b>	14°	22,0	24,5	24,0	17,5
<b>4E</b>	14°	18,5	8,5	26,0	13,5
<b>5D</b>	21°	35,5	28,5	36,0	32,0
<b>5E</b>	21°	28,5	18,0	16,5	22,0
<b>6D</b>	21°	32,0	35,0	32,0	29,0
<b>6E</b>	21°	35,0	29,5	26,5	35,0

Nota: D, lado direito; E, lado esquerdo.



**Gráfico 3 – Grupo III.**

Nota: O círculo central representa acerto no centro da fenda cruzada da cabeça do parafuso. Cada faixa circunferente corresponde a 0,5mm. Quando o ponto assinalado no couro cabeludo distar mais de 8mm do centro da fenda cruzada, ele será representado externamente.

**Tabela 10** – Grupo III. Estatística da amostra.

<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
48	17,6	11,2

**Tabela 11** – *Gantry* com 7°, 14° e 21° de inclinação.

	<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>7°</b>	16	5,5	4,1
<b>14°</b>	16	17,9	6,0
<b>21°</b>	16	29,4	6,1

Comparação entre os resultados obtidos com diferentes inclinações do *gantry*:  $F = 77,162$  e  $p < 0,01$ .

Procedimento de comparações múltiplas de Tukey-Kramer (notação: da – diferença absoluta entre as médias; ac – amplitude crítica):

$$\text{a) } 7^\circ \text{ e } 14^\circ \left\{ \begin{array}{l} \text{da} = 12,4 \\ \text{ac} = 4,7 \end{array} \right.$$

$$\text{b) } 7^\circ \text{ e } 21^\circ \left\{ \begin{array}{l} \text{da} = 23,9 \\ \text{ac} = 4,7 \end{array} \right.$$

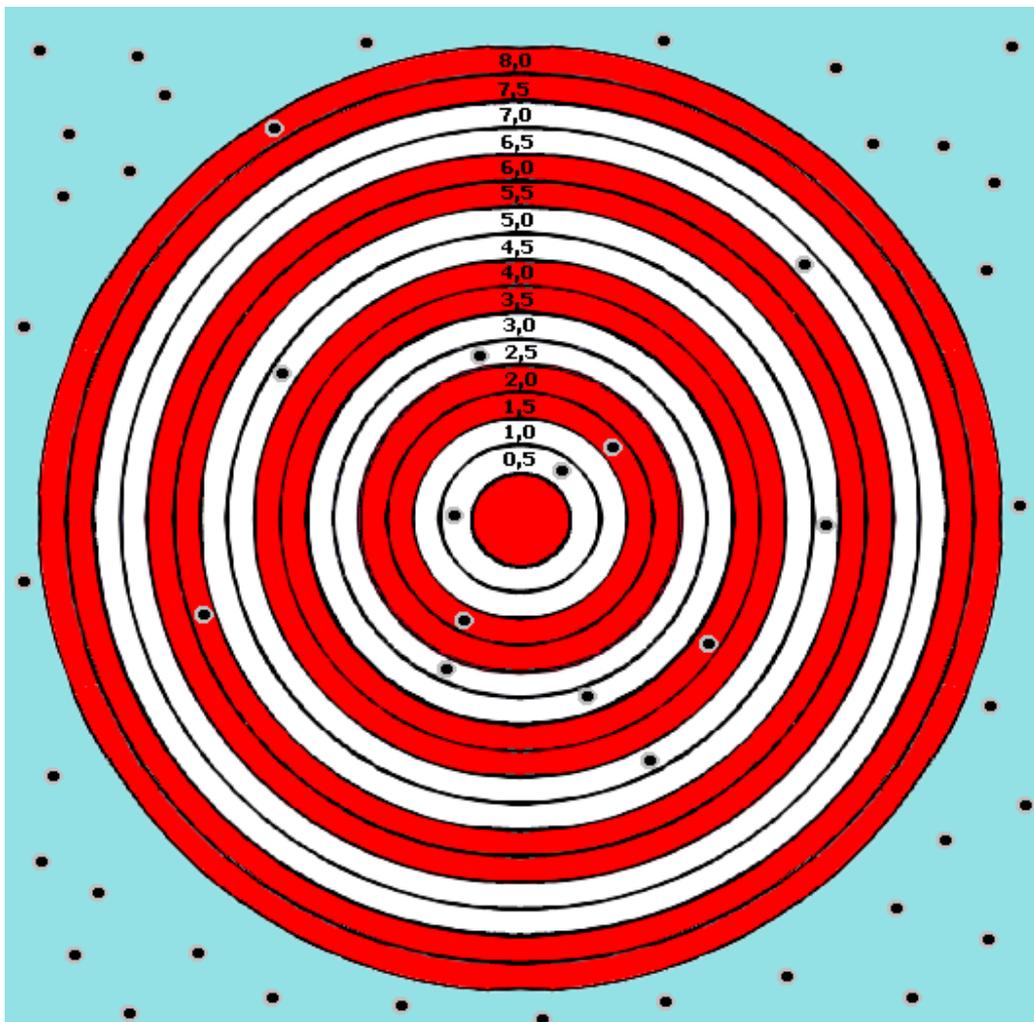
$$\text{c) } 14^\circ \text{ e } 21^\circ \left\{ \begin{array}{l} \text{da} = 11,6 \\ \text{ac} = 4,7 \end{array} \right.$$

**4.1.4 – GRUPO IV – MARCADORES RADIO PACOS UTILIZADOS COMO REFERÊNCIAS, GANTRY INCLINADO.**

**Tabela 12** – Grupo IV. Distância entre o centro do alvo e o ponto assinalado (mm).

<b>Espécimen</b>	<b>Inclinação do gantry</b>				
<b>1D</b>	7°	0,5	1,5	8,0	3,0
<b>1E</b>	7°	2,5	14,0	3,5	5,0
<b>2D</b>	7°	15,0	2,5	18,0	21,0
<b>2E</b>	7°	4,5	0,5	4,5	1,5
<b>3D</b>	14°	20,0	5,5	17,0	21,0
<b>3E</b>	14°	12,0	18,0	20,5	16,0
<b>4D</b>	14°	6,5	9,0	12,0	28,0
<b>4E</b>	14°	23,0	11,0	10,0	13,0
<b>5D</b>	21°	26,5	16,0	31,0	32,5
<b>5E</b>	21°	32,0	25,0	17,0	31,0
<b>6D</b>	21°	23,0	12,0	33,0	13,5
<b>6E</b>	21°	25,0	22,0	32,0	31,0

Nota: Medidas tomadas em milímetros. D, lado direito; E, lado esquerdo.



**Gráfico 4 – Grupo IV.**

Nota: O círculo central representa acerto no centro da fenda cruzada da cabeça do parafuso. Cada faixa circunferente corresponde a 0,5mm. Quando o ponto assinalado no couro cabeludo distar mais de 8mm do centro da fenda cruzada, ele será representado externamente.

**Tabela 13** – Grupo IV. Estatística da amostra.

<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
48	15,6	10,1

**Tabela 14** – *Gantry* com 7°, 14° e 21° de inclinação.

	<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>7°</b>	16	6,6	6,6
<b>14°</b>	16	15,2	6,3
<b>21°</b>	16	25,2	7,2

Comparação entre os resultados obtidos com diferentes inclinações do *gantry*:  $F = 30,384$  e  $p < 0,01$ .

Procedimento de comparações múltiplas de Tukey-Kramer (notação: da – diferença absoluta entre as médias; ac – amplitude crítica):

$$\text{a) } 7^\circ \text{ e } 14^\circ \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{da} = 8,6 \\ \text{ac} = 5,8 \end{array} \right.$$

$$\text{b) } 7^\circ \text{ e } 21^\circ \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{da} = 18,6 \\ \text{ac} = 5,8 \end{array} \right.$$

$$\text{c) } 14^\circ \text{ e } 21^\circ \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{da} = 10,0 \\ \text{ac} = 5,8 \end{array} \right.$$

#### **4.1.5– COMPARAÇÃO ENTRE OS GRUPOS**

##### **4.1.5.1 – Comparação entre os grupos I e II**

$$\begin{aligned}t &= 1,460 \\p &= 0,148\end{aligned}$$

##### **4.1.5.2 – Comparação entre os grupos III e IV**

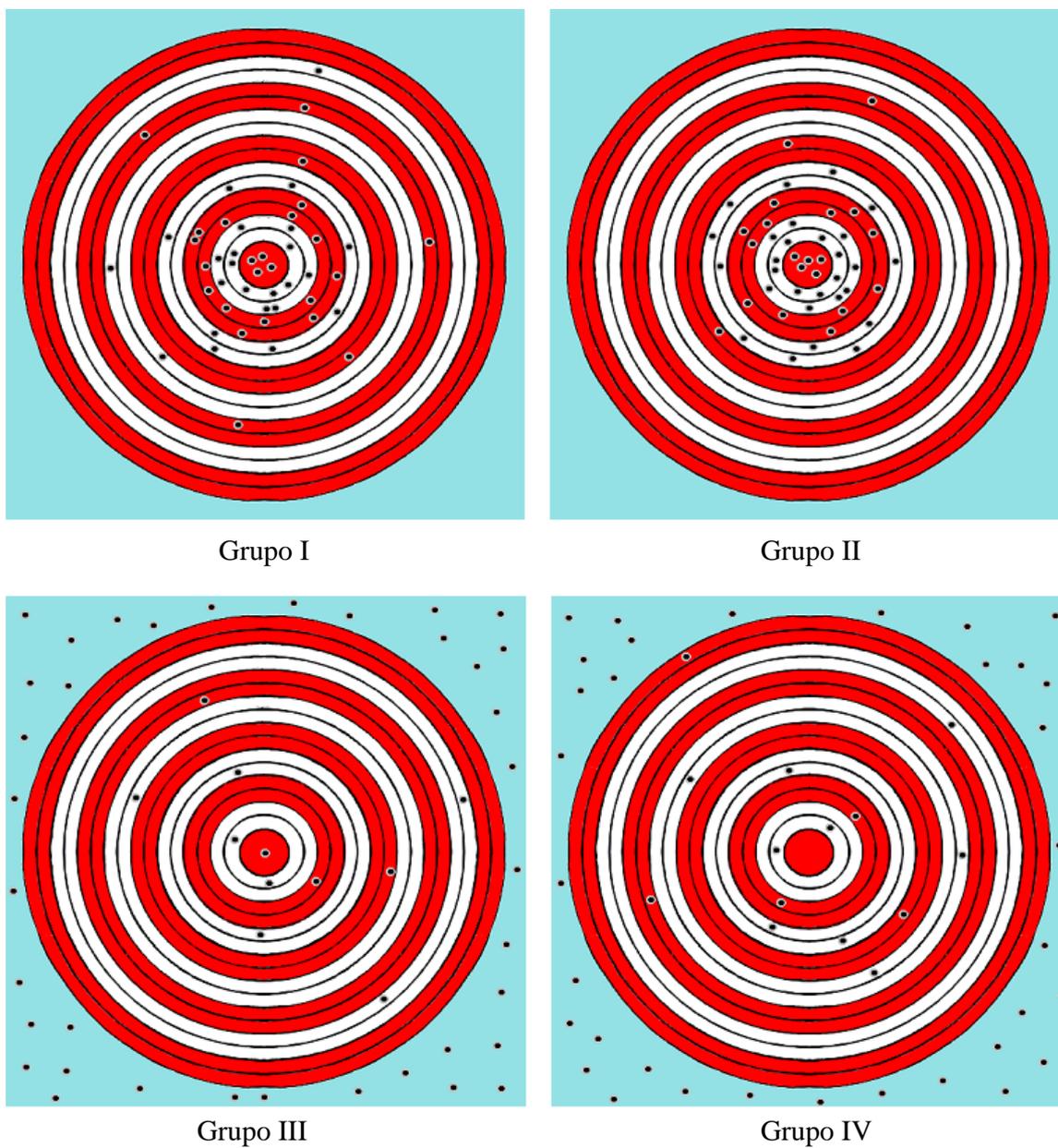
$$\begin{aligned}t &= 0,903 \\p &= 0,369\end{aligned}$$

##### **4.1.5.3 – Comparação entre os grupos I e III**

$$\begin{aligned}t &= -9,448 \\p &< 0,01\end{aligned}$$

##### **4.1.5.4 – Comparação entre os grupos II e IV**

$$\begin{aligned}t &= -9,499 \\p &< 0,01\end{aligned}$$



**Gráfico 5** – Comparação entre os grupos

## 4.2 – TEMPO

**Tabela 15** – Tempo (min).

6,9	7,8	8,0	7,2	7,1	7,2	6,3	7,2
7,5	7,4	7,1	7,9	6,8	6,8	7,0	9,9
7,8	6,8	8,2	6,0	7,1	6,8	5,6	6,5
6,0	6,2	7,7	8,0	9,1	7,0	7,4	5,9
7,4	6,0	6,9	8,1	8,6	10,0	9,0	7,5
8,1	7,4	7,7	7,6	8,3	6,0	6,4	7,6
7,5	7,0	7,8	7,5	8,0	7,6	6,6	6,9
7,7	8,6	9,3	6,0	6,0	7,1	7,0	7,2
6,7	6,0	5,0	6,6	6,2	6,1	6,4	7,2
6,1	8,7	7,2	10,6	7,2	6,0	8,0	7,7
7,1	10,1	6,3	5,0	8,0	5,8	6,0	7,0
5,7	7,1	6,7	5,5	7,0	6,6	7,5	6,1
8,4	7,4	6,0	7,0	7,2	6,6	6,0	8,1
9,1	7,2	5,6	7,2	6,1	7,0	6,6	6,0
7,4	7,3	5,7	7,2	7,6	8,1	10,1	7,0
6,1	9,2	6,1	8,3	6,1	8,2	8,5	6,5
6,3	6,2	8,7	8,0	6,0	5,3	5,8	5,4
7,3	6,3	6,8	7,2	6,1	9,0	6,1	6,7

**Tabela 15** – Tempo (min).

8,9	7,0	7,2	6,1	10,0	7,7	5,8	8,0
8,4	6,6	8,0	6,4	6,1	6,1	6,6	6,1
6,6	9,5	7,9	8,0	5,8	8,0	7,7	7,2
6,9	6,6	7,1	6,5	6,6	6,1	7,8	6,4
6,5	7,1	7,2	7,8	7,7	7,2	7,7	7,3
6,1	6,9	7,1	6,9	7,9	6,4	6,1	7,0

**Tabela 16** – Tempo. Estatística da amostra.

<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
192	7,1	1,0

## **5 - DISCUSSÃO**

## 5.1 – METODOLOGIA

Após efetivar com sucesso arteriografias em cães, Egas Moniz cogitou realizá-las em seus pacientes, antes, porém, julgou importante conduzir estudos em cadáveres, visando delinear as particularidades arteriográficas da vasculatura cerebral humana. Surgiu então um contratempo, o laboratório de Radiologia situava-se a grande distância do Departamento de Anatomia Patológica; em sua limusine, Moniz conduziu os espécimens ao longo das ruas de Lisboa e, tempos depois, revelou sua aflição por temer que um acidente tornasse conhecida a natureza do material transportado, pondo-o em situação constrangedora.<sup>26</sup>

Nesta pesquisa foi necessário transportar os espécimens anatômicos do Departamento de Morfologia da Universidade de Pernambuco até o setor de Radiologia da Universidade Federal de Pernambuco, portanto enfrentou-se a mesma situação embaraçosa vivenciada por Egas Moniz. Certamente, a utilização de cadáveres inteiros tornaria o transporte bem mais difícil, optou-se então pelo uso de cabeças isoladas, o que trouxe a vantagem adicional de agilizar a realização da tomografia, pois as cabeças eram rapidamente posicionadas na mesa do tomógrafo e de pronto retiradas ao término do exame.

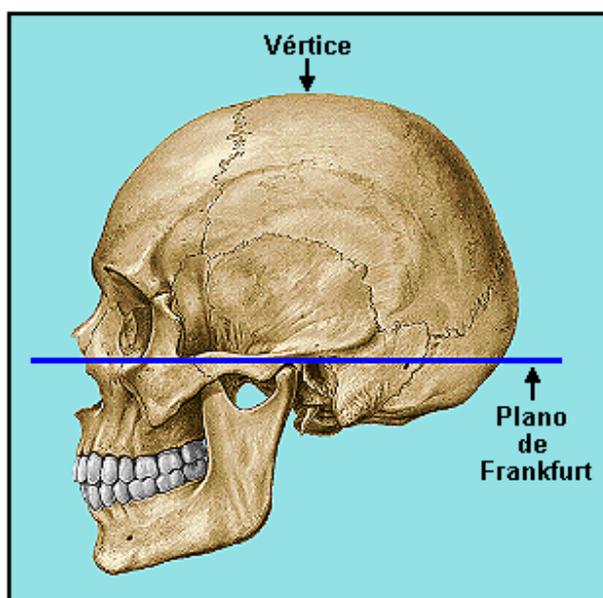
Em geral, a avaliação da eficácia de sistemas estereotáticos tem sido realizada por intermédio de alvos posicionados em suportes artificiais, o conjunto sendo costumeiramente designado pelo termo inglês *phantom*.<sup>71-77</sup> Tal estratégia não se adequou à avaliação do método da triangulação e compasso, pois não foi possível prescindir do uso de cabeças humanas já que, de outra forma, não haveria como analisar devidamente a utilização de marcos anatômicos como referenciais.

