

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Faculdade de Medicina
Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas

**ESTUDO DA CRISTA FENESTRA E SUAS IMPLICAÇÕES NO ACESSO
CIRÚRGICO À RAMPa TIMPÂNICA NA CIRURGIA DE IMPLANTE COCLEAR**

Autor: Roberto Dihl Angeli

Orientador: Prof. Dr. Luiz Lavinsky

Tese de Doutorado

2016

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Faculdade de Medicina
Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas

**ESTUDO DA CRISTA FENESTRA E SUAS IMPLICAÇÕES NO ACESSO
CIRÚRGICO À RAMPA TIMPÂNICA NA CIRURGIA DE IMPLANTE COCLEAR**

Autor: Roberto Dihl Angeli

Orientador: Prof. Dr. Luiz Lavinsky

Tese de Doutorado

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Dihl Angeli, Roberto

Estudo da Crista Fenestra e suas Implicações no Acesso Cirúrgico à Rampa Timpânica na Cirurgia de Implante Coclear / Roberto Dihl Angeli. -- 2016. 76 f.

Orientador: Luiz Lavinsky.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. Janela Redonda. 2. Implante Coclear. 3. Crista Fenestra. I. Lavinsky, Luiz, orient. II. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Paulo Roberto e Carmem Rejane, meu reconhecimento pela sólida base familiar que tive o privilégio de receber. Seus valores de caráter, honestidade e respeito ao próximo estarão sempre presentes nas minhas atitudes.

À Viviane, Roberta e Helena, minhas "co-autoras", que provam a cada dia que o amor é a principal força motriz. Sem vocês, nenhuma conquista teria significado.

Esta tese é dedicada à memória de:

Armando Ferreira da Cunha (1938-2013)

Jurema Maria Brandalise Rampon (1940-2014)

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Luiz Lavinsky, pela segura orientação no desenvolvimento deste projeto e pelo sólido apoio que vem permitindo meu crescimento profissional e acadêmico ao longo dos anos.
- Ao Prof. Dr. Mario Sanna, diretor do *Gruppo Otologico* de Piacenza (Itália), não apenas pela ideia original que resultou nesta tese, mas também pela receptividade durante meu período de estudos sob sua tutela.
- Ao Dr. Enio T. Setogutti, por compartilhar sua experiência e conhecimento sobre a anatomia radiológica do osso temporal.
- Ao Prof. Dr. Geraldo P. Jotz, chefe do Departamento de Ciências Morfológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pelo auxílio imprescindível para a realização deste projeto.
- À direção da Clínica SIDI de Radiologia, seus técnicos e demais funcionários.
- Ao Centro de Pesquisas do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), de modo particular à enfermeira Marta Cioato, pelo inestimável apoio.
- Por motivos diversos, agradeço também aos colegas Dr. Gustavo R. Isolan, Dra. Michelle Lavinsky Wolff, Dr. Enrico Piccirillo, Dr. Joel Lavinsky, Dr. Renato Roithmann, Dr. José F. Lubianca Neto e Dr. Sady Selaimen da Costa.

Minha gratidão a todos que contribuíram para a concretização deste projeto.

Porto Alegre, maio de 2016.

SUMÁRIO

RESUMO	07
ABSTRACT	08
1, INTRODUÇÃO	09
1.1. Retrospectiva histórica	09
1.2. Anatomia da Janela Redonda	11
1.3. Fisiologia	15
1.4. Anatomia Radiológica	16
1.5. Aplicações Cirúrgicas da Janela Redonda	17
1.5.1. Implante Coclear	17
1.5.2. Implantes Vibratórios da Orelha Média	18
1.5.3. Aplicação de Drogas Intratimpânicas	19
1.5.4. Tratamento das Fístulas Perilinfáticas	19
2. REVISÃO DA LITERATURA	21
3. REFERÊNCIAS	26
4. OBJETIVOS	31
5. ARTIGO ORIGINAL EM LÍNGUA PORTUGUESA	32
6. ARTIGO ORIGINAL EM LÍNGUA INGLESA	49
7. ANEXOS	64

RESUMO

Objetivos: Descrever as dimensões e a posição da crista fenestra no interior do nicho ósseo da janela redonda, assim como identificar sua presença através da tomografia computadorizada (TC) de alta resolução.

Métodos: Uma amostra de 10 ossos temporais humanos adultos foi dissecada para o estudo microscópico do nicho ósseo da janela redonda.

Resultados: Em todos os ossos estudados, a membrana da janela redonda foi totalmente visualizada somente após a remoção dos bordos do nicho ósseo. A crista fenestra revelou-se uma afilada saliência óssea situada sempre nos bordos anterior e inferior do nicho da janela redonda. Sua área variou entre 0,28 e 0,80 mm² (média: 0,51 mm²). A proporção da área ocupada pela crista fenestra no lúmen da janela redonda variou entre 23 e 50% (média: 36%). Foi observada uma tendência de que nichos estreitos alberguem cristas de menores dimensões (coeficiente de Spearman: 0,491). Em todos os casos, a avaliação radiológica não foi capaz de definir a presença da crista fenestra.

Conclusões: A crista fenestra ocupa uma variável porém significativa área no lúmen do nicho ósseo da janela redonda. Sua presença representa um expressivo obstáculo para o acesso à rampa timpânica. A TC de alta resolução não acrescenta informações pré-operatórias relevantes acerca da sua presença e das suas dimensões.

Palavras-chave: Janela Redonda, Implante Coclear, Crista Fenestra

ABSTRACT

Objectives: To describe the dimensions and position of the crista fenestra within the round window niche and determine its presence by means of high-resolution computed tomography (CT).

Methods: A series of 10 adult human temporal bones were dissected for microscopic study of the round window niche.

Results: In all specimens, the round window membrane was fully visualized only after complete removal of its bony overhangs. The crista fenestra was identified as a sharp bony crest located in the anterior and inferior borders of the niche, and its area ranged from 0.28 to 0.80 mm² (mean, 0.51 mm²). The proportion of the area occupied by the crista fenestra in the whole circumference of the round window ranged from 23 to 50% (mean, 36%). Narrower niches tended to have smaller crests (Spearman coefficient: 0.491). In all cases, radiological assessment was unable to determine the presence of the crista fenestra.

Conclusion: The crista fenestra occupies a variable but expressive area within the bony round window niche. Its presence is an important obstacle to adequate access to the scala tympani. High-resolution CT scan provides no additional preoperative information with regard to the presence of the crista fenestra or its linear dimensions.

Key words: Round Window, Cochlear Implant, Crista Fenestra.

1. INTRODUÇÃO

1.1. RETROSPECTIVA HISTÓRICA

A janela redonda (ou *rotunda*) foi originalmente descrita em 1562, por Gabrielle Falloppio (Fig. 1). Esse anatomista observou que, ao contrário da janela oval, coberta pela base do estribo, a janela redonda não apresentava uma proteção óssea similar.

