

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE MEDICINA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA: CIRURGIA**

*REPARO DO DEFEITO ÓSSEO NA TREPANAÇÃO CRANIANA  
COM ENXERTO ÓSSEO AUTÓLOGO. ESTUDO COMPARATIVO  
MORFOLÓGICO E TOMOGRÁFICO*

**PAULO VALDECI WORM**

**Orientador**

**PROF. DR. MARCUS VINÍCIUS MARTINS COLLARES**

**Co-Orientador**

**Prof. Dr. Nelson Pires Ferreira**

**Porto Alegre**

**2007**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE MEDICINA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA: CIRURGIA**

*REPARO DO DEFEITO ÓSSEO NA TREPANAÇÃO CRANIANA  
COM ENXERTO ÓSSEO AUTÓLOGO. ESTUDO COMPARATIVO  
MORFOLÓGICO E TOMOGRÁFICO*

**PAULO VALDECI WORM**

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCUS VINÍCIUS MARTINS COLLARES  
CO ORIENTADOR: PROF. DR. NELSON PIRES FERREIRA

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação em Medicina: Cirurgia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre.

Porto Alegre

2007

W928R **WORM, PAULO VALDECI**

**REPARO DO DEFEITO ÓSSEO NA TREPANAÇÃO  
CRANIANA COM ENXERTO ÓSSEO AUTÓLOGO : ESTUDO  
COMPARATIVO MORFOLÓGICO E TOMOGRÁFICO /  
PAULO VALDECI WORM ; ORIENT. MARCUS VINÍCIUS  
MARTINS COLLARES ; CO-ORIENT. NELSON PIRES  
FERREIRA. – 2007.**

92 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas. Porto Alegre, BR-RS, 2007.

1. Transplante ósseo 2. Transplante autólogo 3. Crânio 4. Cirurgia 5. Trepanação I. Collares, Marcus Vinícius Martins II. Ferreira, Nelson Pires.III. Título.

NLM: WL 368

Catálogo Biblioteca FAMED/HCPA

## AGRADECIMENTOS

Desejo expressar meus agradecimentos:

- Aos meus pais que me ensinaram que um dos pilares de um homem é a integridade;
- Às minhas irmãs, pelo carinho, companheirismo, pela amizade e compreensão;
- À Leonora pela paciência, compreensão, dedicação a mim, e por tornar as coisas mais fáceis;
- Ao Professor Dr. Nelson Pires Ferreira, pelo carinho, exemplo, pela paciência e por todos os ensinamentos durante a minha formação e pela oportunidade oferecida para que esse projeto fosse desenvolvido;
- Ao Professor Dr. Marcus Vinícius Martins Collares, pela altivez, camaradagem, amizade, vibração e pelo espírito empreendedor. Também pelas críticas feitas e pelos ensinamentos que me passou durante a orientação desta dissertação;
- Ao Dr. Carlos Alexandre Netto, com quem provei pela primeira vez o gosto pela pesquisa;
- Ao Dr. Jorge Luiz Kraemer, por facilitar a aquisição de bibliografia e permitir a execução do procedimento nos seus pacientes;
- Ao Dr. Mario de Barros Faria, amigo, companheiro, pela troca de idéias e pelo auxílio inestimável na execução das fotografias e no desenvolvimento e domínio da técnica;
- Aos médicos e enfermeiros do Hospital São José, Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre;
- Ao Dr. René Lenhardt e Dr. Ronni Alves e aos físicos Ricardo Castilho Wunderlich e Luís Felipe Toschi pela disposição na execução e aferição das medidas tomográficas. A nossa integração permitiu a execução de uma técnica inédita, com aplicabilidade clínica.
- Às enfermeiras Carla Zanardi e Cleuza Meneghetti do Centro de Imagens do Hospital Dom Vicente Scherer/Santa Casa, pela presteza e pelo auxílio nas marcações dos exames tomográficos;



- Aos Drs. Carlos Adyl Veloso Quaglia e Eduardo Mainieri Chem pela avaliação estética das reconstruções;

- À Dra. Vânia Naomi Hirakata, e ao Dr. Mathias Azevedo Bresser pela análise estatística;

- À Irmandade Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre pelo ambiente rico do seu corpo clínico;

Em especial,

- Aos pacientes e às suas famílias, pela colaboração: fundamentais na execução deste trabalho;

- Aos amigos que me acompanharam em mais uma jornada.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 HISTÓRICO .....	13
1.2 REVISÃO DA LITERATURA .....	15
<b>1.2.1 Anatomia dos ossos do crânio</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2.2 Trepanação Craniana</b> .....	<b>16</b>
1.2.2.1 Histórico .....	16
<b>1.2.3 Cranioplastia</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2.4 Biologia dos enxertos</b> .....	<b>22</b>
<b>1.2.5 A Incorporação do Enxerto</b> .....	<b>24</b>
1.3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO .....	25
1.4 HIPÓTESE .....	25
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>26</b>
2.1 OBJETIVO PRINCIPAL.....	26
2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS:.....	26
<b>3 CASUÍSTICA E MÉTODO</b> .....	<b>27</b>
3.1 DELINEAMENTO .....	27
<b>3.1.1 Critérios de inclusão</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1.2 Critérios de exclusão</b> .....	<b>28</b>
3.2 VARIÁVEIS ESTUDADAS.....	28
<b>3.2.1 Primárias</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2.2 Secundárias</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2.3 Intervenção</b> .....	<b>29</b>
3.2.3.1 Procedimento cirúrgico e obtenção do material de estudo.....	29
<b>3.2.4 Desfecho</b> .....	<b>35</b>
3.3 ASPECTOS ÉTICOS.....	37
3.4 EQUIPE DE TRABALHO E PERÍODO DE REALIZAÇÃO .....	37
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>38</b>
<b>4.1 Características dos pacientes</b> .....	<b>38</b>

<b>5 COMPLICAÇÕES .....</b>	<b>47</b>
5.1 COMPLICAÇÕES SISTÊMICAS .....	47
5.2 COMPLICAÇÕES CIRÚRGICAS .....	47
<b>6 CONDIÇÕES DA ALTA .....</b>	<b>48</b>
<b>7 DISCUSSÃO .....</b>	<b>49</b>
7.1 COMPLICAÇÕES SISTÊMICAS E CIRÚRGICAS .....	50
7.2 PROCEDIMENTO CIRÚRGICO .....	50
7.3 A DENSIDADE ÓSSEA .....	55
<b>8 CONCLUSÕES .....</b>	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO 1 - FIGURAS ILUSTRATIVAS DO PACIENTE NÚMERO 12 .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO 2 - FIGURAS ILUSTRATIVAS DO PACIENTE NÚMERO 20 .....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO 3 - MODELO DE CONSENTIMENTO INFORMADO .....</b>	<b>77</b>
<b>ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO</b>	

## RESUMO

A cranioplastia para a correção dos defeitos causados pelo trépano cirúrgico é um dos problemas não adequadamente solucionados em neurocirurgia. As depressões deixadas pelo trépano neurocirúrgico nas craniotomias é uma queixa freqüente dos pacientes no pós-operatório. A extensa gama de materiais aloplásticos que tem sido propostos e utilizados para este fim é um bom exemplo desta dificuldade. O pó de osso, que é comumente usado nessas reconstruções, sofre um alto grau de reabsorção, mas até o momento, essa absorção não tinha sido mensurada, nem comparada com a do osso cortical. Outro grande desafio não solucionado até o momento é a dificuldade para acessar o desenvolvimento biológico de ossos transplantados em humanos, impossibilitando assim a quantificação dos resultados. A avaliação do local de reconstrução pela inspeção e pela palpação é um método grosseiro de aferição e permite apenas uma análise qualitativa subjetiva. Nossa insatisfação com o resultado estético das cranioplastias, além da falta de medidas objetivas das falhas ósseas, nos levou a testar a utilização do enxerto ósseo autógeno da lâmina interna da calota craniana para a resolução estético-funcional das deformidades causadas pelo trépano neurocirúrgico. Vinte e três pacientes adultos submetidos à cirurgia por variadas causas (aneurisma roto, aneurisma não roto, má formação artériovenosa e neoplasia benigna) tiveram os orifícios de trepanação reconstruídos com pó de osso autólogo ou um fragmento circular de osso autólogo retirado da lâmina interna do segmento ósseo removido para o procedimento intracraniano. No mesmo paciente, os dois tipos de reconstrução foram realizados. O pó de osso foi recolhido durante a trepanação e o fragmento ósseo foi retirado, com uma trefina, especialmente confeccionada pelo autor para esse fim. Após oito meses, realizamos tomografia de crânio com reconstrução óssea. Os locais reconstruídos com pó de osso e com fragmento ósseo foram delimitados e tiveram a densidade óssea aferida mediante tomografia computadorizada de crânio, procedimento ainda não utilizado na prática clínica neurocirúrgica. Os resultados foram expressos em unidades Hounsfield (HU). As reconstruções foram avaliadas por dois especialistas diferentes, cegados para o estudo, que atribuíram uma nota de 0 a 10 para a aparência estética dos locais reconstruídos. Analisamos a correlação entre a nota atribuída pelos avaliadores com a densidade medida pela TC. Foram reconstruídos 108 orifícios de craniotomia nos 23 pacientes estudados, sendo 36 orifícios reconstruídos com fragmento circular da lâmina interna (33,3%) e 72 com pó de osso (66,6%). A densidade média das reconstruções com fragmento circular foi  $987,01 \pm 172,6$  HU, enquanto a de pó de osso foi  $464,46 \pm 197,66$  HU. Essa diferença foi estatisticamente significativa ( $p < 0,001$ , teste t de Student,  $\alpha < 0,05$ ). A nota média atribuída às reconstruções pelos avaliadores foi de 9,5 para ao fragmento ósseo e 5,7 para o pó de osso, ( $p < 0,001$ , teste t

pareado  $\alpha < 0,05$ ). Não ocorreram complicações durante o seguimento de até 25 meses. Ao final do estudo, pode-se concluir que o fragmento de osso autólogo da lâmina interna é superior ao pó de osso para reconstrução dos orifícios de trepanação. A absorção do fragmento ósseo é menor e sua característica estética é superior. O custo nulo, bem como a ausência de morbidade do sítio doador, habilita o auto-enxerto como a primeira escolha para a correção dos defeitos causados pelo trépano cirúrgico.

## ABSTRACT

The cranioplasty for the correction of defects caused by surgical trepan is one of the problems that is not properly solved in neurosurgery. Frequently, the patients complain during postoperative period about the depressions left by the neurosurgical trepan in the craniotomy. The extensive gamma of aloplastic materials that has been considered and used for this end is a good example of this difficulty. The bone dust, frequently used in these reconstructions, suffers a high reabsorption degree, but until the moment, this absorption had not been measured, nor compared to the one of the cortical bone. Another great challenge that has not been solved yet until the moment is the difficulty to access the biological development of transplanted bones in human beings, something that disabled the results quantification. The place reconstruction evaluation through inspection and palpation is a coarse method of gauging and allows only a subjective qualitative analysis. Our insatisfaction with the cranioplasties aesthetic result and the lack of objective measures of the bone imperfections made us test the use of bone autogenous graft of the internal calvarial bone blade as a aesthetic-functionary resolution for the deformities caused by neurosurgical trepan. Twenty three adult patients submitted to the surgery due to varied causes (ragged aneurism, not ragged aneurism, arteriovenous malformation and benign neoplasia) had had the trepanation orifices reconstructed with autologous bone dust or a autologous bone circular took from the internal blade of the bone segment removed for the intracranium procedure. In the same pacient, the two types of reconstruction had been carried through. The bone dust was collected during trepanation with a trephine especially confectioned by the author for this end. After eight months, we have carried through a tomography of the cranium that had bone reconstruction. The places reconstructed with dust of bone and with bone fragment had been delimited and they had had the bone density gauged by means of cranium computerized tomography, procedure still not used in the practical neurosurgical clinic. The results were expressed in Hounsfield units (HU). The reconstructions were evaluated by two different specialists, blinded for the study, who attributed a grade from 0 to 10 for the aesthetic appearance of the reconstructed places. We analyzed the correlation between the grade attributed for the appraisers with the density measured for the CT. 108 orifices of craniotomy in the 23 studied patients were reconstructed, among those 36 orifices were reconstructed with circular fragment from the internal blade (33,3%) and 72 with bone dust (66,6%). The mean density of the reconstructions with circular fragment was  $987.01 \pm 172,6$  UH, while the one of bone dust was  $464,46 \pm 197,66$  UH. This difference was significant in a statistical way ( $p < 0.001$ , paired t-test  $\alpha < 0,05$ ). The average grade attributed to the reconstructions by the appraisers was of 9,5 to the bone fragment and 5,7 to the bone dust, ( $p < 0.001$ . paired t-test  $\alpha < 0,05$ ). It had not occurred complications during the pursuing of up to 25 months. In the end of the study, it can be concluded that the autologous bone fragment of the internal blade is superior to the dust of bone for the reconstruction of trepanation orifices. The absorption of bone fragment is smaller and its aesthetic characteristic is superior. The null cost, as well as the absence of morbidade of donor place,

qualifies the selfgraft as the first choice for the correction of the defects caused by surgical trepan.

## LISTA DE TABELAS

Tabela I - Doenças que justificaram procedimento cirúrgico nos 23 pacientes estudados.....	38
Tabela II: Médias das notas atribuídas pelos avaliadores para as reconstruções .....	45



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> O pó de osso (P) acumulado é recolhido e posteriormente reutilizado na reconstrução da falha óssea .....	30
<b>Figura 2a:</b> Trefina especialmente confeccionada e utilizada nos procedimentos .....	30
<b>Figura 2b-c:</b> visão inferior da trefina, evidenciando sua face cortante, o diâmetro interno e o condutor central (C).....	31
<b>Figura 3 a:</b> Corte da lâmina interna do osso com a trefina. Irrigação com soro fisiológico, (FO - fragmento ósseo, LI - lâmina interna, LE – lâmina externa, T - trefina).....	32
<b>Figura 3b:</b> Entalhe da lâmina interna causada pela trefina. ....	33
<b>Figura 3 c:</b> Pastilhas ósseas retiradas do osso da lâmina interna.....	33
<b>Figura 4:</b> locais trepanados reconstruídos com pó de osso e fragmento ósseo da lâmina interna, retirado com utilização da trefina. A - orifício preenchido com pó de osso, e B – orifício preenchido com pastilha óssea retirada da lâmina interna. ....	34
<b>Figura 5:</b> Degrau causado pelo trépano, onde o enxerto ósseo se apóia, sem necessidade de fixação. O – orifício do trépano; D - degrau deixado pelo trépano.....	35
** 4 meningiomas, 1 adenoma de hipófise, 1 cisto ependimário e 1 cisto de 3° ventrículo.....	38
<b>Figura 6:</b> distribuição dos pacientes de acordo com a idade e sexo. ....	39
<b>Figura 7:</b> meses de pós-operatório em que foi realizada a tomografia de crânio com reconstrução tridimensional.....	41
<b>Figura 8 a - b:</b> Numeração dos orifícios a serem medidos (8a) e delimitação do espaço a ser medido pela tomografia de crânio (8b) .....	43
<b>Figura 9:</b> medidas do osso cortical e do pó de osso (média). Teste T pareado p <0,001.....	43
<b>Figura 10:</b> Nota atribuída pelos avaliadores para o aspecto estético da reconstrução com osso cortical (osso cort) e para o pó de osso (pó). ....	45
<b>Figura 11:</b> encaixe da pastilha óssea feita de lâmina da cortical interna.....	51
<b>Figura 12:</b> Reconstrução na região do “key hole” com osso cortical (C). ....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS

Cm<sup>2</sup> – Centímetros Quadrados

HU – Unidades Hounsfield

HSA – Hemorragia subaracnóidea

MAVs – Malformações artéiovenosas

ml – Mililitros

MEDP – Medidas em HU do pó de osso

mm – Milímetros

Rx – Radiografia

TC – Tomografia computadorizada de crânio

Fig – Figura

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 HISTÓRICO

As perfurações nos ossos cranianos são antigas e comuns. Desde séculos, constituem a base para a terapêutica em neurocirurgia. Estudos arqueológicos e antropológicos sugerem que, desde a antiguidade, o homem relaciona a cabeça e o conteúdo intracraniano com funções particularmente importantes de manutenção da vida e percepções sensitivas e sensoriais, de ordem mágica ou mesmo mística <sup>1</sup>. Essas noções geraram, através dos tempos, diferentes tentativas de aplicações práticas, principalmente de ordem terapêutica, dentre as quais se destacam as perfurações cranianas.

Dada a sua freqüência e sistematização em diversas civilizações pré-históricas, a simples perfuração craniana, denominada trepanação, e sua abertura mais ampla, a craniotomia ou a craniectomia, possivelmente se constituem nos atos cirúrgicos mais antigos da humanidade <sup>2</sup>. O termo trepanação se refere à retirada de partes de osso do crânio mediante um instrumento chamado trépano; provém do grego *trypanon* (perfurador). Existem evidências de que a trepanação era realizada desde o período neolítico, na Europa e na Ásia <sup>3,4</sup>.

Dentre as civilizações pré-históricas, as que mais realizaram trepanações cranianas foram as pré-incaicas e incaicas; por vezes eram recobertas com placas de ouro e prata, procedimento que hoje se denomina cranioplastia <sup>5</sup>.

Na Medicina moderna, as indicações mais comuns para a cranioplastia são: a proteção do cérebro, as alterações neurológicas, o controle de epilepsia, as correções estéticas e o conforto do paciente. Todos esses fatores são críticos na determinação da qualidade de vida do indivíduo <sup>6</sup>. Defeitos cranianos – especialmente na região fronto-orbitária – são desfigurantes e podem produzir profundos distúrbios psicológicos nos pacientes. Esses pacientes apresentam dificuldades de adaptação social e são considerados

portadores de doenças neurológicas e intelectualmente deficientes para o grande público <sup>7</sup>.

Desconforto no local da craniotomia pode ser sentido pelos pacientes e não parece haver correlação com o tamanho do defeito <sup>7</sup>. Apesar desse fato, o desconforto pode ser eventualmente exacerbado por influências psicossociais, então a cranioplastia pode ser indicada para reduzir os sintomas e melhorar a sensação de bem estar. A “síndrome da trefinada” é um espectro de sintomas experimentados pelos pacientes portadores de defeitos cranianos. Os sintomas incluem: cefaléia, tonturas, fadiga, insônia, dificuldade de concentração, depressão e ansiedade. Se, por um lado essa síndrome não parece estar relacionada com o tamanho ou com a topografia do defeito, esses pacientes podem apresentar melhora dos sintomas após a cranioplastia, em termos de aceitação social, e da auto-estima <sup>8</sup>.

Em neurocirurgia e cirurgia craniofacial, o preenchimento de defeitos da calota craniana, originados por perdas traumáticas, iatrogênicas, infecções e tumores são procedimentos comuns. O fechamento do defeito craniano nem sempre é simples, pois é necessária a reconstrução das porções perdidas numa topografia geométrica complexa; além disso, exige-se resultados estético e funcional satisfatórios <sup>9-11</sup>.

As depressões nos locais de trepanação (perfurações realizadas nos ossos para descolar a dura-máter e serrar um fragmento ósseo) são vistas em pacientes previamente submetidos a procedimentos intracranianos através de craniotomia e se constituem numa queixa freqüente no pós-operatório, permanecendo um problema não-resolvido em neurocirurgia. As deformidades tornam-se evidentes em pacientes com pele fina, ou em regiões desprovidas de cabelos. Estas depressões se manifestam porque são insuficientemente reconstruídas ou não são reconstruídas por serem rotuladas como “mal menor”.

Os reparos dos pequenos defeitos em áreas expostas são realizados por motivação estética, embora Dujovny et. al. <sup>10</sup> tenham concluído que muitos

pacientes submetidos à cranioplastia cosmética apresentam melhora na performance neurológica. Resultado estético aceitável é demandado principalmente na região frontal, onde a reconstrução é ao mesmo tempo desafiadora, visto que deve levar em conta o contorno e a simetria da face <sup>11</sup>.

Atualmente, nas correções dos defeitos da trepanação craniana são utilizados materiais aloplásticos de alto custo e com biocompatibilidade e resultado estético duvidosos. Esses substitutos ósseos sintéticos são utilizados cada vez mais freqüentemente, mas há muitas questões ainda não respondidas no que concerne aos processos básicos de imunologia, incorporação e remodelamento desses materiais <sup>12</sup>.

A melhora no conhecimento dos processos de histocompatibilidade, aliado às complicações com a utilização de materiais sintéticos, têm reacendido o interesse pela utilização de osso autógeno para a reconstrução de defeitos cranianos e faciais <sup>13</sup>.

Levando em conta que grande parcela dos indivíduos submetidos a procedimentos intracranianos retorna às atividades que exercia anteriormente, a preocupação com o resultado estético dos orifícios das craniotomias deve fazer parte do procedimento. Esses orifícios algumas vezes são reconstruídos com “pó de osso” <sup>14</sup> produzidos no momento da craniotomia, ou com materiais aloplásticos, como botões de silicone, resinas acrílicas e cerâmicas, que são materiais sujeitos à reação tipo “corpo estranho”, vulneráveis à infecção local, além de apresentarem alto custo <sup>15-19</sup>.

## 1.2 REVISÃO DA LITERATURA

### 1.2.1 Anatomia dos ossos do crânio

A maioria dos ossos do crânio é constituída por uma lâmina interna e uma lâmina externa de osso compacto, separada internamente por uma camada esponjiforme denominada díploe <sup>7</sup>. A lâmina interna é mais fina <sup>20</sup>.

Os ossos do crânio são recobertos por perióstio na sua face interna e externa. Esse perióstio é marcadamente deficiente em atividade osteogênica, quando comparado com o perióstio de ossos longos, logo pouca regeneração óssea pode ser esperada após craniectomia em um adulto <sup>20</sup>.

## **1.2.2 Trepanação Craniana**

### 1.2.2.1 Histórico

A trepanação é um dos exemplos mais precoces de procedimento cirúrgico realizado pelo ser humano, e foi utilizada desde o período neolítico por um grande número de culturas através dos cinco continentes <sup>5</sup>. A trepanação com a finalidade de corrigir deformação craniana foi comum nas culturas pré-colombianas e foram realizados em ambos os sexos com motivos terapêuticos, para o tratamento de fraturas, epilepsia, cefaléias e em procedimentos ritualísticos <sup>21</sup>.

Nas Américas, foi realizada principalmente pelos Maias e pelos Incas. Nos sítios habitados por estes povos, um grande número de crânios que trazem marcas desse procedimento ainda pode ser encontrado, graças ao clima árido da região do deserto do Atacama. Em torno de 80% desses crânios mostram evidências de que os indivíduos sobreviveram após o ato cirúrgico <sup>5, 21</sup>.