Como os arcos são traçados no couro cabeludo, o posicionamento dos alvos na superfície do crânio fez-se imperioso já que situá-los na cavidade craniana dificultaria sobretudo a mensuração do erro.

O uso de parafusos fixos no crânio foi providencial, pois as peças anatômicas podiam ser livremente manipuladas, não havendo o risco de deslocamento dos alvos e referenciais.

O intuito de verificar se a eficácia da técnica era afetada pela posição do alvo demandou a necessidade de dividir a abóbada craniana em regiões. Primeiro foi aventado utilizar uma das divisões apresentadas nos compêndios anatômicos tradicionais,<sup>78-81</sup> nenhuma delas, contudo, mostrou-se satisfatória visto que a grande desproporcionalidade em termos de área infringiria os postulados estatísticos. Por conseguinte, foi arbitrado elaborar uma divisão que atendesse o desiderato da análise posicional e que, ademais, fosse simples e passível de ser reproduzida.

O ponto mais elevado da abóbada craniana é o *vertex cranii*,<sup>82</sup> termo anatômico que o traslado para o português converte em vértice do crânio. É oportuno ressaltar que a identificação do vértice deve ser efetivada com a cabeça na posição anatômica padrão, isto é, ajustando-se na horizontal o plano que vai da margem inferior da órbita à margem superior do meato acústico



**Figura 53** – Vértice do crânio

externo (plano de Frankfurt)<sup>10, 79, 81</sup> (Figura 53). Entre as áreas demarcadas incluiu-se uma “região do vértice” já que a localização de lesões aí situadas é particularmente

difícil, isto pela distância dos marcos anatômicos e pelo deslocamento aparente para diante ou para trás, conforme a inclinação do *gantry*.<sup>10, 13, 58</sup>

É de se presumir que o método seja igualmente válido para utilização com imagens obtidas a partir de ressonância magnética nuclear. Contudo, optou-se pela utilização de tomografia neste estudo pois, além de permitir melhor definição dos marcos anatômicos, trata-se de exame menos oneroso, mais rápido e que não impõe empecilho ao uso de alvos e referenciais metálicos.

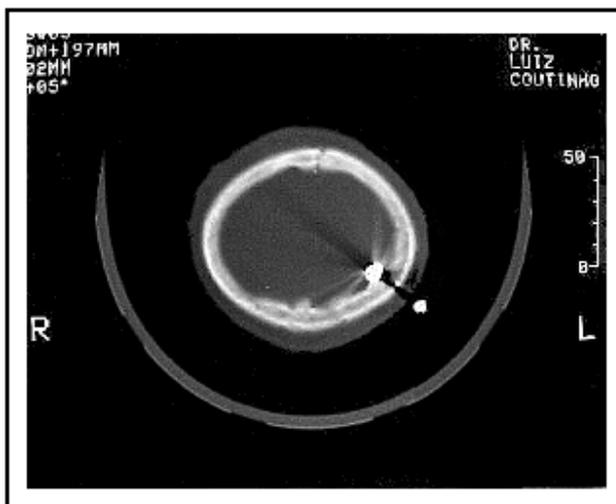
Embora se afigure com uma clareza de “doer na vista” que ausência de inclinação do *gantry* é decisiva para garantir acurácia ao método e isto tenha suscitado a tendência de conduzir o experimento apenas com o *gantry* a 0°, prevaleceu a resolução de levar adiante uma série paralela, com diferentes inclinações, objetivando evidenciar de modo peremptório a influência dessa variável.

Os cortes tomográficos foram realizados com 3mm de espessura, em consonância com a recomendação de não utilizar cortes mais espessos que 5mm em procedimentos estereotáticos,<sup>83</sup> pois quanto menor a espessura, maior a acurácia.<sup>72, 83-85</sup>

Como feito por Yu et al.,<sup>77</sup> as medidas foram realizadas com régua milimetrada, o que garantiu acurácia de 0,5mm no registro dos valores. Considerou-se tal nível de exatidão adequado uma vez que erros “submilimétricos” são desprezíveis com relação à maioria dos procedimentos neurocirúrgicos, sabendo-se que isto é verdadeiro mesmo quando se trata de biópsias, pois desvios entre 1mm e 3mm não repercutem no resultado do exame histopatológico.<sup>73</sup>

## **5.2 – ACURÁCIA**

É certo que, como foi dito por Cícero, “ao se atirar ao alvo o dia inteiro, alguma vez se atingirá a meta”,<sup>86</sup> o tiro bem sucedido sendo mero fruto do acaso. No entanto, se a meta for atingida todas as vezes não se falará em resultado fortuito, o êxito devendo ser imputado à excepcional eficácia do atirador. Quando o método da triangulação e compasso foi utilizado com o *gantry* a 0°, o erro máximo foi de 7mm; percebe-se então



**Figura 54** – Acurácia. Máxima exatidão foi obtida ao utilizar-se o método da triangulação e compasso para localizar um projétil de arma de fogo com diâmetro de 1cm, contíguo à lâmina interna do osso parietal esquerdo. Um marcador radiopaco confirma a acurácia (a aparente solução de continuidade óssea e do couro cabeludo é artefato que resulta da proximidade entre o corpo estranho metálico e o marcador).

que alvos com diâmetro de 1cm teriam sido atingidos em todas as 96 tentativas, o que consagra a eficácia do método pois lesões de até 2cm são consideradas pequenas, entre 2 e 3cm são tidas como médias e com mais de 3cm são taxadas de grandes<sup>87</sup> (Figura 54).

Nos grupos I e II o erro com relação ao centro do alvo foi de  $2,1 \pm 1,7$ mm e  $1,7 \pm 1,2$ mm, respectivamente. Constatou-se, portanto, uma acurácia semelhante à obtida com sistemas de neuronavegação, que é tida como estando por volta de 2mm,<sup>88, 89</sup> e pouco distante daquela atribuída aos procedimentos realizados com aparelho estereotático fixo no crânio, situação que garante acurácia em torno de 1mm.<sup>51, 72, 90</sup>

Não se logrou resultado idêntico nos grupos III e IV, o erro podendo alcançar vários centímetros e mostrando-se tanto maior quanto mais inclinado estivesse o *gantry*, o que contra-indica o uso do método nessas condições.

A posição do alvo não repercutiu significativamente sobre a acurácia do procedimento, o que torna válido o uso do método da triangulação e compasso com respeito a quaisquer pontos da superfície do crânio.

### **5.3 – FATORES DE ERRO**

#### **5.3.1 – FATORES INERENTES A QUEM EXECUTA O PROCEDIMENTO**

Diz-se que sobre o pórtico da Academia de Platão estava inscrito: “Não permitam a entrada de ninguém que não saiba geometria”.<sup>91</sup> Decerto não se espera que tal sentença pare dantescamente nos umbrais dos cursos de residência médica em Neurocirurgia, o método da triangulação e compasso demanda o uso de operações matemáticas muito simples, fundamentadas na mais popular das proposições geométricas, o teorema de Pitágoras. Não obstante, pode-se utilizar o computador para garantir maior rapidez e afastar definitivamente a possibilidade de erro na execução dos cálculos.

São realizadas medidas diretas com régua milimetrada. Há, portanto, susceptibilidade a erro de paralaxe, devendo-se cuidar em evitá-lo fazendo a observação com visada perpendicular ao plano da régua. Para aproximação de leitura, lembrar que é praxe considerar 0,5mm como menor fração apreciável, já que se trata de escala milimétrica e medidas efetivadas a olho nu.<sup>92</sup> O uso de imagens com dimensões muito reduzidas dificulta a mensuração, favorecendo o advento de erro.

Após traçar cada arco na tomografia ou superfície do crânio, é prudente conferir se não houve mudança incidental na abertura do compasso.

### 5.3.2 – FATORES INERENTES AOS REFERENCIAIS

A partir de dois pontos de referência, cada um com localização conhecida tanto no exame como na cabeça do paciente, o método da triangulação e compasso possibilita identificar na cabeça um ponto cuja localização só é conhecida no exame. Para que não se labore em erro é peremptório que os referenciais sejam identificados com exatidão. Cada ponto de referência será demarcado no exame e na cabeça, haverá erro sempre que o ponto assinalado no exame não corresponda exatamente ao ponto assinalado na cabeça.

O uso de marcos anatômicos do próprio crânio como referenciais traz benefícios incontestáveis: possibilita utilizar o método retrospectivamente (não há necessidade de repetir o exame), poupa trabalho ao cirurgião e exime o paciente de um desconforto maior. Essas vantagens deixam de ser desfrutadas ao utilizarem-se marcadores radiopacos, de forma que tal prática só estará justificada se houver ganho substancial em acurácia.

Com o *gantry* a 0°, o uso de marcos anatômicos resultou em erro de  $2,1 \pm 1,7$ mm e quando se utilizaram marcadores radiopacos foi constatado erro de  $1,7 \pm 1,2$ mm. Ao inclinar-se o *gantry*

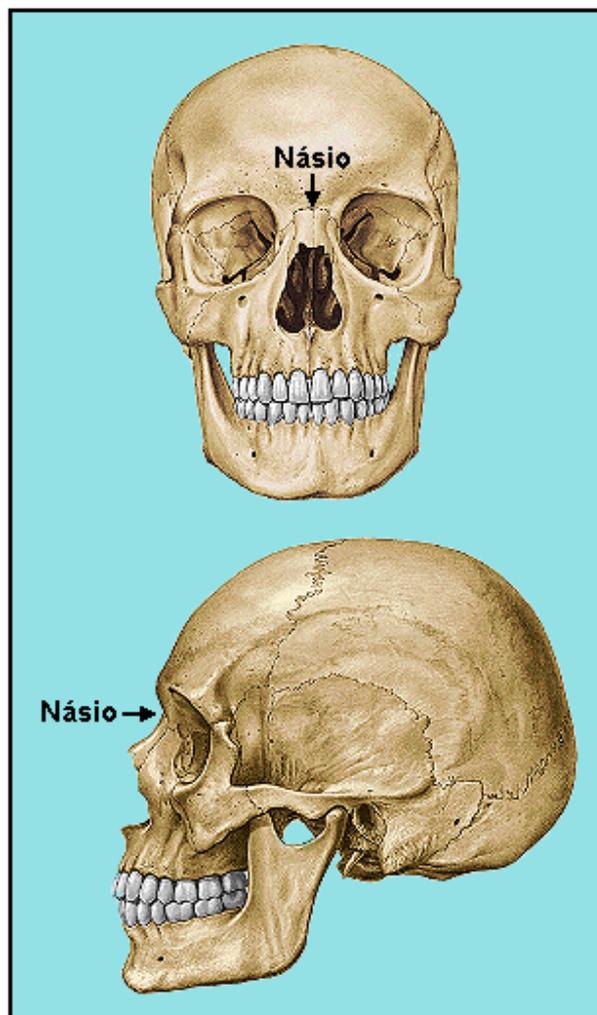
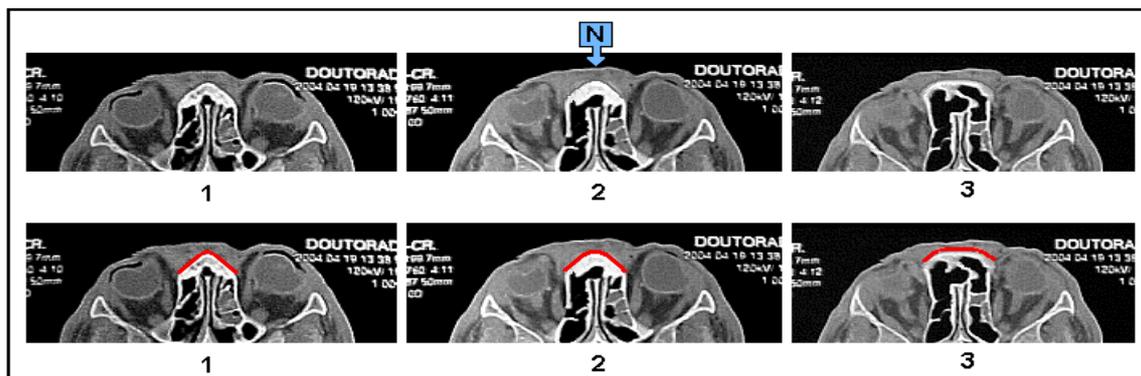


Figura 55 – Násio

foram obtidos erros de  $17,6 \pm 11,2$ mm e  $15,6 \pm 10,1$ mm, conforme tenham sido utilizados, respectivamente, marcos anatômicos ou marcadores radiopacos. Os testes estatísticos demonstraram que, em termos de acurácia, não houve diferença significativa entre os grupos com marcos anatômicos e os grupos com marcadores radiopacos.

Essa equivalência entre marcos anatômicos e marcadores radiopacos mostrou-se um tanto surpreendente, já que estudos relacionados a neuronavegadores têm demonstrado discreta vantagem com o uso de marcadores radiopacos.<sup>56</sup> Sem dúvida trata-se de um achado alvissareiro, contudo deve ser encarado com precaução, pois para reproduzi-lo é necessário destreza na identificação dos marcos anatômicos. Por tal motivo, é oportuno revisar os vários aspectos relacionados à identificação desses pontos, amparando-se na experiência adquirida no curso da pesquisa.



**Figura 56** – Identificação do násio na tomografia. Acima são apresentados cortes tomográficos sucessivos (segunda cabeça utilizada); na segunda imagem foi assinalado o ponto que corresponde ao násio (N). Abaixo a mesma série é mostrada, sendo delineado em vermelho o contorno dos ossos nasais (primeiro e segundo corte) e da parte nasal do osso frontal (terceiro corte). O aspecto angulado (“em quilha”) do conjunto formado pelos ossos nasais aparece nos dois primeiros cortes, para ser depois substituído pela configuração aplanada da parte nasal do osso frontal (terceiro corte). No mais cranial dos cortes onde a “quilha nasal” pode ser distinguida, foi assinalado o ponto que corresponde ao násio (N); notar que esse ponto é demarcado na superfície da pele e não no osso, pois lá é o local onde o compasso será apoiado.

O násio (em latim *nasion*, de *nasus*, nariz) situa-se no plano mediano, sobre a sutura frontonasal<sup>80</sup> (Figura 55); está numa depressão na altura da raiz do nariz, sendo, portanto, facilmente percebido pelo tato.

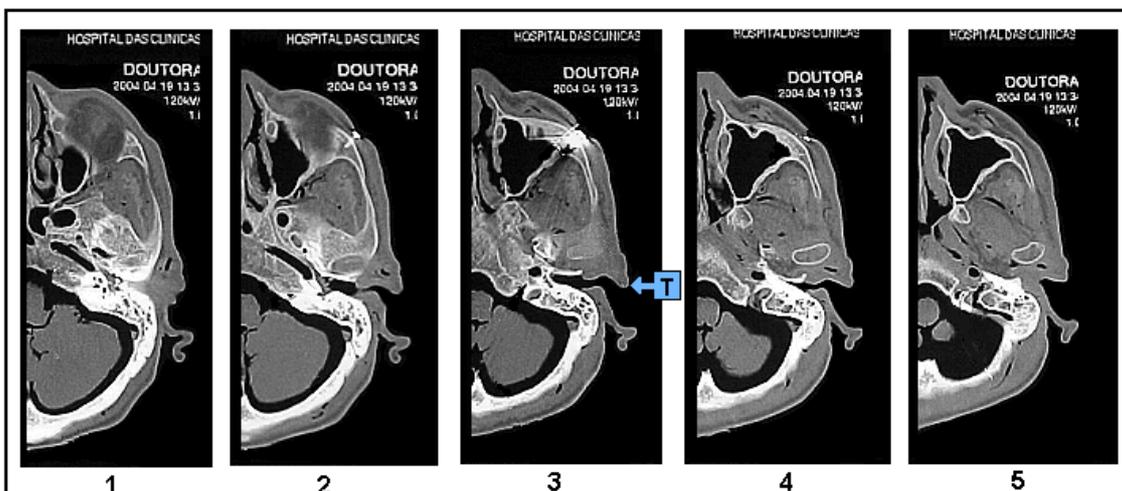
A junção dos ossos nasais mostra-se angulada na tomografia computadorizada; no primeiro corte acima da sutura frontonasal essa formação com feitiço de quilha é substituída pela área aplanada constituída pela parte nasal do osso frontal. O ponto referente ao násio deve ser assinalado no mais cranial dos cortes em que a “quilha” nasal está presente (Figura 56).