Em 1761, Domenico Cotugno afirmou que o labirinto não era preenchido por ar, como se pensava até então, mas por líquido (ou linfa).¹ Cotugno também observou que o deslocamento da linfa na rampa vestibular, a partir das incursões da base do estribo sobre a janela oval, resultava em um movimento compensatório da membrana da janela redonda. Quase 150 anos depois, Adam Politzer ainda se referia aos fluídos cocleares como “*aqua cotunni*”.²

Coube a Scarpa, em 1772, a autoria do primeiro trabalho totalmente dedicado à janela redonda (ou *fenestra rotunda auris*, Fig. 2). Scarpa observou que a membrana dessa janela, ou *tympano secundario*, não se situava exatamente na parede labiríntica, mas em uma posição ligeiramente mais profunda. Em relação à transmissão da onda sonora para a orelha interna, afirmou que a onda sonora deveria acessar o labirinto pelas duas janelas para que houvesse uma melhor audição.³

De acordo com Joseph Toynbee, em 1860, seriam necessários dois canais para a transmissão das ondas sonoras da membrana timpânica para o labirinto: um desses canais seria através da membrana da janela redonda; o outro canal seria por meio da cadeia ossicular.⁴ Tendo avaliado casos de perda auditiva causada pela fixação da platina do estribo, Toynbee afirmou que se o estribo move-se livremente na janela oval, mesmo que desarticulado da cadeia ossicular, receberá as ondas sonoras da cavidade timpânica e as conduzirá ao labirinto; contudo, segundo o

autor, não existiriam evidências de que as ondas sonoras cheguem ao labirinto sem a participação do estribo. ⁴

Secūdum, quod in hoc tympano obseruare debes, geminæ sunt fenestræ. Altera elatior & quasi in media concameratione tympani collocata, quam stapedis basis claudit: Figura istius oualis penetrus est, quæ aperta desinit in secūdā cavitatem, quam labyrinthum nominabo. Altera verò humilior est, rotundaque & ad posteriora cavitatis declinans, quæ per os penetrans in geminum canallem aut viam finditur, quarū viarū vna in dictum labyrinthum, altera in tertiam

46
cavitatem cochlearem, vel cochleam à me dictam tendit, hæc secūda fenestra nullo osse clauditur, cū tamen prior stapedis basi semper clausa maneat.

Figura 1. Descrição original da janela redonda, por Falloppio



Figura 2. Página inicial da monografia de Scarpa

Os pormenores da transmissão do som pela cadeia ossicular foram descritos por Hermann von Helmholtz em 1895. Segundo o autor, os fluidos labirínticos, estando circundado por paredes ósseas rígidas, possuem uma única forma de escape: a janela redonda e sua membrana complacente. ⁵ No início do século XX, Politzer afirma que a condução das ondas sonoras ocorre principalmente pela

platina do estribo. A transmissão simultânea pela janela redonda teria menor importância fisiológica.²

A importância da janela redonda na função auditiva ganhou um renovado impulso no fim do século passado com o desenvolvimento dos implantes vibratórios da orelha média (*Vibrant Soundbridge*®, Med-El). Esses pequenos artefatos reproduzem e amplificam o movimento natural da cadeia ossicular, aumentando a intensidade do sinal acústico que chega à janela oval através da platina do estribo. Esses dispositivos foram, mais tarde, redesenhados para que estivessem posicionados junto ao nicho ósseo da janela redonda.^{6,7} Os resultados amplamente favoráveis lançaram um novo olhar sobre a capacidade da janela redonda de transmitir as ondas sonoras para a orelha interna.

As últimas décadas têm testemunhado uma importância crescente da janela redonda em uma série de procedimentos, como na administração de drogas intratimpânicas, no tratamento cirúrgico das fístulas labirínticas e na cirurgia do implante coclear – foco principal desta tese. O inquestionável avanço no conhecimento da fisiologia auditiva e as melhores condições cirúrgicas alavancaram a janela redonda a um posto de franco protagonismo dentro da cirurgia otológica contemporânea.

1.2. ANATOMIA DA JANELA REDONDA

Nicho ósseo da janela redonda (*fossula fenestra cochleae*). O nicho da janela redonda consiste em um pequeno canal ou túnel ósseo situado na parede labiríntica da cavidade timpânica, comunicando a orelha média com a rampa timpânica do giro basal da cóclea. Na sua profundidade, o nicho é delimitado pela **membrana da janela redonda**. O nicho já foi comparado a uma bolsa óssea (*bony pouch*, na grafia original na língua inglesa), uma vez que sua entrada é mais estreita do que o seu interior (Fig. 3).^{8,9}

O desenvolvimento do nicho ósseo da janela redonda se inicia na 16^a semana de vida intrauterina, a partir da ossificação da cápsula ótica. ⁹ Ao nascimento, o nicho ósseo está completamente ossificado e suas medidas são definitivas. ¹⁰

A entrada do nicho ósseo já foi descrita como tendo um formato tanto triangular ¹⁰ como quadrangular. ¹¹ Singla *et al.* ¹² afirmam que o formato oval é o mais comum; as dimensões médias da altura e da largura da entrada de 50 nichos estudados por esses autores foram, respectivamente, 1,62 mm e 1,15 mm. Foi identificada uma correlação estatisticamente significativa entre essas duas variáveis, ou seja: quanto maior a altura da entrada do nicho, maior a sua largura.

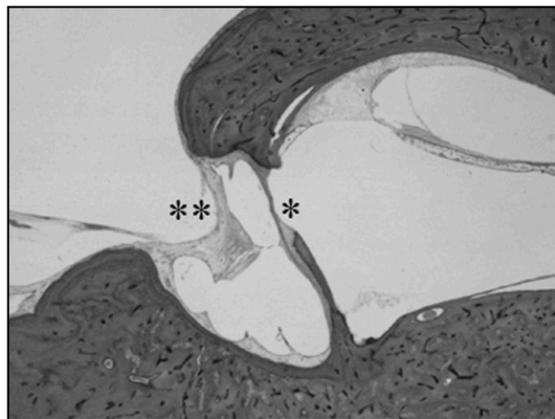


Figura 3. Nicho ósseo da janela redonda. O asterisco duplo indica a entrada do nicho. O asterisco único indica a sua membrana. Observe a membrana emergindo da crista fenestra. Fonte: Juan e Linthicun. ¹³

A profundidade média do nicho (ou seja, a distância entre a entrada e a membrana), calculada por Su *et al.* ¹⁰ a partir da análise histológica de 460 ossos temporais, foi de 1,34 mm, com uma variação entre 0,69 e 2,28 mm.

Apesar da grande variabilidade no formato e nas dimensões do nicho ósseo, Proctor *et al.* ¹¹ identificam a presença de quatro limites fixos e constantes (Fig. 4):

- a) o limite superior (*tegmen fossula fenestra rotunda*, ou simplesmente **tegmen**) corresponde a um prolongamento convexo da borda dorsolateral do

promontório ósseo. Quando o nicho é acessado através da timpanotomia posterior, o tegmen constitui uma verdadeira marquise que obstrui parcial ou totalmente a visualização do interior do nicho ósseo e da membrana da janela redonda.