A concepção de cérebro como órgão da inteligência e do pensamento não estava presente nas culturas pré-históricas sul-americanas, e os motivos para sua realização são desconhecidos. Diversas hipóteses foram aventadas, incluindo razões terapêuticas e mágicas. A maioria das trepanações no Peru (70%) foi realizada em homens, principalmente em crânios encontrados próximos a locais militarizados. Acredita-se que entre 30 a 50% delas tenham sido realizadas por motivos de trauma de combate. Na atualidade, algumas culturas africanas ainda realizam trepanações <sup>21</sup>.

### 1.2.3 Cranioplastia

A cranioplastia é definida como reparo de um defeito ou de uma deformidade craniana <sup>5</sup>. A primeira descrição acerca da verdadeira cranioplastia foi feita por Fallopius (1523-1562), escrevendo sobre o tratamento das fraturas cranianas. Ele defendia que o osso poderia ser recolocado no local se a dura-máter não fosse violada; se a mesma fosse lesada, deveria ser utilizada uma placa de ouro <sup>5</sup>.

A primeira cranioplastia realizada com sucesso foi descrita por Van Meekren, em 1668 <sup>22</sup>. Ele descreveu a correção de uma lesão craniana num soldado russo causada por um golpe de espada, corrigida com osso do crânio de um cão. O paciente foi excomungado devido ao procedimento; dois anos após, Van Meekren removeu o osso, e o paciente foi reintegrado à igreja <sup>5, 13</sup>.

Consideráveis avanços têm sido alcançados nas reconstruções cranianas nos últimos anos, feitos com a utilização de novos biomateriais, oferecendo alternativas para o uso das tradicionais próteses de materiais absorvíveis. Muitos materiais, substitutivos ósseos, têm sido propostos para esse fim, dentre eles o silicone, o metilmetacrilato, a cerâmica, a hidroxiapatita, polímeros, enxertos autógenos, transplantes ósseos usando osso vascularizado fresco ou congelado, osso desmineralizado ou liofilizado e matriz óssea desmineralizada adicionada ou não a fatores osteogênicos <sup>23-29</sup>.

Os primeiros estudos experimentais foram atribuídos a Ollier em 1859. Ele trepanava animais e realizava cranioplastia; sendo um dos primeiros a descrever e distinguir os conceitos de auto-enxerto, aloenxerto e xenoenxerto <sup>5</sup>.

Macewen (1885) é considerado o pioneiro da utilização de enxertos ósseos; reimplantava os ossos retirados após realizar anti-sepsia dos fragmentos. Burrel e Guerix, em 1888, implantaram botões de osso no local da trepanação: Guerix em animais e Burrel em humanos <sup>22</sup>. Já Ballou descreveu

a evolução satisfatória de um paciente no qual ele recolocou o botão de osso que havia retirado com a trefina <sup>22</sup>.

O xenoenxerto foi empregado através da história e era proveniente de várias espécies de animais. Na atualidade, não existe justificativa para seu uso, tendo como opção o auto-enxerto e os materiais substitutivos.

O emprego de aloenxerto cresceu muito durante a I guerra mundial, o material utilizado era cartilagem proveniente de cadáveres <sup>30</sup>. A utilização de implantes metálicos como a prata e o ouro foram introduzidos pelos Incas <sup>5</sup>. O alumínio foi o primeiro metal da história recente a ser utilizado como substituto ósseo, porém não se mostrou satisfatório pelo risco de infecção e irritação dos tecidos adjacentes, além do potencial epileptogênico. O ouro é um bom metal para cranioplastia, mas seu uso não se popularizou pelo alto custo <sup>5</sup>.

O uso da prata foi abandonado devido à oxidação e descoloração dos tecidos adjacentes. Ela foi utilizada na I guerra mundial, mas seu uso foi abandonado já durante a II guerra, sendo substituída pelo tântalo. O tântalo foi primeiramente utilizado para cranioplastia em humanos por Fulcher, em 1943, para correção dos defeitos ocorridos durante a II guerra mundial <sup>31, 32</sup>. Mostrou-se um bom material, mas sua obtenção é difícil, tornando-se também um material de alto custo. Outro problema é a sua capacidade condutora, causando cefaléia intensa nos ambientes de temperaturas extremas; além disso, é radiopaco e prejudica os exames de imagens <sup>5</sup>.

Embora o tântalo fosse o material de escolha para a correção dos defeitos cranianos causados durante a II guerra mundial, o metilmetacrilato surgiu como uma excelente alternativa como substituto dos implantes de metal na década de 40: é o material aloplástico mais comumente utilizado, apesar de apresentar pouca aderência ao osso e resultado estético nem sempre satisfatório. É radiotransparente, não alterando os estudos de imagens pós-operatórias, além de ser resistente às variações de temperatura. Contudo, as



placas de acrílico podem infectar, causar reação inflamatória e cefaléia e por ser um material inerte, necessita fixação e não se incorpora ao esqueleto<sup>29, 33</sup>.

O titânio foi introduzido por Simpson, em 1965<sup>34</sup>. Na atualidade, é amplamente utilizado para cranioplastia. É biocompatível e mecanicamente resistente, mas apresenta alto custo<sup>15</sup>. É empregado na forma de placas, malhas e mini-placas para fixação de blocos de hidroxiapatita<sup>23, 25, 35, 36</sup> e de metilmetacrilato<sup>37</sup>: materiais que apresentam dificuldade para fixação no osso. Esse procedimento agrega custo ao material aloplástico.

Courtemanche e Thompson, em 1968, introduziram o silicone como material para cranioplastia<sup>38</sup>. Ele é macio em comparação com o polietileno, razão pela qual seu emprego se restringiu, em cranioplastia, às correções de pequenos defeitos. É muito empregado na confecção de materiais implantáveis em humanos, como marcapassos e sistemas de derivação; embora seja considerado um material inerte. Há na literatura recente relatos de reação tipo corpo estranho com formação de seroma<sup>39-42</sup>.

A hidroxiapatita tem se tornado muito popular, devido às suas propriedades mecânicas, osteoindutivas e características de integração<sup>5</sup>. Seu uso clínico teve início em 1992<sup>33</sup>. É um material quebradiço e apresenta baixa resistência à tensão, mas a sua porosidade facilita a invasão das células que promovem a neoformação óssea<sup>7</sup>. Por outro lado, em estudos experimentais com seguimento de um ano, não demonstraram crescimento ósseo significativo<sup>43</sup>. Após três anos, biópsia realizada num implante colocado na região frontal de um paciente de quatro anos de idade demonstrou que o implante apresentava mínimo crescimento ósseo. Este foi notado apenas na periferia do implante<sup>44</sup>. O papel da hidroxiapatita para cranioplastia ainda não está bem definido<sup>45-47</sup>.

As características dos defeitos cranianos identificados nas imagens pela TC podem ser digitalizadas e utilizadas para molde de uma reconstrução exatamente do tamanho do defeito e obedecendo a seus contornos<sup>23, 48, 49</sup>. Esse mecanismo tem auxiliado na confecção de blocos de hidroxiapatita,

metilmetacrilato e outros materiais para a correção de grandes defeitos, ou em defeitos complexos com estética satisfatória. A utilização da TC para as correções dos defeitos cranianos tem se restringido a esse fim.

Psillakis, et al.<sup>50</sup> e Santoni-Rugiu<sup>51</sup> utilizaram a tábua externa da calota craniana para o reparo de defeitos ósseos.

Ray e Parsons<sup>52</sup> utilizaram trefina para craniotomia na região frontal de 50 pacientes com reposição do osso de espessura tricortical no orifício de trepanação após a cirurgia. Não documentaram complicações com a utilização dessa técnica.

Prolo et. al.<sup>53</sup> utilizaram discos de cadáveres, após processo de liofilização, para o preenchimento de pequenos defeitos ósseos e descrevem bons resultados.

Vialogo<sup>14</sup> utilizou pó de osso e surgicel<sup>®</sup> para confecção de uma pastilha para reconstrução dos orifícios de trepanação. Refere que diminuiu com isso a incidência de fístula líquórica nas trepanações para procedimentos endoscópicos. Não descreve o resultado estético dessa técnica em longo prazo.

Matsumoto et. al.<sup>54</sup> utilizaram pó de osso proveniente da broca de trepanação misturado com cola de fibrina (beriplast<sup>®</sup>), em 92 pacientes com intervalo de seguimento de um a cinco anos. Essa técnica apresentou bons resultados para a correção de pequenos defeitos, concluem os autores.

Replague et. al.<sup>37</sup>, utilizaram mini-placas de titânio para suporte do metilmetacrilato para melhorar o contorno estético do crânio com bons resultados.

Kobayashi et. al.<sup>16</sup> têm projetado e utilizado vários implantes de cerâmica para a reconstrução de orifícios de trepanação e prevenir indentações na pele.

Schantz et. al. <sup>55</sup>, recentemente projetaram e fabricaram um tampão de polímero reabsorvível para o fechamento dos orifícios de craniotomia. A experiência inicial mostrou boa biocompatibilidade, mas o custo final do produto poderá ser um fator limitante para sua utilização.

Couldwell et. al. <sup>56</sup>, utilizaram polietileno poroso (medpor<sup>®</sup>), para cranioplastia em pacientes com defeitos menores de 8 cm<sup>2</sup>, descrevem resultado cosmético equivalente ao metilmetacrilato; no entanto, esse material é difícil de remover se nova cirurgia é necessária; além disso, o material é incapaz de sustentar peso e a resistir a trauma, mesmo de pequenas proporções.

Cokluc et. al. <sup>57</sup>, utilizaram tábua interna do crânio para reconstrução dos orifícios de trepanação em dez pacientes. Concluiu que é uma técnica simples, natural e efetiva, embora o acompanhamento dos pacientes fora de apenas três meses.

Viterbo et. al. <sup>29</sup>, para defeitos menores de 2 cm<sup>2</sup>, utilizam cartilagem da concha da orelha fixada com fios de nylon; para defeitos maiores utiliza tábua externa do crânio.

Fukuta et. al. <sup>58</sup> compararam a reconstrução de falhas de espessura total da calota craniana em coelhos. Eles demonstraram que tanto o pó de osso autógeno, grânulos de hidroxiapatita porosa ou partículas de osso mineral bovino geram regeneração na calota craniana. No entanto, a quantidade de osso gerada com material autógeno foi significativamente maior.

Enquanto o uso de osso de espessura total e de tábua craniana externa foi utilizado ao longo da história, a utilização de tábua interna é uma idéia nova. Ela foi descrita por Kyoshima et. al. <sup>59</sup>, que utilizaram a tábua interna para a reconstrução do assoalho da fossa anterior após remoção de meningioma de sulco olfatório. O mesmo autor descreve as vantagens da

utilização da tábua interna do crânio: 1) não é necessária incisão adicional e nem retirada de osso de outras partes do corpo, 2) fusão fisiológica pode ser esperada, 3) reação tipo corpo estranho é mínima.

#### **1.2.4 Biologia dos enxertos**

Embora haja apenas três métodos básicos pelos quais os enxertos ósseos exercem sua função (osteocondução, osteoindução e resposta osteogênica), existe um amplo grau de variabilidade nas quais esses mecanismos operam. A osteogênese é a capacidade do próprio enxerto em formar novo osso no leito onde é colocado, independente das condições fisiológicas desse sítio, embora seja influenciado pelas mesmas. A osteoindução é a capacidade de estimular o sítio do enxerto a produzir novo osso pela transformação de células mesenquimais e fibroblastos do tecido receptor em osteoblastos. A osteocondução é o fenômeno pelo qual ocorre o crescimento de estruturas do receptor, como vasos ou partículas ósseas recém-formadas para dentro do enxerto <sup>60</sup>.

A osteogênese, a osteoindução e a osteocondução são mediadas por várias proteínas osteogênicas, dentre elas o TGF $\beta$ , IGF-I, IGF-II, prostaglandinas, interleucinas, fatores estimulantes de macrófagos e outros, que terão sua ação influenciada pelo tipo de enxerto utilizado. <sup>51, 59</sup>. Uma quarta e importante característica, que depende do sítio de implantação, é a capacidade de suporte mecânico a que o enxerto será submetido.

O osso autólogo por ser a alternativa mais biológica disponível, permanece sendo o mais utilizado, pois apresenta menores riscos de complicações. <sup>27, 29</sup>. Entre as vantagens da utilização do osso autógeno está a facilidade de ser obtido a partir do crânio, íliaco, costelas, tíbia, grande trocânter ou na parte distal do fêmur, além de ser menos dispendioso <sup>61</sup>. Assim como os outros materiais, também possui certa maleabilidade para a moldagem trans-operatória. <sup>27, 62</sup>. Não há risco de transmissão de doenças como nos materiais obtidos de doadores; além disso, sofre mínima reabsorção, podendo desde o começo já resistir a algum suporte mecânico e

não desencadeia reações de imunogenicidade no paciente. Por outro lado, o sítio de retirada traz uma morbidade a mais para o paciente, estende o tempo da cirurgia e a quantidade obtida em crianças e alguns adultos pode não ser suficiente para a reconstrução <sup>12</sup>.

O osso autógeno pode ser empregado de três formas principais: enxerto membranoso, cortical, vascularizado ou misto. O osso membranoso é derivado embriologicamente de centros de ossificação como na calota craniana e na mandíbula. Tem grande poder osteogênico, osteoindutivo e osteocondutivo, não sofre grande absorção, mas também não exerce suporte mecânico. O osso cortical é derivado da calcificação endocondral, sendo encontrado nos ossos longos, possuindo uma porção de osso medular entre as duas lâminas corticais. Tem vantagens sobre o anterior pela maior resistência, mas, por ser mais absorvido, perde um tanto dessa característica nos primeiros dias <sup>12</sup>.

Outro fator importante nos transplantes de ossos autólogos desvascularizados é que, embora uma pequena fração de células sobrevivam, elas contribuem para a resposta reparadora <sup>27, 44</sup>.

O osso autógeno vascularizado é bem menos disponível, e sua obtenção é mais trabalhosa, (pelo tempo de cirurgia e pela morbidade no sítio doador), tendo uso restrito. Também necessita imobilização para evitar deiscência das anastomoses. Frequentemente ele não cicatriza bem e motiva novas intervenções <sup>63</sup>.

Nos enxertos alogênicos, isto é, quando o doador e o receptor não são a mesma pessoa, como no uso de osso congelado, há o perigo de vírus permanecerem após o processamento do material e contaminarem o receptor. Há relatos de casos de transmissão de HIV com osso congelado, mas a chance de isso acontecer com osso liofilizado ou desmineralizado é considerada nula <sup>12</sup>. Esse fato tem desencorajado os cirurgiões a utilizarem este tipo de material.

Estudos experimentais têm confirmado a ocorrência de uma resposta imune nos enxertos alogênicos, mas a significância clínica dessa resposta em humanos é incerta <sup>63</sup>.

Outro grande influenciador do resultado final é a absorção. Como qualquer tecido inserido no organismo, os aloenxertos ósseos também sofrerão resposta imune e serão, em parte, absorvidos. Dependendo da intensidade da resposta, esta pode ser uma grande desvantagem em relação aos auto-enxertos. Contudo, com o uso de osso liofilizado e desmineralizado a resposta não é tão grande e, apesar de diminuir a massa e o volume total do enxerto, não prejudica o resultado final, a não ser em cirurgias cosméticas onde ele é inserido em áreas bem expostas como a maxila e a região frontal do crânio. Essa absorção é mais rápida no jovem <sup>12</sup>.

### **1.2.5 A Incorporação do Enxerto**

O termo incorporação é utilizado para descrever a interação biológica entre o material enxertado e o sítio receptor que resulta na formação de osso com propriedades mecânicas adequadas <sup>64</sup>. De certa forma, os processos envolvidos na incorporação dos enxertos alogênicos é quantitativamente similar aos fenômenos que ocorrem nos enxertos autólogos não vascularizados; porém, ocorre de maneira mais lenta e é acompanhado por uma cascata inflamatória que pode ser atribuída a uma resposta imunológica do receptor.

A interação entre os tecidos e a superfície do implante é um processo dinâmico. Água, biomoléculas livres e íons dissolvidos, circundam o implante no período inicial da implantação. Com o passar do tempo, dependendo do tipo de célula, da sua atividade e as modificações na superfície do implante, resulta em tecido de integração ou formação de cápsula fibrosa <sup>7</sup>.

A experiência clínica e estudos em animais têm mostrado que os enxertos utilizando ossos do crânio mantêm melhor o seu volume do que costelas ou osso da crista ilíaca <sup>20</sup>. Sabe-se que absorção do pó de osso é

significativa, mas até o momento essa absorção não tinha sido mensurada, nem comparada com a do osso cortical.

### 1.3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

O tratamento adequado do defeito ósseo causado pela trepanação craniana é um dos problemas não resolvidos na neurocirurgia. Há insatisfação com os resultados obtidos atualmente e com as complicações da utilização de inúmeros materiais aloplásticos e com o pó de osso. Como alternativa, propomos um modelo de cranioplastia utilizando um fragmento circular de osso autógeno retirado da lâmina interna do segmento ósseo proveniente da craniotomia.

Devido à falta de critérios objetivos para avaliar a correção destes defeitos ósseos propomos, ainda, avaliar a densidade óssea nos locais preenchidos, calculada mediante estudo com tomografia computadorizada.

### 1.4 HIPÓTESE

O uso do fragmento de osso autógeno da calota craniana sofre menor absorção e tem melhor resultado estético do que o uso do pó de osso.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

- Comparar a utilização do pó de osso e do enxerto ósseo autógeno da lâmina interna da calota craniana, para a resolução estético-funcional das deformidades causadas pelo trépano neurocirúrgico.

### 2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

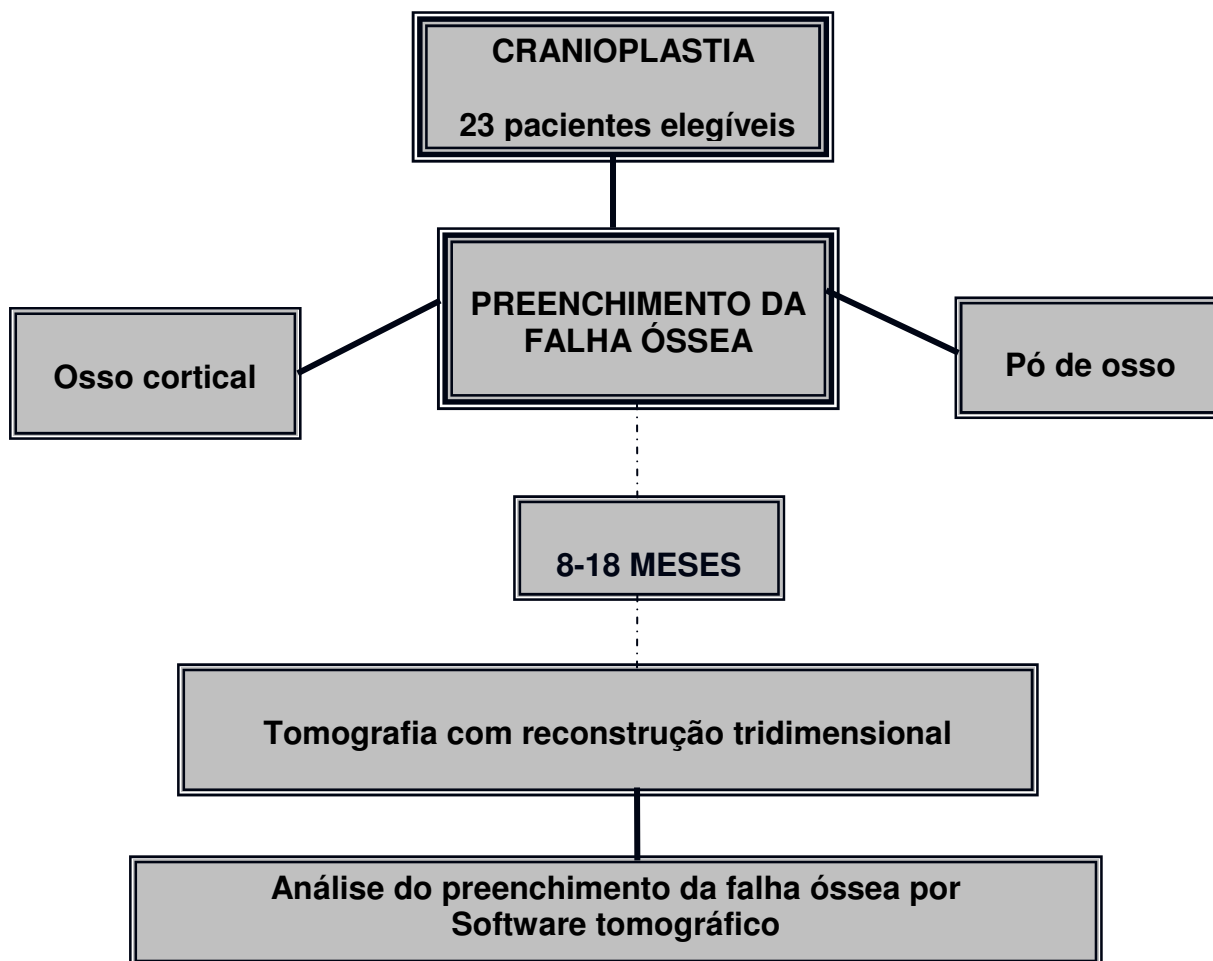
- Desenvolver uma nova técnica cirúrgica para estas reconstruções.
- Desenvolver instrumentos adequados para realizar o procedimento.
- Criar mecanismos objetivos, com a utilização de um programa tomográfico específico para mensurar o preenchimento da falha óssea.
- Comparar o pó de osso e o fragmento ósseo autólogo da tábua interna da calota craniana quanto ao volume ósseo remanescente e o resultado estético.



### 3 CASUÍSTICA E MÉTODO

#### 3.1 DELINEAMENTO

Ensaio clínico controlado.



#### AMOSTRA

Constaram de pacientes adultos, acima de 18 anos, ambos os sexos, que realizaram craniotomia devido à doença neurocirúrgica benigna. As cirurgias foram realizadas no Bloco Cirúrgico do Hospital São José da Santa Casa de

Misericórdia, de maneira consecutiva, no período de 01 de julho de 2005 a 01 de agosto de 2006.

### **3.1.1 Critérios de inclusão**

Para ser incluído no estudo, o paciente deveria preencher os seguintes critérios:

- Ser portador de doença intracraniana com indicação cirúrgica;
- Ser maior de 18 anos;
- Concordar em participar do estudo e assinar o termo de consentimento.

### **3.1.2 Critérios de exclusão**

Não poderia integrar o grupo a ser avaliado, ou seria excluído o paciente que:

- Apresentasse neoplasia maligna;
- Apresentasse doença infecciosa óssea ou intracraniana;
- Não concordasse em participar do estudo;
- Viesse a falecer por qualquer causa não relacionada à reconstrução durante o acompanhamento.