Na orelha observa-se uma projeção com aspecto triangular ou quadrangular, de cerne cartilaginosa, posicionada adiante da concha, logo abaixo do ramo da hélice (do qual está separada pela incisura anterior). Sua base está fixa na porção lateral da margem do meato acústico externo (Figura 57); seu vértice está voltado para trás e lateralmente, amiúde mostrando-se truncado e, assim, na verdade constituindo uma borda<sup>93</sup> (Figura 57). É comum sua face interna apresentar um tufo de pêlos que, por suscitar a lembrança da barba de um bode, levou imaginosos anatomistas a distinguir essa estrutura com o nome de trago (em latim *tragus*, do grego *tragos*, bode).<sup>94</sup>



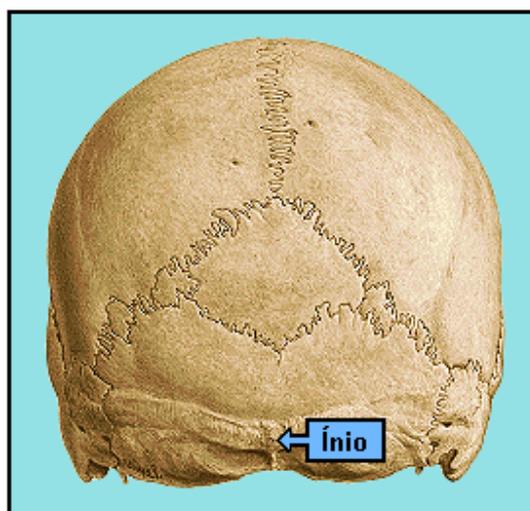
Figura 57 – Trago

O trago é facilmente discernível na tomografia computadorizada; aparece em vários cortes, devendo ser selecionado aquele que passa pelo ponto médio de seu vértice, nele assinalando-se o referencial (Figura 58). O compasso deve ser apoiado no vértice do trago com mínima pressão já que o arcabouço de natureza cartilaginosa torna essa estrutura susceptível à deformidade; por tal motivo, é conveniente utilizar-se o trago para traçar o segundo arco, que pode ser curto pois é conhecida a localização do primeiro.



**Figura 58** – Identificação do trago na tomografia. Detalhes de uma série de cinco cortes tomográficos sucessivos (quarta cabeça utilizada). Observa-se que o trago, tendo atrás de si o meato acústico externo, aparece no segundo, terceiro e quarto corte. O ponto correspondente ao trago (T) foi assinalado no corte intermediário, quer dizer, no terceiro corte.

O ínio (em latim *inion*, do grego *inion*, nuca) corresponde ao ponto mais proeminente da protuberância occipital externa,<sup>81, 82</sup> eminência mediana situada na superfície externa do osso occipital, a meio caminho entre o ápice da parte escamosa e o forame magno<sup>81</sup> (Figura 59). Dos marcos anatômicos utilizados



**Figura 59** – Ínio

pelo método da triangulação e compasso, o ínio é o de identificação mais incerta. Isso porque a protuberância occipital externa desponta à mercê da ação continuada do complexo musculoligamentar nela inserido, tornando-se mais saliente com o avançar dos anos, muitas vezes, porém, mesmo no adulto ela é indistinguível.<sup>95</sup>

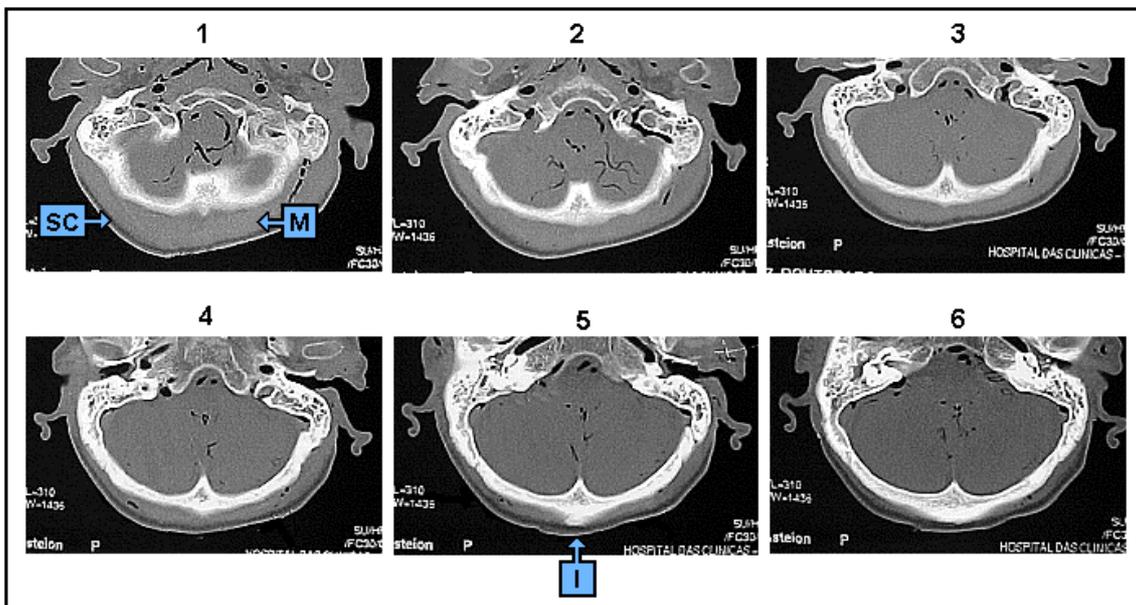
Cinco cristas, no geral pouco marcadas, partem da protuberância occipital externa. Na linha média, descendo até o forame magno, observa-se a crista occipital externa; de

cada lado, curvando-se lateralmente, estão as linhas nucais superiores e supremas, estas últimas craniais e nem sempre presentes. Sob a pele, apenas o músculo epicrânico, laminar e impalpável, está acima da protuberância occipital externa e linha nugal superior; abaixo, em contrapartida, avulta a massa volumosa da musculatura nugal.

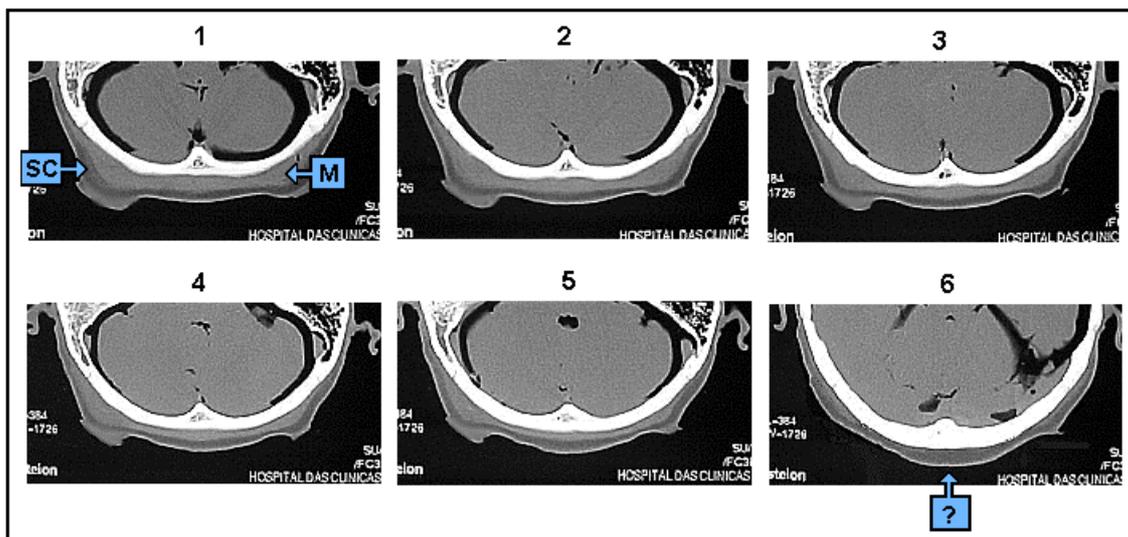
Fixo nos processos espinhosos das vértebras cervicais e inserindo-se na porção inferior da protuberância occipital externa, o ligamento da nuca forma um septo fibroelástico mediano que se presta à inserção dos músculos contíguos, dificultando a palpação dos processos espinhosos das vértebras cervicais superiores. Na face posterior do pescoço a posição do ligamento é indicada pelo sulco da nuca, leve depressão limitada lateralmente pelo relevo dos músculos trapézio e semi-espinhal da cabeça.<sup>81</sup> A palpação, conduzida de baixo para cima, detectará no extremo superior do sulco da nuca a repentina mudança da consistência elástica do ligamento para a dureza do osso, aí está a protuberância occipital externa e, no seu ápice, o ínio.

Na tomografia computadorizada a protuberância occipital externa é percebida sob a forma de uma eminência óssea mediana. É importante acautelar-se para não confundir-la com uma crista occipital externa proeminente, para tal é útil lembrar que os músculos da nuca não aparecerão nas imagens posicionadas acima da protuberância occipital externa e linhas nucais superiores (Figura 60).

Mesmo quando a protuberância occipital externa for indistinguível (Figura 61), não será restringida a abrangência do método da triangulação e compasso. Quando se tratar de alvos posteriores ambos os tragos deverão ser utilizados como referenciais, quanto aos outros alvos, serão usados o trago mais próximo e o násio. Assim procedeu-se com respeito à sexta cabeça utilizada, nela não existia protuberância occipital externa e, mesmo assim, a localização dos alvos foi efetivada sem prejuízo.



**Figura 60** – Identificação do ínio na tomografia. Detalhes de uma série de seis cortes tomográficos sucessivos (quinta cabeça utilizada). O tecido subcutâneo (SC) mostra-se como uma camada hipodensa (no vivo mais nítida do que no cadáver formolizado). Consta-se que a espessura do plano muscular (M) vai diminuindo paulatinamente até que, a partir do quinto corte, não se interpõe mais entre o osso e o tecido subcutâneo nas proximidades do plano mediano, aí está a protuberância occipital externa (neste crânio apresentando-se como uma eminência óssea bem evidente). Observar que, ao utilizar-se o ínio como referencial, o ponto que lhe corresponde (I) deve ser demarcado na superfície da pele e não no osso.

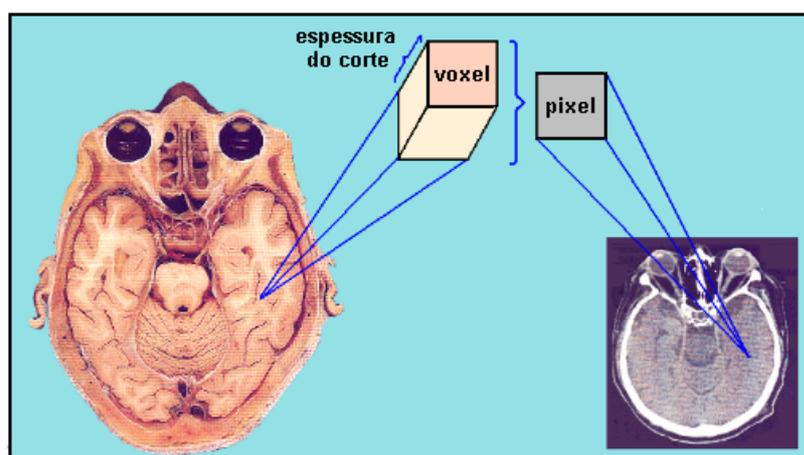


**Figura 61** – Ausência de protuberância occipital externa. Detalhes de uma série de seis cortes tomográficos sucessivos (sexta cabeça utilizada). Neste caso não existia protuberância occipital externa. No primeiro corte estão indicados o tecido subcutâneo (SC) e a camada muscular (M). A partir do sexto corte a musculatura da nuca não é detectada no plano mediano, aí deveria estar a eminência óssea que caracteriza a protuberância occipital externa.

### 5.3.3 – FATORES INERENTES AO EXAME

#### 5.3.3.1 – Espessura dos cortes tomográficos

Numa tomografia computadorizada as imagens são formadas por aglomerados de *pixels* (do inglês *picture elements*, elementos de imagem), cada *pixel* mostrando-se como um quadrículo que representa o que está contido num *voxel* (do inglês *volume element*, elemento de volume), mínima parcela da “fatia” analisada num corte tomográfico, possuindo a configuração de um paralelepípedo reto, cujas bases são quadrículos com as dimensões dos pixels e tendo como altura a espessura do corte <sup>36, 85, 96</sup> (Figura 62).



**Figura 62** – O *pixel* é a representação pictórica bidimensional daquilo que compõe o *voxel* (elemento tridimensional).

O *pixel* representa em duas dimensões aquilo que está compreendido no elemento tridimensional que constitui o *voxel*; portanto, o que é mostrado num *pixel* é, por assim dizer, a média das informações concernentes à atenuação sofrida pelos raios X ao trespassarem cada estrutura contida no *voxel*.<sup>97</sup> É facilmente compreensível que ao realizarem-se cortes mais espessos perde-se em exatidão, pois o volume do *voxel* aumenta e uma quantidade maior de estruturas terá que ser representada no *pixel*.

As matrizes dos primeiros tomógrafos continham 80x80 *pixels*, cada *pixel* com 3mm. Tipicamente, os aparelhos modernos possuem matrizes com 512x512 *pixels*, cada *pixel* com 0,5mm ou menos;<sup>83</sup> o volume do *voxel*, portanto, se mostrará muito diminuto desde que haja uma pequena espessura de corte.

Caso a porção homogênea de uma estrutura venha a preencher apenas parte do *voxel*, haverá menos fidelidade em sua representação na imagem do que se ela ocupasse-o totalmente. Esse é o chamado efeito do volume parcial,<sup>98</sup> que torna menos exata a correspondência entre o que é apresentado na imagem e aquilo que realmente existe, mostrando-se como um determinante de erro que será minimizado ao diminuir-se a espessura do corte tomográfico.<sup>72</sup>

Supondo que um *pixel* seja selecionado como alvo ou referência na tomografia, esse ponto corresponderá a uma série de pontos distribuídos ao longo da porção do corpo contida no respectivo *voxel*, assim, quanto mais espesso o corte, menos exata será a identificação do aludido alvo ou referência no corpo do paciente.

Do que foi dito, depreende-se que quando o método da triangulação e compasso for utilizado para localizar pequenos alvos é decisivo realizarem-se cortes com espessura de 5mm ou menos, advertência já há muito tida como axiomática em estereotaxia.