- b) os limites anterior e posterior são fornecidos por dois pilares ósseos, ou *postis*. O pilar posterior, mais espesso, corresponde à borda posterior do nicho e encontra-se em continuidade com o tegmen, contribuindo também para obstruir a visualização da membrana através da timpanotomia posterior. No decorrer desta tese, **tanto o tegmen como os dois pilares serão descritos como os bordos do nicho ósseo da janela redonda.**
- c) o limite inferior ou assoalho do nicho é denominado *fustis*. Os autores ainda observam a presença de uma elevação óssea, a *area concamerata*, que antecede a entrada propriamente dita do nicho, sendo contínua com o hipotímpano e contendo alguma celularidade.

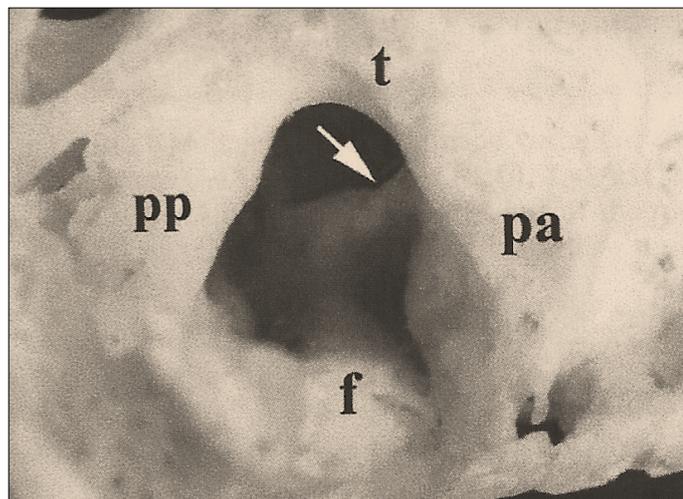


Figura 4. Nicho ósseo do osso temporal direito e seus limites: (t): tegmen, (pp): pilar posterior; (pa): pilar anterior; (f): *fustis*. A seta branca indica a crista fenestra, na profundidade do nicho. Fonte: Tóth *et al.* ⁹

Na profundidade do nicho ósseo, identifica-se uma delicada crista óssea (*crista fenestra cochleae*) elevando-se dos seus bordos anterior e inferior (Fig. 5).

Essa crista, denominada semilunar ou, mais frequentemente, **crista fenestra**, apresenta uma borda livre da qual emerge a membrana da janela redonda (Fig. 3 e 4). Atturo *et al.* ¹⁴ descrevem a crista como um “degrau” (ou *doorstep*, na grafia original na língua inglesa) no acesso à rampa timpânica. Esses autores apontam uma ampla variação tanto no seu tamanho como no seu formato.

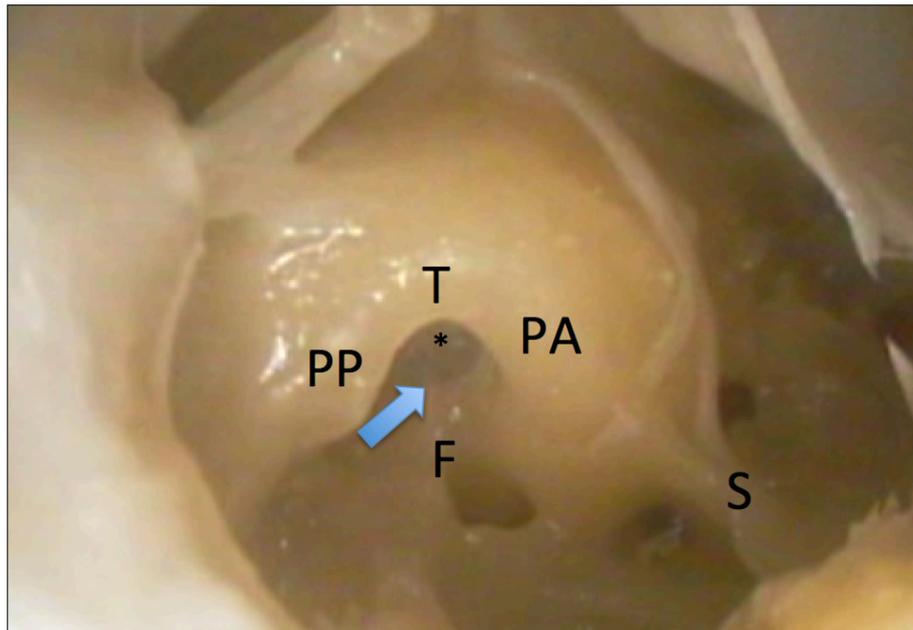


Figura 5. Nicho ósseo do osso temporal direito após remoção da membrana timpânica e da parede posterior do canal auditivo externo. T = tegmen; PP = pilar posterior; PA = pilar anterior; F = *fustis*; S = *sustentaculum*; seta azul = crista fenestra; o asterisco indica a posição exata da membrana da janela redonda.

Membrana da janela redonda. A membrana da janela redonda situa-se na profundidade do nicho ósseo e delimita a rampa timpânica da cóclea e o espaço perilinfático. Está estratificada em três camadas: um epitélio externo, formado por uma camada de células cuboides; uma camada intermediária contendo fibroblastos, colágeno, fibras elásticas, capilares e vasos linfáticos; e um epitélio interno, do tipo escamoso, em contato com a perilinfa. ¹⁵

Em humanos, a espessura da membrana varia entre 40 e 70 μm ,¹⁶ sendo mais espessa na sua periferia. Essas dimensões podem estar aumentadas em quadros de otite média.¹⁷

Su *et al.*¹⁰ calcularam a área média da membrana a partir de um diâmetro médio de 1,65 mm, obtendo um valor de 2,14 mm^2 . Para obter esse resultado, os autores consideraram que a membrana tivesse um formato circular. Entretanto, Okuno e Sando verificaram que o formato da membrana não era perfeitamente redondo, mas similar a um “leque” (*fan-shaped*).¹⁸ Esses últimos autores utilizaram um método de reconstrução tridimensional e obtiveram um valor médio para a área da membrana de 2,29 mm^2 . Além disso, identificaram que a membrana é composta de duas porções: uma horizontal, mais posterior, com área média de 1,10 mm^2 , e outra vertical, anterior, com área média de 1,28 mm^2 .

A presença de duas porções, horizontal e vertical, também é descrita por Rask-Andersen *et al.*¹⁹ e Franz *et al.*²⁰ Esses últimos apontam que a área vertical corresponde à parte da membrana visualizada pelo cirurgião através da timpanotomia posterior, ao passo que a porção horizontal encontra-se completamente encoberta pelo tegmen e pelo pilar posterior. Além disso, essas duas porções formariam um ângulo de quase 90 graus entre si, o que determina o formato cônico da membrana, com a face convexa voltada para a rampa timpânica.