## **3.2 VARIÁVEIS ESTUDADAS**

### **3.2.1 Primárias**

- Densidade óssea nos locais reconstruídos
- Aparência estética dos locais reconstruídos

### **3.2.2 Secundárias**

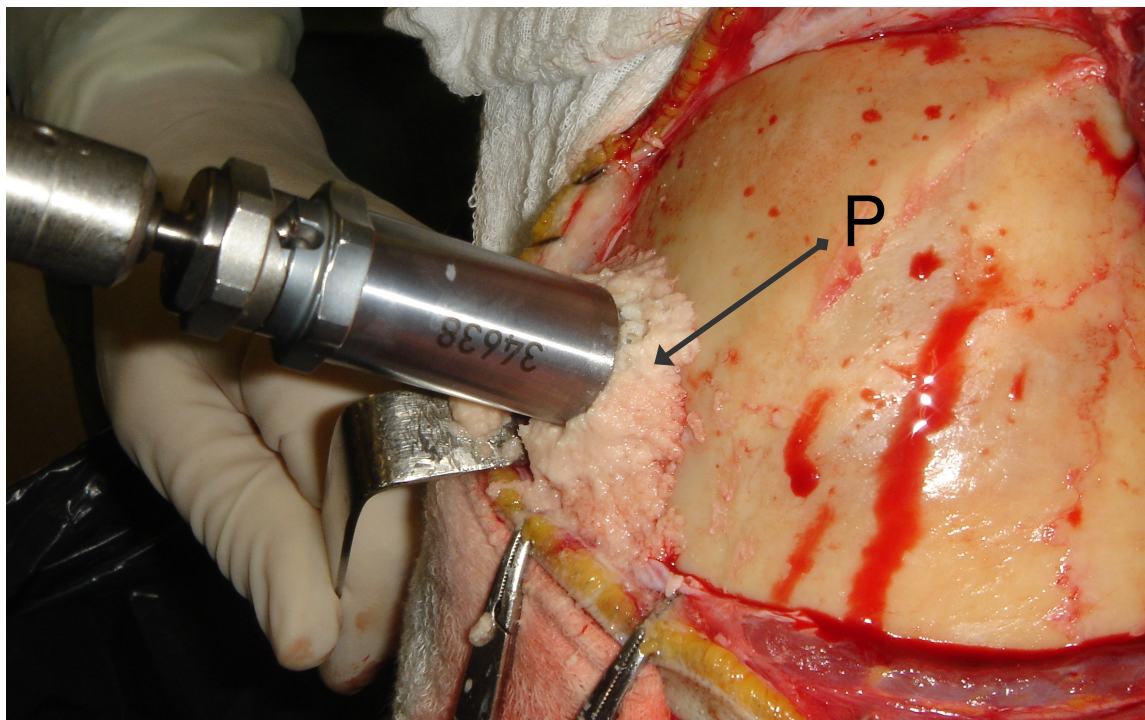
- O corticóide administrado foi dexametasona 4mg endovenoso de 6/6h. Tempo de utilização foi expresso em dias.

- Idade expressa em anos
- Doenças envolvidas
- Complicações clínicas e cirúrgicas

### **3.2.3 Intervenção**

#### **3.2.3.1 Procedimento cirúrgico e obtenção do material de estudo**

O procedimento cirúrgico para a realização de craniotomias consistiu na realização de perfurações (trepanações) na calota craniana e por estes orifícios descolou-se a dura-máter do osso adjacente. Uma serra de Gygly foi utilizada para serrar o fragmento ósseo e retirá-lo para ter acesso ao compartimento intracraniano (craniotomia osteoplástica). A trepanação craniana foi realizada com trépano elétrico e durante o procedimento foi utilizado soro fisiológico para resfriar a extremidade da broca e para umidificar o pó de osso, de modo a torná-lo facilmente recolhido do local. O pó de osso, devidamente irrigado, umidificado e com forma de pasta foi cuidadosamente recolhido em uma cuba provida de 80 mg de gentamicina e aproximadamente 100 ml de soro fisiológico. Ulteriormente foi utilizado para preencher os orifícios de trepanação em consistência de pasta, (figura 1).



**Figura 1:** O pó de osso (P) acumulado é recolhido e posteriormente reutilizado na reconstrução da falha óssea

O procedimento cirúrgico para a obtenção do material de estudo (pastilha óssea da lâmina interna) foi realizado com uma trefina, especialmente confeccionada para esse fim, com diâmetro interno de 14 mm, conectada a uma furadeira elétrica, (figura 2a, 2b, 2c).



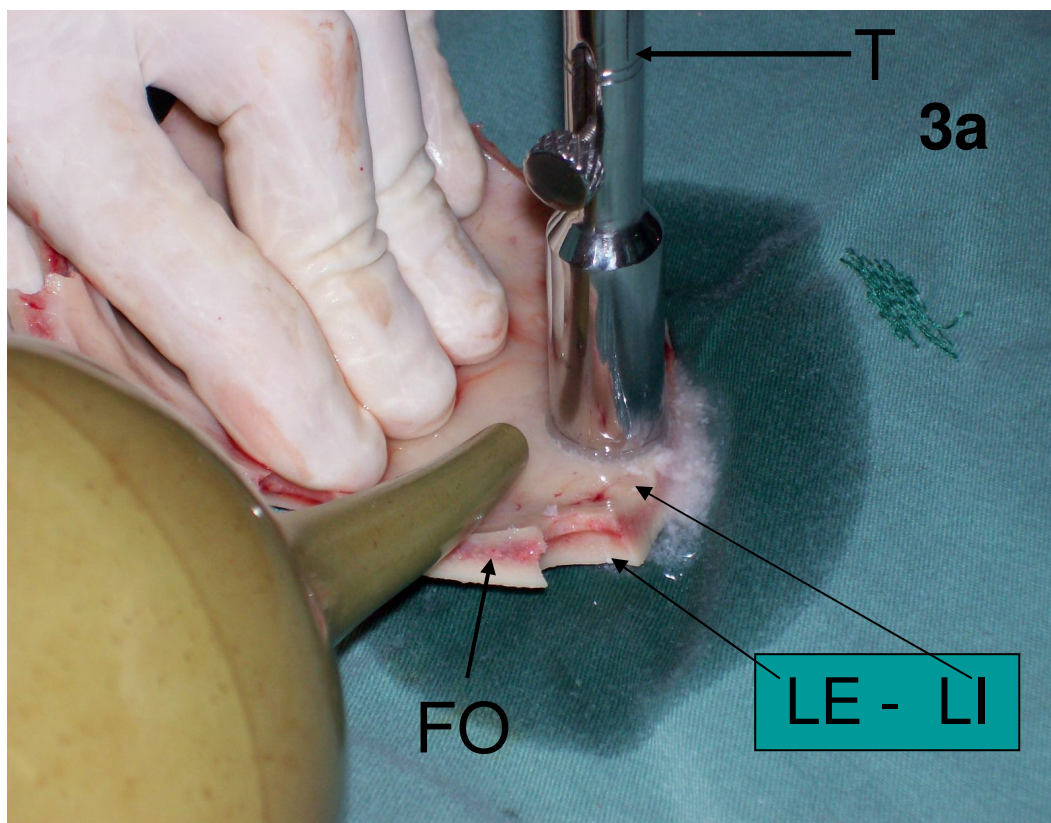
**Figura 2a:** Trefina especialmente confeccionada e utilizada nos procedimentos





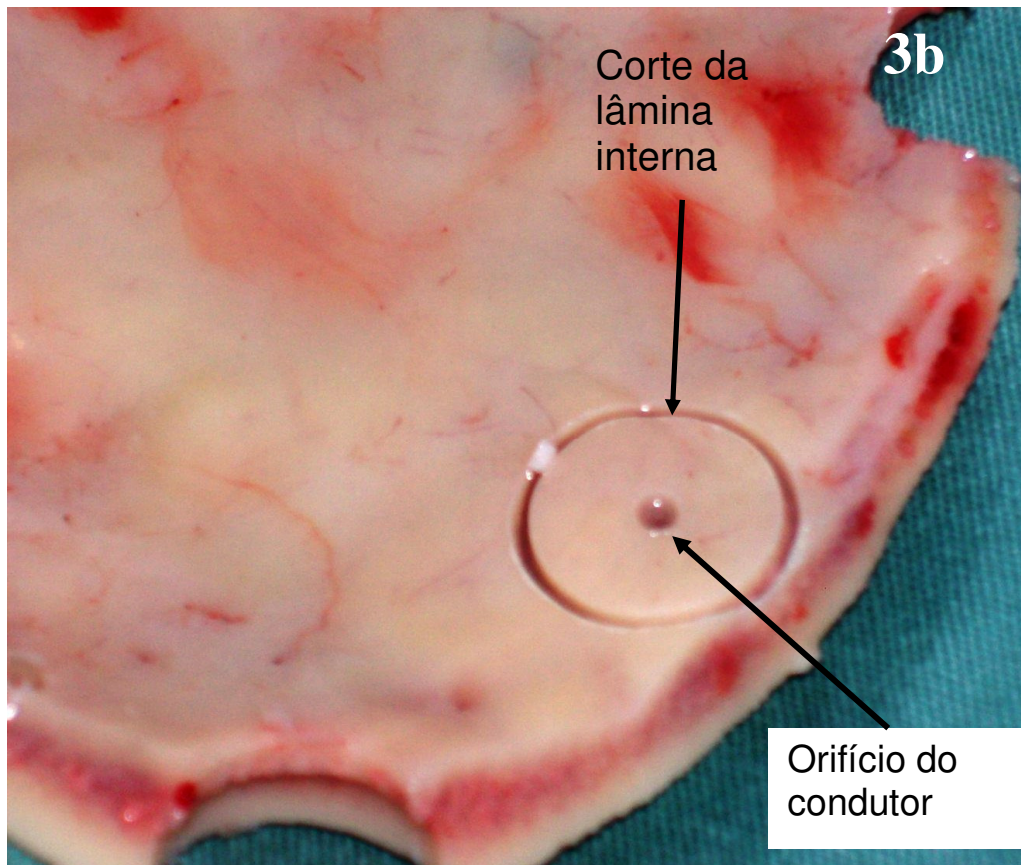
**Figura 2b-c:** visão inferior da trefina, evidenciando sua face cortante, o diâmetro interno e o condutor central (C).

A técnica cirúrgica consistiu no corte da lâmina interna do fragmento ósseo, até a díploe. Após, com a utilização de um osteótomo, retirou-se o fragmento ósseo para ser colocado no orifício causado pelo trépano, (figura 3).

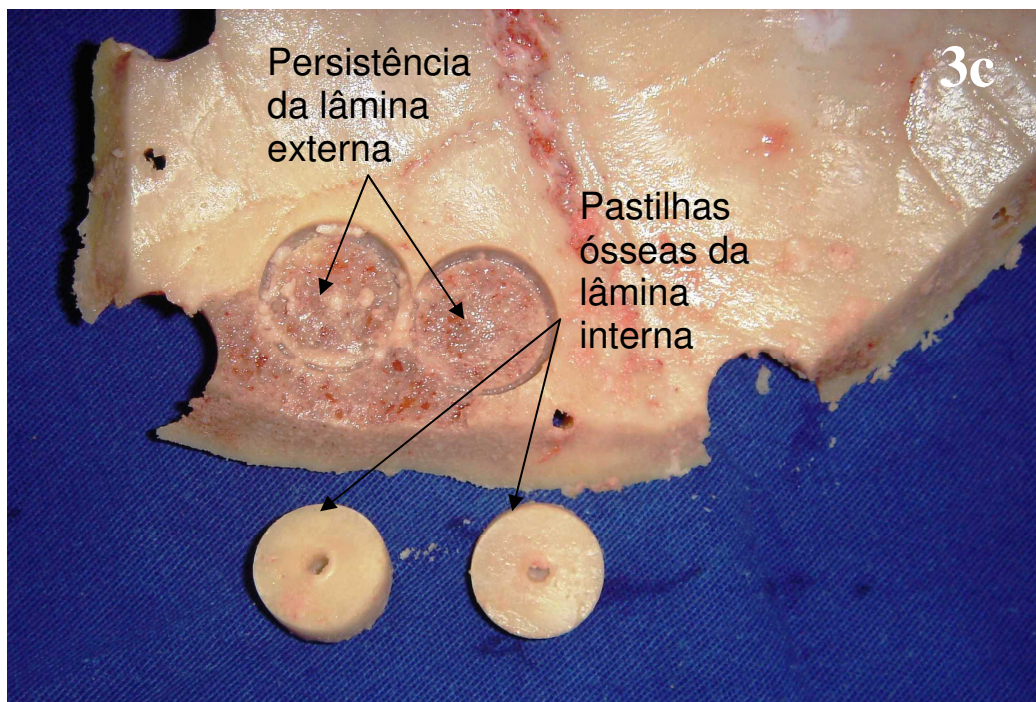


**Figura 3 a:** Corte da lâmina interna do osso com a trefina. Irrigação com soro fisiológico, (FO - fragmento ósseo; LI - lâmina interna; LE - lâmina externa; T - trefina).





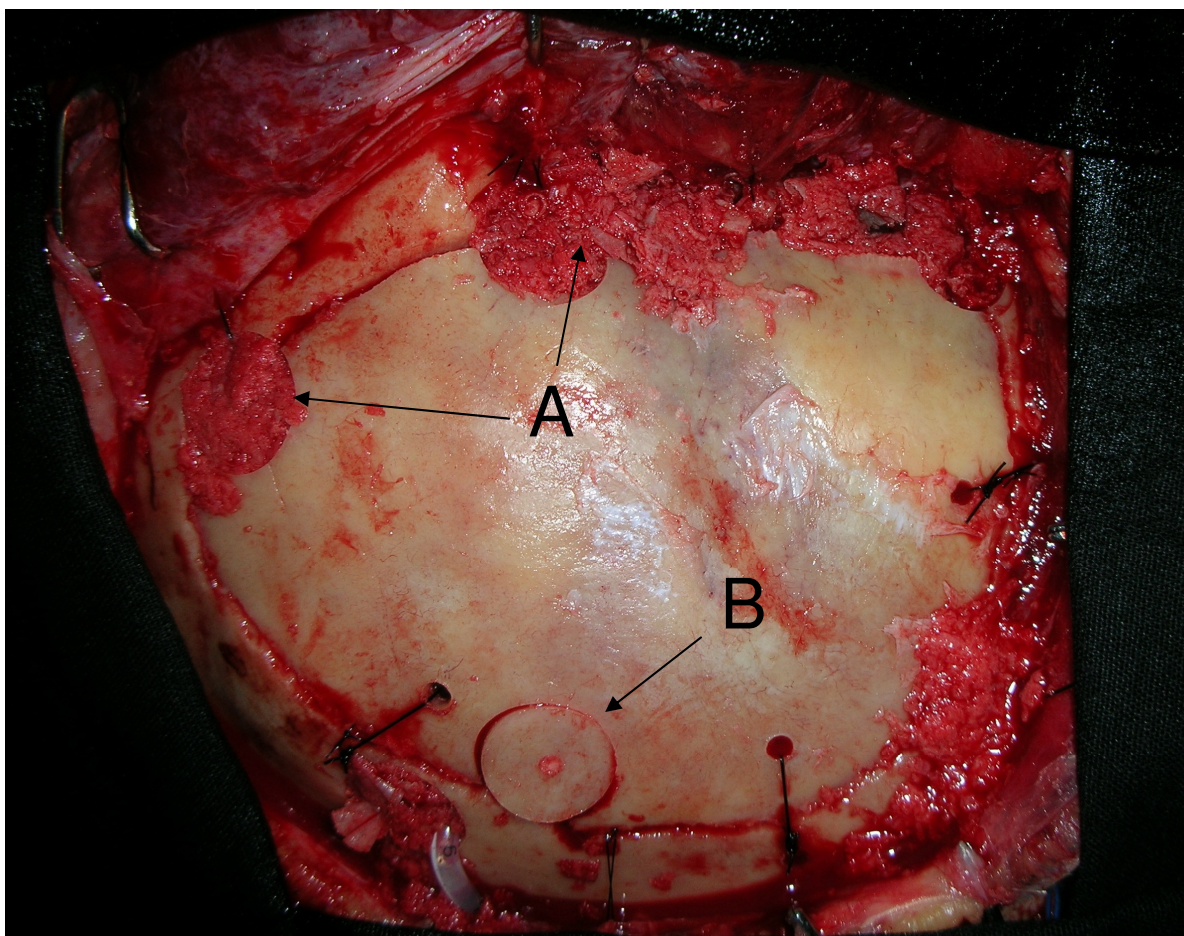
**Figura 3b:** Entalhe da lâmina interna causada pela trefina.



**Figura 3 c:** Pastilhas ósseas retiradas do osso da lâmina interna



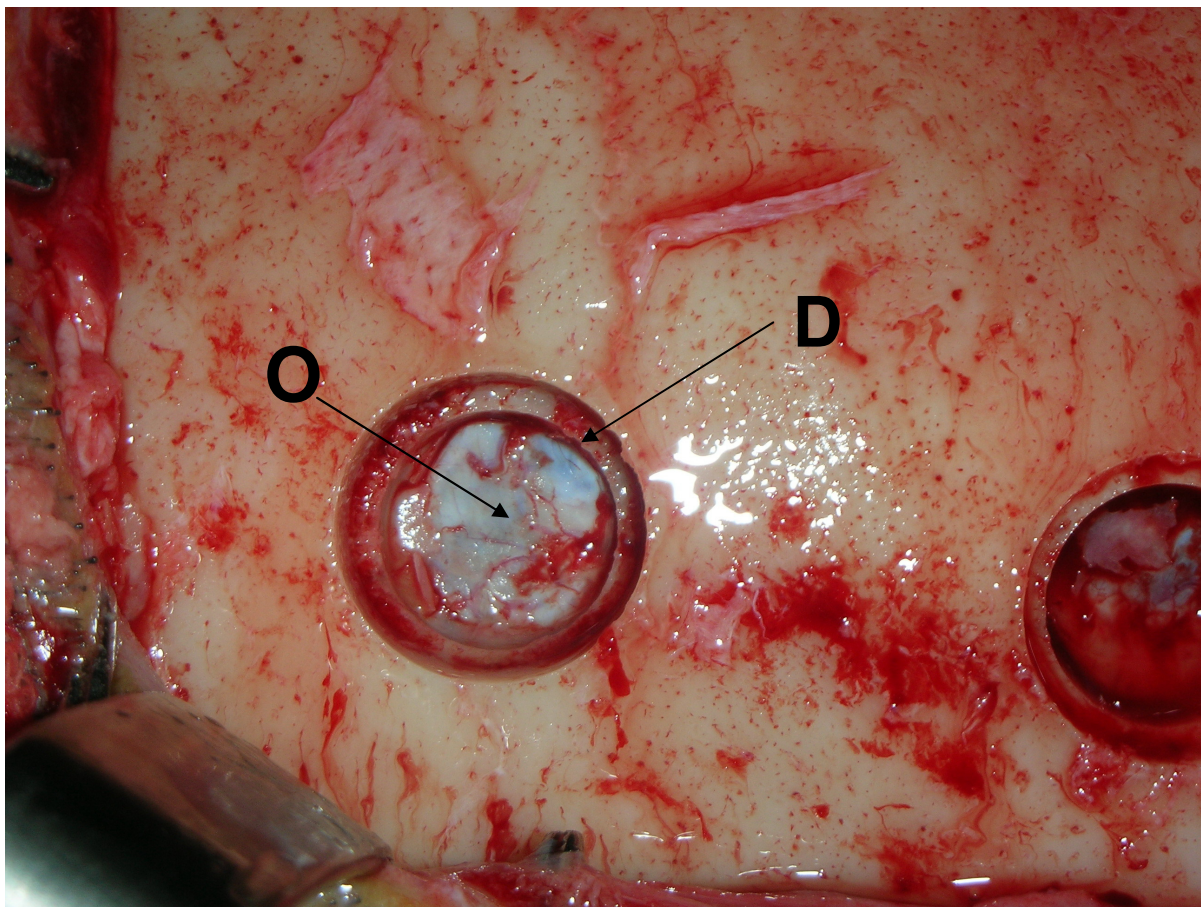
Os orifícios de trepanação da craniotomia, que em média foram cinco, eram aleatoriamente escolhidos e preenchidos com pó de osso resultante da broca de trepanação cirúrgica ou fragmento do osso retirado da lâmina interna da peça óssea da calota craniana do próprio paciente (figura 4). Os dois tipos de reconstrução foram realizados no mesmo paciente. Como o material de estudo era obtido da lâmina interna do osso retirado por ocasião do procedimento cirúrgico, não foi necessário nenhum tipo de incisão adicional.



**Figura 4:** locais trepanados reconstruídos com pó de osso e fragmento ósseo da lâmina interna, retirado com utilização da trefina. A - orifício preenchido com pó de osso; B – orifício preenchido com pastilha óssea retirada da lâmina interna.

Nos procedimentos que efetuamos, não foi realizado qualquer tipo de fixação dos fragmentos ósseos implantados. A pastilha óssea fica retida pelo degrau deixada pelo debridador do trépano, (figura 5).





**Figura 5:** Degrau causado pelo trépano, onde o enxerto ósseo se apóia, sem necessidade de fixação. O – orifício do trépano; D - degraú deixado pelo trépano.

#### 3.2.4 Desfecho

Os desfechos foram aferidos pela tomografia computadorizada de crânio. Os exames foram realizados por aparelho de múltiplos detectores (multislices). Tomógrafo Ge *light Speed* 16 canais, cortes de 0,6 mm ou 1.2 mm no modo 16 canais helicoidal (General Electric High Speed Advantage scanner, GE Medical Systems Inc. Milwaukee, WI). Foi realizada reconstrução tridimensional da calota craniana. O cálculo do preenchimento do orifício foi realizado por “software” tomográfico, “Workstation” modelo “Advantage Windows” versão 4.2. da General Electric. Os resultados foram apresentados em unidades Hounsfield.

A avaliação da densidade foi baseada em uma escala de cinzas que foi criada especialmente para a tomografia computadorizada e sua unidade foi chamada de unidade Hounsfield (HU), em homenagem ao cientista que desenvolveu a TC. Em relação às imagens, existe uma convenção para traduzir os valores de voltagem detectados em unidades digitais. Dessa forma, temos valores que variam de  $-1000$ , onde nenhuma voltagem é detectada, ou seja, o objeto não absorveu praticamente nenhum dos fótons de RX, e se comporta como o ar; ou um valor muito alto, algo como 1000 ou mais, caso poucos fótons cheguem ao detector e nesse caso, o objeto absorveu quase todos os fótons de RX. Dessa forma, quanto mais fótons o objeto absorver, mais claro ele é na imagem, e foi nesses dados que os resultados foram baseados.