### **5.3.3.2 – Intervalos entre os cortes tomográficos**

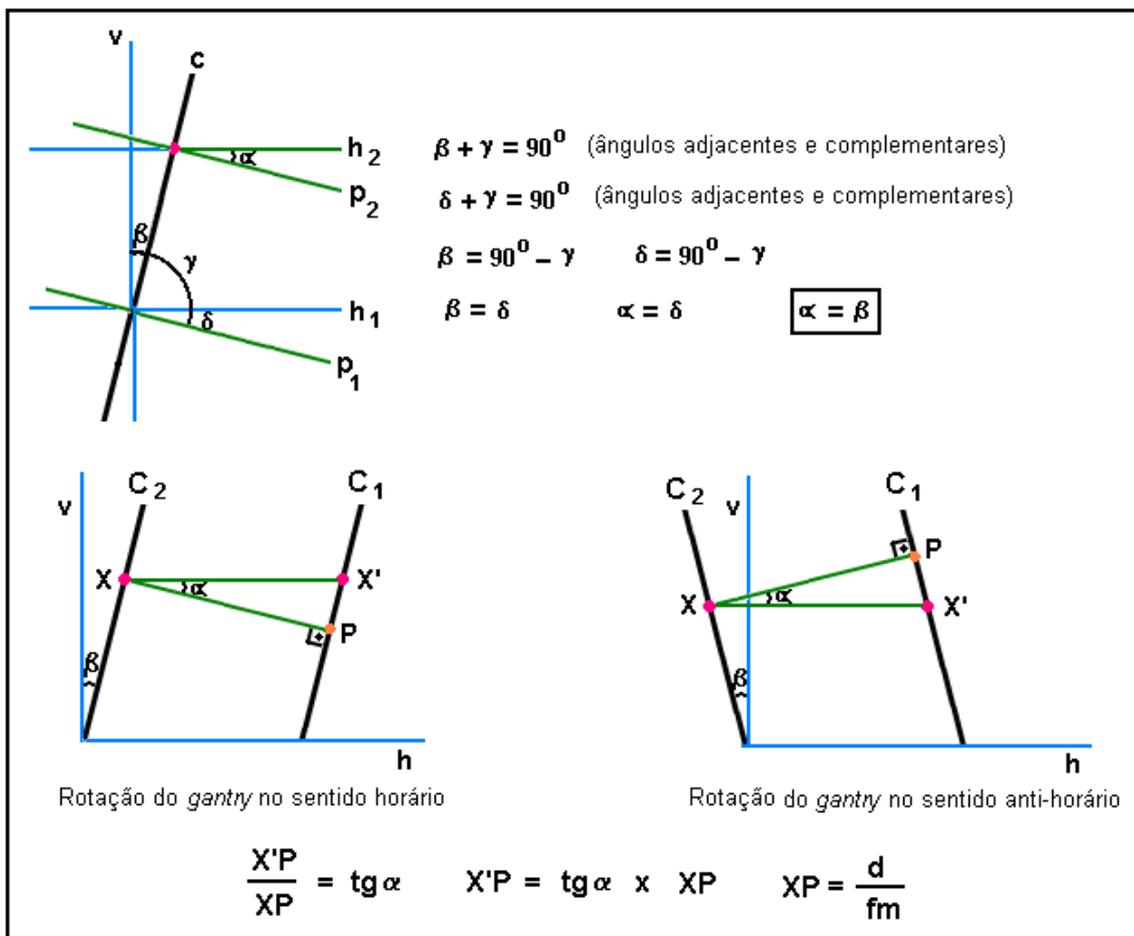
Estudos relacionados a procedimentos estereotáticos desaconselham o uso de intervalos entre os cortes tomográficos.<sup>72, 83, 85</sup> Com respeito ao método da triangulação e compasso é razoável acolher tal decisão, pois a existência de intervalos resulta na perda de dados que podem ser importantes para garantir acurácia ao procedimento.

### 5.3.3.3 – Inclinação do *gantry*

Na maioria dos tomógrafos, o *gantry* pode ser inclinado até 25°, partindo de uma posição perpendicular ao solo (0°). Ao realizar-se um procedimento estereotático tradicional é imperativo que a inclinação do *gantry* resulte em cortes paralelos à base do aparelho estereotático.<sup>73, 83, 85, 99</sup> Maciunas et al.<sup>85</sup> verificaram que a inclinação do *gantry* interfere na acurácia de procedimentos estereotáticos mesmo com aparelhos que utilizam “fiduciais” em forma de “N”, cuja exatidão, teoricamente, não deveria depender do ângulo com que os cortes tomográficos são realizados.

Da mesma forma, com respeito ao método da triangulação e compasso, verifica-se que a inclinação do *gantry* repercute de modo decisivo na exatidão do procedimento. Com o *gantry* sem inclinação obteve-se máxima acurácia, inclinando-o houve maior propensão ao erro à medida que o ângulo aumentava. Enquanto com 7° foram constatados erros de 5,5±4,1mm e 6,6±6,6mm, com 21° houve erros de 29,4±6,1mm e 25,2±7,2mm.

Tal incremento do erro ocorre porque o ponto X' não será equivalente à projeção ortogonal de X quando os cortes tomográficos forem inclinados, havendo um distanciamento vertical que corresponde ao produto da multiplicação da tangente do ângulo de inclinação do *gantry* pelo valor minificado da distância entre o corte que contém X e aquele que passa pela referência considerada. Quando o corte que contém X ocupa uma posição cranial em relação ao corte onde X' está contido, a projeção ortogonal deverá ser marcada abaixo ou acima de X', conforme a rotação do *gantry* tenha ocorrido respectivamente no sentido horário ou anti-horário (Figura 63). Tal correção torna o procedimento mais laborioso, mostrando-se como um entrave para aqueles menos afeitos a lucubrações matemáticas; por conseguinte, do ponto de vista prático, o ideal é simplificar os cálculos, realizando o exame com o *gantry* sem inclinação.



**Figura 63** – Determinação da projeção ortogonal quando o exame for realizado com o *gantry* inclinado. Acima, demonstra-se a igualdade entre os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$ . As retas  $h_1$  e  $h_2$  são paralelas entre si e perpendiculares à reta  $v$ ; as retas  $p_1$  e  $p_2$  são paralelas entre si e perpendiculares à reta  $c$ . Abaixo, verifica-se que o ponto  $P$ , projeção ortogonal de  $X$ , está posicionado abaixo de  $X'$  quando o exame é realizado tendo o *gantry* girado no sentido horário e acima de  $X'$  quando a rotação ocorrer no sentido anti-horário (desde que o corte que contém  $P$  esteja caudal àquele que contém  $X$ ). Os pontos  $X$  e  $X'$  ocupam posições equivalentes nas imagens, o segmento de reta que os une é paralelo à reta  $h$ , disposta horizontalmente e correspondendo, pois, à mesa do tomógrafo. O segmento de reta  $XP$  é perpendicular aos cortes tomográficos  $C_1$  e  $C_2$ , portanto  $P$  é a projeção ortogonal de  $X$  no corte  $C_1$ . O ângulo  $\beta$ , entre a vertical (reta  $v$ ) e  $C_1$ , corresponde ao ângulo de inclinação do *gantry* (este vem registrado na tomografia), sendo igual ao ângulo  $\alpha$ , entre os segmentos  $XX'$  e  $XP$ . O triângulo  $XX'P$  é retângulo, de modo que a distância entre  $X'$ , marcado na imagem com o compasso, e  $P$ , projeção ortogonal de  $X$ , é determinada multiplicando-se a tangente do ângulo  $\alpha$  por  $XP$ , distância entre os dois cortes tomográfico. Lembrar que  $XP$  está minificado, para obter sua medida será necessário subtrair o valor da posição da mesa registrado num corte daquele inscrito no outro, determinando-se assim a distância real entre os cortes ( $d$ ), para depois dividir tal resultado pelo fator de minificação ( $fm$ ).

Os resultados do experimento com o *gantry* inclinado, apoiados na explicação acima, deixam claro que pontos dispostos na mesma posição em diferentes cortes tomográficos só pertencerão a uma reta perpendicular às imagens quando o exame for realizado com o *gantry* a  $0^{\circ}$ . Considerar que o mesmo ocorre quando os cortes forem inclinados é uma

concepção errônea, que foi largamente difundida a partir do artigo de O'Leary e Lavyne<sup>58</sup> e reforçada pelo de Penning.<sup>10</sup>

#### **5.3.3.4 – Movimentos durante a execução do exame**

A imobilidade do crânio durante a aquisição de dados pelo tomógrafo é imprescindível para o bom êxito do método da triangulação e compasso, como também de qualquer método utilizado para localizar alvos cranianos tomando fundamento na tomografia computadorizada. É fácil de entender que deslocamentos no momento da execução do exame acarretam ausência de paralelismo e perda da justaposição de imagens sucessivas, podendo ocasionar erros de grande magnitude.

Esse fator de erro não interferiu nos dados obtidos na pesquisa em questão pois a imobilidade das cabeças foi assegurada. Considerando-se a rapidez da aquisição de dados pelos modernos tomógrafos, resultados semelhantes podem ser alcançados na prática clínica.<sup>55</sup> É útil o uso de uma faixa visando fixar a cabeça no suporte, entretanto obter a cooperação do paciente é o que há de mais decisivo; quando isto não for possível, resta apelar para a sedação.<sup>83</sup>

### **5.4 – APLICABILIDADE**

O compasso tem sido eleito como símbolo da Geometria, da planificação e da ordem cósmica; ilustrações de manuscritos medievais apresentam Deus como um geômetra que define a Terra com um compasso<sup>100</sup> (Figura 64). Quanto ao teorema de Pitágoras, diz a lenda que o notável matemático ficou tão maravilhado com sua descoberta que, em

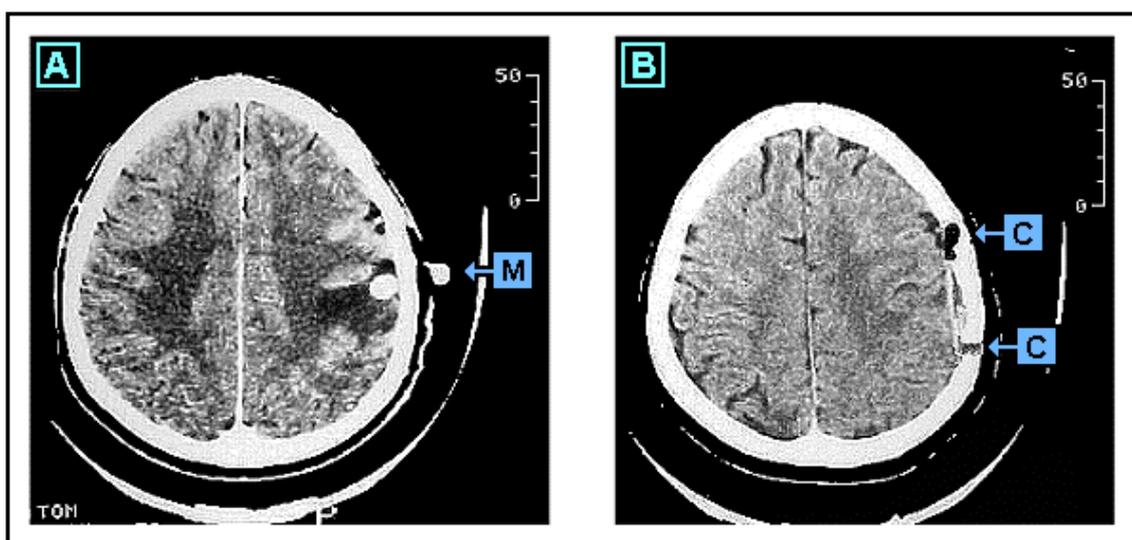
agradecimento, sacrificou um touro aos deuses.<sup>101</sup> Agora, compasso e teorema serão postos a serviço da Neurocirurgia.

O método da triangulação e compasso pode ser utilizado para definir de modo preciso o ponto central da craniotomia (Figuras 65 e 66), possibilitando a realização de uma diérese bem menos extensa do couro cabeludo, crânio e dura-máter. Disso advirão numerosas vantagens: melhor efeito estético, menos dor pós-operatória,

decréscimo no tempo cirúrgico, redução da perda sangüínea, queda na incidência de infecção e hematoma, menor exposição do tecido nervoso ao ressecamento e trauma.<sup>102, 103</sup>



**Figura 64** – O compasso como instrumento de Deus (ilustração de uma Bíblia do século XIII).



**Figura 65** – Craniotomia guiada pelo método da triangulação e compasso. **A:** Exame realizado com marcador radiopaco (M) confirma a eficácia do método da triangulação e compasso em localizar uma lesão de apenas 10mm. **B:** A abordagem foi realizada através de uma pequena craniotomia (C) centrada exatamente sobre o alvo.

De mais a mais, como foi devidamente identificado o ponto escolhido para abordagem da lesão ou área cortical visada (Figuras 66 e 69F), escapa-se da desventura de abrir o crânio no local inadequado, situação embaraçosa que muitas vezes torna necessário ampliar a abertura, o que em geral é feito por meio de pinça saca-bocados, impondo a necessidade de realizar uma cranioplastia ao término do procedimento.

Não raro, após efetivar uma craniotomia, o neurocirurgião queda-se transtornado, pois a lesão que esperava ter diante dos olhos está oculta numa posição subcortical. Surge então a dúvida atordoante: onde realizar a incisão no córtex? Caso o planejamento da craniotomia tenha sido feito com base no método da triangulação e compasso não há motivo para hesitar, o ponto previamente marcado no crânio indica o local da lesão (Figura 65).

A realização de uma craniotomia dirigida pelo método da triangulação e

compasso é simples. Primeiro o centro da abertura a ser realizada no crânio é selecionado



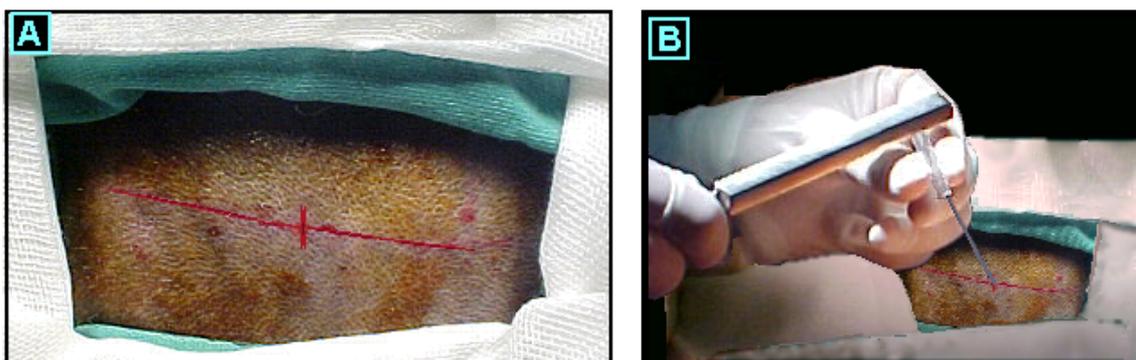
**Figura 66** – Lesão extradural sendo ressecada através de mínima abertura no crânio (optou-se por uma incisão ampla para manter a cicatriz oculta sob os cabelos).



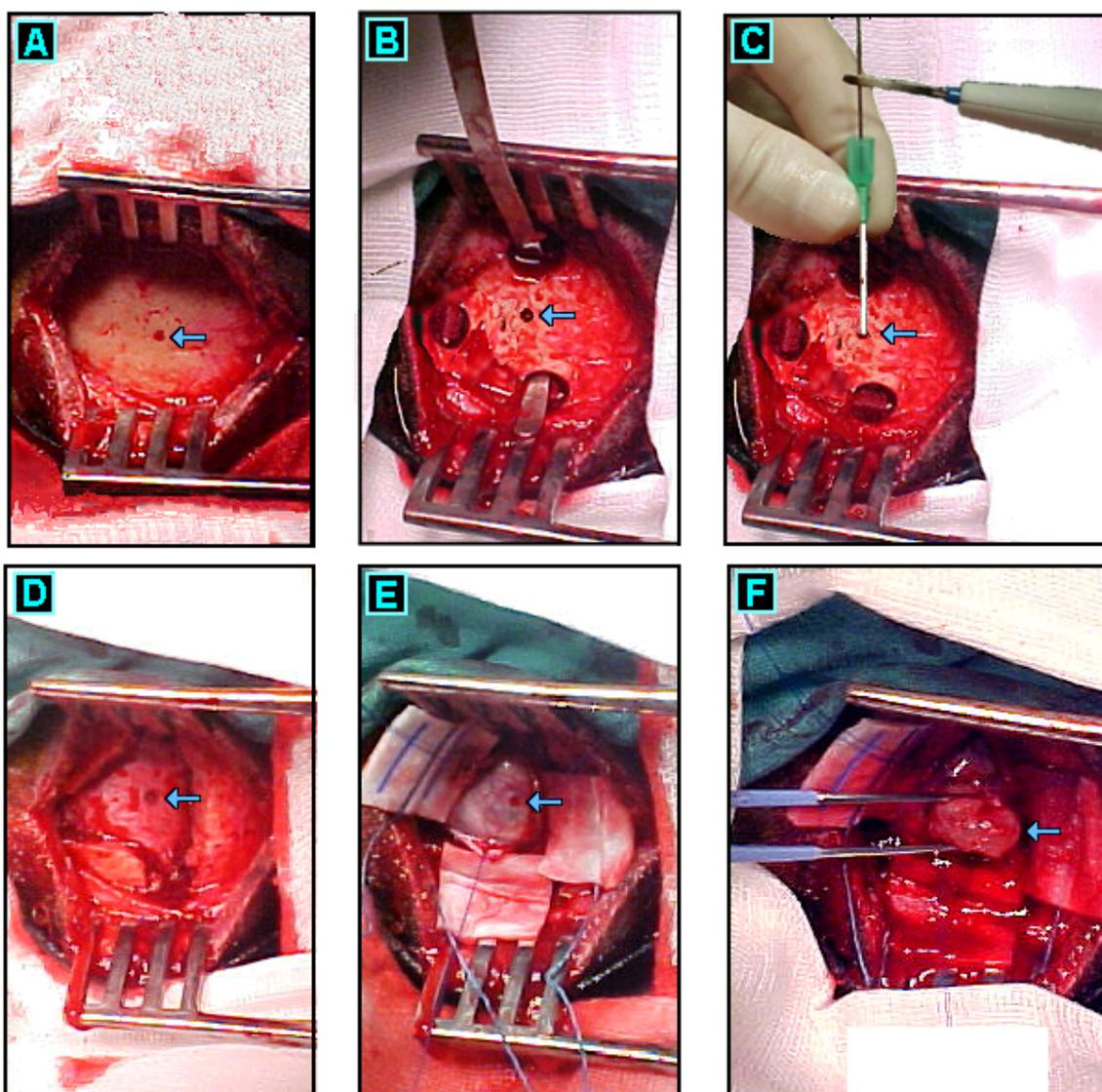
**Figura 67** – Marcação do couro cabeludo

no exame; geralmente é escolhido um ponto que guarda correspondência com o centro da lesão, porém, quando esta se mostrar mais superficial na periferia, poderá ser vantajoso transgredir tal regra. Em seguida, com o compasso, o local do alvo é marcado no couro cabeludo (Figura 67). Depois, as dimensões da craniotomia devem ser estabelecidas. É aconselhável que a abertura do crânio seja mais extensa que a lesão, suplantando-a, em cada lado, por uma margem de pelo menos 1cm; isso será proveitoso para a manipulação cirúrgica, assegurando maior facilidade em controlar hemorragias e no fechamento da meninge.