1.3. FISILOGIA

Além de servir como válvula de escape para a energia mecânica aplicada nos fluidos labirínticos pela cadeia ossicular, permitindo o deslocamento da platina do estribo na janela oval, outros três papéis relevantes para a membrana da janela redonda são apontados por Goycoolea *et al.*:¹⁶

a) servir como rota alternativa para a energia sonora, o que se tornou uma realidade a partir do desenvolvimento dos dispositivos implantáveis já citados;

b) transporte de substâncias da orelha média para a orelha interna. Convém salientar, nessa oportunidade, que o autor considera essa propriedade como um acidente, e não uma função primária;

c) defesa da orelha interna, a partir da permeabilidade seletiva a apenas algumas substâncias, de acordo com seu tamanho, concentração, lipossolubilidade, carga elétrica e o grau de espessamento da membrana.

1.4. ANATOMIA RADIOLÓGICA

Mesmo que a ressonância magnética possa desempenhar um papel importante em situações pontuais, como na detecção de líquido na região do nicho em casos de fístula perilinfática,²¹ a tomografia computadorizada (TC) de alta resolução é o exame de escolha na análise das estruturas ósseas da orelha média, tanto em condições normais como patológicas.²²

A avaliação morfológica da janela redonda pela TC é imprescindível em casos de malformações do osso temporal, ainda que o nicho ósseo esteja entre as estruturas mais preservadas mesmo em casos avançados.²³ A presença de focos otoscleróticos junto à área da janela redonda também é uma possibilidade diagnóstica relevante.²⁴

O estudo de Cohen *et al.*²⁵ é o que melhor descreve radiologicamente o nicho ósseo da janela redonda a partir da reconstrução oblíqua de 414 ossos temporais de 214 pacientes sem patologia da orelha média. Os autores descrevem o nicho como **opérculo**. Foram determinados os valores médios de uma série de variáveis: a largura do nicho, por exemplo, teve um valor médio de 1,58 mm, com variação entre 0,9 e 2,7 mm. Sua profundidade, por sua vez, teve um valor médio de 1,66 mm, com variação entre 1,0 e 2,7 mm. De acordo com o estudo, a profundidade do nicho correlaciona-se de modo direto à extensão do tegmen. É conveniente

salientar que a presença radiológica da crista fenestra não é mencionada por esses autores.

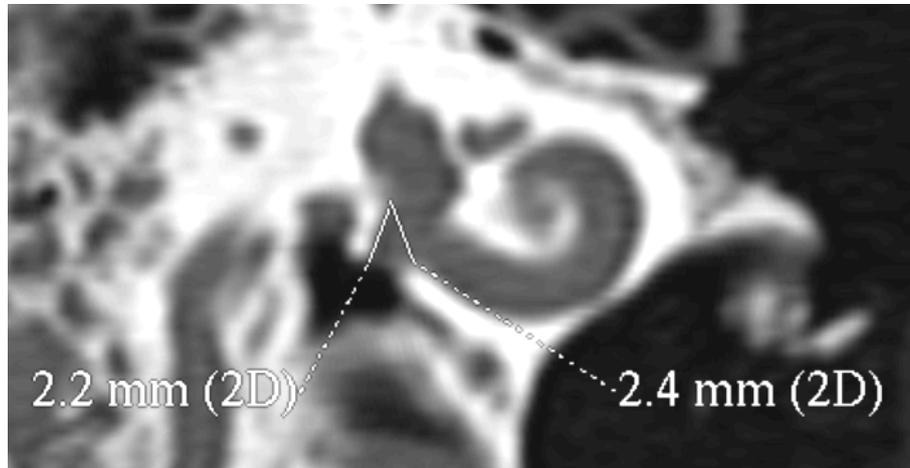


Figura 6. Tomografia computadorizada de alta resolução do osso temporal com reconstrução oblíqua (incidência de Stenvers modificada) demonstrando as diferentes possibilidades de medidas lineares do nicho ósseo da janela redonda.

1.5. APLICAÇÕES CIRÚRGICAS DA JANELA REDONDA

As aplicações cirúrgicas da janela redonda estão diretamente ligadas à sua relação com a rampa timpânica do giro basal da cóclea.

1.5.1. IMPLANTE COCLEAR

Na cirurgia do implante coclear, a rampa timpânica é considerada o compartimento preferencial para a inserção do feixe de eletrodos, uma vez que, quando comparada à rampa vestibular, oferece um acesso mais próximo e direto aos elementos excitáveis do gânglio espiral. Além disso, a rampa timpânica está reforçada superiormente pela membrana basilar e pela lâmina espiral óssea, minimizando o risco de trauma ao ducto coclear. ²⁶

A rampa timpânica pode ser cirurgicamente acessada por duas abordagens. A primeira delas é através de uma pequena abertura no promontório ósseo, em um procedimento denominado **cocleostomia**, que expõe a rampa no nível do giro basal da cóclea. A segunda abordagem é realizada diretamente através do nicho ósseo da janela redonda. Essa última abordagem tem ganho um interesse renovado nos últimos anos,²⁷ após um longo período de preferência generalizada pela cocleostomia. Uma série de estudos que tiveram como objetivo comparar a efetividade das duas técnicas não conseguiram demonstrar superioridade significativa de uma em relação à outra em uma série de desfechos: manutenção de audição residual, resultados audiológicos pós-operatórios ou mesmo incidência de complicações.²⁸⁻³⁰

Como o emprego do nicho ósseo na cirurgia de implante coclear é o principal foco deste projeto, uma análise mais pormenorizada dessa aplicação cirúrgica será realizada em uma seção posterior.

1.5.2. IMPLANTES VIBRATÓRIOS DA ORELHA MÉDIA

Os implantes vibratórios da orelha média (ou *floating mass transducers*) consistem em pequenos dispositivos desenvolvidos para amplificar a força do sinal acústico junto aos ossículos da orelha média, sendo empregados em indivíduos com perdas auditivas de características condutivas ou mistas. O desenho do dispositivo é adaptável a circunstâncias diversas que dependem da situação da cadeia ossicular remanescente.

Colletti *et al.*⁷ foram, provavelmente, os primeiros autores a descrever o emprego desse dispositivo acoplado diretamente no nicho ósseo da janela redonda, objetivando a transferência do estímulo acústico vibratório não mais à rampa vestibular pela platina do estribo, mas sim diretamente à perilinfa da rampa

timpânica. Os resultados funcionais observados nessa modalidade de estimulação têm sido satisfatórios e equiparam-se aos desfechos obtidos pela técnica original.^{6,7}

1.5.3. APLICAÇÃO DE DROGAS INTRATIMPÂNICAS

A aplicação de medicações na orelha média com o objetivo de atuação no labirinto deve-se à permeabilidade da membrana da janela redonda a determinados fármacos. As medicações mais empregadas são a gentamicina e os glicocorticoides.