Além da medida da densidade óssea no local de implantação dos enxertos, as reentrâncias da pele nesses locais também foram avaliadas. A aparência estética da reconstrução tomográfica foi submetida à apreciação por dois médicos cegados para o estudo (cirurgião geral e cirurgião plástico). Ambos desconheciam o procedimento realizado e foram convidados para analisar a estética da reconstrução que estava devidamente marcada e recoberta por pele, não sendo possível para os mesmos identificar qual tipo de reconstrução fora realizada. Cada avaliador atribuía uma nota de 0 a 10 para a aparência estética do local da reconstrução.

O processamento estatístico dos dados foi feito pelo programa *SPSS for Windows*. A comparação entre os grupos foi realizada pelo teste t de Student. O nível de significância adotado foi o de  $p < 0,05$ .

A normalidade da distribuição dos dados foi realizada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A análise de concordância entre os grupos foi analisada com o teste de correlação de Spearman. A comparação das médias entre os grupos foi realizada pelo teste de Tukey.

### 3.3 ASPECTOS ÉTICOS

O presente trabalho foi desenvolvido integralmente no Hospital São José da Irmandade Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre, com aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre. Registro no SISNEP sob número 1293/06.

Foi solicitado consentimento livre e esclarecido de todos os participantes (Anexo 3). Foram explicitados os objetivos da realização dos procedimentos bem como o acompanhamento e a realização do exame tomográfico ulteriores. Os participantes consentiram na realização de fotografias das reconstruções no transoperatório.

### 3.4 EQUIPE DE TRABALHO E PERÍODO DE REALIZAÇÃO

O projeto foi elaborado e executado pelo autor, em conjunto com a equipe cirúrgica do Hospital São José e incluiu orientadores, preceptores, residentes e anestesistas.

Orientadores: Marcus Vinicius Martins Collares e Nelson Pires Ferreira.

Preceptores: Jorge L. Kraemer, Albert V.B. Brasil e Marcelo P. Ferreira.

Anestesistas: Leonardo Fonseca, Fernando Macagnam, Fabio Petry, Marcos Pasa e João Roth.

Residentes: Gustavo de David, Mário Faria, Vinícius Pedroso Severo.

O período de realização dos procedimentos cirúrgicos foi de julho de 2005 a agosto de 2006.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Características dos pacientes

A amostra constou de 23 pacientes (20 do sexo feminino e 3 masculinos), que foram submetidos a procedimento cirúrgico intracraniano no Hospital São José da Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre.

As distribuições dos pacientes por doenças que motivaram o tratamento cirúrgico inicial estão estratificadas na tabela 1.

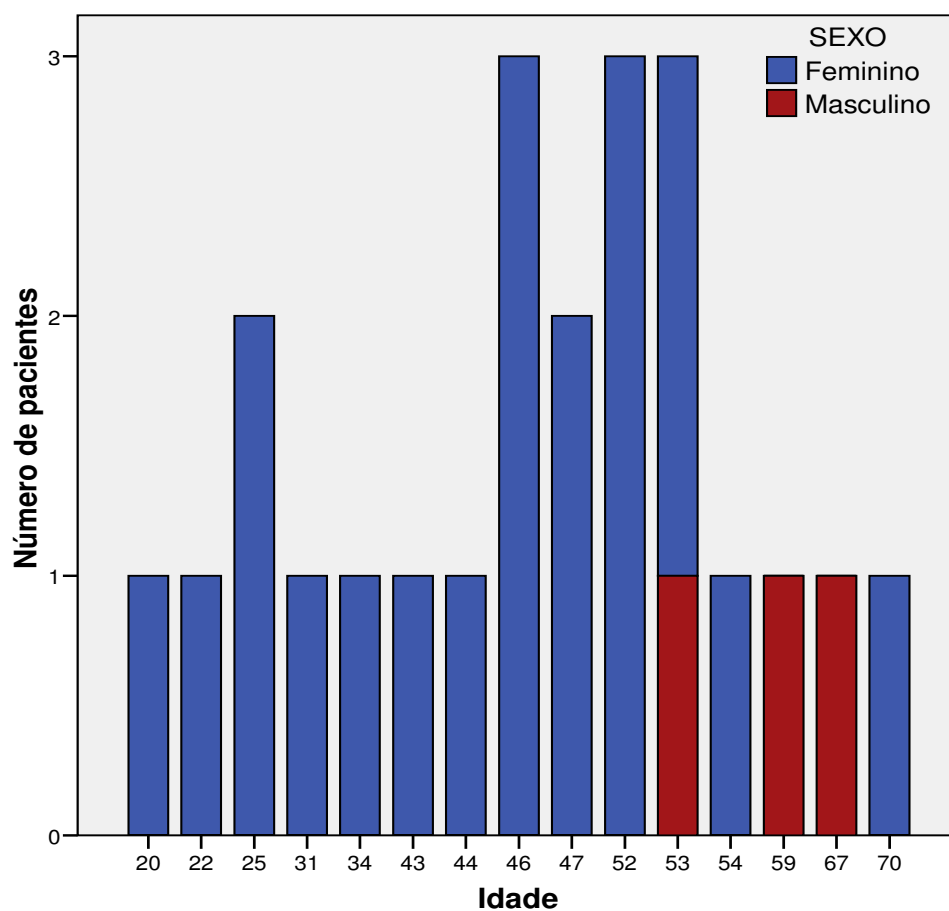
Tabela 1 - Doenças que justificaram procedimento cirúrgico nos 23 pacientes estudados

Nº. de pacientes	Doença	Porcentagem
6	Aneurisma roto	26,1 %
5	Aneurisma não roto	21,7 %
5	Malformação vascular*	21,7 %
7	Neoplasia benigna**	30,4 %

\* 2 Malformações artéριοvenosas e 3 cavernomas.

\*\* 4 meningiomas, 1 adenoma de hipófise, 1 cisto ependimário e 1 cisto de 3º ventrículo.

A idade dos pacientes variou de 20 a 70 anos, com uma média de 45,26 anos. Houve predomínio do sexo feminino, com 20 pacientes (87%). (figura 6).



**Figura 6:** distribuição dos pacientes de acordo com a idade e sexo.

A história médica progressiva dos pacientes apresentava as seguintes características:

Hipertensão arterial sistêmica	- 4 pacientes (18,1%)
Tabagismo	- 3 pacientes (13,6%)
Dislipidemia	- 2 pacientes (9,0%)
Cardiopatía	- 2 pacientes (9,0%)
Depressão	- 2 pacientes (9,0%)

Imunossupressão	- 2 pacientes (9,0%)
<i>Diabetes mellitus</i>	- 1 paciente (4,5%)
Pan – hipopituitarismo	- 1 paciente (4,5%)
Hipotireoidismo	- 1 paciente (4,5%)
Osteoporose	- 1 paciente (4,5%)
Anemia	- 1 paciente (4,5%)
Lúpus eritematoso sistêmico	- 1 paciente (4,5%)

Foram reconstruídos 108 orifícios de craniotomia, nos 23 pacientes estudados, sendo 36 orifícios reconstruídos com fragmento de osso (33,3%) e 72 com pó de osso (66,6%). No mesmo paciente foram realizadas as reconstruções com pó de osso e osso cortical.

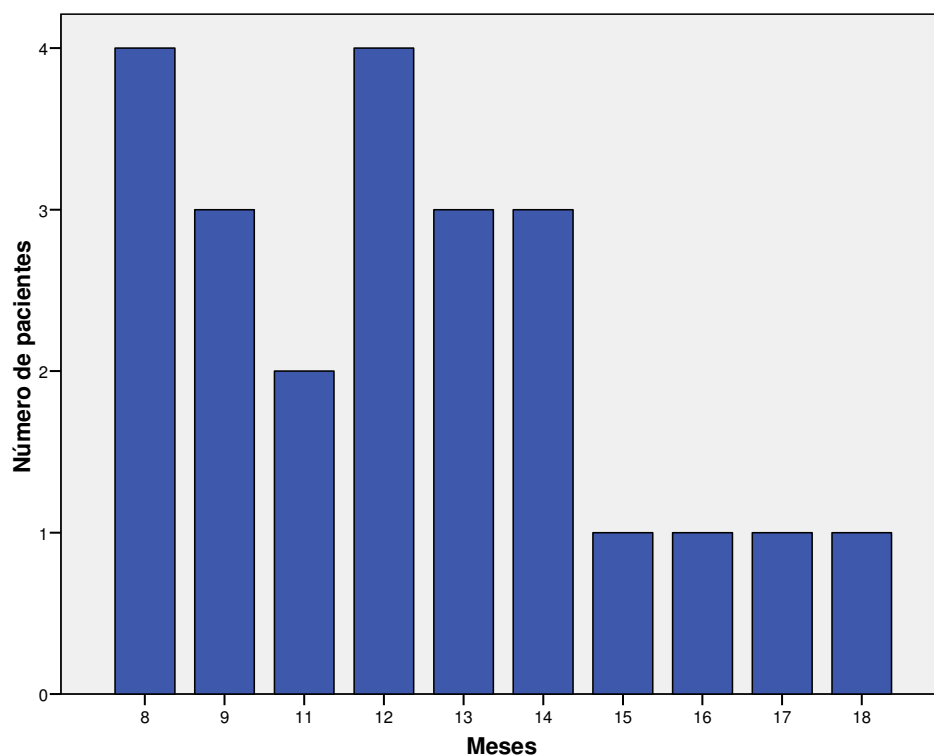
A média de internação foi de 12 dias e o seguimento médio pós-operatório de 17,2 meses.

5

Não houve diferença significativa da densidade óssea medida nos pacientes quando estratificados por sexo.

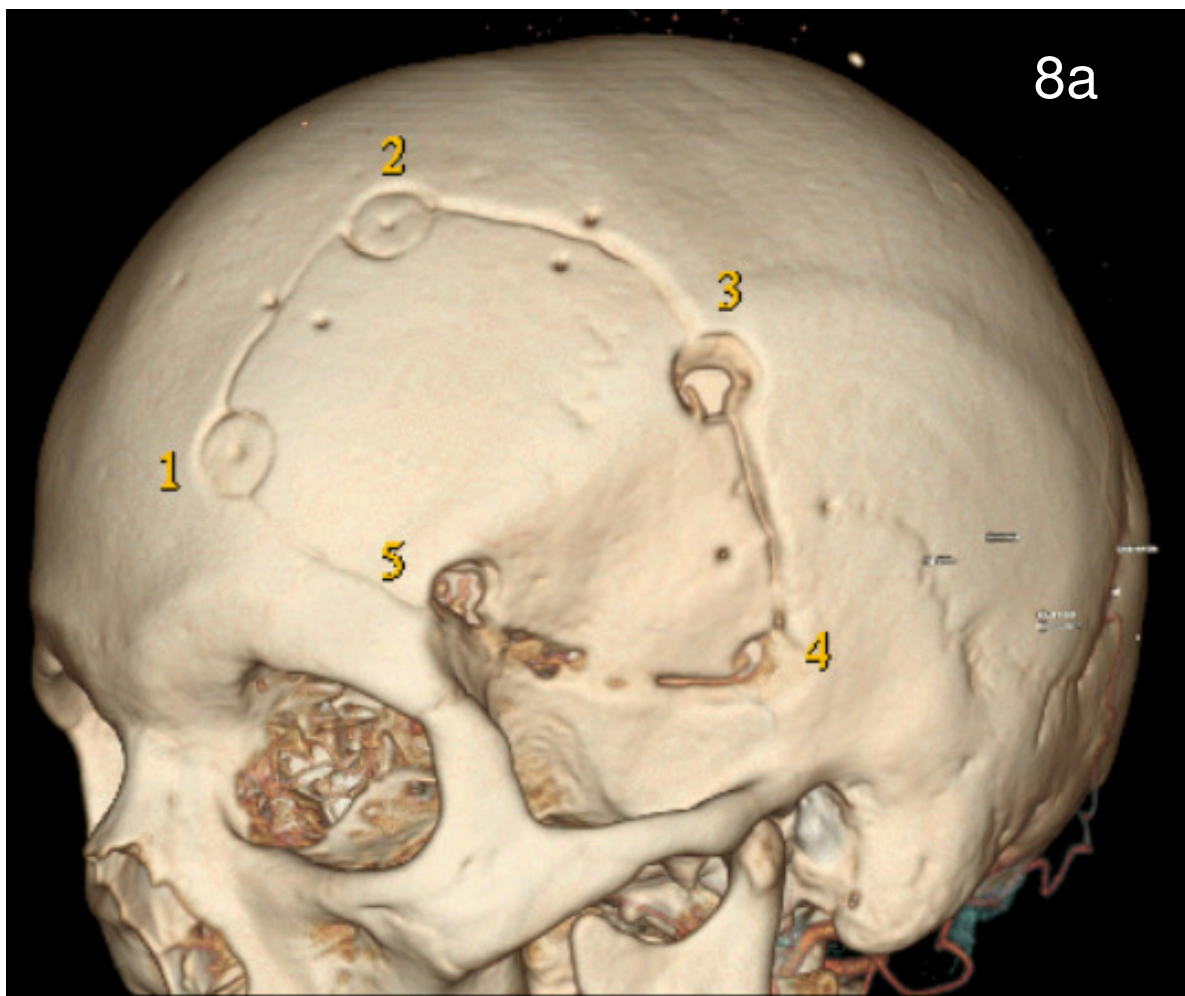
Não houve diferença significativa entre as médias das densidades ósseas entre os grupos estudados quando os mesmos foram estratificados pelas doenças correspondentes (teste de tukey,  $p = 0,9$ ).

O tempo de pós-operatório que foi realizada a TC foi em média de 12 meses (8-18 meses), figura 7.



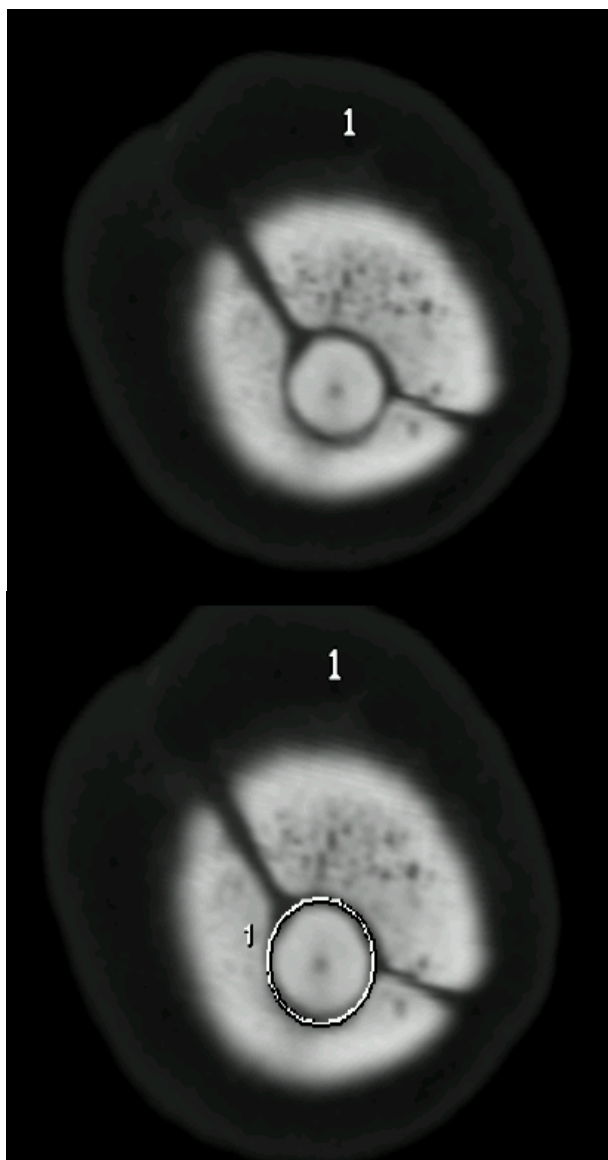
**Figura 7:** meses de pós-operatório em que foi realizada a tomografia de crânio com reconstrução tridimensional.

Os orifícios reconstruídos foram numerados e delimitados exatamente na área de reconstrução. A TC mediu a densidade óssea desse local, figura 8a - b.



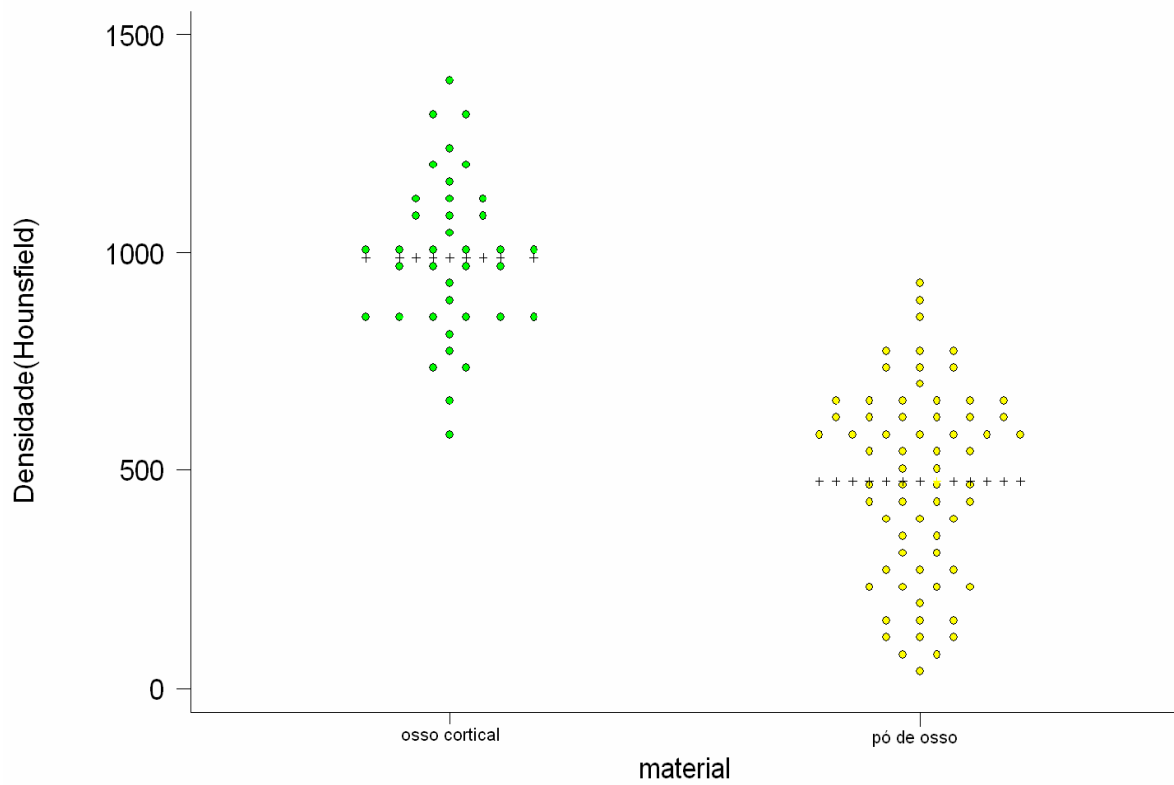
**Figura 8 a - b:** Numeração dos orifícios a serem medidos (8a) e delimitação do espaço a ser medido pela tomografia de crânio (8b).





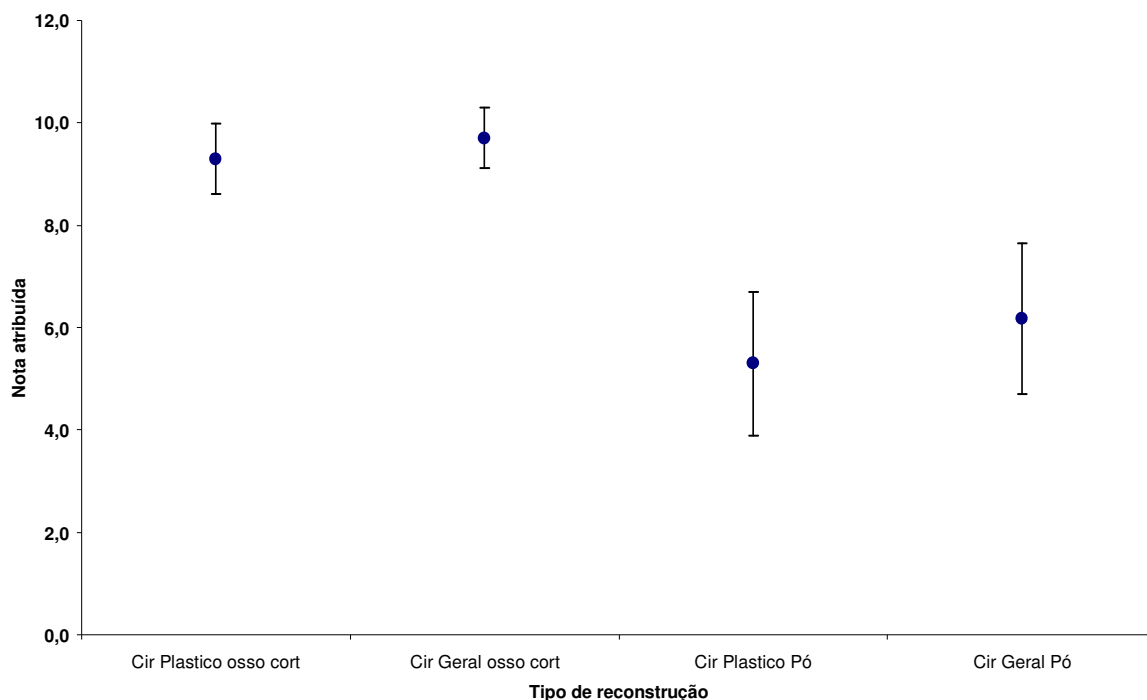
**Figura 8 a - b:** Numeração dos orifícios a serem medidos (8a) e delimitação do espaço a ser medido pela tomografia de crânio (8b)

A densidade óssea do defeito reconstruído foi medida mediante TC, com cálculo da média em unidades Hounsfield (HU), figura 9. A média das reconstruções com fragmento ósseo foi de  $987,01 \pm 172,6$  HU e do pó de osso foi de  $464,46 \pm 197,66$  HU. Essa diferença foi estatisticamente significativa ( $p < 0,001$ , teste t de Student,  $\alpha < 0,05$ ). Esses dados corroboram a superioridade do osso da lâmina interna em comparação ao pó de osso.



**Figura 9:** medidas do osso cortical e do pó de osso (média). Teste T pareado  $p < 0,001$ .

Na avaliação estética, cada especialista atribuiu uma nota mínima de zero e uma nota máxima de dez para cada orifício reconstruído em função da aparência da reconstrução, figura 10.



**Figura 10:** Nota atribuída pelos avaliadores para o aspecto estético da reconstrução com osso cortical (osso cort) e para o pó de osso (pó).