Tendo-se em mente as dimensões da craniotomia, a linha de incisão é demarcada no couro cabeludo (Figura 68A). Antes da diérese, o ponto assinalado na pele deve ser transferido para o osso. Isso pode ser feito da seguinte maneira: em tal ponto a pele é trespassada por uma agulha calibrosa, disposta perpendicularmente à superfície do crânio; depois, por efeito de impacto sobre a base da agulha, o ponto que corresponde ao alvo é marcado no osso (Figuras 68B e 69A). Em seguida, a pele é incisada e a área da craniotomia delineada, utilizando-se seu centro como referência.



**Figura 68** – Marcação do ponto X no crânio. **A:** Sobre a linha de incisão foi assinalado o ponto que corresponde ao alvo. **B:** Golpeando-se com firmeza a base da agulha de um cateter intravenoso nº 14 (jelco®, Johnson & Johnson), o ponto é marcado no osso.



**Figura 69** – Marcação do ponto X na meninge. **A:** Através do procedimento apresentado na Figura 68, o ponto correspondente ao alvo foi marcado no osso (seta). **B:** Neste ponto o osso foi perfurado (seta); um condutor de serra de Gigli garantiu proteção ao cérebro. **C:** Um mandril de cateter de derivação ventricular foi passado através de um cateter intravenoso nº 18 (jelco®, Johnson & Johnson), o conjunto sendo introduzido na perfuração do osso e a extremidade do mandril tocando a dura-máter. Utilizou-se ténue corrente de coagulação para marcar a meninge. **D:** Após a retirada do osso, verificou-se que a meninge havia sido devidamente marcada (seta). **E:** No ponto assinalado na dura-máter fez-se uma perfuração e o bipolar foi utilizado para marcar o córtex. O ponto marcado correspondia exatamente ao centro da lesão (seta). **F:** A causa da lesão foi devidamente removida, tratava-se de um cisticercos com 1,5cm de diâmetro (seta).

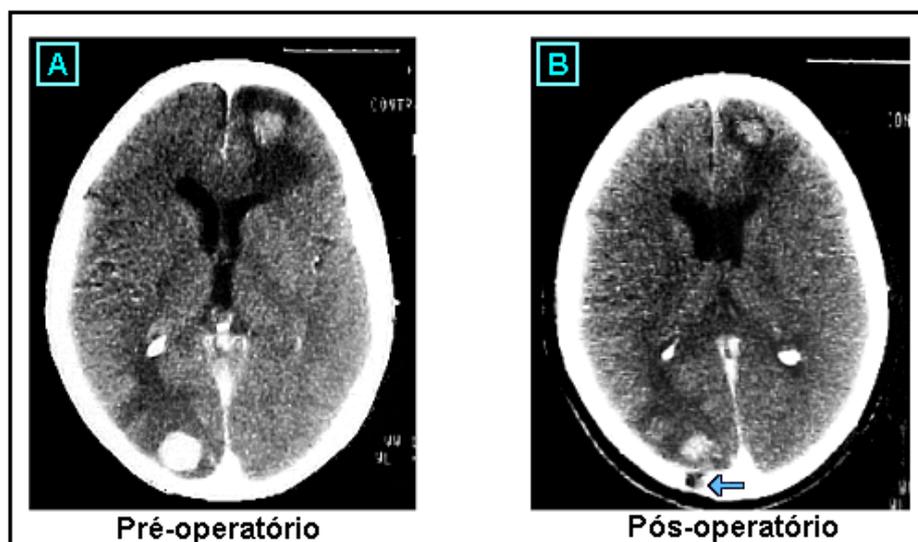
Pode ser desejável que o ponto assinalado no crânio seja transferido para a dura-máter, garantindo acurácia na localização; isso é particularmente útil ao lidar-se com uma lesão diminuta e subcortical. Para tanto, com uma pequena broca, uma perfuração é

realizada sobre o ponto marcado no osso; o que pode ser feito antes ou após a craniotomia (Figura 69B).

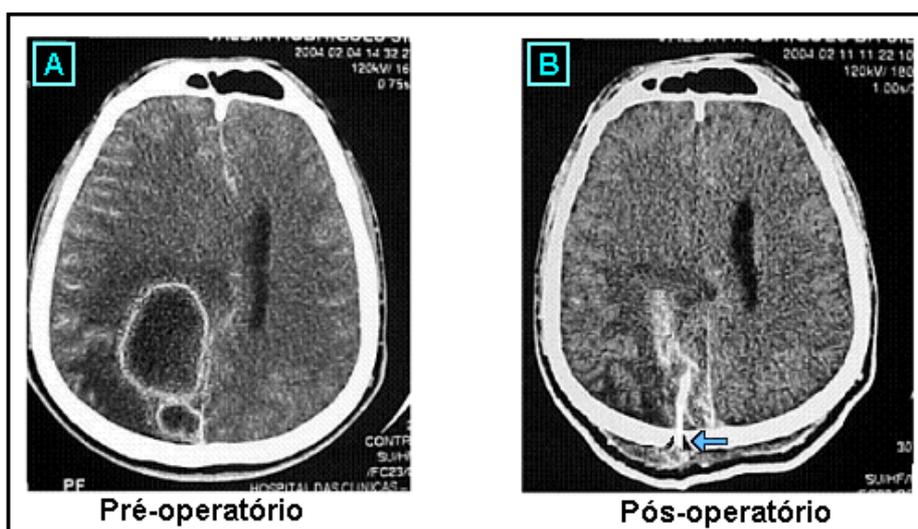
Caso o orifício seja efetivado antes da craniotomia, é prudente que um condutor de serra de Gigli seja posicionado sob o ponto a ser perfurado, assegurando proteção ao cérebro (Figura 69B). Quando a craniotomia tiver sido previamente realizada, a perfuração é feita tomando-se nas mãos o retalho ósseo.

Uma fina haste metálica é passada através do orifício, entrando em contato com a meninge (para isso pode ser utilizado um mandril de cateter de derivação ventricular); depois, por meio do bisturi elétrico, o ponto é assinalado na dura-máter (Figura 69C). A porção da haste contígua ao orifício deve receber um revestimento isolante para evitar que a corrente de coagulação seja transferida para o osso (caso tenha sido utilizado um mandril de cateter ventricular, pode-se passá-lo através de um cateter venoso nº 18). Quando a craniotomia for realizada previamente, o retalho ósseo será ajustado em sua posição no crânio antes da meninge ser marcada.

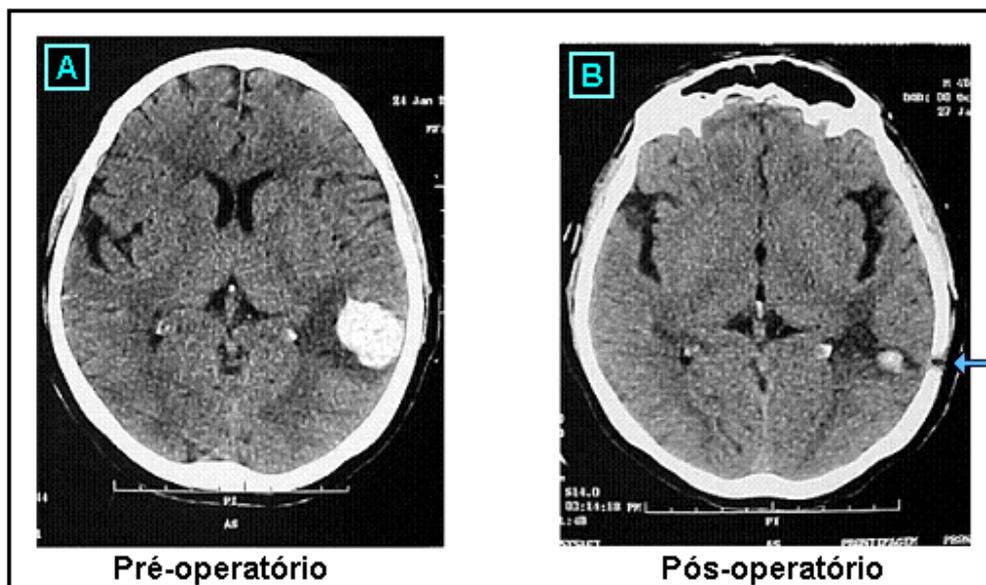
Possibilitando que um ponto pré-definido na tomografia seja localizado sobre o crânio, o método da triangulação e compasso viabiliza a realização de intervenções tais como biópsias e drenagens de hematomas, abscessos ou cistos (Figuras 70–72), através de uma simples trepanação, eventualmente realizada sob anestesia local. Isso, além de reduzir o risco cirúrgico e anestésico, torna o procedimento bem mais fácil, ganhando-se em rapidez e eficácia. Não há dificuldade em realizar tal trepanação: primeiramente o ponto assinalado no couro cabeludo é repassado para o osso, em seguida, a pele é incisada e o trépano centrado sobre tal ponto.



**Figura 70 – Biópsia.** **A:** Paciente com diagnóstico presuntivo de metástases cerebrais. **B:** A hipótese foi confirmada através de uma biópsia realizada por meio de trepanação sob anestesia local (seta).



**Figura 71 – Drenagem de abscessos.** **A:** Abscessos cerebrais; **B:** Ambos foram drenados através de uma única trepanação estrategicamente posicionada (seta); o exame foi realizado no pós-operatório imediato, observando-se a presença de um dreno no interior das cavidades colabadas.



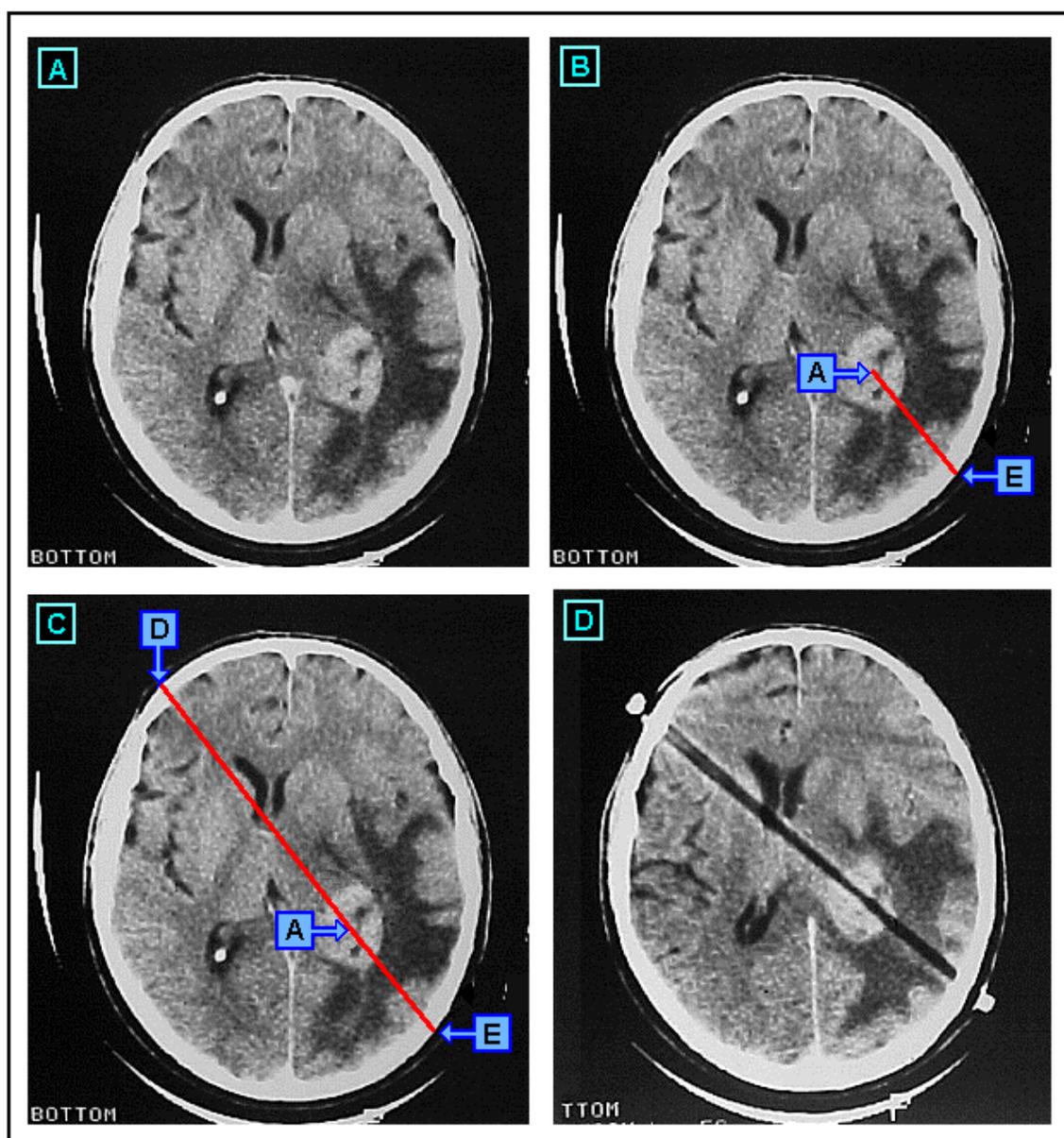
**Figura 72** – Punção de hematoma. **A:** Hematoma intraparenquimatoso. **B:** Exame realizado no pós-operatório imediato mostra que o hematoma foi efetivamente drenado através de uma trepanação (seta).

O método da triangulação e compasso permite localizar pontos na superfície da cabeça, isso pode levar à suposição de que ele é inútil com relação a pontos localizados profundamente. No entanto, tal procedimento tornar-se-á válido para abordagem de lesões profundas, desde que se aplique um dos postulados mais elementares da Geometria Euclideana: “Dois pontos distintos de uma reta determinam essa mesma reta”.