A gentamicina intratimpânica é descrita há aproximadamente 30 anos como uma modalidade terapêutica na doença de Menière incapacitante e irresponsiva a tratamentos clínicos, sendo uma alternativa à cirurgia de decompressão do saco endolinfático.³¹ As propriedades ototóxicas desse fármaco aminoglicosídeo são capazes de suprimir a atividade vestibular e controlar a frequência e a severidade das crises.

O emprego de glicocorticoides intratimpânicos como a dexametasona e a metilprednisolona está indicado em algumas formas de doenças imunomediadas ou inflamatórias da orelha interna, como na surdez súbita, zumbido de origem coclear e em alguns casos selecionados de doença de Menière.

1.5.4. TRATAMENTO DAS FÍSTULAS PERILINFÁTICAS

As fístulas perilinfáticas apresentam uma importante constelação de sintomas auditivos e vestibulares, podendo ocorrer de forma espontânea ou após trauma ao osso temporal. Os locais de predileção são as duas janelas, oval e redonda, pois constituem sítios naturais de maior fragilidade estrutural.

Apesar de algumas controvérsias em relação ao diagnóstico e tratamento desses pacientes, principalmente nos casos espontâneos, a timpanotomia exploradora com oclusão do nicho ósseo da janela redonda é uma alternativa ainda

presente no arsenal terapêutico em casos de suspeita clínica de fístula perilinfática. Na casuística publicada por Haubner *et al.*³² envolvendo 69 pacientes com surdez súbita submetidos a timpanotomia exploradora, em apenas 19% dos casos foi identificada a presença da fístula na região da janela redonda. Entretanto, os autores observam que, mesmo nos pacientes sem evidência macroscópica de perda de perilinfa, a oclusão do nicho ósseo esteve associada a desfechos favoráveis. Em uma recente casuística, Hoch *et al.*³³ apontam que, em 51 pacientes com perda auditiva súbita unilateral submetidos a timpanotomia exploradora, não se identificou perda de perilinfa pela janela redonda em nenhum paciente. Todos os pacientes foram submetidos a oclusão do nicho ósseo com tecido conectivo, sendo que melhora de ao menos 30 dB foi observada em quase 40% dos casos, enquanto que em outros 12% houve remissão completa. Esses autores apontam que o papel do procedimento cirúrgico é incerto e que sua aplicação deve ser sugerida em casos nos quais o manejo clínico demonstra ser insuficiente.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Abordagem cirúrgica na cirurgia do implante coclear. O acesso à rampa timpânica através do nicho ósseo da janela redonda tem sido proposto há pelo menos 30 anos.²⁰ Todavia, a maioria dos centros especializados vem nutrindo uma preferência pela abordagem através da cocleostomia. Acredita-se que a principal razão para que essa opção seja a ampla variação na estrutura do nicho ósseo identificada pelos cirurgiões durante o ato operatório, em oposição a uma anatomia mais constante fornecida pela abordagem tradicional.³⁴

O protocolo cirúrgico empregado pelo Serviço de Otorrinolaringologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre desde 1995 baseia-se na técnica de mastoidectomia e timpanotomia posterior descrita originalmente por William House para a cirurgia do colesteatoma da orelha média e que expõe o nicho ósseo da janela redonda e o promontório ósseo.³⁵ A essa técnica, entretanto, foi introduzido um refinamento cirúrgico denominado **técnica de acesso combinado** (*combined approach technique*, ou CAT).^{36,37} Nesse método, a orelha média é acessada através do completo descolamento da pele do conduto auditivo externo até o nível do anel timpânico, permitindo um amplo acesso à caixa timpânica, que permanece isolada da superfície cutânea do conduto. A CAT exige uma timpanotomia posterior menor do que a descrita pela técnica original, mas de dimensões suficientes para a introdução de eletrodos em direção à fenda auditiva. A principal vantagem desse método é a ampla exposição do promontório, permitindo um ângulo favorável e seguro para a realização da cocleostomia e o mínimo risco ao nervo facial, bem como os benefícios de uma timpanotomia exploradora concomitante ao implante coclear.

Um conceito atual refere-se à *soft surgery technique*, termo ainda sem tradução para a língua portuguesa e que corresponde a uma série de refinamentos das técnicas operatórias aplicáveis a ambas as abordagens – tanto pela

cocleostomia como pela janela redonda. Seu objetivo é minimizar o traumatismo à cóclea através da redução de fatores que possam causar reações adversas ³⁸ pela adoção, por exemplo, de protocolos para a exposição da rampa timpânica, além do uso de drogas que lubrifiquem o eletrodo e facilitem sua inserção, e da manutenção de um campo operatório limpo e meticuloso. A introdução gradual dessas medidas e os excelentes resultados alcançados pela cirurgia do implante coclear em nível mundial levaram a um novo perfil de indicações cirúrgicas: aos pacientes com surdez bilateral profunda somam-se, agora, indivíduos com audição residual, que inicialmente não eram elegíveis ao tratamento cirúrgico. O conceito de **estimulação eletroacústica** baseia-se na manutenção pós-operatória da função celular residual, permitindo as duas formas simultâneas de estimulação. ³⁹

Paprocki *et al.* ³⁴ afirmam que a inserção do feixe de eletrodos através da janela redonda acarreta uma inexorável perda dos elementos neurais remanescentes, favorecendo o uso da cocleostomia em pacientes com audição residual. Todavia, Havenith *et al.*, ³⁰ em uma recente revisão sistemática que comparou as duas abordagens (em uma amostra total de 170 pacientes), não encontraram qualquer diferença significativa em relação a esse desfecho. Da mesma forma, Erixon *et al.* ⁴⁰ avaliaram os resultados de 21 pacientes submetidos à abordagem pela janela redonda e observaram uma alta taxa de manutenção da audição residual.

Roland *et al.* ²⁷ afirmam que a abordagem pelo nicho ósseo da janela redonda apresenta uma série de vantagens quando comparada à cocleostomia: menor quantidade de remoção óssea, reduzindo o risco de trauma acústico e prevenindo a entrada de poeira de osso na rampa timpânica; menor perda de perilinfa; melhor vedação do sítio de inserção; e a estimulação de elementos neurais mais basais.

Kang e Kim ⁴¹ avaliaram 55 pacientes submetidos a implante pela janela redonda e observaram que os escores de percepção de fala após 12 meses eram

similares aos de outro grupo submetido a cocleostomia. Esses autores, entretanto, indicam o uso da janela redonda apenas em pacientes que apresentem uma anatomia favorável do nicho ósseo.

Hamerschmidt *et al.*⁴² compararam os resultados pós-operatórios das duas técnicas através da telemetria neural em 23 pacientes e, da mesma forma, observaram desfechos similares nos dois grupos. Os autores afirmam que a escolha da técnica cirúrgica depende da experiência do cirurgião.