A média da nota atribuída pelos avaliadores para a aparência estética da reconstrução em cada grupo foi de 9,5 para o fragmento ósseo e de 5,7 para o pó de osso ( $p < 0,01$ , teste t pareado), Tabela II.

Tabela II: Médias das notas atribuídas pelos avaliadores para as reconstruções

Nota (0 - 10)	Fragmento ósseo	Pó de osso	p
Cirurgião geral	9,71	6,18	<0,001
Cirurgião plástico	9,29	5,29	<0,001
Média	9,5	5,73	< 0,001

O cirurgião geral atribuiu valores maiores para ambos os grupos e o cirurgião plástico valores menores também para ambos. Essa diferença não foi

estatisticamente significativa, figura 10. Não houve diferença significativa inter observador (teste correlação de Spearman).

Os locais com melhor aparência estética coincidiram com maior densidade óssea medida na TC.

## 5 COMPLICAÇÕES

### 5.1 COMPLICAÇÕES SISTÊMICAS

Foram documentadas complicações em seis pacientes durante o tratamento; descritas a seguir:

Vasoespasma	2 pacientes (8,6%)
Diabetes insípido	1 paciente (4,3%)
Hipertensão intracraniana	1 paciente (4,3%)
Distúrbio hidroeletrólítico	1 paciente (4,3%)
Pneumonia	1 paciente (4,3%)
Infecção do trato urinário	2 pacientes (8,6%)
Hidrocefalia	1 paciente (4,3%)
Meningite	1 paciente (4,3%)
Anemia	1 paciente (4,3%)

### 5.2 COMPLICAÇÕES CIRÚRGICAS

Hematoma no leito cirúrgico	1 paciente (4,3%)
-----------------------------	-------------------

## 6 CONDIÇÕES DA ALTA

As condições de alta dos 23 pacientes classificados segundo a escala de Glasgow foram:

Sem seqüelas	21 pacientes (91,3 %)
Seqüela moderada e vida independente	1 paciente (4,3 %)
Seqüela severa e vida dependente	1 paciente (4,3 %)

## 7 DISCUSSÃO

A amostra é composta por pacientes adultos (20 -70 anos), faixa etária onde a regeneração óssea é pequena quando comparada a crianças <sup>65, 66</sup>. Este fator é determinante para a produção da falha óssea (depressão) no local da trepanação. Esta falha crítica produz um modelo adequado para o estudo do preenchimento do defeito com osso de diferentes formas.

O predomínio de pacientes do sexo feminino reflete uma casualidade do período estudado e também a seleção das doenças.

O fato de alguns pacientes necessitarem uso de corticóide por período mais prolongado pode causar rarefação óssea e dificultar, ou diminuir, a reação de incorporação do enxerto <sup>67</sup>. Esse fator não se mostrou significativo na amostra estudada, tampouco se correlacionou às doenças envolvidas, e pode ser explicado pelo fato de que o tempo médio de utilização de corticóide foi de apenas 7,6 dias (4-19 dias). Este intervalo de utilização é curto para se esperar conseqüências na integração óssea. Para que isso ocorra, o uso de corticóide deve ser pelo menos três meses <sup>68, 69</sup>.

As comorbidades refletiram os fatores de risco envolvidos nas doenças que motivaram a indicação dos procedimentos nos pacientes estudados. Como a maioria dos pacientes apresentava doenças vasculares, os fatores de risco como hipertensão arterial sistêmica, tabagismo, dislipidemia e cardiopatia foram os achados mais comuns <sup>70-79</sup>.

O tempo de internação dos pacientes foi de 12 dias, ocasionado pelo maior número de pacientes com doenças vasculares, que demandam uma permanência hospitalar maior.

## 7.1 COMPLICAÇÕES SISTÊMICAS E CIRÚRGICAS

O vasoespasmó é uma complicação da hemorragia subaracnóidea (HSA) e está associado com o aumento da morbidade e mortalidade, mesmo após o tratamento cirúrgico dos aneurismas e das MAVs <sup>80</sup>. Em torno de 70% dos pacientes com HSA ocorre vasoespasmó clínico <sup>81</sup>. Dos seis pacientes com aneurisma roto, 2 (33 %) apresentaram vasoespasmó. Esses pacientes freqüentemente apresentam distúrbio hidroeletrólítico e hidrocefalia que ocorrem em torno de 20% <sup>80, 81</sup>. Essas complicações ficaram dentro do previsto para as doenças envolvidas. Outras complicações foram: pneumonia, infecção do trato urinário e meningite. Um paciente com hematoma epidural pós-operatório, não necessitou reintervenção, permanecendo no grupo estudado.

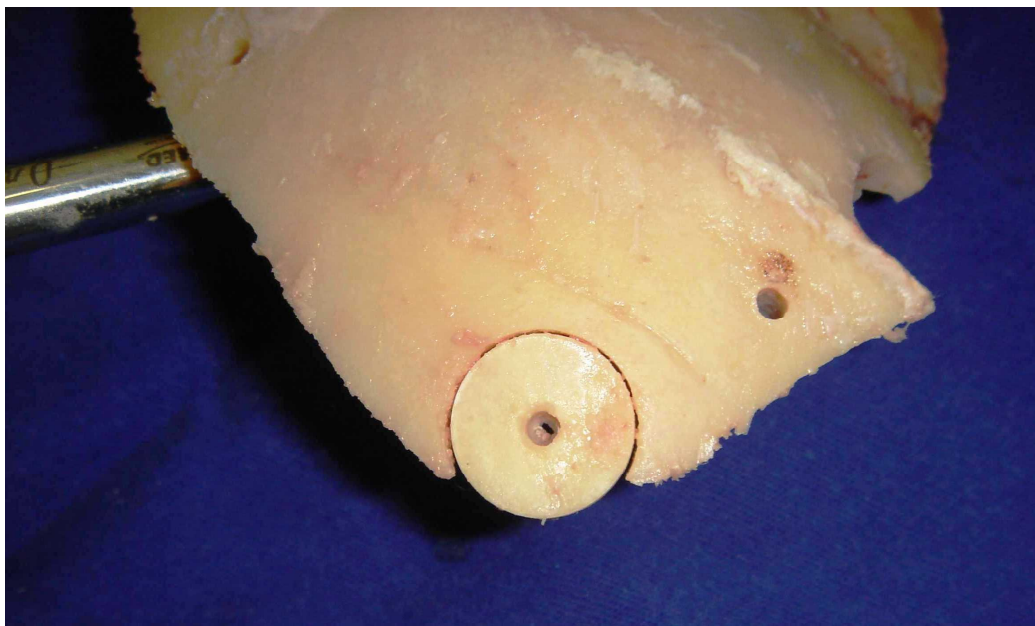
## 7.2 PROCEDIMENTO CIRÚRGICO

O material necessário é simples e conta com uma contribuição do autor. Para tal, foi desenvolvida uma trefina com 14 mm de diâmetro interno. Esta possui uma fenestração central onde foi acoplado um pino com o objetivo de fixá-la ao osso a ser perfurado. Esse mecanismo evita o deslizamento do instrumento, bem como a sua trepidação evitando com isso desgaste maior do que o necessário e conseqüentemente inutilização do material.

A confecção da trefina permite utilizá-la ou manualmente ou acoplada a uma furadeira elétrica. A confecção da trefina com diâmetro interno de 14 mm permitiu o ajuste perfeito do fragmento ósseo da lâmina interna no orifício de trepanação, realizada por broca *Aesculap* GB 305-R com 12 mm de diâmetro, figura 11.

Durante o procedimento, deve-se ter cuidado especial para que a perfuração atinja a díplóe. Caso contrário, o enxerto pode se fragmentar na retirada.





**Figura 11:** encaixe da pastilha óssea feita de lâmina da cortical interna.

A fixação dos enxertos ósseos pode ser realizada com fios de aço inoxidável ou placas de titânio, para reduzir a probabilidade de migração do enxerto. Entretanto, fios e placas de titânio impuro podem irritar os tecidos e causar artefatos nos exames tomográficos e de ressonância magnética <sup>82</sup>.

A broca de trepanação neurocirúrgica deixa um degrau onde o auto-enxerto pode repousar sem necessidade de fixação de qualquer natureza. Esse fator é de grande valia, pois diminui o custo do procedimento, já que não necessita de fios, ou de outros materiais de fixação.

Nenhum dos fragmentos ósseos implantados se deslocou durante o seguimento.

Foi tomado cuidado, durante a trepanação, com a irrigação da broca. Se a irrigação for insuficiente haverá liberação de calor, provocando necrose óssea e perda da vitalidade e viabilidade do material. Se a irrigação for demasiada, o pó de osso é lavado com conseqüente perda do material <sup>14</sup>.

A utilização de material autólogo vem sendo defendida por diversos autores por não desencadear reações de imunogenicidade e pelo baixo custo<sup>13, 29</sup>. O risco de transmissão de doenças infecciosas é nulo e não apresenta resposta imune após a implantação. O material autólogo apresenta capacidade osteocondutiva, osteoindutiva e propriedades osteogênicas ótimas; além disso, não apresenta morbidade no sítio doador nas cranioplastias, pois a tábua interna do crânio é a escolhida para doadora na reparação de pequenos defeitos, sem custos adicionais.

Em tempos de recursos médicos restritos, os aspectos monetários devem ser levados em consideração, especialmente onde os departamentos são responsáveis pelo seu próprio orçamento.

Fragmentos ósseos circulares já foram empregados na tentativa de reconstrução dos orifícios. Quando as trefinas eram utilizadas para a realização de craniotomias, Ray e Parsons<sup>52</sup> recolocaram o fragmento ósseo de espessura total retirado do local do orifício na região frontal de 50 pacientes. Essa técnica não é utilizada atualmente, por não se usar trefinas para as craniotomias devido ao risco de lesões ao cérebro subjacente. Esse sistema dificulta a fusão das margens do enxerto pelo desgaste realizado pela trefina e não apresentam superfície de contato e apoio o que demandaria fixação do mesmo com material aloplástico.

Woodroffe et. al.<sup>30</sup> utilizaram cartilagem proveniente de cadáveres para reconstruções cranianas, durante a primeira guerra mundial. Alguns pacientes apresentam problemas de aceitação e desconforto psicológico com enxertos provenientes de banco de osso e daqueles provenientes de cadáveres.

Cokluc et. al.<sup>57</sup> utilizou tábua interna do crânio para reconstrução dos orifícios de trepanação em dez pacientes. Com a utilização de uma serra (Midas Rex), bipartiu o osso retirado pela craniotomia e retirou um fragmento. Nesse fragmento, realizou uma perfuração e fixou com fios de náilon sobre o orifício causado pelo trépano. A técnica empregada no presente estudo não utiliza serras especiais; além disso, o fragmento ósseo é acoplado no orifício de

trepanação dispensando qualquer tipo de fixação. Na técnica utilizada por Cokluc et. al., não foi realizada nenhuma medida da densidade óssea, o número de pacientes foi pequeno, o acompanhamento fora de apenas três meses, e a estética também não foi avaliada.

Bostrom, et al.<sup>83</sup> reconstruíram também os orifícios de trepanação com pó de osso compactado em um instrumento desenvolvido especialmente para esse fim. Relataram bons resultados, mas não houve comparação com outro tipo de enxerto nem foi medida a densidade óssea; além disso, algumas vezes foi necessário à utilização de cola de fibrina para fixar os implantes, o que elevou o custo da reconstrução.

As condições de alta dos 23 pacientes foram favoráveis em 95,6 % dos casos. Desses pacientes, 75% voltaram às suas atividades habituais exercidas anteriormente, o que reforça a importância da reconstrução das deformidades causadas pelo trépano cirúrgico para a completa convivência social dos indivíduos operados.

Dentre as vantagens encontradas com a técnica empregada, citamos:

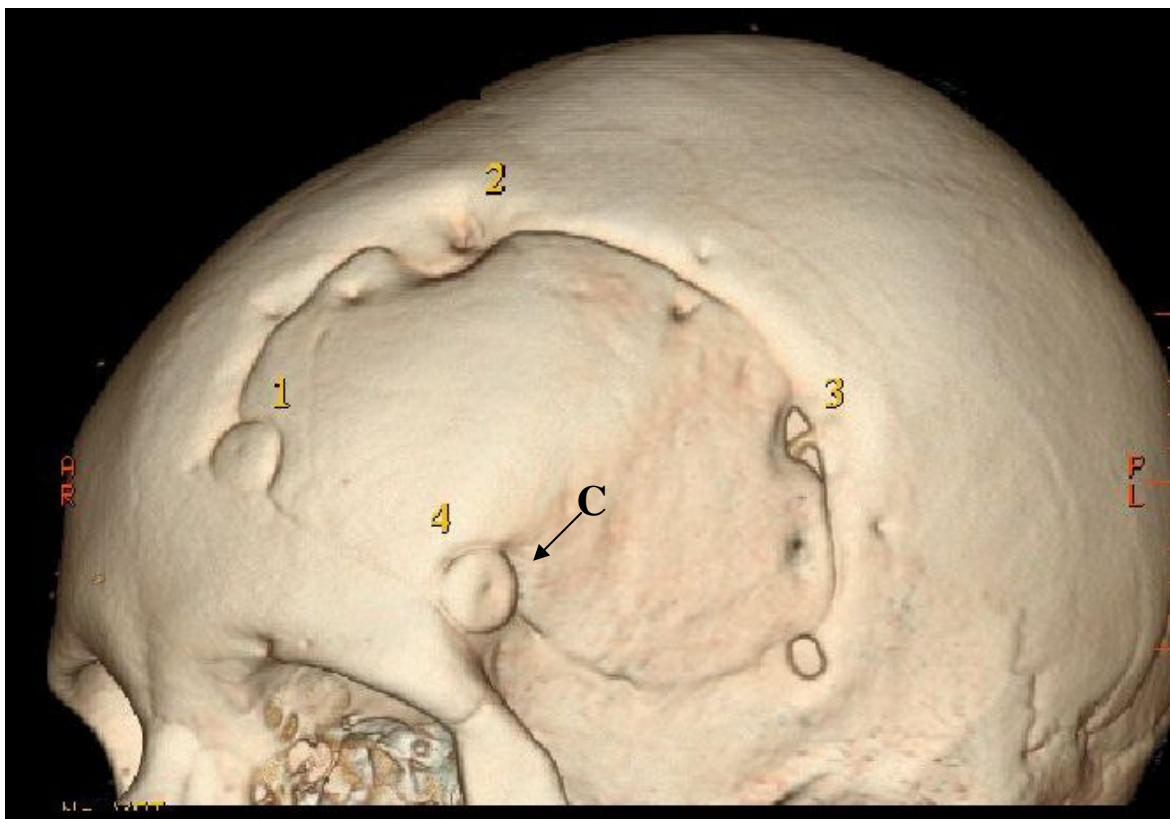
- A execução do procedimento é simples, rápida e segura, sem necessidade de equipamentos caros ou especiais.
- Quando a broca do trépano apresentar dimensões diferentes, a trefina pode ser confeccionada com essas dimensões, observando que o seu diâmetro interno seja igual ao do enxerto desejado.
- Não há morbidade no sítio doador, comum nos enxertos autólogos, pois o mesmo é retirado da porção interna do segmento ósseo, sem necessidade de incisão adicional.
- O cirurgião pode acompanhar a evolução da cranioplastia nos exames tomográficos de rotina de seus pacientes, solicitando apenas a reconstrução craniana, se assim o desejar.

O resultado desta análise evidencia uma melhor performance do enxerto de lâmina interna em relação ao pó de osso. Os benefícios para os pacientes são claros não sendo necessária incisão adicional, nem a utilização de materiais de cadáveres ou sintéticos. Diminui o risco de reação tipo corpo estranho e o resultado estético é significativamente melhor.

A aparência estética foi melhor nos pacientes onde as reconstruções foram realizadas com osso da lâmina interna, pois o pó de osso tem uma alta taxa de absorção, o que causa depressões, irregularidades e uma aparência estética pouco satisfatória.

A diferença entre as notas atribuídas pelos avaliadores pode ser explicada pelo olhar mais crítico sobre ambas as reconstruções quando realizada pelo cirurgião plástico e pela avaliação menos crítica realizada pelo cirurgião geral.

Outro local de difícil reconstrução é na região do “key hole” (orifício de trepanação anterior inferior da craniotomia frontotemporal). As depressões nessa região ficam evidentes quando o músculo temporal é delgado ou atrofia e tem sido alvo de preocupação de outros autores <sup>16, 17</sup>. O método ora empregado também propiciou a reconstrução desses orifícios sem dificuldades, figura 12.



**Figura 12:** Reconstrução na região do “key hole” com osso cortical (C).

### 7.3 A DENSIDADE ÓSSEA

Conforme Prolo et. al. <sup>53</sup>, na atualidade, a maior dificuldade para acessar o desenvolvimento biológico de ossos transplantados em humanos é a impossibilidade de quantificar os resultados. A análise do período necessário para a fusão das margens, o preenchimento do defeito e o grau de reorganização do osso neoformado é difícil em humanos, porque não é eticamente recomendável a retirada do enxerto para avaliar a sua integração. Para Prolo e Oklund <sup>35</sup>, a avaliação do local de reconstrução pela inspeção e pela palpação é um método grosseiro de aferição, permitindo apenas uma análise qualitativa.

A diversidade de métodos e materiais propostos para a reconstrução do crânio atesta a magnitude desse problema e justifica o engajamento na tentativa de resolução. Diversos autores têm se dedicado à resolução funcional e estética dos orifícios de craniotomias <sup>14, 16-19, 30, 52, 54, 55, 57, 84, 85</sup>.

Resultados satisfatórios com a utilização de implantes de cerâmica têm sido relatados por Yamashima <sup>19</sup>. A hidroxiapatita e o tântalo também apresentaram bons resultados, mas são materiais caros <sup>86</sup>.

Pó de osso adicionado à cola de fibrina (beriplast<sup>®</sup>) foi utilizado por Matsumoto et. al. <sup>54</sup>, para correção de defeitos causados pelo trepano cirúrgico em 92 pacientes. Esse método não foi comparado com outro tipo de reconstrução, sendo necessárias trepanações em outros locais para obter pó de osso que fora insuficiente para as reconstruções de todos os orifícios. Esse fato aliado à necessidade de utilização de pelo menos 2ml de cola de fibrina, além de não ser prático aumenta os custos do procedimento. Apesar dos autores afirmarem que a aparência estética foi favorável, eles não descrevem a metodologia empregada para essa afirmação.

Não existem estudos em humanos comparando o pó de osso e osso da lâmina interna, quanto à reabsorção e aparência estética. O presente estudo é pioneiro nessa comparação.

O osso autólogo para a reconstrução dos defeitos cranianos tem-se mostrado superior a outros materiais, e até mesmo a osso autólogo de outros sítios <sup>29, 87</sup>. Os ossos do crânio não sofrem absorção quando transplantados de outras áreas do crânio, isso pode eventualmente ocorrer quando se utiliza costela <sup>83</sup>.

A TC com reconstrução tridimensional vem sendo utilizada desde 1980, primeiro para visualização <sup>49, 88</sup>; mais recentemente, para a pré-fabricação de próteses <sup>89</sup> e planejamento pré-operatório em cirurgia craniofacial <sup>90</sup>, mas esta tecnologia ainda não tem sido totalmente explorada na prática clínica <sup>60</sup>.

A medida da densidade óssea pela TC já foi empregada previamente por Keyak et. al.<sup>91</sup> e por Levi et al.<sup>92</sup> para análise de densidade óssea de colo de fêmur de humanos. Mais recentemente, para emprego de implantes ortodônticos a densidade óssea também foi medida por Lee et. al.<sup>93</sup> e Turkyilmaz et al.<sup>94</sup>.

Tanto quanto sabemos, a medida da densidade óssea pela TC ainda não tinha sido empregada em neurocirurgia. Chen e Wang<sup>95</sup> utilizaram a tomografia com reconstrução tridimensional para averiguar a neoformação óssea em reconstruções onde utilizou matriz óssea desmineralizada perfurada e pó de osso. Neste estudo apenas comparou visualmente as reconstruções após o procedimento demonstrando novos locais de formação óssea. Com a técnica empregada no presente estudo, é possível não somente visibilizar, mas também quantificar a neoformação óssea.

A medida da densidade óssea pelo método tomográfico, com reconstrução, ora utilizado mostrou-se de grande valia, não é invasivo e não necessita contraste. O método detecta inclusive as saliências e reentrâncias da pele no local do enxerto. Este instrumento de avaliação permite, ainda, uma análise quantitativa da densidade óssea no sítio de implantação do enxerto.

Os exames tomográficos foram realizados por aparelho de múltiplos detectores "(multislices)", no modo 16 canais helicoidais; porém os exames podem ser realizados em qualquer tomógrafo helicoidal "single slice", com uma espessura de corte entre 0.5 e 1.2mm, e processados com o uso de "software de MPR" (multi-planar). Portanto, os resultados podem ser facilmente acompanhados mesmo em lugares com tecnologia menos avançada.