Considere-se uma lesão localizada profundamente no cérebro. Antes de tudo, o corte tomográfico que contém o ponto escolhido como alvo deve ser selecionado (Figura 73A). Em seguida, define-se nesse corte a trajetória retilínea mais adequada para que o alvo seja alcançado a partir da superfície do crânio. Há, portanto, dois pontos nos extremos de uma reta: o ponto de entrada e o alvo (Figura 73B); a distância real entre esses pontos é facilmente determinada, bastando multiplicar a distância medida na tomografia pelo fator de minificação

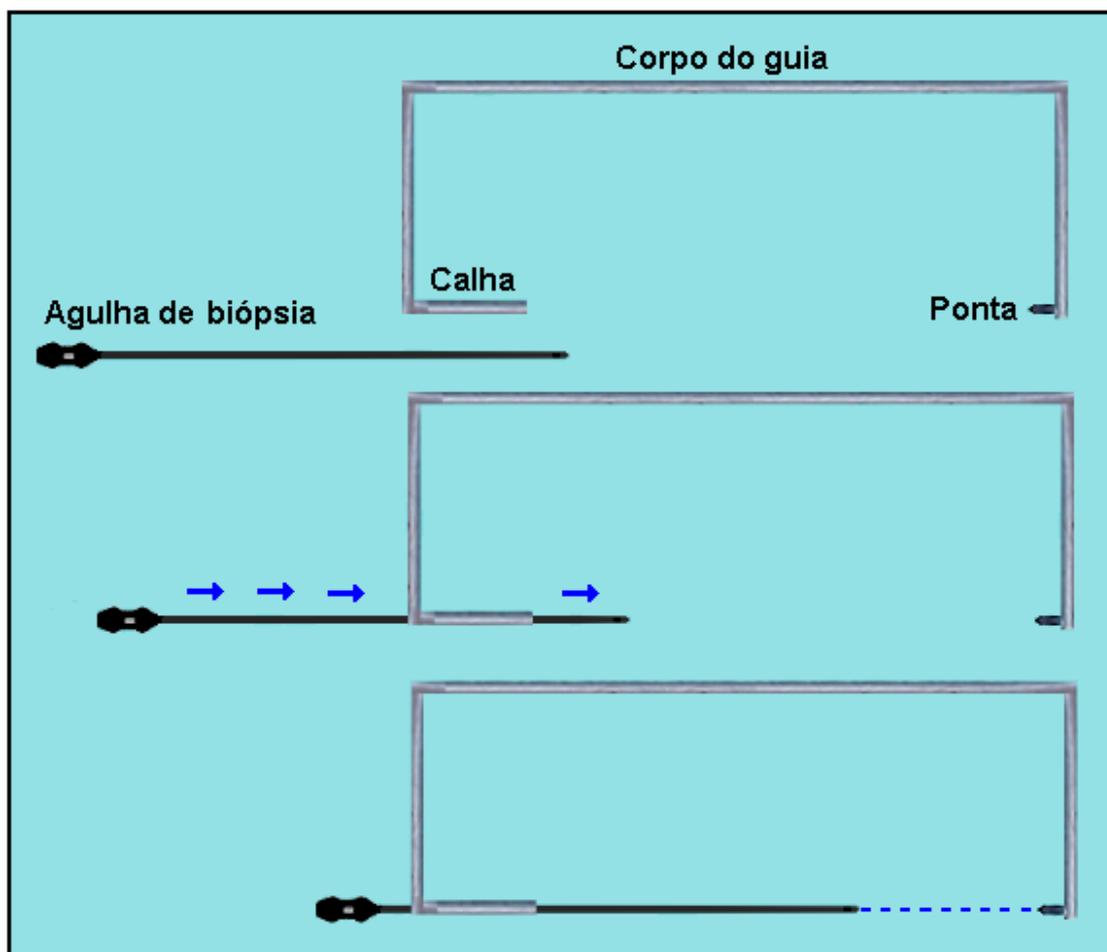
Então, sabe-se onde penetrar e quanto penetrar, resta determinar a direção; isso pode

ser feito prolongando-se a reta até ser alcançado, na superfície do crânio, o ponto de direcionamento (que está no extremo oposto ao do ponto de entrada). Agora há três pontos numa mesma reta: o ponto de entrada, o alvo e o ponto de direcionamento (Figuras 73C e



**Figura 73** – Abordagem de lesão profunda. **A:** Lesão que será submetida à biópsia. **B:** Selecionam-se o alvo (A) e o ponto de entrada (E); o comprimento do segmento de reta que os une corresponde à distância a ser percorrida desde o ponto de entrada até o alvo. **C:** Prolonga-se o segmento de reta EA até que a superfície do crânio seja alcançada, aí é demarcado o ponto de direcionamento (D). **D:** Os pontos E e D foram identificados na cabeça do paciente; em seguida, o exame foi repetido com dois marcadores radiopacos sobre eles. O artefato decorrente da presença dos marcadores tem uma configuração retilínea e passa pelo centro da lesão, demonstrando que os pontos marcados sobre o crânio pertencem a uma reta na qual o alvo está contido.

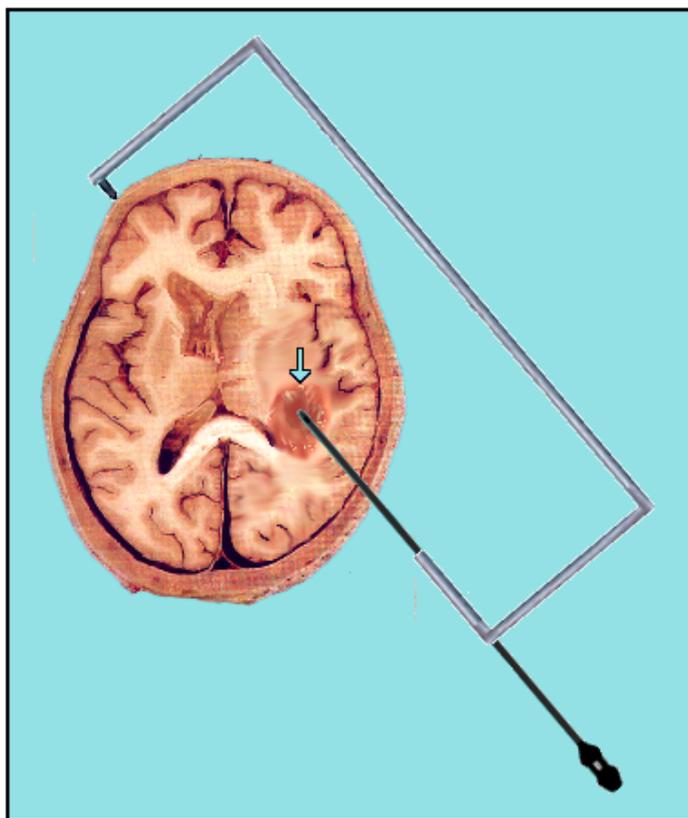
73D). Um instrumento atingirá o alvo penetrando através do ponto de entrada e apontando para o ponto de direcionamento, sendo aprofundado por uma distância equivalente ao intervalo entre o ponto de entrada e o alvo.



**Figura 74** – Guia. A agulha de biópsia desliza em contato com a calha, deslocando-se ao longo de uma reta que passa pela ponta do guia.

O direcionamento pode ser feito à mão livre, porém, em se buscando maior acurácia, é providencial o uso de um guia em forma de “U”, apresentando uma pequena calha numa das extremidades e uma ponta na outra (Figura 74). O alvo será alcançado por uma agulha de biópsia ou outro instrumento retilíneo que deslizará em contato com o sulco da calha. Assim, o eixo longitudinal do instrumento é mantido numa reta que contém a extremidade da ponta existente no lado oposto do guia; esta deve estabelecer contato com o ponto de

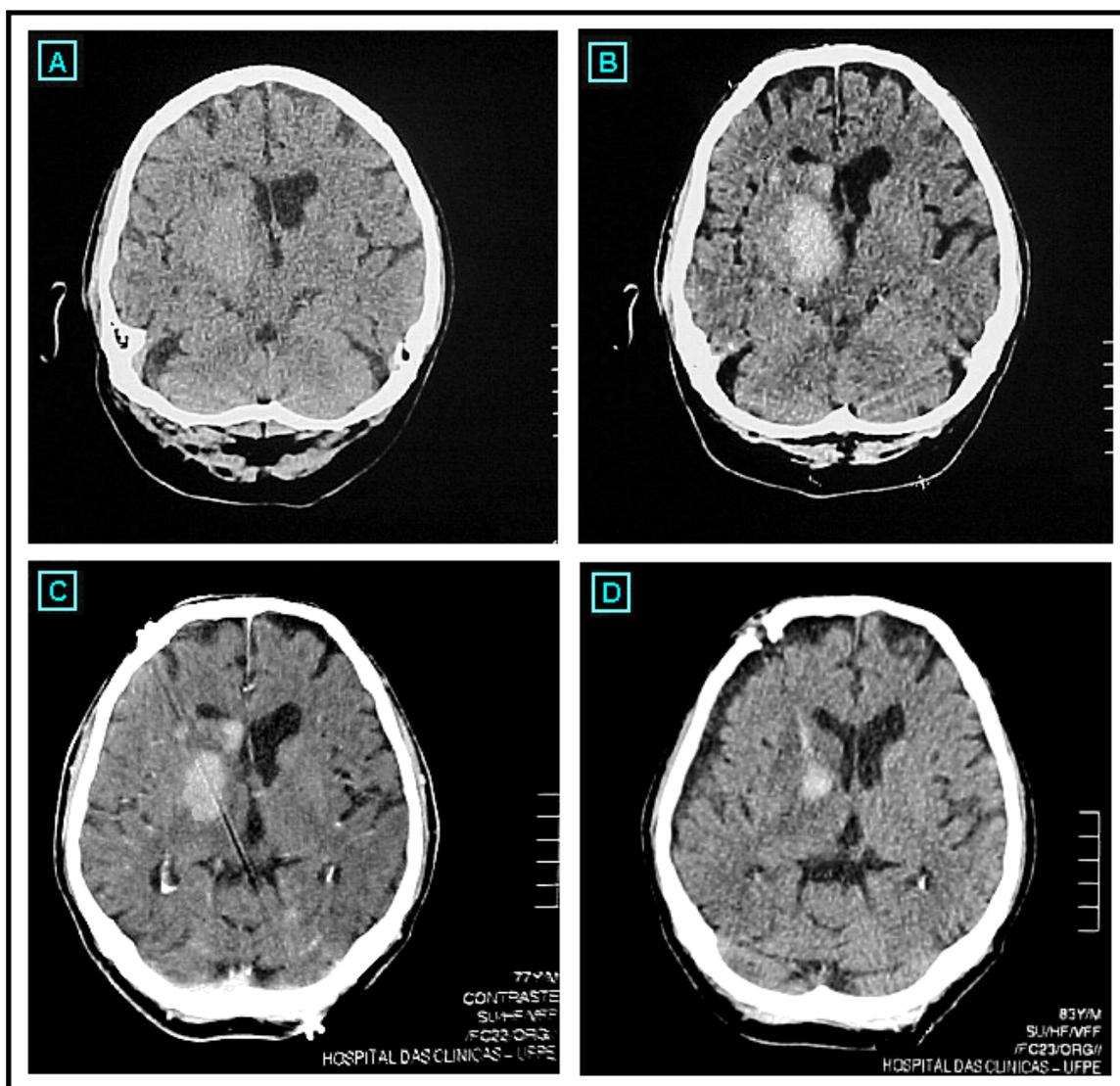
direcionamento, enquanto o instrumento penetrante inicialmente toca o ponto de entrada, para depois ser cuidadosamente introduzido de encontro ao alvo, deslizando ao longo da calha (figuras 75 - 77).



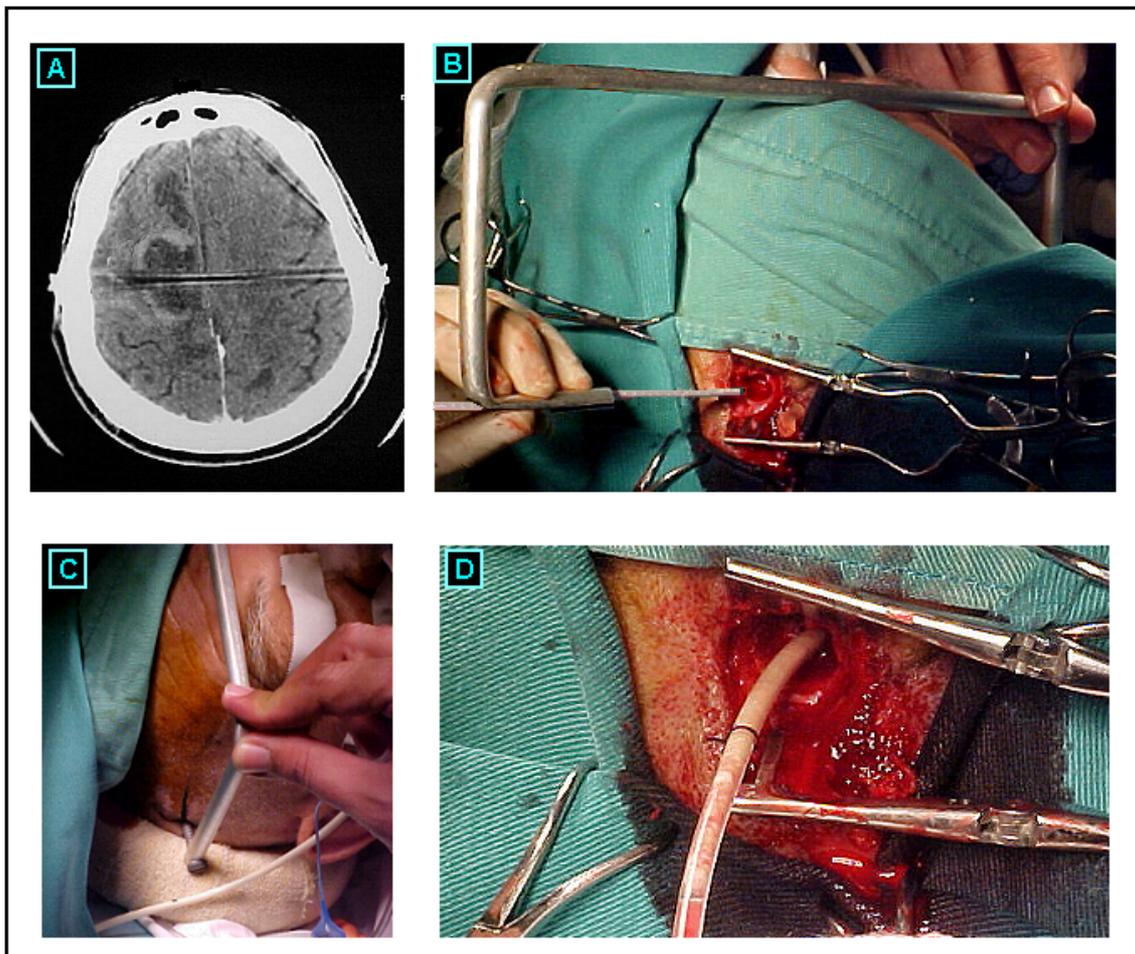
**Figura 75** – É demonstrado como a lesão evidenciada nos exames da figura 73 (seta) pode ser alcançada por uma agulha de biópsia.

Naturalmente, como o guia não está fixo no crânio, a possibilidade de deslocamentos com fuga da trajetória não é desprezível; por tal motivo, tratando-se de lesões pequenas e profundamente situadas, é recomendável utilizar outro método ou valer-se do auxílio da ultra-sonografia para guiar a abordagem.

Finalizando, é oportuno observar que o método da triangulação e compasso também pode ser útil para o radioterapeuta que, do mesmo modo que o neurocirurgião, enfrenta o desafio de localizar lesões intracranianas com base nas imagens obtidas em exames.<sup>9, 14</sup>



**Figura 76** – Biópsia de lesão profunda. **A:** Tomografia sem contraste, observa-se a presença de lesão profunda e discretamente hiperdensa. **B:** Após administração de contraste há nítida captação. **C:** Optou-se por realizar uma biópsia; os pontos de entrada (frontal) e direcionamento (occipital) foram localizados através do método da triangulação e compasso; dois marcadores radiopacos foram devidamente posicionados e repetiu-se o exame. **D:** Tomografia pós-operatória sem contraste, o pequeno hematoma no trajeto da agulha de biópsia e no centro da lesão comprova o sucesso do procedimento; o exame histopatológico revelou tratar-se de linfoma.



**Figura 77** – Utilização do guia. **A:** Lesão intraparenquimatosa esquerda; com o objetivo de submetê-la à biópsia, foram definidos os pontos de entrada e direcionamento. **B:** Com auxílio do guia, uma cânula é introduzida até o centro da lesão. **C:** O anestesiologista mantém a ponta do guia em contato com o ponto de direcionamento. **D:** Através do pertuito foi introduzida uma sonda, observando-se a retirada de tecido necrótico e purulento (o fio em torno da sonda indica quanto é necessário introduzir para atingir-se o centro da lesão). Diagnóstico: encefalite necrotizante por toxoplasmose.

## 5.5 – VANTAGENS E DESVANTAGENS

Na introdução falou-se na busca de “uma alternativa que, embora não tendo a também as vantagens de causar mínimo desconforto, ser pouco onerosa e simples”.

Verifica-se com satisfação que essa meta foi superada.

Em termos de acurácia o método da triangulação e compasso mostrou-se equivalente à neuronavegação. Todavia não é razoável esquecer que, em favor da neuronavegação, pode ser alegada a vantagem de permitir localizar tantos pontos quanto o cirurgião desejar, na superfície e na profundidade, guiando-lhe os passos durante todo o transcorrer da cirurgia.

No entanto, comprova-se degradação progressiva na acurácia da neuronavegação à medida que o procedimento cirúrgico avança. Para tal contribuem mudanças inadvertidas na posição da cabeça, deslocamentos das estruturas intracranianas que ocorrem após a abertura das meninges e tornam-se mais acentuados com a perda progressiva de líquido cefalorraquidiano, movimentos impostos pelo uso de afastadores, deformações e deslocamentos do cérebro por conta de ressecções, drenagens, edema, uso de agentes hiperosmolares e hiperventilação.<sup>89, 104-106</sup> Assim, é sensato considerar que a principal utilidade da neuronavegação seja exatamente aquela com respeito à qual o método da triangulação e compasso mostra-se igualmente eficaz: definir o local da abertura do crânio.