Connor *et al.*⁴³ avaliaram 65 pacientes submetidos ao implante pelas duas técnicas e observaram que, naqueles submetidos à inserção pela cocleostomia (n=32), houve migração do eletrodo para a rampa vestibular em 9% dos casos, o que não ocorreu no grupo no qual a janela redonda foi empregada. Tal achado sugere que a lâmina espiral óssea possa conferir uma maior proteção quando o eletrodo é inserido pelo nicho ósseo da janela redonda.

Em resumo, os dados disponíveis na literatura não nos permitem afirmar que exista um claro benefício de uma técnica em relação a outra, quando bem empregadas por cirurgiões experientes. Os desfechos avaliados têm se mostrado equiparáveis em relação tanto à manutenção da audição residual quanto à função auditiva pós-operatória, com baixa incidência de complicações.

Abordagem do nicho ósseo. Através da timpanotomia posterior se obtém, geralmente, uma visão adequada do nicho ósseo da janela redonda. A área visível da membrana, todavia, é amplamente variável. Roland *et al.*²⁷ observaram um valor médio de 0,32 mm², com valores entre 0,04 e 0,67 mm² em 15 ossos temporais. Após a remoção dos bordos do nicho ósseo, houve um significativo incremento da área (geralmente entre 1,5 e 3 vezes), sendo que nas três peças com menor área visível foi observado o aumento mais significativo, que ultrapassou 10 vezes.

Recentemente, Leong *et al.*⁴⁴ propuseram uma classificação de acessibilidade à rampa timpânica pelo nicho ósseo da janela redonda baseada na quantidade

de área visível da membrana. Nos casos em que a visão é ampla, os eletrodos poderiam ser inseridos pela janela (o que os autores denominaram *membrane cochleostomy*). Nos casos em que a visualização é mínima, o acesso pelo nicho ósseo é inviável e uma cocleostomia tradicional era realizada no promontório ósseo (ou *bony cochleostomy*). Casos intermediários poderiam ser manejados tanto através da remoção dos bordos do nicho (ou *extended round window approach*) como através da cocleostomia. Esses resultados demonstram a necessidade, em uma parcela de casos, da remoção dos bordos do nicho ósseo para que a membrana seja adequadamente acessada.

Através da timpanotomia posterior, as porções da membrana da janela redonda geralmente visualizadas são a anterior e a inferior.^{19,20} Nesse nível, a membrana é dita **vertical**, ou seja, está praticamente em uma posição perpendicular em relação ao eixo de visão do cirurgião. A porção posterior e superior da membrana não é visível, pois está coberta pelo tegmen e pelo pilar posterior. Essa porção da membrana é dita horizontal, pois está em uma posição mais paralela ao eixo de visão. Uma visão adequada dessa área só é obtida após a remoção dos bordos ósseos.

Crista fenestra e seu impacto na abordagem à rampa timpânica. Uma vez removidos os bordos ósseos do nicho, a membrana da janela redonda se expõe de forma completa. Nesse momento, identifica-se uma delicada crista óssea que emerge dos bordos inferior e anterior da circunferência da janela, denominada crista semilunar ou, mais frequentemente, **crista fenestra**.^{14,20} A membrana da janela redonda emerge a partir do bordo livre da crista (Fig. 3). Por ocupar um espaço significativo na luz do nicho ósseo da janela redonda, a crista fenestra acaba restringindo, em algum grau, o acesso à rampa timpânica. Além disso, a presença da crista poderia deslocar o feixe de eletrodos em direção ao modíolo, aumentando

consequentemente a resistência à sua inserção.²⁰ Atturo *et al.*¹⁴ descrevem a crista como um degrau (ou “*doorstep*”, na grafia original) no acesso à rampa timpânica.

Uma série de autores afirma que a remoção da crista fenestra é necessária para se obter uma adequada visualização da rampa timpânica através da timpanotomia posterior e para diminuir a resistência, ao permitir um eixo mais favorável à inserção dos eletrodos.^{20,27,45}

Avaliação radiológica do nicho ósseo da janela redonda e da crista fenestra. A TC de alta resolução ainda é considerada o exame “padrão-ouro” na análise morfológica do osso temporal, sendo uma ferramenta indispensável na avaliação pré-operatória de candidatos ao implante coclear. A crista fenestra ainda não está descrita radiologicamente, provavelmente devido às suas pequenas dimensões absolutas.

Em um estudo recente, Park *et al.*⁴⁶ compararam as dimensões do nicho ósseo da janela redonda obtidas pela TC com a análise subjetiva do cirurgião durante o implante pela janela redonda, concluindo que não é possível, através do exame de imagem, predizer o grau de dificuldade transoperatória.

3. REFERÊNCIAS

1. Manni E, Petrosini L. Domenico Cotugno, a pioneer in neurosciences. *J Hist Neurosci* 1997;6:124-32.
2. Politzer A. A text-book of the diseases of the ear for students and practitioners. Lea & Febiger. Philadelphia and New York, 1909.
3. Sellers LM, Anson BJ. Anatomical observations on the round window by Antonio Scarpa. *Arch Otolaryngol* 1962;75(1):2-45.
4. Toynebee J. The diseases of the ear. Blanchard and Lea. Philadelphia, 1860.
5. Helmholtz H. On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music. Longmans, Green and Co. London and New York, 1895.
6. Baumgartner WD, Böheim K, Hagen E et al. The vibrant sounbridge for conductive and mixed hearing losses: European multicenter study results. *Adv Otorhinolaryngol* 2010;69:38-50.
7. Colletti V, Soli SD, Carner M, Colletti L. Treatment of mixed hearing losses via implantation of a vibratory transducer on the round window. *Int J Audiol* 2006;45:600-608.
8. Takahashi H, Sando I, Takagi A. Computer-aided three-dimensional reconstruction and measurement of the round window niche. *Laryngoscope* 1989;99:505-9.
9. Tóth M, Alpár A, Patonay L, Oláh I. Development and surgical anatomy of the round window niche. *Ann Anat* 2006;188:93-101.
10. Su WY, Marion MS, Hinojosa R, Matz GJ. Anatomical measurements of the cochlear aqueduct, round window membrane, round window niche, and facial recess. *Laryngoscope* 1982;92:483-6.
11. Proctor B, Bollobas B, Niparko JK. Anatomy of the round window niche. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1986;95:444-6.