## 8 CONCLUSÕES

Os resultados do estudo permitem que se estabeleçam as seguintes conclusões:

- O enxerto autólogo da lâmina interna é adequado para a resolução estético-funcional dos defeitos causados pelo trépano cirúrgico.
- A técnica cirúrgica desenvolvida e a execução do procedimento é simples, rápida e segura, não necessitando de equipamentos caros ou especiais, nem de incisão adicional.
- A trefina desenvolvida mostrou-se eficaz à retirada do fragmento para subsequente implantação no local a ser reconstruído.
- A técnica de medida com a utilização de programa tomográfico mostrou-se satisfatória para documentar a diferença entre as densidades do pó de osso e do fragmento ósseo de lâmina interna, podendo ser uma alternativa para a aferição da integração ou neoformação óssea em cranioplastias.
- A quantidade de osso remanescente no local da implantação, aferido pela tomografia de crânio, foi significativamente superior com a técnica proposta quando comparado ao pó de osso.
- A aparência estética foi melhor naqueles orifícios com maior densidade óssea, evidenciando a superioridade da técnica empregada em relação ao pó de osso.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Finger S: **Origins of Neuroscience**. New York: Oxford University Press, 1994,
2. Ribas GC: Das trepanações pré-históricas à neuronavegação: evolução histórica das contribuições da neuroanatomia e das técnicas de neuroimagem à prática neurocirúrgica. **Arq Bras Neurocir** **25**:166-175, 2007
3. Lillie MC: Cranial surgery dates back to Mesolithic. **Nature** **391**:854, 1998
4. Alt KW, Jeunesse C, Buitrago-Tellez CH, et al: Evidence for stone age cranial surgery. **Nature** **387**:360, 1997
5. Sanan A, Haines SJ: Repairing holes in the head: a history of cranioplasty. **Neurosurgery** **40**:588-603, 1997
6. Lee C, Antonyshyn OM, Forrest CR: Cranioplasty: indications, technique, and early results of autogenous split skull cranial vault reconstruction. **J Craniomaxillofac Surg** **23**:133-142, 1995
7. Yaremchuk MJ: Surgical repair of major defects of the scalp and skull, in Henry H. Schmidek, David W. Roberts (eds): **operative neurosurgical techniques: indications, methods, and results**. Philadelphia: Elsevier, 2006, Vol 1, pp 15-30
8. Yaremchuk MJ: Facial skeletal reconstruction using porous polyethylene implants. **Plast Reconstr Surg** **111**:1818-1827, 2003
9. Cho YR, Gosain AK: Biomaterials in craniofacial reconstruction. **Clin Plast Surg** **31**:377-85, v, 2004
10. Dujovny M, Aviles A, Agner C, et al: Cranioplasty: cosmetic or therapeutic? **Surg Neurol** **47**:238-241, 1997
11. Manson PN, Crawley WA, Hoopes JE: Frontal cranioplasty: risk factors and choice of cranial vault reconstructive material. **Plast Reconstr Surg** **77**:888-904, 1986
12. Bauer TW, Muschler GF: Bone graft materials. An overview of the basic science. **Clin Orthop Relat Res** 10-27, 2000
13. Artico M, Ferrante L, Pastore FS, et al: Bone autografting of the calvaria and craniofacial skeleton: historical background, surgical results in a series of 15 patients, and review of the literature. **Surg Neurol** **60**:71-79, 2003
14. Vialogo JG: [Autogenic bone plug to seal burr holes: technical note]. **Arq Neuropsiquiatr** **57**:1041-1045, 1999

15. Broaddus WC, Holloway KL, Winters CJ, et al: Titanium miniplates or stainless steel wire for cranial fixation: a prospective randomized comparison. **J Neurosurg** **96**:244-247, 2002
16. Kobayashi S, Hara H, Okudera H, et al: Usefulness of ceramic implants in neurosurgery. **Neurosurgery** **21**:751-755, 1987
17. Koyama J, Hongo K, Iwashita T, et al: A newly designed key-hole button. **J Neurosurg** **93**:506-508, 2000
18. Tsuchimochi H, Nagasaka S, Yamada H, et al: [Cosmetic cranioplasty using the bone chips and Biobond (EDH-adhesive): technical note]. **No Shinkei Geka** **17**:457-459, 1989
19. Yamashima T: Reconstruction of surgical skull defects with hydroxylapatite ceramic buttons and granules. **Acta Neurochir (Wien)** **90**:157-162, 1988
20. Stark RB, Khoury F: **Plastic Surgery of the Head and Neck**. New York: Churchill Livingstone, 1987, p 3
21. Carod-Artal FJ, Vazquez-Cabrera CB: [Neurological paleopathology in the pre-Columbine cultures of the coast and the Andean plateau (II). The history of cranial trepanations]. **Rev Neurol** **38**:886-894, 2004
22. Grant CF, Norcross CN: Repair of cranial defects by cranioplasty. **Annals of surgery** **110**:488-512, 1939
23. Joffe JM, McDermott PJ, Linney AD, et al: Computer-generated titanium cranioplasty: report of a new technique for repairing skull defects. **Br J Neurosurg** **6**:343-350, 1992
24. Kubler N, Michel C, Zoller J, et al: Repair of human skull defects using osteoinductive bone alloimplants. **J Craniomaxillofac Surg** **23**:337-346, 1995
25. Miyake H, Ohta T, Tanaka H: A new technique for cranioplasty with L-shaped titanium plates and combination ceramic implants composed of hydroxyapatite and tricalcium phosphate (Cerattice). **Neurosurgery** **46**:414-418, 2000
26. Moss SD, Joganic E, Manwaring KH, et al: Transplanted demineralized bone graft in cranial reconstructive surgery. **Pediatr Neurosurg** **23**:199-204, 1995
27. Stevenson S: Enhancement of fracture healing with autogenous and allogeneic bone grafts. **Clin Orthop Relat Res** **S239-S246**, 1998
28. Vanaclocha V, Bazan A, Saiz-Sapena N, et al: Use of frozen cranial vault bone allografts in the repair of extensive cranial bone defects. **Acta Neurochir (Wien)** **139**:653-660, 1997

29. Viterbo F, Palhares A, Modenese E: Cranioplasty: the autograft option. **J Craniofac Surg** 6:80-83, 1995
30. Woodroffe HL: The reparation of cranial defects by means of cartilaginous grafts. **Br J Surg** 5:42-52, 1917
31. Fulcher OH: Tantalum as a metallic implant to repair cranial defects. **JAMA** 121:931-933, 1943
32. Pudenz RH: The repair of cranial defects with tantalum: An experimental study. **JAMA** 121:478-481, 1943
33. Gosain AK: Biomaterials for reconstruction of the cranial vault. **Plast Reconstr Surg** 116:663-666, 2005
34. Simpson D: TITANIUM IN CRANIOPLASTY. **J Neurosurg** 22:292-293, 1965
35. Prolo DJ, Oklund SA: The use of bone grafts and alloplastic materials in cranioplasty. **Clin Orthop Relat Res** 270-278, 1991
36. Simpson D: TITANIUM IN CRANIOPLASTY. **J Neurosurg** 22:292-293, 1965
37. Replogle RE, Lanzino G, Francel P, et al: Acrylic cranioplasty using miniplate struts. **Neurosurgery** 39:747-749, 1996
38. Courtemanche AD, Thompson GB: Silastic cranioplasty following cranio-facial injuries. **Plast Reconstr Surg** 41:165-170, 1968
39. Winkler PA, Herzog C, Weiler C, et al: Foreign-body reaction to silastic burr-hole covers with seroma formation: case report and review of the literature. **Pathol Res Pract** 196:61-66, 2000
40. Goldblum RM, Pelley RP, O'Donnell AA, et al: Antibodies to silicone elastomers and reactions to ventriculoperitoneal shunts. **Lancet** 340:510-513, 1992
41. Benjamin E, Ahmed A, Rashid AT, et al: Silicone lymphadenopathy: a report of two cases, one with concomitant malignant lymphoma. **Diagn Histopathol** 5:133-141, 1982
42. Srinivasan S, Singh AK, Desai SP, et al: Foreign body episcleral granulomas complicating intravitreal silicone oil tamponade: a clinicopathological study. **Ophthalmology** 110:1837-1840, 2003
43. Gosain AK, Riordan PA, Song L, et al: A 1-year study of osteoinduction in hydroxyapatite-derived biomaterials in an adult sheep model: part II. Bioengineering implants to optimize bone replacement in reconstruction of cranial defects. **Plast Reconstr Surg** 114:1155-1163, 2004

44. Gosain AK, Persing JA: Biomaterials in the face: benefits and risks. **J Craniofac Surg** **10**:404-414, 1999
45. Chiarini L, Figurelli S, Pollastri G, et al: Cranioplasty using acrylic material: a new technical procedure. **J Craniomaxillofac Surg** **32**:5-9, 2004
46. Eufinger H, Wehmoller M, Machtens E, et al: Reconstruction of craniofacial bone defects with individual alloplastic implants based on CAD/CAM-manipulated CT-data. **J Craniomaxillofac Surg** **23**:175-181, 1995
47. Wehmoller M, Eufinger H, Kruse D, et al: CAD by processing of computed tomography data and CAM of individually designed prostheses. **Int J Oral Maxillofac Surg** **24**:90-97, 1995
48. Fallahi B, Foroutan M, Motavalli S, et al: Computer-aided manufacturing of implants for the repair of large cranial defects: an improvement of the stereolithography technique. **Neurol Res** **21**:281-286, 1999
49. Knapp RH, Vannier MW, Marsh JL: Generation of three dimensional images from CT scans: technological perspective. **Radiol Technol** **56**:391-398, 1985
50. Psillakis JM, Nocchi VL, Zanini SA: Repair of large defect of frontal bone with free graft of outer table of parietal bones. **Plast Reconstr Surg** **64**:827-830, 1979
51. Santoni-Rugiu P: Repair of skull defects by outer table osteoperiosteal free grafts. **Plast Reconstr Surg** **43**:157-161, 1969
52. Ray, B. S. and Parsons, H. The replacement of free bone plates in routine craniotomies. 1947.  
Ref Type: Conference Proceeding
53. Prolo DJ, Gutierrez RV, DeVine JS, et al: Clinical utility of allogeneic skull discs in human craniotomy. **Neurosurgery** **14**:183-186, 1984
54. Matsumoto K, Kohmura E, Kato A, et al: Restoration of small bone defects at craniotomy using autologous bone dust and fibrin glue. **Surg Neurol** **50**:344-346, 1998
55. Schantz JT, Lim TC, Ning C, et al: Cranioplasty after trephination using a novel biodegradable burr hole cover: technical case report. **Neurosurgery** **58**:ONS-E176, 2006
56. Couldwell WT, Chen TC, Weiss MH, et al: Cranioplasty with the Medpor porous polyethylene flexblock implant. Technical note. **J Neurosurg** **81**:483-486, 1994
57. Cokluk C, Senel A, Iyigun O, et al: Reconstruction of burr hole by using autologous button-shaped graft harvested from inner table of craniotomy

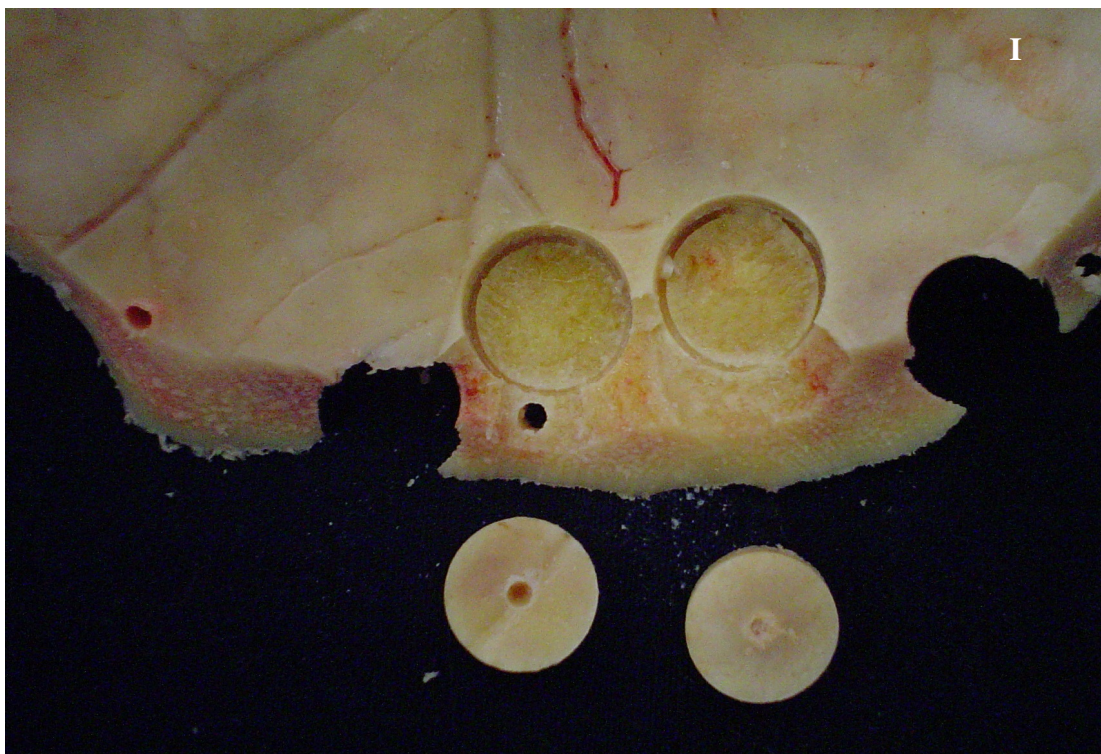
- flap: technique and clinical result. **Minim Invasive Neurosurg** **46**:372-373, 2003
58. Fukuta K, Har-Shai Y, Collares MV, et al: Comparison of inorganic bovine bone mineral particles with porous hydroxyapatite granules and cranial bone dust in the reconstruction of full-thickness skull defect. **J Craniofac Surg** **3**:25-29, 1992
  59. Kyoshima K, Gibo H, Kobayashi S, et al: Cranioplasty with inner table of bone flap. Technical note. **J Neurosurg** **62**:607-609, 1985
  60. Chim H, Schantz JT: New frontiers in calvarial reconstruction: integrating computer-assisted design and tissue engineering in cranioplasty. **Plast Reconstr Surg** **116**:1726-1741, 2005
  61. Wolfe SA: Autogenous bone grafts versus alloplastic material in maxillofacial surgery. **Clin Plast Surg** **9**:539-540, 1982
  62. Nidoli MC, Nielsen FF, Melsen B: Endochondral vs. intramembranous demineralized bone matrices as implants for osseous defects. **J Craniofac Surg** **10**:177-185, 1999
  63. Hardin CK: Banked bone. **Otolaryngol Clin North Am** **27**:911-925, 1994
  64. Healy KE, Ducheyne P: Hydration and preferential molecular adsorption on titanium in vitro. **Biomaterials** **13**:553-561, 1992
  65. Gallagher DA, Sturrock A: Corticosteroid-induced osteoporosis in neurology patients. **Clin Neurol Neurosurg** **109**:218-219, 2007
  66. Ungprasert S, Wangkaew S, Louthrenoo W: Physician's awareness of the prevention of corticosteroid induced osteoporosis. **J Med Assoc Thai** **90**:59-64, 2007
  67. Compeyrot-Lacassagne S, Tyrrell PN, Atenafu E, et al: Prevalence and etiology of low bone mineral density in juvenile systemic lupus erythematosus. **Arthritis Rheum** **56**:1966-1973, 2007
  68. Van Staa TP, Leufkens HG, Cooper C: The epidemiology of corticosteroid-induced osteoporosis: a meta-analysis. **Osteoporos Int** **13**:777-787, 2002
  69. Lozsadi DA, Peters G, Sadik HY, et al: Prevention of osteoporosis in glucocorticoid-treated neurology patients. **Clin Neurol Neurosurg** **108**:157-162, 2006
  70. Harrod CG, Bendok BR, Batjer HH: Prediction of cerebral vasospasm in patients presenting with aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a review. **Neurosurgery** **56**:633-654, 2005
  71. Aiba T, Tanaka R, Koike T, et al: Natural history of intracranial cavernous malformations. **J Neurosurg** **83**:56-59, 1995

72. Bonita R, Thomson S: Subarachnoid hemorrhage: epidemiology, diagnosis, management, and outcome. **Stroke** **16**:591-594, 1985
73. Bonita R: Cigarette smoking, hypertension and the risk of subarachnoid hemorrhage: a population-based case-control study. **Stroke** **17**:831-835, 1986
74. Brown RD, Jr., Flemming KD, Meyer FB, et al: Natural history, evaluation, and management of intracranial vascular malformations. **Mayo Clin Proc** **80**:269-281, 2005
75. Juvela S, Porras M, Poussa K: Natural history of unruptured intracranial aneurysms: probability and risk factors for aneurysm rupture. **Neurosurg Focus** **8**:review, 2000
76. Juvela S: Cigarette smoking and death following subarachnoid hemorrhage. **J Neurosurg** **95**:551-554, 2001
77. Juvela S: Risk factors for aneurysmal subarachnoid hemorrhage. **Stroke** **33**:2152-2153, 2002
78. Juvela S: Natural history of unruptured intracranial aneurysms: risks for aneurysm formation, growth, and rupture. **Acta Neurochir Suppl** **82**:27-30, 2002
79. Juvela S: Hypertension and aneurysmal subarachnoid hemorrhage. **Wien Klin Wochenschr** **114**:285-286, 2002
80. Haley EC, Jr., Kassell NF, Torner JC: The International Cooperative Study on the Timing of Aneurysm Surgery. The North American experience. **Stroke** **23**:205-214, 1992
81. Dorai Z, Hynan LS, Kopitnik TA, et al: Factors related to hydrocephalus after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. **Neurosurgery** **52**:763-769, 2003
82. Shaffrey ME, Persing JA, Shaffrey Ci, et al: Craniofacial Reconstruction, in Michael L.J.Apuzzo (ed): **Brain Surgery:Complication avoidance and management**. Los Angeles, California: Churchill Livingstone, 1993, pp 1373-1398
83. Bostrom S, Zsigmond P, Karlsson A, et al: A new bone dust packer for use in neurosurgery. **Acta Neurochir (Wien)** **141**:183-185, 1999
84. Bostrom S, Kourtopoulos H, Nilsson I: Reconstruction of craniotomy burr-holes with autologous bone blugs made by a new hole-saw. **Acta Neurochir (Wien)** **105**:132-134, 1990
85. Dujovny M, Aviles A, Cuevas P: Bone-like polyethelyne burr-hole cover. **Neurol Res** **27**:333-334, 2005

86. Kveton JF, Friedman CD, Costantino PD: Indications for hydroxyapatite cement reconstruction in lateral skull base surgery. **Am J Otol** **16**:465-469, 1995
87. Edwards MS, Ousterhout DK: Autogeneic skull bone grafts to reconstruct large or complex skull defects in children and adolescents. **Neurosurgery** **20**:273-280, 1987
88. Marsh JL, Vannier MW: The "third" dimension in craniofacial surgery. **Plast Reconstr Surg** **71**:759-767, 1983
89. Vannier MW, Marsh JL, Warren JO: Three dimensional CT reconstruction images for craniofacial surgical planning and evaluation. **Radiology** **150**:179-184, 1984
90. Cutting C, Bookstein FL, Grayson B, et al: Three-dimensional computer-assisted design of craniofacial surgical procedures: optimization and interaction with cephalometric and CT-based models. **Plast Reconstr Surg** **77**:877-887, 1986
91. Keyak JH, Meagher JM, Skinner HB, et al: Automated three-dimensional finite element modelling of bone: a new method. **J Biomed Eng** **12**:389-397, 1990
92. Levi N, Ingles A, Jr., Klyver H, et al: Fracture of the femoral neck: optimal screw position and bone density determined by computer tomography. **Injury** **27**:287-289, 1996
93. Lee S, Gantes B, Riggs M, et al: Bone density assessments of dental implant sites: 3. Bone quality evaluation during osteotomy and implant placement. **Int J Oral Maxillofac Implants** **22**:208-212, 2007
94. Turkyilmaz I, Tozum TF, Tumer C: Bone density assessments of oral implant sites using computerized tomography. **J Oral Rehabil** **34**:267-272, 2007
95. Chen TM, Wang HJ: Cranioplasty using allogeneic perforated demineralized bone matrix with autogenous bone paste. **Ann Plast Surg** **49**:272-277, 2002

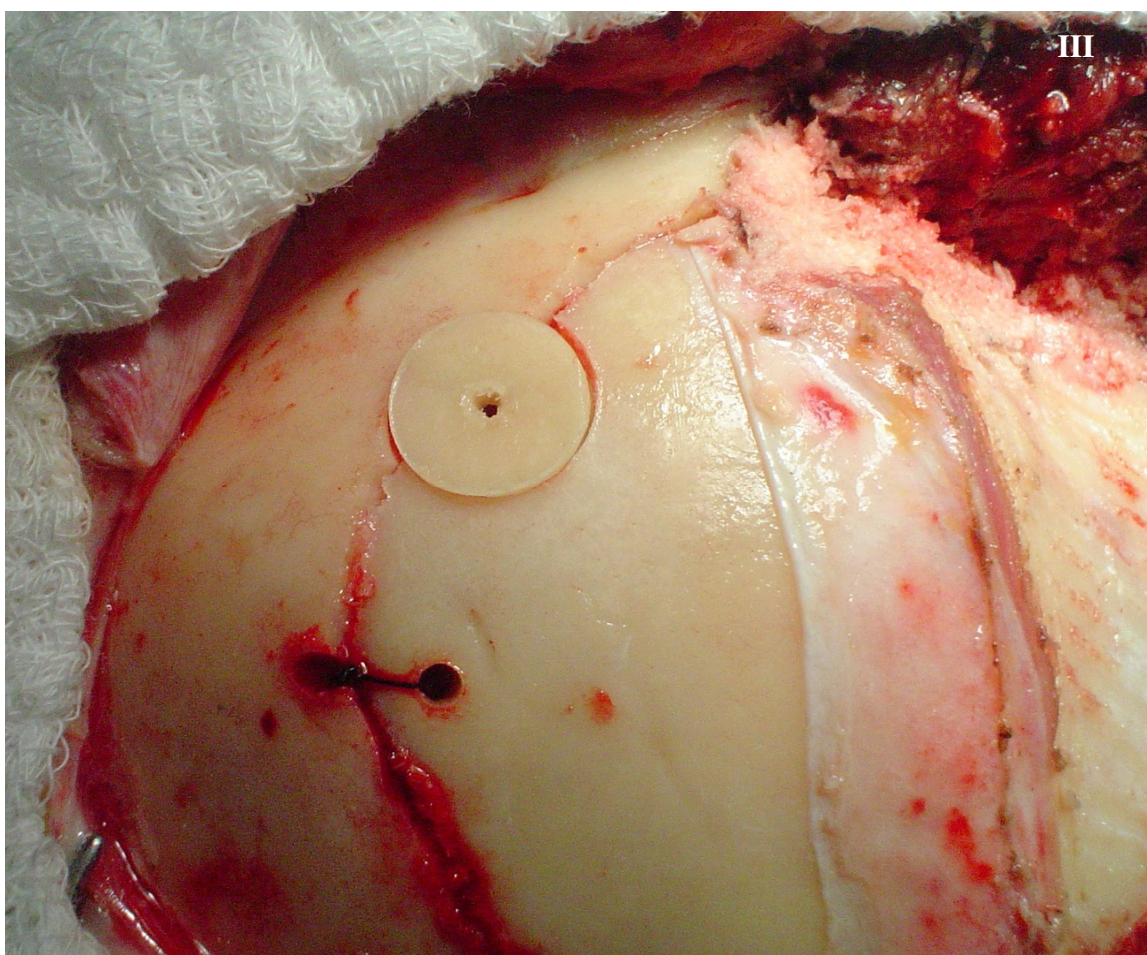
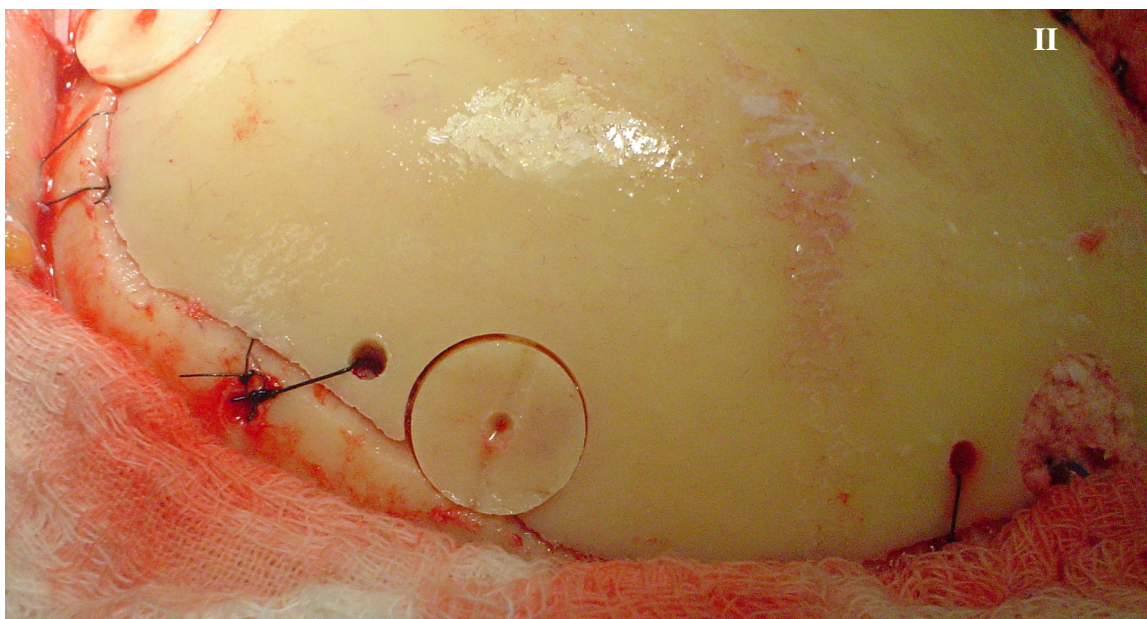
## ANEXO 1 - FIGURAS ILUSTRATIVAS DO PACIENTE NÚMERO 12

O paciente foi submetido a duas abordagens cirúrgicas, com reconstrução bilateral dos orifícios e trepanação.