Outrossim, mesmo hoje, na era do sistema de posicionamento global, é inconcebível que um timoneiro não disponha de uma bússola ao alcance dos olhos ou não saiba acertar sua rota com base nas estrelas; do mesmo modo, o neurocirurgião não pode quedar-se em total dependência da parafernália tecnológica, pois toda máquina um dia falha e quanto mais complexo o mecanismo, mais difícil o conserto.

Cumprido lembrar ainda que o método da triangulação e compasso pode ser utilizado para assinalar o local da craniotomia e a ultra-sonografia para fornecer orientação durante o decorrer do procedimento cirúrgico; essa é uma combinação providencial já que a ultra-sonografia é inútil perante a barreira óssea, só podendo ser realizada após a craniotomia.<sup>107</sup> Além da vantagem de ser um método disponível na maioria dos hospitais, a ultra-

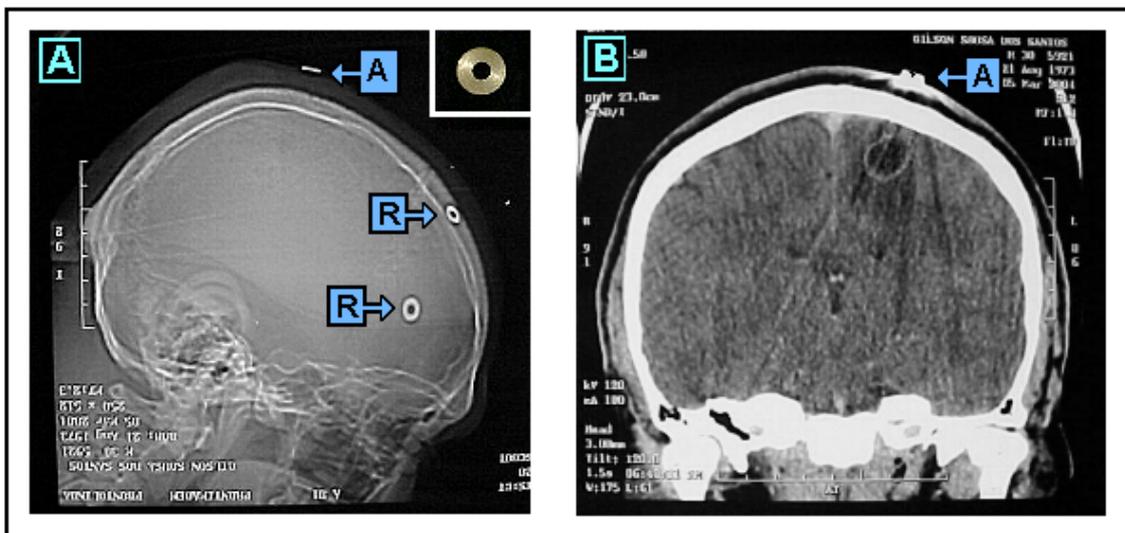
sonografia fornece informações em “tempo real”, ao contrário da neuronavegação que é fundamentada em imagens obtidas antes da cirurgia.<sup>106-109</sup>

Com respeito à acurácia dos procedimentos ditos como simples, não há como estabelecer comparação efetiva com o método da triangulação e compasso, pois os autores simplesmente descrevem a técnica, enaltecendo sua eficácia, porém a exatidão do procedimento não é avaliada com rigor científico.<sup>7, 8, 11, 12, 14, 19, 28, 58, 59, 61, 64</sup> É coerente pressupor que nenhum deles seja mais exato que o método da triangulação e compasso, tendo-se em vista a base matemática e impecabilidade do processo de transferência de dados deste último.

A acurácia do método da triangulação e compasso independe da posição do alvo na superfície da cabeça, é de se esperar que o mesmo não ocorra com respeito às técnicas de Patil e Woosley,<sup>9</sup> Penning,<sup>10</sup> Vilela Filho,<sup>14</sup> Cail e Morris,<sup>59</sup> e Coraddu et al.<sup>60</sup>

Ao planejar-se o posicionamento de uma craniotomia na região do vértice, cortes coronais são mais úteis do que cortes transversais; nessa circunstância, métodos como o de Patil e Woosley,<sup>9</sup> Penning,<sup>10</sup> Vilela Filho,<sup>14</sup> Cail e Morris<sup>59</sup> e Coraddu et al.<sup>60</sup> são inadequados, o mesmo não pode ser dito do método da triangulação e compasso, que permanece válido. Contudo, é recomendável o uso de marcadores radiopacos como referenciais, já que não há marcos anatômicos fidedignos para uso nessa situação (Figura 78).

O método da triangulação e compasso permite transferir os dados diretamente da tomografia para o crânio, isso certamente o torna vantajoso em relação aos procedimentos que dependem do uso de uma radiografia simples como intermediária, como é o caso das técnicas propostas por Patil e Woosley,<sup>9</sup> Norman e Newton,<sup>12</sup> O’Leary e Lavyne,<sup>58</sup> Cail e Morris<sup>59</sup> e Coraddu et al.<sup>60</sup>



**Figura 78** – Utilização do método da triangulação e compasso com cortes coronais. Neste caso tratava-se de uma lesão da região do vértice e o local da craniotomia foi definido com base em cortes coronais. **A:** Como referenciais (R), utilizaram-se duas pequenas arruelas de latão com 9mm de diâmetro (circunferência interna com 3mm), fixas no couro cabeludo com fita adesiva (ver detalhe superior direito). Também foi utilizada uma arruela para identificar o ponto que corresponde ao alvo (A). **B:** Nota-se que a lesão foi localizada com máxima acurácia (este é o exame do paciente mostrado na figura 69).

Caso sejam utilizados marcadores radiopacos, haverá o mínimo desconforto da aposição dos referenciais, porém nada comparável ao transtorno da fixação de um aparelho estereotáctico sobre o crânio. Quando forem utilizados marcos anatômicos não haverá nenhum incômodo para o paciente.

Ao serem utilizados marcos anatômicos, o fato de manter-se a eficácia privilegia o método da triangulação e compasso, caindo em desvantagem os procedimentos que não podem dispensar o uso de marcadores radiopacos, entre os quais estão as técnicas de King e Walker,<sup>7</sup> Patil e Woosley,<sup>9</sup> Hayman et al.,<sup>11</sup> Hirschberg,<sup>13</sup> Piskun et al.,<sup>28</sup> Corradu et al.,<sup>60</sup> Maroon et al.<sup>61</sup> e Greenblatt et al.<sup>63</sup>

A possibilidade de utilizar um método retrospectivamente com certeza é animadora: ganha-se tempo (o que pode ser decisivo em situações de urgência), coíbe-se gastos e o paciente é poupado do transtorno de realizar outro exame, livrando-se de ser exposto a uma

dose extra de radiação. Ademais, em algumas circunstâncias é terminantemente inviável a realização de outro exame.

O método da triangulação e compasso mostrou-se eficaz ao utilizarem-se marcos anatômicos como referenciais; isso favorece sua inclusão entre os métodos que podem ser usados retrospectivamente, por outro lado, a perda de acurácia com a inclinação do *gantry* é um fator que pesa contra. Caso o exame disponível tenha sido realizado com o *gantry* inclinado, deverá ser repetido sem inclinação quando se buscar máxima acurácia. Tal empecilho poderá ser contornado se for seguida a recomendação de sempre efetivar tomografias computadorizadas de crânio com o *gantry* sem inclinação. Outrossim, quando estiver disponível uma radiografia digital demonstrando o posicionamento dos cortes (*scout view*) o sentido da rotação do *gantry* poderá ser facilmente inferido e, ao invés de ser repetido o exame, pode-se definir o local exato da projeção ortogonal a partir da tangente do ângulo de inclinação do *gantry*. Cumpre ressaltar que tanto o método proposto por O'Leary e Lavynne<sup>58</sup> como aquele descrito por Penning<sup>10</sup> só tornam-se plenamente válidos quando o exame for realizado com o *gantry* sem inclinação, embora tal restrição não tenha sido apresentada pelos autores.

O método da triangulação e compasso não exige a presença do cirurgião no momento da realização do exame, o mesmo não pode ser dito a respeito da estereotaxia tradicional e de outros métodos, como é o caso das técnicas de Kubo et al.,<sup>8</sup> Yeates et al.,<sup>62</sup> Greenblatt et al.<sup>63</sup> e Deeb e Maroon.<sup>64</sup>

Constatou-se o tempo de  $7,1 \pm 1,0$ min desde o instante que se toma o exame nas mãos para efetivar os cálculos, até obterem-se as medidas que permitirão traçar os arcos no couro cabeludo, com um máximo de 10,6min e mínimo de 5,0min. A rapidez na obtenção dessas

medidas expressa a simplicidade do método, já que repassá-las para o couro cabeludo é algo que se faz num átimo.

Um sistema de neuronavegação custa por volta de R\$ 400.000,00. O compasso utilizado nesta pesquisa foi adquirido por R\$ 40,00. Não é sensato acalentar sonhos nababescos num país onde o espectro da fome e do desemprego atormenta milhões de pessoas, onde há hospitais em que os doentes esperam o milagre do tratamento amontoados em corredores mefíticos, onde cirurgias são suspensas por falta de peças de vestuário, anestésico, fio de sutura ... Pode-se dizer que, com custo praticamente nulo, o método da triangulação e compasso resolve o secular problema do posicionamento da craniotomia, facultando a todo neurocirurgião o privilégio de tornar visível o que foi oculto por mão divina, e de assim desfrutar um pouco daquela glória proclamada por Salomão num de seus Provérbios: “A glória de Deus consiste em ocultar a coisa, a glória do rei em descobri-la”.<sup>110</sup>

## **6 - CONCLUSÕES**

- O método da triangulação e compasso possibilita grande eficácia ao ser utilizado para localizar, sobre a superfície da cabeça, pontos previamente selecionados na tomografia computadorizada. A margem de erro mostra-se em torno de 2mm quando o procedimento for executado em condições ideais, quais sejam: *gantry* sem inclinação, cortes com menos de 5mm e sem intervalos entre si, cabeça imóvel.
- A acurácia do método independe do local que o ponto a ser identificado ocupa na superfície da cabeça.
- Como referenciais, marcos anatômicos são tão eficientes quanto marcadores radiopacos, desde que se tenha habilidade em identificá-los.
- Verifica-se acurácia máxima com o *gantry* a 0°; caso não seja utilizado procedimento corretivo para definir a projeção ortogonal de X, haverá perda progressiva à medida que o *gantry* for inclinado.
- Com *gantry* sem inclinação o método é fácil de aplicar, tornando-se ainda mais simples ao utilizar-se o computador para efetivar os cálculos; nesse caso, é previsto um tempo de aproximadamente 7min para obterem-se as medidas relativas aos arcos que irão demarcar o local do ponto procurado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. WILKINS, R. H. Neurosurgical classic – XII. J. Neurosurg., v. 20, p. 904–916, 1963.
2. \_\_\_\_\_. Neurosurgical classic – XXII. J. Neurosurg., v. 21, p. 724–733, 1964.
3. \_\_\_\_\_. Neurosurgical classic – II. J. Neurosurg., v. 19, p. 801-805, 1962.
4. LENTLE, B.; ALDRICH, J. Radiological sciences, past and present. Lancet, v. 350, p. 280–285, 1997.
5. ASHKENAZI, E.; POMERANZ, S.; UMANSKY, F.; GOMORI, J. M. Preoperative magnetic resonance imaging localization of convexity brain lesions. J. Neurosurg., v. 82, p. 509-510, 1995.
6. FEILD, J. R.; LAWRENCE, J. A.; WHITE III, T. J.; LEE, L. H.; LANKFORD, W. A.; KERSEY, J. Scalp localization of supratentorial lesions demonstrated by computerized tomography. Neurosurgery, v. 6, p. 164–175, 1980.
7. KING, J. S.; WALKER, J. Precise preoperative localization of intracranial mass lesions. Neurosurgery, v. 6, p. 160–163, 1980.
8. KUBO, S.; NAKATA, H.; SUGAUCHI, Y. R. T.; YOKOTA, N. R. T.; YOSHIMINE, T. Scalp marking for a craniotomy using a laser pointer during preoperative computed tomographic imaging: technical note. Neurosurgery, v. 46, p. 1250–1252, 2000.
9. PATIL, A. A.; WOOSLEY, R. E. Scalp marking of intracranial lesions using computed tomography (CT) images. A technical Note. Acta Neurochir. (Wien), v. 80, p. 62–64, 1986.
10. PENNING, L. CT localization of a convexity brain tumor on the scalp. J. Neurosurg., v. 66, p. 474–476, 1987.
11. HAYMAN, L. A.; EVANS, R. A.; HINCK, V. C. Scalp markers for precise craniotomy siting, using computed tomography. J. Comput. Assist. Tomogr., v. 3, p. 701–702, 1979.
12. NORMAN, D.; NEWTON, T. H. Localization with the EMI scanner. Am. J. Roentgenol. Radium Ther. Nucl. Med., v. 125, p. 961–964, 1975.
13. HIRSCHBERG, H. Localization of brain tumors with a simple scalp-mounted fiducial device. J. Neurosurg., v. 70, p. 280–281, 1989.

14. VILELA FILHO, O. Estratégia para a abordagem de lesões intracranianas. Rev. Goiana Med., v. 35, p. 59–70, 1989.
15. NIETZSCHE, F. W. A gaia ciência. 2. ed. Tradução de M. Pugliese, E. Bini, N. P. Lima. São Paulo: Hemus, 1981. p. 171.
16. WILKINS, R. H. Neurosurgical classic – I. J. Neurosurg., v. 19, p. 700–710, 1962.
17. GOLDSTEIN, K. Pierre Paul Broca (1824 – 1880). In: HAYMAKER, W. (Ed.). The founders of neurology. Springfield: Charles Thomas, 1953. p. 259–263.
18. CHAPMAN, L. F.; WOLFF, H.G. The human brain – one organ or many? Arch. Neurol., v. 5, p. 463–471, 1961.
19. CLOWER, W. T.; FINGER, S. Discovering Trepanation: The contribution of Paul Broca. Neurosurgery, v. 49, p. 1417–1425, 2001.
20. DEJONG, R. N. The neurologic examination. 4th ed. New York: Harper & Row, 1979. 840 p.
21. WILKINS, R. H. Neurosurgical classic – XXIX. J. Neurosurg., v. 22, p. 196–200, 1965.
22. MACPHERSON, P.; MATHESON, M. S. Comparison of calcification of pineal, habenular commissure and choroid plexus on plain films and computed tomography. Neuroradiology, v. 18, p. 62–72, 1979.
23. RIZZOLI, H. V. Walter E. Dandy: an historical perspective. Clin. Neurosurg., v. 32, p. 3–22, 1985.
24. WILKINS, R. H. Neurosurgical classic – VII. J. Neurosurg., v. 20, p. 450–458, 1963.
25. \_\_\_\_\_. Neurosurgical classic – VIII. J. Neurosurg., v. 20, p. 531–536, 1963.
26. ANTUNES, J. L. Egas Moniz and cerebral angiography. J. Neurosurg., v. 40, p. 427– 432, 1974.
27. LINDGREN, E. A history of neuroradiology. In: NEWTON, T. H.; POTTS, D. G. (Ed.). Radiology of the skull and brain. Saint Louis: The C. V. Mosby Company, 1971. p. 1-25.
28. PISKUN, W. S.; STEVENS, E. A.; LA MORGESE, J. R.; PAULLUS, W. S.; MYERS, P. W. A simplified method of CT assisted localization and biopsy of intracranial lesions. Surg. Neurol., v. 11, p. 413–417, 1979.