12. Singla A, Sahni D, Gupta AK, Loukas M, Aggarwal A. Surgical anatomy of round window and its implications for cochlear implantation. *Clin Anat* 2013;27:331-6.
13. Juan ID, Linthicum Jr, FH. Round window fibrous plugs. *Otol Neurotol* 2010;31:1354-5.
14. Atturo F, Barbara M, Rask-Andersen H. Is the human round window really round? An anatomic study with surgical implications. *Otol Neurotol* 2014; 35:1354-60.
15. Goycoolea MV. The round window membrane under normal and pathological conditions. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1992;493:43-55.
16. Goycoolea MV, Muchow D, Schachern P. Experimental studies on round window structure: function and permeability. *Laryngoscope* 1988;96(Suppl 44):1-20.
17. Sahni RS, Paparella MM, Schachern PA, Goycoolea MV, Le CT. Thickness of the round window membrane in different forms of otitis media. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1987;113:630-4.
18. Okuno H, Sando I. Anatomy of the round window. A histopathological study with a graphic reconstruction method. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1988;106:55-63.
19. Rask-Andersen H, Liu W, Erixon E, et al. Human cochlea: anatomical characteristics and their relevance for cochlear implantation. *Anat Rec* 2012;295:1791-811.
20. Franz BKH, Clark GM, Bloom DM. Surgical anatomy of the round window with special reference to cochlear implantation. *J Laryngol Otol* 1987;101:97-102.
21. Veillon F, Riehm S, Emachescu B et al. Imaging of the windows of the temporal bone. *Semin Ultrasound CT RM* 2001;22:271-80.
22. Maffe MF, Valvasori GE, Becker M. Imaging of the head and neck. Thieme, New York, 2005.

23. Schwager K. Reconstruction of the middle ear in abnormalities. *Laryngorhinotologie* 2007;86 Suppl.1:S141-55.
24. Mansour S, Nicolas K, Ahmad HH. Round window otosclerosis: radiologic classification and clinical correlations. *Otol Neurotol* 2011;32:384-92.
25. Cohen D, Blinder G, Perez R, Raveh D. Standardized computed tomographic imaging and dimensions of the round window niche. *Int Tinnitus J* 2005 11(2):158-162.
26. Adunka OF, Radeloff A, Gstoettner WK, Pillsbury HC, Buchman CA. Scala Tympani Cochleostomy II: Topography and Histology. *Laryngoscope* 2007;117:2195-2200.
27. Roland PS, Wright CG, Isaacson B. Cochlear implant electrode insertion: the round window revisited. *Laryngoscope* 2007;117:397-402.
28. Adunka OF, Dillon MT, Adunka MC, King ER, Pillsbury HC, Buchman CA. Cochleostomy versus round window insertions: influence on functional outcomes in electric-acoustic stimulation of the auditory system. *Otol Neurotol* 2014 35(4):613-8.
29. Briggs RJ, Tykocinsky M, Xu J, et al. Comparison of round window and cochleostomy approaches with a prototype hearing preservation electrode. *Audiol Neurotol* 2006;11(Suppl 1):42-8.
30. Havenith S, Lammers MJ, Tange RA et al. Hearing preservation surgery: cochleostomy or round window approach? A systematic review. *Otol Neurotol* 2013;34:667-74.
31. Paradis J, Hu A, Parnes LS. Endolymphatic sac surgery versus intratympanic gentamicin for the treatment of intractable Ménière's disease: a retrospective review with survey. *Otol Neurotol* 2013 34:1434-7.
32. Haubner F, Rohrmeier C, Koch C, Vielsmeier V, Srutz J, Kleinjung T. Occurrence of a round window membrane rupture in patients with sensorineural hearing loss. *BMC Ear Nose Throat Disord* 2012;29:12-14.

33. Hoch S, Vomhof T, Teymoortash A. Clinical evaluation of round window membrane sealing in the treatment of idiopathic sudden unilateral hearing loss. *Clin Exp Otorhinolaryngol* 2015;8:20-5.
34. Paprocki A, Biskup B, Kozłowska K, et al. The topographical anatomy of the round window and related structures for the purpose of cochlear implant surgery. *Folia Morphol* 2004;63:309-12.
35. House WF. Cochlear Implants. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1976;85 Suppl 27:1-93.
36. Lavinsky L, Lavinsky-Wolff M, Lavinsky J. Transcanal cochleostomy in cochlear implantation: experience with 50 cases. *Cochlear Implants Int* 2010;11:228-32.
37. Lavinsky-Wolff M, Lavinsky L, Dall'Igna C, Lavinsky L, Setogutti E, Viletti MC. Transcanal cochleostomy in cochlear implant surgery: long-term results of a cohort study. *Braz J Otorhinolaryngol* 2012;78:118-23.
38. Friedland DR, Runge-Samuelsen C. Soft cochlear implantation: rationale for the surgical approach. *Trends Amplif* 2009;13:124-38.
39. Mahmoud AF, Massa ST, Douberly SL, Montes ML, Ruckenstein MJ. Safety, efficacy, and hearing preservation using an integrated electro-acoustic stimulation hearing system. *Otol Neurotol* 2014;35:1421-5.
40. Erixon E, Köbler S, Rask-Andersen H. Cochlear implantation and hearing preservation: results in 21 consecutively operated patients using the round window approach. *Acta Otolaryngol* 2012;132:923-31.
41. Kang BJ, Kim AH. Comparison of cochlear implant performance after round window electrode insertion compared with traditional cochleostomy. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2013;148:822-6.
42. Hamerschmidt R, Schuch LH, Rezende RK, Wiemes GR, Oliveira AK, Mocellin M. A comparison between neural response telemetry via

- cochleostomy or the round window approach in cochlear implantation. *Braz J Otorhinolaryngol* 2012;78:71-5.
43. Connor SE, Holland NJ, Agger A, *et al.* Round window electrode insertion potentiates retention in the scala tympani. *Acta Otolaryngol* 2012;132:932-7.
44. Leong AC, Jiang D, Agger A, Fitzgerald-O'Connor A. Evaluation of round window accessibility to cochlear implant insertion. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2013;270:1237-42.
45. Mom T, Bachy A, Houette A, *et al.* Cochlear implantation through the round window with a straight slotted electrode array: optimizing the surgical procedure. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2016;273:853-8.
46. Park E, Amoodi H, Kuthubutheen J, *et al.* Predictors of round window accessibility for adult cochlear implantation based on pre-operative CT scan: a prospective observational study. *J Otolaryngol Head Neck Surg* 2015;44:20-6.

4. OBJETIVOS

O objetivo principal desta tese é o estudo da crista fenestra através da descrição da sua posição e das suas medidas: altura, largura e área, a partir do estudo de ossos temporais humanos adultos. Esses dados serão a base de uma análise das possíveis repercussões da presença da crista no acesso cirúrgico à rampa timpânica durante o implante coclear.

Como objetivo secundário, as informações da morfometria da crista fenestra serão confrontadas com os dados disponíveis pelo estudo radiológico de cada peça estudada, através da TC de alta resolução. A crista fenestra não foi descrita radiologicamente até o momento, determinando a originalidade deste estudo.