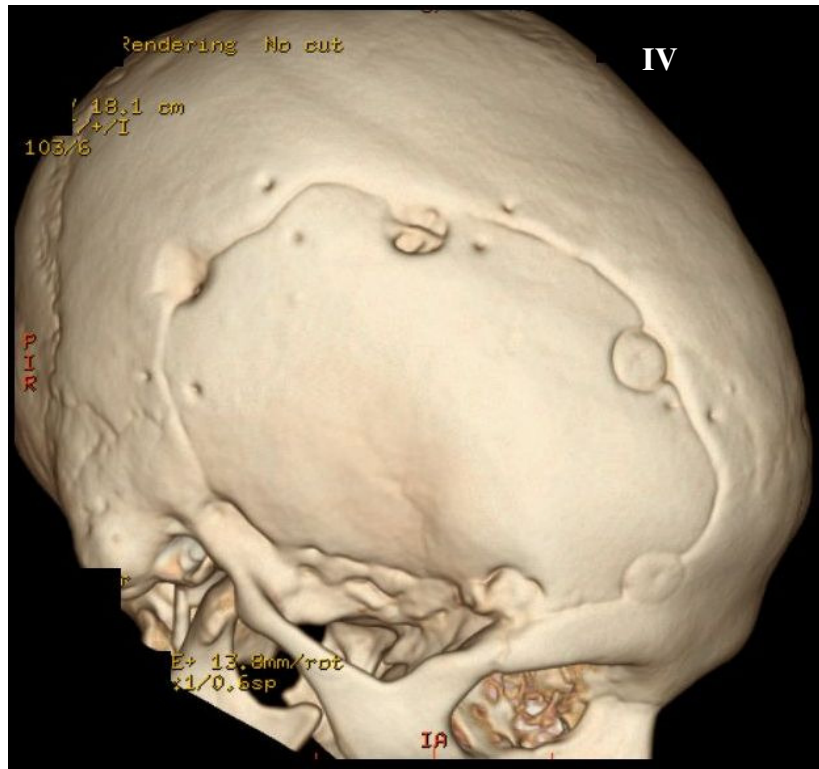


I - Retirada das pastilhas ósseas.





II e III - Colocação dos enxertos nos locais trepanados

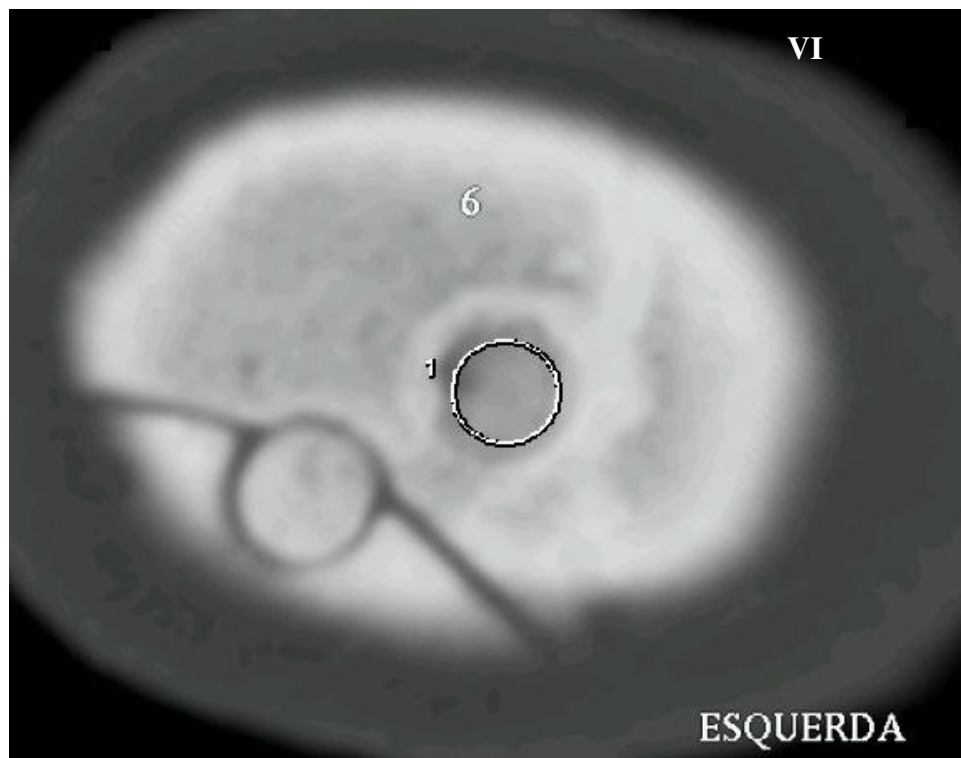


IV - TC com reconstrução do lado direito

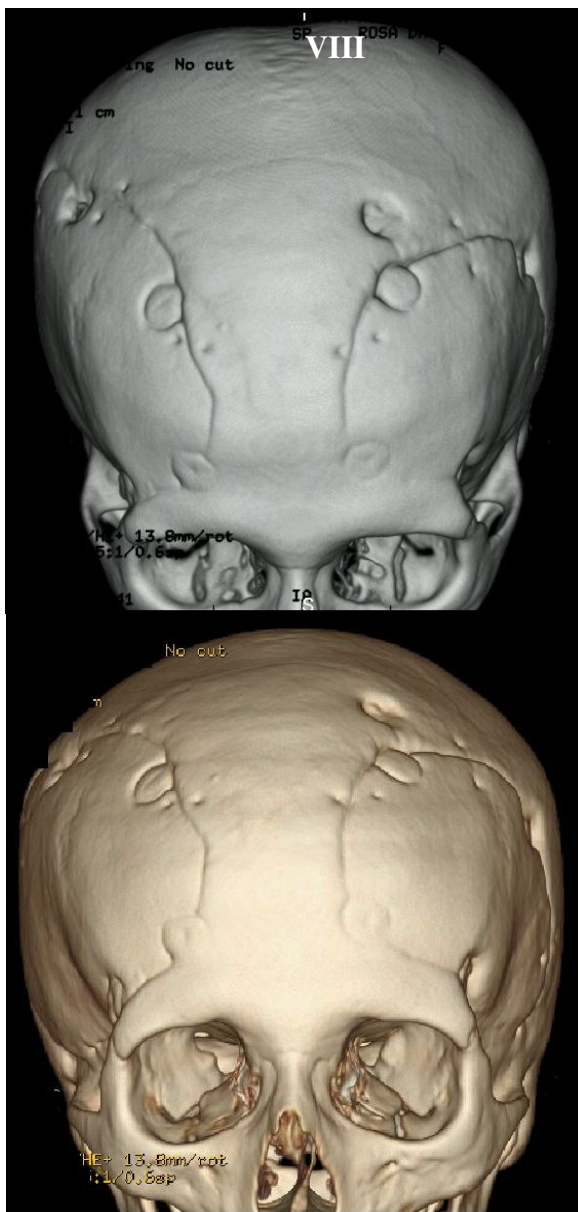


V-TC com reconstrução do lado esquerdo

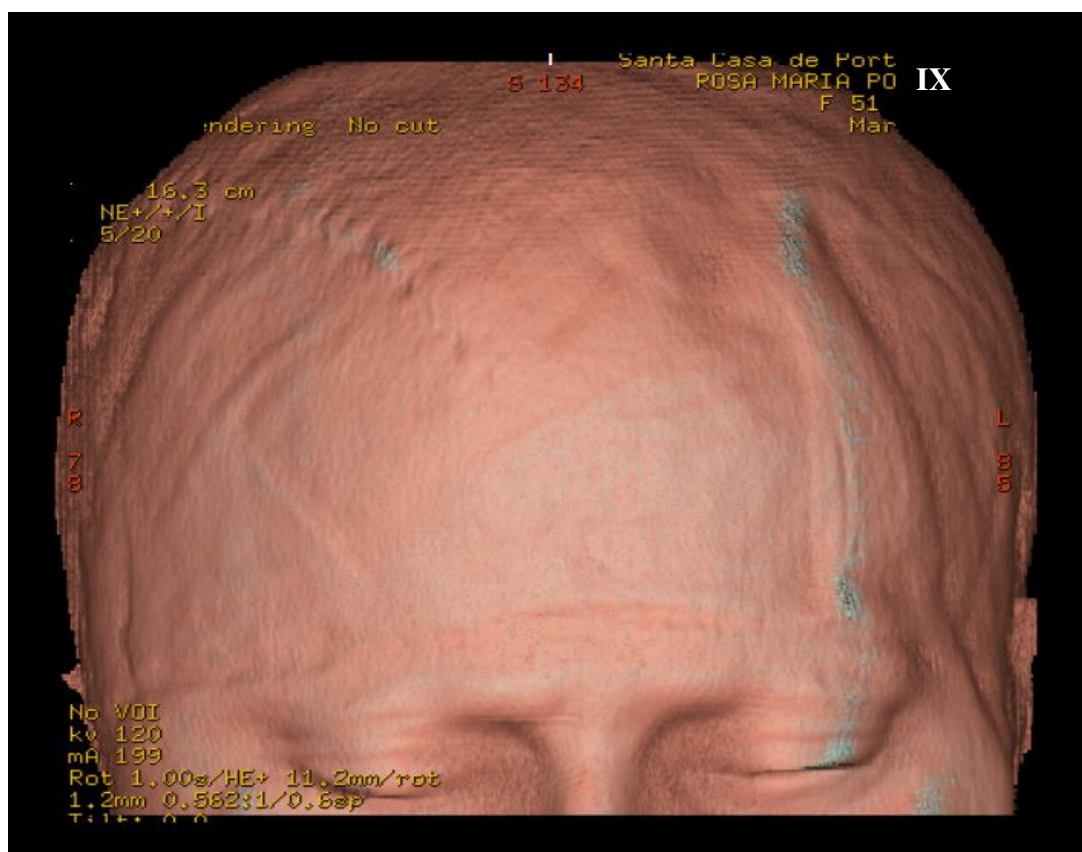




VI e VII - Demarcação dos espaços aferidos pela TC



VIII - Reconstrução tomográfica em três dimensões

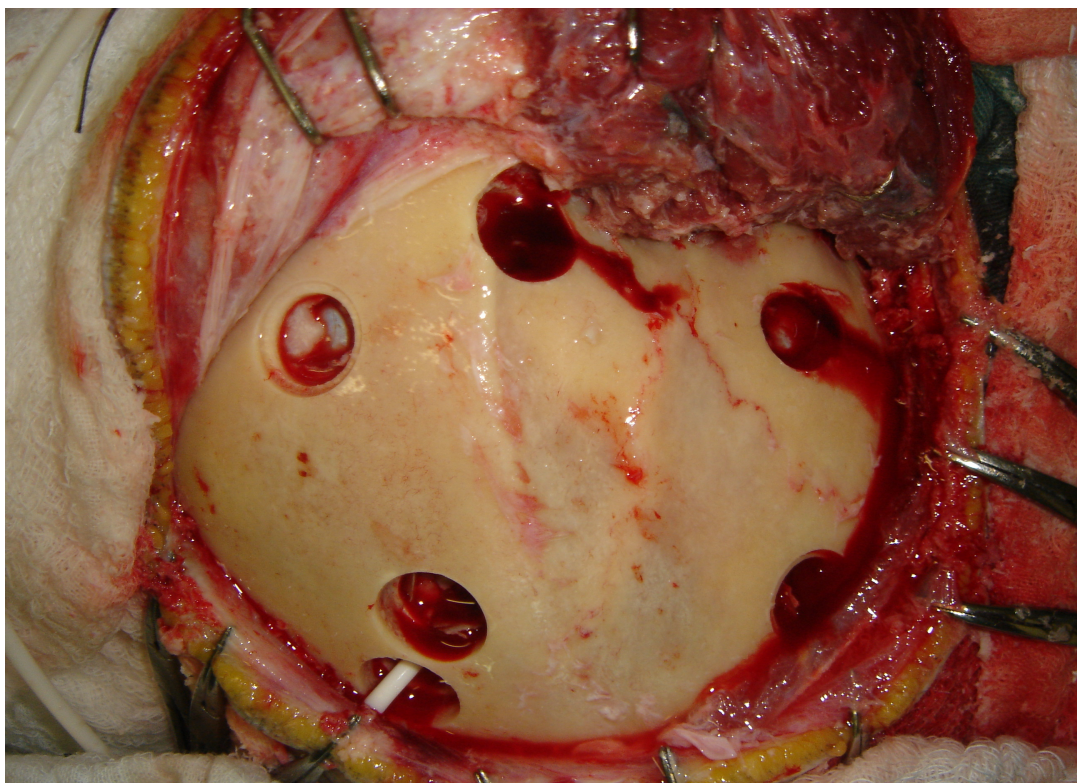


IX - Reconstrução tomográfica com aposição de partes moles.

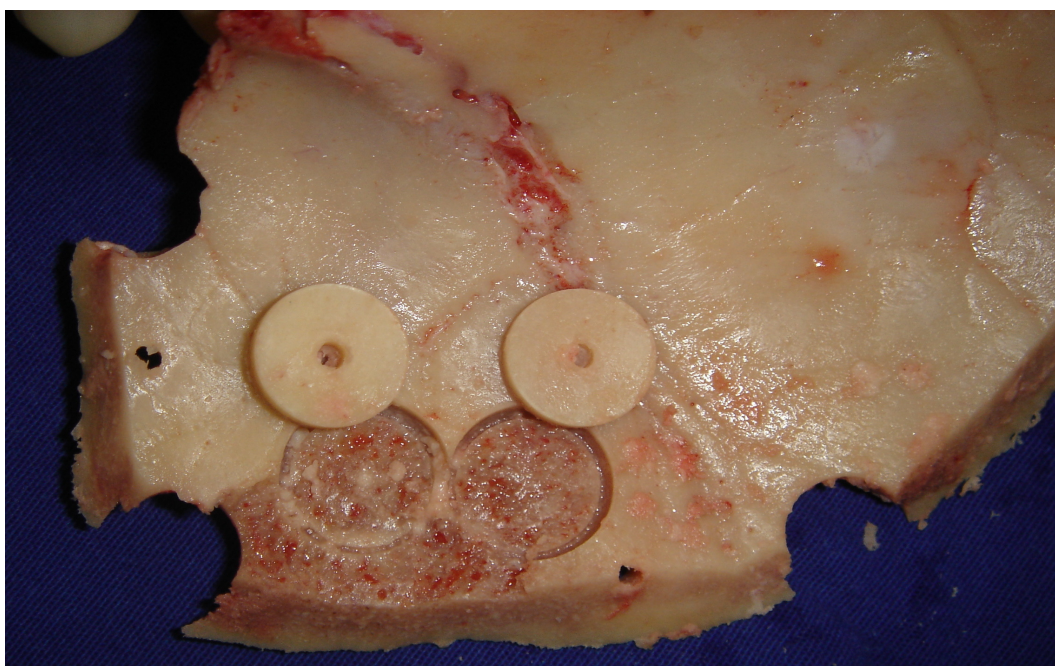


X - Fotografia da paciente cinco meses após a última reconstrução, mostrando a região frontal sem evidências de depressões nos locais reconstruídos.



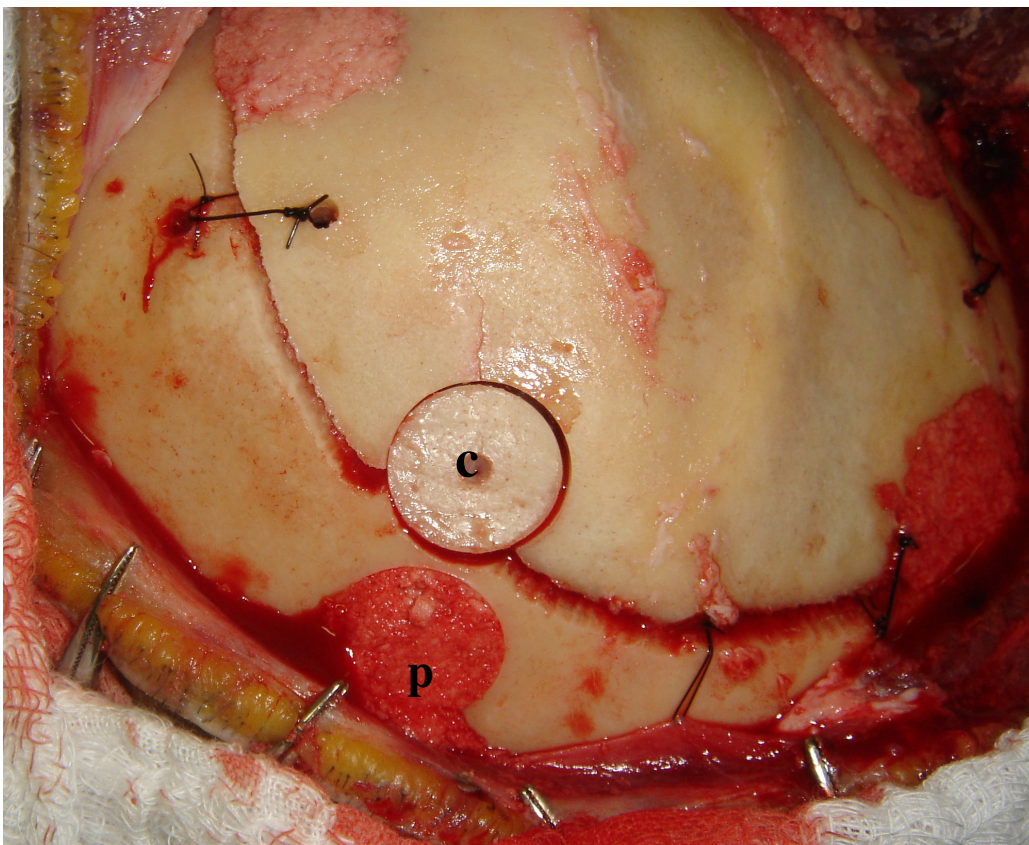
**ANEXO 2 - FIGURAS ILUSTRATIVAS DO PACIENTE NÚMERO 20**

I – Foto evidenciando os orifícios de trepanação antes da reconstrução.

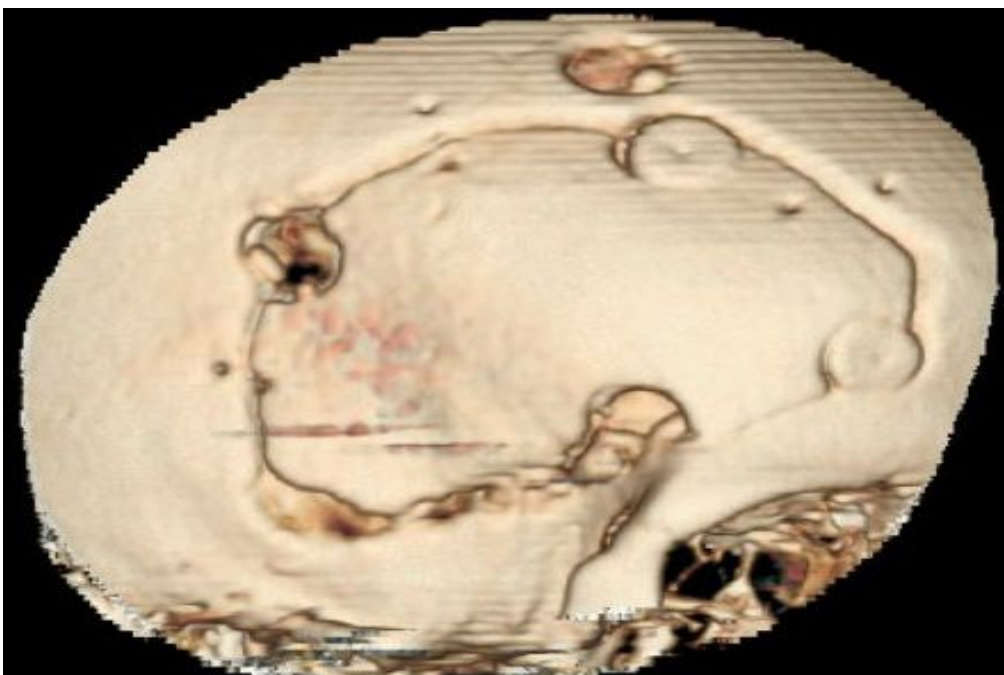


II - Retirada das pastilhas ósseas.





III – Reconstrução dos orifícios com pó (P) de osso e osso cortical (C).



IV – Reconstrução tomográfica do crânio evidenciando a reconstrução dos orifícios e a absorção do pó de osso.





V – Fotografia demonstrando a depressão no local reconstruído com pó de osso.