29. POTTS, D. G. Film analysis. In: NEWTON, T. H.; POTTS, D. G. (Ed.). Radiology of the skull and brain. Saint Louis: The C. V. Mosby Company, 1971. v.1, p.77-80.
30. MACIUNAS, R. J. Two-dimensional trajectory guidance for stereotactic craniotomy. In: GILDENBERG, P. L.; TASKER, R. R. (Ed.). Textbook of stereotactic and functional neurosurgery. New York: McGraw-Hill, 1996. p. 457-464.
31. ODOM, G. L.; WOODHALL, B. Supratentorial Skull Flaps. J. Neurosurgery, v. 25, p. 492-501, 1966.
32. DIAS FILHO, L. C.; ALBUQUERQUE, A. M. D. Traumas do sistema nervoso. In: SILVA, G. E. G.; VALENÇA, M. O. S. (Ed.). Neurologia clínica. Recife: Editora Universitária, 2003. p. 429-458.
33. HOUNSFIELD, G. N. Computerized transverse axial scanning (tomography): Part I. Description of system. Br. J. Radiol., v. 46, p. 1016-1022, 1973.
34. \_\_\_\_\_. Computed medical imaging. Nobel lecture. J. Comput. Assist Tomogr., v. 4, p. 665-674, 1979.
35. CABRAL, N. Physica médica. 2. ed. Porto Alegre: Livraria Globo, 1943. v. 2, 380 p.
36. TER-POGOSSIAN, M. M. Computerized cranial tomography: equipment and physics. Semin. Rad, v. 12, p. 13-25, 1977.
37. LITTLETON, J. T. Tomography of the skull. In: NEWTON, T.H.; POTTS, D.G. (Ed.). Radiology of the skull and brain. Saint Louis: The C. V. Mosby Company, 1971. p. 81-96.
38. MARAVILLA, K. R.; MURRY JR., R. C. Computed tomography: basic principles of operation. Clin. Neurosurg., v. 28, p. 482-501, 1981.
39. ALFIDI, R. J.; MACINTYRE, W. J. Computed tomography standardization. Radiology, v. 119, p. 743-744, 1976.
40. BANNA, M. Basic introduction to computerized tomography. J. Canad. Ass. Radiol., v. 27, p. 143-148, 1976.
41. TER-POGOSSIAN, M. M. Basic principles of computed axial tomography. Semin. Nucl. Med., v. 7, p. 109-127, 1977.
42. GORE, J. Out of the shadows – MRI and the Nobel Prize. N. Engl. J. Med., v. 349, p. 2290-2292, 2003.
43. EDELMAN, R. R.; WARACH, S. Magnetic Resonance Imaging (first of two parts). N. Engl. J. Med., v. 328, p. 708-716, 1993.

44. ORRISON JR., W. W. Introduction to neuroimaging. Boston: Little, Brown and Company, 1989. 395 p.
45. EARNEST IV, F.; BAKER JR., H. L.; KISPERT, D. B.; LAWS JR., E. R. Magnetic resonance imaging vs. computed tomography: advantages and disadvantages. Clin. Neurosurg., v. 32, p. 540–573, 1985.
46. EDELMAN, R. R.; WARACH, S. Magnetic Resonance Imaging (second of two parts). N. Engl. J. Med., v. 328, p. 785-791, 1993.
47. GILDENBERG, P. L. The history of stereotactic and functional neurosurgery. In GILDENBERG, P. L.; TASKER, R. R. (Ed.). Textbook of stereotactic and functional neurosurgery. New York: McGraw-Hill, 1996. p. 5–19.
48. GILLINGHAM, F. J. Stereotactic surgery – past, present, and future. Clin. Neurosurg., v. 13, p. 189–203, 1966.
49. KELLY, P. J. Stereotactic surgery: What is past is prologue. Neurosurgery, v. 46, p. 16-27, 2000.
50. GANSLANDT, O.; BEHARI, S.; GRALLA, J.; FAHLBUSCH, R.; NIMSKY, C. Neuronavigation : concept, techniques and applications. Neurol India, v. 50, p. 244–255, 2002.
51. LUNSFORD, L. D.; MARTINEZ, A. J. Stereotactic Exploration of the brain in the era of computed tomography. Surg. Neurol., v. 22, p. 222–230, 1984.
52. MOORE, M. R.; BLACK, P. M.; ELLENBOGEN, R.; GALL, C. M.; ELDREDGE, E. Stereotactic craniotomy: methods and results using the Brown-Roberts-Wells stereotactic frame. Neurosurgery, v. 25, p. 572–578, 1989.
53. SABIN, H. I.; WHITTLE, I. R. Stereotactic craniotomy and intraoperative lesion localization using the Brown-Robert-Wells frame. Acta Neurochir., v. 102, p. 137–140, 1990.
54. GALLOWAY JR., R. L. – Frameless stereotactic systems. In: GILDENBERG, P. L.; TASKER, R. R. (Ed.). Textbook of stereotactic and functional neurosurgery. New York: McGraw-Hill, 1996. p. 177-182.
55. WATANABE, E.; MAYANAGI, Y.; KOSUGI, Y.; MANAKA, S.; TAKAKURA, K. Open surgery assisted by the neuronavigator, a stereotactic, articulated, sensitive arm. Neurosurgery, v. 28, p. 792–800, 1991.
56. MCINERNEY, J.; ROBERTS, D. W. Frameless stereotaxy of the Brain. Mount Sinai J. Med., v. 67, p. 300–310, 2000.
57. AMBROSE, J. Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 2. Clinical application. Br. J. Radiol., v. 46, p. 1023–1047, 1973.

58. O'LEARY, D. H.; LAVYNE, M. H. Localization of vertex lesions seen on CT scan. J. Neurosurg., v. 49, p. 71–74, 1978.
59. CAIL, W. S.; MORRIS, J. L. Localization of intracranial lesions from CT scans. Surg. Neurol., v. 11, p. 35–37, 1979.
60. CORADDU, M.; FLORIS, F.; NURCHI, G.; MELEDDU, V.; LOBINA, G.; MARCUCCI, M. Evacuation of traumatic intracerebral haematomas using a simplified stereotactic procedure. Acta Neurochir. (Wien), v. 129, p. 6–10, 1994.
61. MAROON, J. C.; BANK, W. O.; DRAYER, B. P.; ROSENBAUM, A. E. Intracranial biopsy assisted by computerized tomography. J. Neurosurg., v. 46, p. 740–744, 1977.
62. YEATES, A.; ENZMANN, D. R.; BRITT, R. H.; SILVEBERG, G. Simplified and accurate CT-guided needle biopsy of central nervous lesions. J. Neurosurg., v. 57, p. 390–393, 1982.
63. GREENBLATT, S. H.; RAYPORT, M.; SAVOLAINE, E. R.; HARRIS, J. H.; HITCHINS, M. W. Computed tomography-guided intracranial biopsy and cyst aspiration. Neurosurgery, v. 11, p. 589–597, 1982.
64. DEEB, Z. L.; MAROON, J. Presurgical computed tomography and skin marking as an aid to brain biopsy. J. Comput. Tomogr., v. 6, p. 103–107, 1982.
65. DIAS FILHO, L. C.; BARROS, A. C.; PASSOS JR., G. O.; SILVA, R. A. M.; VASCONCELLOS, S. A. Triangulação e compasso - um método simples de transferir dados para a superfície do crânio. Uma nota técnica. J. Bras. Neurocirurg., v. 14, p. 41–45, 2003.
66. GANGI, A.; KASTLER, B.; ARHAN, J.; KLINKERT, A.; GRAMPP, J.; DIETEMANN, J. A compact laser beam guidance system for interventional CT. J. Comput. Assist. Tomogr., v. 18, p. 326–328, 1994.
67. ISHIZAKA, H.; KATSUYA, T.; KOYAMA, Y.; ISHIJIMA, H.; MOTOKI, T.; AOKI, J. CT-guided percutaneous intervention using a simple laser director device. A. J. R., v. 170, p. 745–746, 1998.
68. TESTUT, L.; LATARJET, A. Tratado de anatomía humana. 8.ed. Tradução para o espanhol de J. Corominas y Sabater, A. Riera Villaret. Barcelona: Salvat, 1929. v.1, 1236 p.
69. KIRKWOOD, B. R. Medical statistics. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1988. 232 p.
70. LEVINE, D. M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN, D. Estatística: teoria e aplicações. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1998. 811 p.

71. BROWN, R. A. A computerized tomography-computer graphics approach to stereotaxic localization. J. Neurosurg., v. 50, p. 715–720, 1979.
72. BUCHOLZ, R. D.; HO, H. W.; RUBIN, J. P. – Variables affecting the accuracy of stereotactic localization using computerized tomography. J. Neurosurg., v. 79, p. 667– 673, 1993.
73. FERREIRA, M. P.; ASPESI, N. V. Avaliação do erro nas coordenadas de localização estereotática guiada por tomografia computadorizada do encéfalo. Arq. Bras. Neurocir., v. 22, p. 63–71, 2003.
74. KATO, A.; YOSHIMINE, T.; HAYAKAWA, T.; TOMITA, Y.; IKEDA, T.; MITOMO, M.; HARADA, K.; MOGAMI, H. A frameless, armless navigational system for computer-assisted neurosurgery. J. Neurosurg., v. 74, p. 845– 849, 1991.
75. MACIUNAS, R. J.; GALLOWAY JR., R. L.; LATIMER, J.; COBB, C.; ZACCHARIAS, E.; MOORE, A.; MANDAVA, V. R. An independent application accuracy evaluation of stereotactic frame systems. Stereotact. Funct. Neurosurg., v. 58, p. 103-107, 1992.
76. WYPER, D. J.; TURNER, J. W.; PATTERSON, J.; CONDON, B. R.; GROSSART, K. W. M.; JENKINS, A.; HADLEY, D. M.; ROWAN, J. O. Accuracy of stereotaxic localisation using MRI and CT. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry, v. 49, p. 1445–1448, 1986.
77. YU, C.; APUZZO, M.L.J.; ZEE, C.; PETROVICH, Z. A phantom study of the geometric accuracy of computed tomographic and magnetic resonance imaging stereotactic localization with the Leksell stereotactic system. Neurosurgery, v. 48, p. 1092–1099, 2001.
78. HOLLINSHEAD, W. H.; ROSSE, C. Anatomia. 4. ed. Tradução de R. Benevento, P. Abdalla. Rio de Janeiro: Interlivros, 1991. 881p.
79. LOCKHART, R. D.; HAMILTON, G. F.; FYFE, F. W. Anatomia humana Tradução para o espanhol de A. Folch y Pi, H. Vela T. México: Editorial Interamericana, 1965. 695 p.
80. TESTUT, L; JACOB, O. Tratado de anatomia topográfica com aplicações médicoquirúrgicas. 8. ed. Barcelona: Salvat, 1956. 932p.
81. WILLIAMS, P. L.; WARWICK, R.; DYSON, M.; BANNISTER, L. H. (Ed.). Gray anatomia. 37. ed. Tradução de A. L. Werneck, W. L. Werneck Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995. v.1, 808 p.
82. VERTEX. In: FRIEL, J. P. (Ed.). Dorland's illustrated medical dictionary. 25th ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1974. p. 1710.

83. HARIZ, M. I. – CT scanning in stereotactic neurosurgery. In: GILDENBERG, P. L.; TASKER, R. R. (Ed.). Textbook of stereotactic and functional neurosurgery. New York: McGraw-Hill, 1996. p. 265-270.
84. COLOMBO, F.; ANGRILLI, F.; ZANARDO, A.; PINNA, V.; BENEDETTI, A. A new method for utilizing CT data in stereotactic surgery: measurement and transformation technique. Acta Neuroch., v. 57, p. 195–203, 1981.
85. MACIUNAS, R. J.; GALLOWAY JR., R.L.; LATIMER, J. W. The application accuracy of stereotactic frames. Neurosurgery, v. 35, p. 682–695, 1994.
86. MONTAIGNE, M.E. Ensaio. 2. ed. Tradução de S. Milliet. São Paulo: Abril Cultural, 1980. p.26.
87. REINHARDT, H. F.; HORSTMANN, G. A.; TRIPPEL, M.; WESTERMANN, B. Sonic triangulation systems (Part II). The Basel image-guided neuronavigation systems. In: GILDENBERG, P. L.; TASKER, R. R. (Ed.). Textbook of stereotactic and functional neurosurgery. New York: McGraw-Hill, 1996. p. 221–224.
88. BENARDETE, E. A.; LEONARD, M. A.; WEINER, H. L. Comparison of frameless stereotactic systems: accuracy, precision, and applications. Neurosurgery, v. 49, p. 1409–1416, 2001.
89. GOLFINOS, J. G.; FITZPATRICK, B. C.; SMITH, L. R.; SPETZLER, R. F. Clinical use of a frameless stereotactic arm: results of 325 cases. J. Neurosurg., v. 83, p.197– 205, 1995.
90. RANJAN, A.; RAJSHEKHAR, V.; JOSEPH, T.; CHANDY, M. J.; CHANDI, S. M. Nondiagnostic CT-guided stereotactic biopsies in a series of 407 cases: influence of CT morphology and operator experience. J. Neurosurg., v. 79, p. 839– 844, 1993.
91. DURANT, W. A História da filosofia. Tradução de L. C. N. Silva. São Paulo: Nova Cultural, 2000. p. 54.
92. JOHNSON, T. N. O. F. Introdução à física. São Paulo: Imprensa Butinhão, 1975. 179 p.
93. TESTUT, L.; LATARJET, A. Tratado de anatomía humana. 8. ed. Tradução para o espanhol de J. Corominas y Sabater, A. Riera Villaret. Barcelona: Little, Salvat, 1929. v. 2, 1172 p.
94. HAUBRICH, W. S. Medical meanings. New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1984. 272 p.
95. TUBBS, R. S.; SALTER, G.; OAKES, W. J. Superficial surgical landmarks for the transverse sinus and torcular herophili. J. Neurosurg., v. 93, p. 279–281, 2000.

96. MCCULLOUGH, E. C. Factors affecting the use of quantitative information from a CT scanner. Radiology, v. 124, p. 99–107, 1977.
97. GILDENBERG, P. L.; KAUFMAN, H. H.; MURTHY, K. S. K. Calculation of stereotactic coordinates from the computed tomographic scan. Neurosurgery, v. 10, p. 580–586, 1982.
98. BECKER, D. P.; GADE, G. F.; YOUNG, H. F.; FEUERMAN, T. F. Diagnosis and treatment of head injury in adults. In: YOUMANS, J. R. (Ed.). Neurological Surgery, 3rd ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1990. p. 2017-2148.
99. ZAMORANO, L.; DUJOVNY, M.; MALIK, G.; MEHTA, B.; YAKAR, D. Factors affecting measurements in computed-tomography-guided stereotactic procedures. Appl. Neurophysiol., v. 50, p. 53–56, 1987.
100. COMPASSO. In: BIEDERMANN, H. Dicionário ilustrado de símbolos. Tradução de G. P. Camargo. São Paulo: Melhoramentos, 1993. p. 102.
101. DANTZIG, T. Número. A linguagem da ciência. Tradução de S. G. Paula. 4. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1970. p. 97.
102. HITCHCOCK, E. Open stereotactic surgery. Acta Neurochir. (Suppl), v. 52, p. 9–12, 1991.
103. BARNETT, G. H.; MCKENZIE, R. L.; RAMOS, L.; PALMER, J. Nonvolumetric stereotaxy-assisted craniotomy. Results in 50 consecutive cases. Stereotact Funct. Neurosurg., v. 61, p.80–95, 1993.
104. HILL, D. L. G.; MAURER JR., C. R.; MACIUNAS, R. J.; BARWISE, J. A.; FITZPATRICK, J. M.; WANG, M. Y. Measurement of Intraoperative Brain Surface Deformation under a Craniotomy. Neurosurgery, v. 43, p. 514–528, 1998.
105. RYAN, M. J.; ERICKSON, R. K.; LEVIN, D. N.; PELLIZZARI, C. A.; MACDONALD, R. L.; DOHRMANN, G. J. Frameless stereotaxy with real-time tracking of patient head movement and retrospective patient–image registration. J. Neurosurg., v. 85, p. 287–292, 1996.
106. SIPOS, E. P.; TEBO, S. A.; ZINREICH, S. J.; LONG, D. M.; BREM, H. In vivo accuracy testing and clinical experience with the ISG viewing wand. Neurosurgery, v. 39, p. 194–204, 1996.
107. CHANDLER, W. F.; KNAKE, J. E. Intraoperative use of ultrasound in neurosurgery. Clin. Neurosurg., v. 31, p. 550-563, 1984.
108. CHANDLER, W. F.; KNAKE, J. E.; MCGILLICUDDY, J. E.; LILLEHEI, K. O.; SILVER, T. M. Intraoperative use of real-time ultrasonography in neurosurgery. J. Neurosurg., v. 57, p. 157–163, 1982.

109. SJÖLANDER, U.; LINDGREN, P. G.; HUGOSSON, R. Ultrasound sector scanning for the localization and biopsy of intracerebral lesions. J. Neurosurg., v. 58, p. 7–10, 1983.
110. BACON, F. Novum organum. 2. ed. Tradução de J. A. R. de Andrade. São Paulo: Abril Cultural, 1979. p. 87.

---

A estrutura dos elementos textuais e o formato das referências bibliográficas basearam-se nas recomendações normativas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 14724 e NBR 6023).