## **TERMO DE CONSENTIMENTO ESCLARECIDO**

Quando se faz necessário a abertura da cabeça para a realização de cirurgia no cérebro, são realizados alguns buracos no osso para que se possa serrá-lo e então retirá-lo para fazer-se a cirurgia. Esses locais onde se realiza os buracos podem ser sentidos quando se palpa a cabeça, ou vistos quando esses ficam fora do couro cabeludo. Para tentar evitar essa alteração, que sempre acontece quando se realiza a cirurgia na cabeça, pretendemos, colocar um pedacinho do próprio osso nos buracos, que será cortado da parte de dentro do mesmo, sem que isso cause qualquer perda ou que apareça na cabeça já que a parte interna que é retirada. A esse procedimento estamos atribuindo o nome de “REPARO DO DEFEITO ÓSSEO NA TREPANAÇÃO CRANIANA”. ESTUDO COMPARATIVO MORFOLÓGICO E TOMOGRÁFICO. Esse procedimento não aumenta o corte, e não traz nenhum tipo de risco ou desconforto, já que é usado de rotina quando se quer reconstruir partes de osso perdidas em acidentes, retiradas por cirurgias, ou no tratamento de crianças com alterações cranianas. O que se tem usado até então, é o farelo de osso que sai na hora que se fura o mesmo, mas ele em muitos casos “murcha” muito e o buraco aparece alguns meses após a cirurgia, mas é o que se tem e o que se utiliza. Também pode ser utilizado botão de silicone, que não é fornecido para o SUS nem coberto pela maioria dos convênios. O benefício esperado com isso é que essas depressões no crânio não ocorram, ou se ocorrerem que sejam menores, principalmente nas áreas que apareçam. A avaliação será feita com uma radiografia e uma tomografia de crânio que é feita de rotina nos pós-operatório e será complementada com uma reconstrução da parte óssea para averiguar a formação do calo ósseo ou não.

Pelo presente consentimento esclarecido, declaro que fui esclarecido de forma clara e detalhada, livre de qualquer forma de constrangimento e coerção, dos objetivos, da justificativa, dos procedimentos que serei submetido, dos riscos, desconfortos e benefícios do presente projeto de pesquisa, assim como dos procedimentos alternativos aos quais poderia ser submetido, todos acima listados.

Fui igualmente, informado:

Da garantia de receber resposta a qualquer pergunta ou esclarecimentos a qualquer dúvida a cerca dos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados com a pesquisa;

Da liberdade de retirar meu consentimento, a qualquer momento, e deixar de participar do estudo, sem que isto me traga prejuízo à continuação do meu cuidado e tratamento;

De não incorrer sobre qualquer tipo de custo, de ter assegurada minha privacidade e de ter informação atualizada sempre que julgar necessária.

Os pesquisadores responsáveis por esse projeto de pesquisa são Dr Paulo Worm, Dr Nelson Pires Ferreira, Dr Marcos Collares, Dr Marcelo Ferreira (fone: 3214 8207), tendo este documento sendo revisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa desta instituição de atenção a saúde em \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_.

Data \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Nome e assinatura do paciente:

\_\_\_\_\_  
Nome e assinatura do responsável, quando for o caso.

---

OBS: O presente documento, baseado no item IV Diretrizes e Normas Regulamentadoras para Pesquisa em Saúde do Conselho Nacional de Saúde (Resolução 1996/96) será assinado em duas vias de igual teor, ficando uma via em poder do entrevistado e ou de seu representante legal e outra com o pesquisador responsável.

## ARTIGO

### **Quantitative computed tomography for evaluating the quality of cranial reconstruction in humans**

Paulo Valdeci Worm\*, Marcus Vinicius Martins Collares\*\*, Nelson Pires Ferreira\*, Mário de Barros Faria\*, Marcelo Paglioli Ferreira\*, Jorge Luiz Kraemer\*, Rene Lenhardt\*\*\*, Luis Felipe Toschi\*\*\*.

\*Department of Neurological Surgery, Hospital São José, Complexo Hospitalar Santa Casa de Porto Alegre, Porto Alegre – RS, Brasil

\*\*Department of Plastic Surgery, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre – RS, Brasil

\*\*\*Department of Radiology, Hospital Dom Vicente Scherer, Complexo Hospitalar Santa Casa de Porto Alegre, Porto Alegre – RS, Brasil

### **Quantitative computed tomography for evaluating the quality of cranial reconstruction in humans**

**Background:** difficulty in evaluating the biological development of transplanted bone in humans remains an unsolved challenge. In this scenario, quantification of results when studying bone grafts is still hard to be obtained.

**Purpose:** to propose and evaluate a method of measuring cranial bone density after reconstruction with autograft using quantitative computed tomography (QCT).

**Material and Methods:** a pilot study was performed, including 4 patients whose surgical burr holes were reconstructed using wet bone powder, collected during skull trephination, or a bone fragment, removed from the inner table of the

cranial bone flap created for the neurosurgical approach, both autogenous. Each patient had one burr hole reconstructed with bone dust only, and one with a circular fragment of cortical bone, resulting in a total of 8 reconstructed burr holes. Patients were followed for 12 months, and the reconstructed areas were studied using three-dimensional QCT; bone density was measured in Hounsfield units (HU).

**Results:** the mean of bone densities obtained was  $861 \pm 200$  HU for bone fragment, and  $538 \pm 200$  HU for bone dust ( $p < 0.001$ ). As expected, densities obtained from cortical bone grafts were consistently greater than those obtained from bone dust, supporting the use of QCT as an accurate and reproducible method of evaluation in cranial reconstructions.

**Conclusion:** QCT is an adequate means of measuring and comparing the density of bone grafts. This facilitates the evaluation of cranial reconstructions, which used to be done only through subjective analysis using palpation and visual inspection.

**Keywords:** computed tomography, skull, cranioplasty, autograft, bone dust, bone density.

Our difficulty in evaluating the biological development of transplanted bone in humans remains an unsolved challenge. In this scenario, quantification of results when studying bone grafts still represents a difficult task to be accomplished. Palpating and visually inspecting a reconstructed area constitute coarse ways of evaluation, providing us only with a subjective qualitative analysis (1). The dissatisfaction related to the aesthetic results of cranioplasties, in addition to the lack of objective means of quantifying bone rarefaction, motivated the search for a new method to compare and evaluate the efficacy of

this procedure. This resulted in the use of quantitative computed tomography (QCT) as an objective instrument to measure cranial bone density. Bone dust, collected during burr hole drilling, and autogenous compact bone graft, from the inner table of the cranial vault, were chosen to have its densities quantified.

### **Patient and Methods**

A pilot study was conducted including 4 patients whose craniotomy burr holes were reconstructed using either a circular bone fragment or bone powder only, both autologous. Each patient had 2 burr holes reconstructed during the same neurosurgical procedure, which were considered for the analysis. These reconstructed bone flaps were studied with QCT one year after the procedure, with bone density quantification. Statistical analysis was done using SPSS for Windows. Comparison between groups was performed with Student's t test, adopting a level of significance of 95% ( $p < 0,05$ ).

#### *Surgical Procedure*

The standardized defect produced by the neurosurgical trepan was chosen as a template to allow bone density measurement. From the inner surface of the bone flap, elevated to perform the intracranial procedure, a coin-shaped fragment of bone with 14 mm of diameter and about 2 to 3 mm thick was obtained using a trephine. The procedure consisted of drilling the bone flap's inner table until reaching the diploe. Using an osteotome, this circular fragment of cortical bone was separated free from the outer cortical table and placed over the studied burr hole, with perfect fit. Alternatively, wet bone powder collected during skull trepanation was used to fill in the burr hole (Fig. 1).

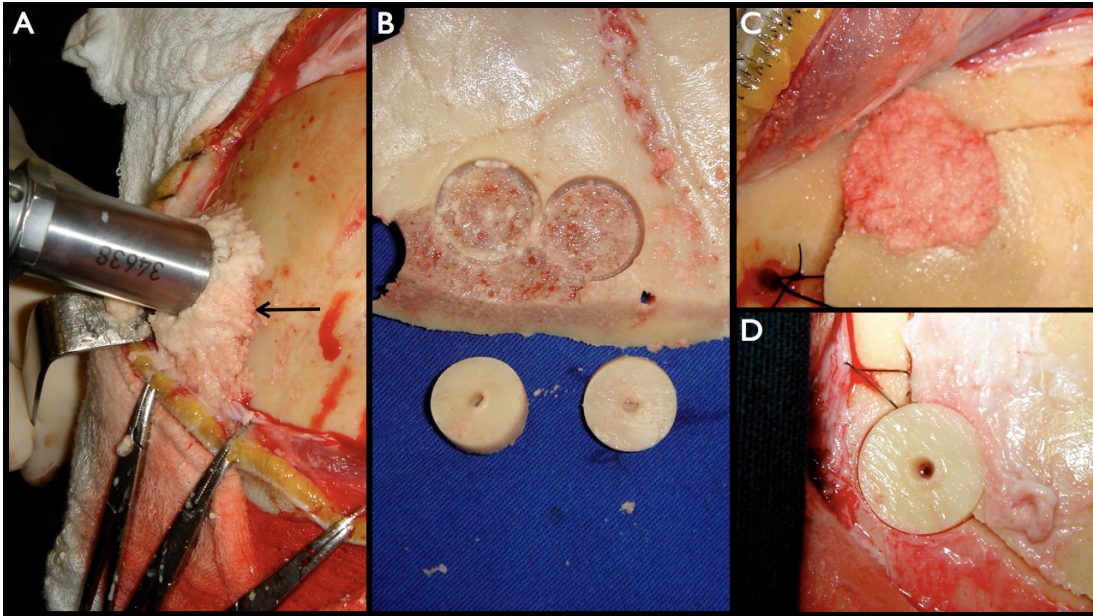


Fig. 1. Bone dust (arrow), collected during cranial trepanation (A), and cortical “bone discs”, created from the inner table of the craniotomy flap (B), were used to correct the defect produced by the trepan (C and D, respectively).

#### *Three-dimensional computed tomography of the skull*

Tomographic images of the skull were obtained 12 months following the procedure. They were obtained with a 16 channel multi-slice General Electric Light Speed tomograph, performing 0,6 or 1,2 mm thick slices in helical mode (General Electric High Speed Advantage Scanner – GE Medical Systems Inc. Milwaukee, WI). Bone density in the reconstructed burr hole area was measured using tomographic software (GE Advantage Windows Workstation 4.2). Results were presented in Hounsfield units (HU). The territory to be analyzed was determined as a circle with 14 mm of diameter centered on the reconstructed area, in which bone density was quantified using QCT (Fig. 2).



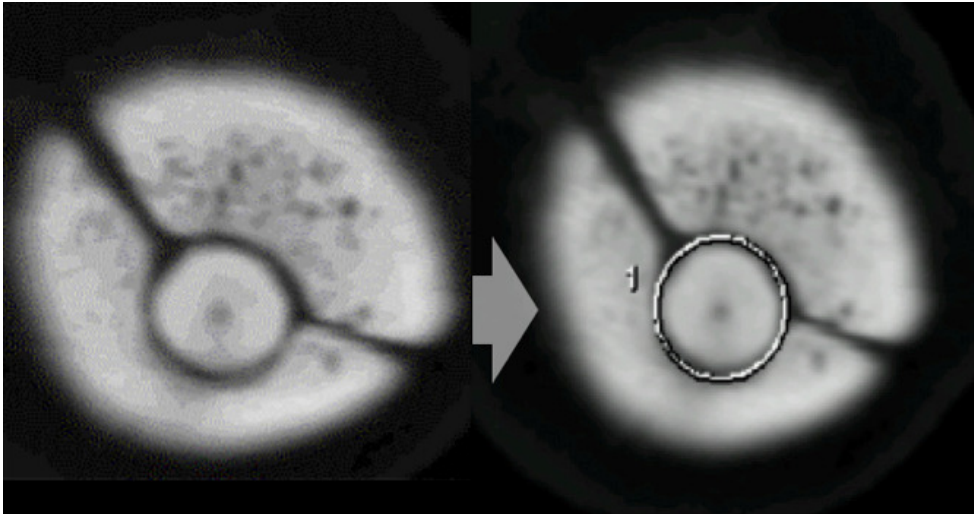


Fig. 2. Delimitating the area of bone density measurement on QCT.

## Results

Patient's ages ranged from 20 to 70 years, with a mean age of 45 years. Bone flaps reconstructed with cortical bone graft had a mean density of  $861 \pm 200$  HU, in contrast to  $538 \pm 200$  HU obtained from the areas filled with bone powder only ( $p < 0.001$ ). Mean post-operative follow-up was 12 months. There was no statistical significant difference in bone densities between sexes after stratification (Fig. 3).



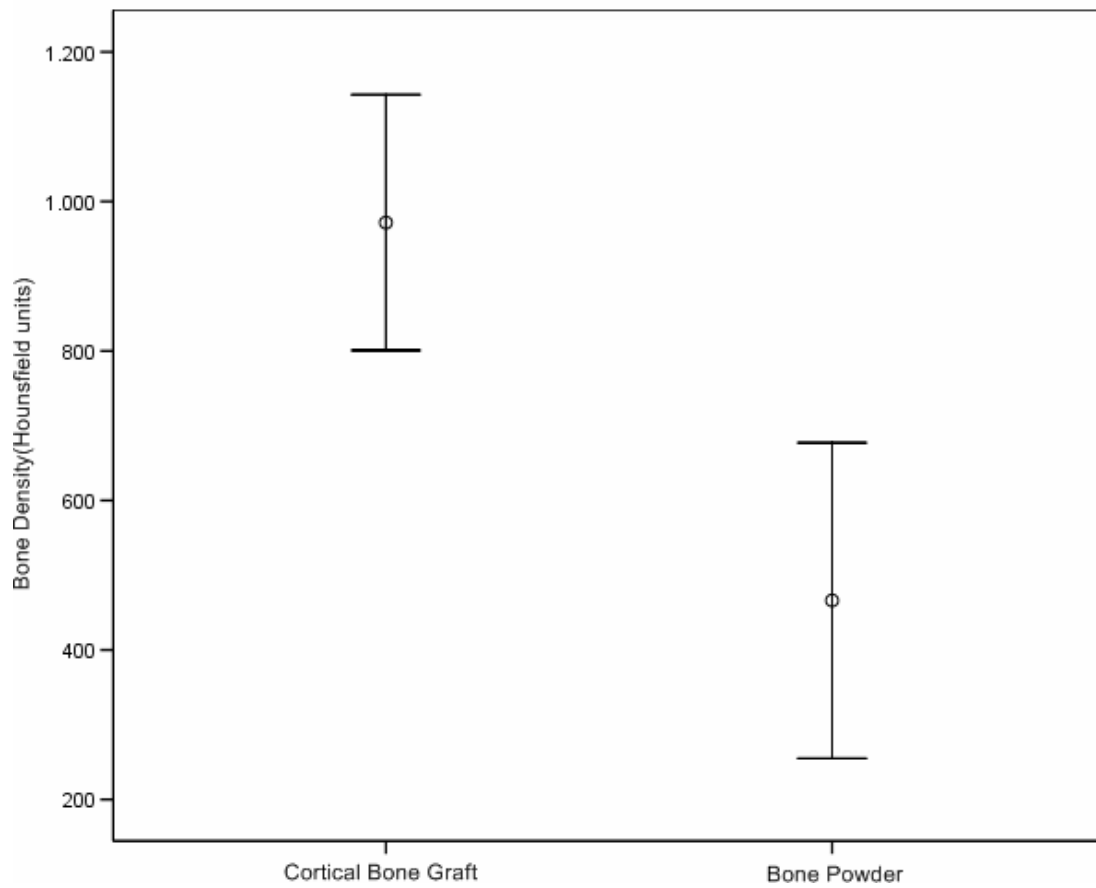


Fig. 3. Mean bone densities obtained from cortical bone graft and bone dust.  
Paired t test ( $p < 0.001$ ).

## Discussion

QCT constitutes one of the most accurate methods for measuring bone density (2). In addition to being a noninvasive method, its results are not influenced by circumventing soft tissues. QCT can determine the real volumetric value of trabecular and cortical bone densities separately at any part of the skeleton (3). It allows an *in situ* densitometric evaluation associated with a macro morphologic analysis of the bone.

Keyak (4) and Levi (5) have already used tomography to identify femoral bone density. More recently, it has been used to study orthodontic implants (2,6,7). There is no previous record of QCT being performed for bone density

measurements in neurosurgery. Chen et. al. (8) obtained three-dimensional tomographic images to analyze osseous neoformation in cranial reconstructions performed with allogeneic perforated demineralized bone matrix and autogenous bone paste. Reconstructed areas were compared only visually for the demonstration of neoformed bone tissue. In contrast to that, the diagnostic method proposed in this paper provides not only visualization but also quantification of bone neoformation.

Our impossibility to accurately quantify results remains as one of the major current limitations for evaluating the biological development of human bone grafts (1). It is not ethical to remove implanted bone grafts in order to analyze its degree of integration, a fact that interferes with our capability of determining the time needed to achieve adequate fusion and the degree of graft reorganization. Prolo et al. state that palpation and visual inspection are not suitable for an objective evaluation (1). The use of QCT regarding the study of bone density has been described for the diagnosis and follow-up of diseases affecting the skeleton, such as osteoporosis (9).

In addition to determining graft density, QTC allowed us to demonstrate the degree of bone powder resorption for the first time. Local quantitative analysis of bone density makes it feasible to objectively compare cranial implants. The three-dimensional image obtained was also able to demonstrate with great detail the cutaneous contour over the reconstructed burr holes (Fig. 4). All these features make the QCT an invaluable noninvasive method of investigation. However, in order to obtain accurate and reproducible results, caution has to be taken when manually demarcating the circular area of interest, in which bone density is to be verified. As expected, densities obtained

from cortical bone grafts were consistently greater than those obtained from bone dust, supporting the use of QCT as an adequate instrument of evaluation in cranial reconstructions.

Even though bone powder does not confer immediate structural support, it is rapidly incorporated to the surrounding calvarium and, following a period of 6 to 12 months, its mechanical resistance becomes similar to that of cortical bone (10). In spite of that, cranial defects reconstructed using only bone dust demonstrate, after a variable period of time, local surface depressions probably due to a high level of bone resorption, which leads to unfavorable aesthetic results (Fig. 4D).

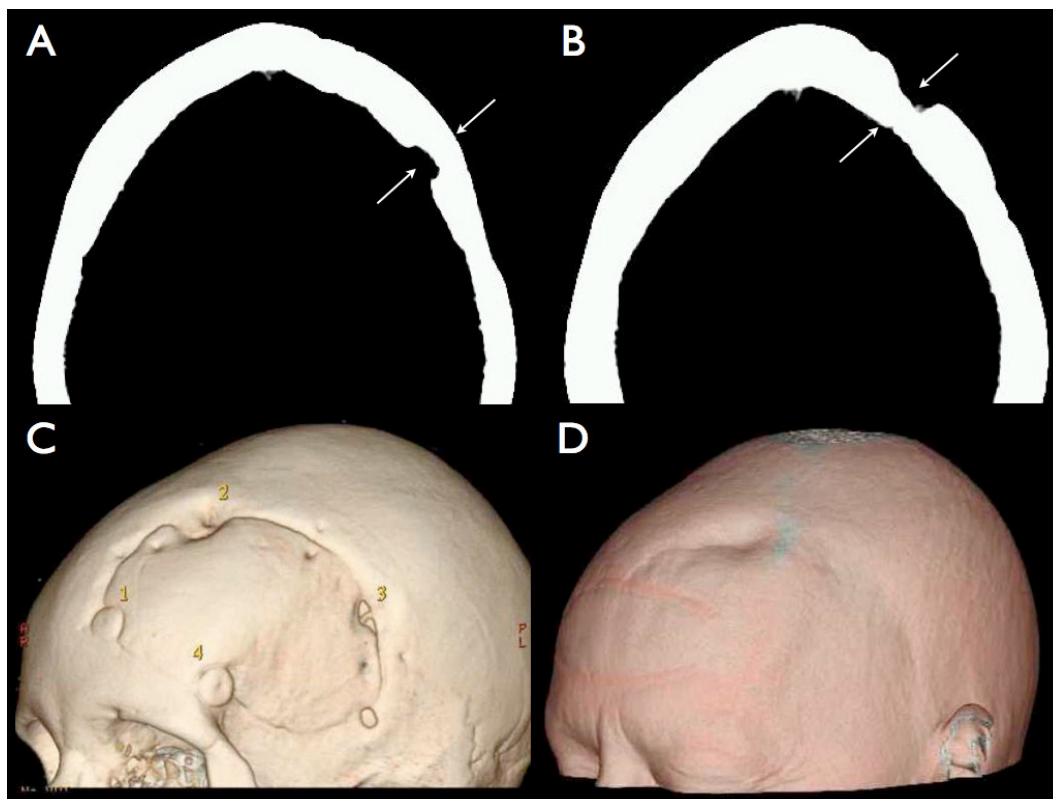


Fig. 4. A and B represent, respectively, axial tomographic views of burr holes #1 and 2, three-dimensionally demonstrated in C. Burr hole #1 was reconstructed using autogenous cortical bone graft, which resulted in good alignment with the

surrounding external table (A) and, consequently, adequate aesthetic result (C and D). On the other hand, burr hole #2 was treated with autogenous bone powder, and the control image shows a residual bone defect (B and C), which remains visible through the skin (D).

## **Conclusion**

QCT was found to be an adequate method of investigation to evaluate bone density of skull grafts, and to objectively compare autogenous implants used in human cranial reconstructions.

## **References**

1. Prolo DJ, Gutierrez RV, DeVine JS, Oklund SA. Clinical utility of allogeneic skull discs in human craniotomy. *Neurosurgery* 1984; 14(2):183-186.
2. Feifel H, Riediger D, Weiske R. Measurement of mandibular bone density after iliac crest grafting. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1994; 23(2):104-109.
3. Prevrhal S, Genant HK. [Quantitative computer tomography]. *Radiologe* 1999; 39(3):194-202.
4. Keyak JH, Meagher JM, Skinner HB, Mote CD, Jr. Automated three-dimensional finite element modelling of bone: a new method. *J Biomed Eng* 1990; 12(5):389-397.
5. Levi N, Ingles A, Jr., Klyver H, Iversen BF. Fracture of the femoral neck: optimal screw position and bone density determined by computer tomography. *Injury* 1996; 27(4):287-289.

6. Lee S, Gantes B, Riggs M, Crigger M. Bone density assessments of dental implant sites: 3. Bone quality evaluation during osteotomy and implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007; 22(2):208-212.
7. Turkyilmaz I, Tozum TF, Tumer C. Bone density assessments of oral implant sites using computerized tomography. *J Oral Rehabil* 2007; 34(4):267-272.
8. Chen TM, Wang HJ. Cranioplasty using allogeneic perforated demineralized bone matrix with autogenous bone paste. *Ann Plast Surg* 2002; 49(3):272-277.
9. Cann CE. Quantitative CT for determination of bone mineral density: a review. *Radiology* 1988; 166(2):509-522.
10. Gazdag AR, Lane JM, Glaser D, Forster RA. Alternatives to Autogenous Bone Graft: Efficacy and Indications. *J Am Acad Orthop Surg* 1995; 3(1):1-8.