5. ARTIGO CIENTÍFICO EM LÍNGUA PORTUGUESA

ESTUDO MORFOLÓGICO DA CRISTA FENESTRA E SUAS IMPLICAÇÕES NO ACESSO CIRÚRGICO À RAMPA TIMPÂNICA NA CIRURGIA DO IMPLANTE COCLEAR

Roberto D. Angeli ¹, Luiz Lavinsky ²

¹ Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

² Doutor em Otorrinolaringologia, Professor Titular, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS

Trabalho realizado no Centro de Pesquisas do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS

Correspondência:

Roberto D. Angeli

Rua Marcelo Gama, 1317/801

CEP 90540041 – Porto Alegre (RS)

Fone: (51) 96793874

E-mail: roberto.dihl@terra.com.br

O autor Roberto D. Angeli assume total responsabilidade pelo conteúdo deste artigo.

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

RESUMO

Objetivos: Descrever as dimensões e a posição da crista fenestra no interior do nicho ósseo da janela redonda, assim como identificar sua presença através da tomografia computadorizada (TC) de alta resolução.

Métodos: Uma amostra de 10 ossos temporais humanos adultos foi dissecada para o estudo microscópico do nicho ósseo da janela redonda.

Resultados: Em todos os ossos estudados, a membrana da janela redonda foi totalmente visualizada somente após a remoção dos bordos do nicho ósseo. A crista fenestra revelou-se uma afilada saliência óssea situada sempre nos bordos anterior e inferior do nicho da janela redonda. Sua área variou entre 0,28 e 0,80 mm² (média: 0,51 mm²). A proporção da área ocupada pela crista fenestra no lúmen da janela redonda variou entre 23 e 50% (média: 36%). Foi observada uma tendência de que nichos estreitos alberguem cristas de menores dimensões (coeficiente de Spearman: 0,491). Em todos os casos, a avaliação radiológica não foi capaz de definir a presença da crista fenestra.

Conclusões: A crista fenestra ocupa uma variável porém significativa área no lúmen do nicho ósseo da janela redonda. Sua presença representa um expressivo obstáculo para o acesso à rampa timpânica. A TC de alta resolução não acrescenta informações pré-operatórias relevantes acerca da sua presença e das suas dimensões.

Palavras-chave: Janela Redonda, Implante Coclear, Crista Fenestra

ABSTRACT

Objectives: To describe the dimensions and position of the crista fenestra within the round window niche and determine its presence by means of high-resolution computed tomography (CT).

Methods: A series of 10 adult human temporal bones were dissected for microscopic study of the round window niche.

Results: In all specimens, the round window membrane was fully visualized only after complete removal of its bony overhangs. The crista fenestra was identified as a sharp bony crest located in the anterior and inferior borders of the niche, and its area ranged from 0.28 to 0.80 mm² (mean, 0.51 mm²). The proportion of the area occupied by the crista fenestra in the whole circumference of the round window ranged from 23 to 50% (mean, 36%). Narrower niches tended to have smaller crests (Spearman coefficient: 0.491). In all cases, radiological assessment was unable to determine the presence of the crista fenestra.

Conclusion: The crista fenestra occupies a variable but expressive area within the bony round window niche. Its presence is an important obstacle to adequate access to the scala tympani. High-resolution CT scan provides no additional preoperative information with regard to the presence of the crista fenestra or its linear dimensions.

Key words: Round Window, Cochlear Implant, Crista Fenestra.

INTRODUÇÃO

O acesso cirúrgico à rampa timpânica através do nicho da janela redonda para a cirurgia do implante coclear tem ganhado popularidade após vários anos de preferência pela tradicional cocleostomia.¹⁻⁴ Estudos que compararam as duas abordagens têm demonstrado desfechos equivalentes.⁵⁻⁹

A principal crítica em relação à abordagem pela janela redonda é o seu formato desfavorável e extremamente variável,^{10,11} em oposição a uma anatomia mais constante fornecida pela cocleostomia. Tanto o tegmen do nicho ósseo como o seu pilar posterior são obstáculos anatômicos importantes à visualização adequada da membrana da janela redonda através da timpanotomia posterior.^{1,12}

Uma vez removidos esses obstáculos ósseos e exposta a membrana da janela redonda, uma saliência óssea afilada, a crista fenestra, é identificada no bordo anteroinferior do nicho.^{3,12} Da borda livre dessa crista emerge a membrana da janela redonda. Uma análise detalhada dessas estruturas revela que a crista fenestra ocupa uma parcela significativa na circunferência da janela e, por consequência, na entrada da rampa timpânica. Contudo, a área exata ocupada pela crista e o seu impacto no acesso à cóclea não têm sido adequadamente valorizados na literatura atual.

O principal objetivo deste artigo é descrever a morfologia da crista fenestra, assim como analisar o seu impacto na abordagem à rampa timpânica do giro basal da cóclea. Como objetivo secundário, a presença radiológica da crista fenestra será estudada através da tomografia computadorizada (TC) de alta resolução. Como a crista fenestra não está ainda descrita radiologicamente, entendemos que essa análise poderá contribuir para um adequado planejamento cirúrgico nos casos em que seja proposto o acesso à rampa timpânica pelo nicho ósseo da janela redonda.

MATERIAL E MÉTODOS

A amostra consistiu em 10 ossos temporais humanos, adultos, refrigerados e conservados em formaldeído a 10%. As peças foram doadas ao grupo de pesquisa pelo Departamento de Ciências Morfológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Anexo 1). Este projeto está registrado no Grupo de Pesquisa e Pós-Graduação do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) sob o número 1103-21.

As peças foram submetidas ao exame de TC de alta resolução. As imagens foram adquiridas com tomógrafo *multislice* de 128 canais (*Discovery HD Dual Energy, General Electric Healthcare*), e analisadas pela estação de trabalho AW 4.2. Foi empregada a reconstrução coronal oblíqua denominada Stenvers modificada, centrada no nicho ósseo da janela redonda. A análise das imagens foi realizada de forma independente por médico radiologista com experiência em otologia radiológica.

A dissecação das peças foi realizada no Setor de Cirurgia Experimental do Centro de Pesquisas do HCPA. O estudo do nicho ósseo foi precedido por uma ampla mastoidectomia, com esqueletização do tegmen tímpano-mastoideo, do seio sigmoide e da porção mastoidea do nervo facial, seguida da remoção da parede posterior do conduto auditivo externo e da membrana timpânica. As janelas oval e redonda foram amplamente expostas e a cadeia ossicular foi preservada.

Uma vez identificado o nicho ósseo da janela redonda, procedeu-se a remoção dos seus bordos ósseos, com broca cortante de 0,5 mm de diâmetro, até a exposição completa da membrana da janela redonda. A seguir, a membrana foi cuidadosamente removida. Uma vez identificada a crista fenestra, foi realizada sua remoção integral com a mesma broca já citada. O rebaixamento da crista foi realizado até que fosse removida qualquer saliência remanescente.

Todas as etapas foram documentadas de forma fotográfica (Figura 1, A-D) utilizando a câmera GoPro HD modelo HERO 1080. As imagens foram exportadas

para o *ImageJ*, um programa de processamento de imagens desenvolvido pelo Instituto Nacional de Saúde (NIH) dos Estados Unidos (<http://www.imagej.gov/nih/ij>).

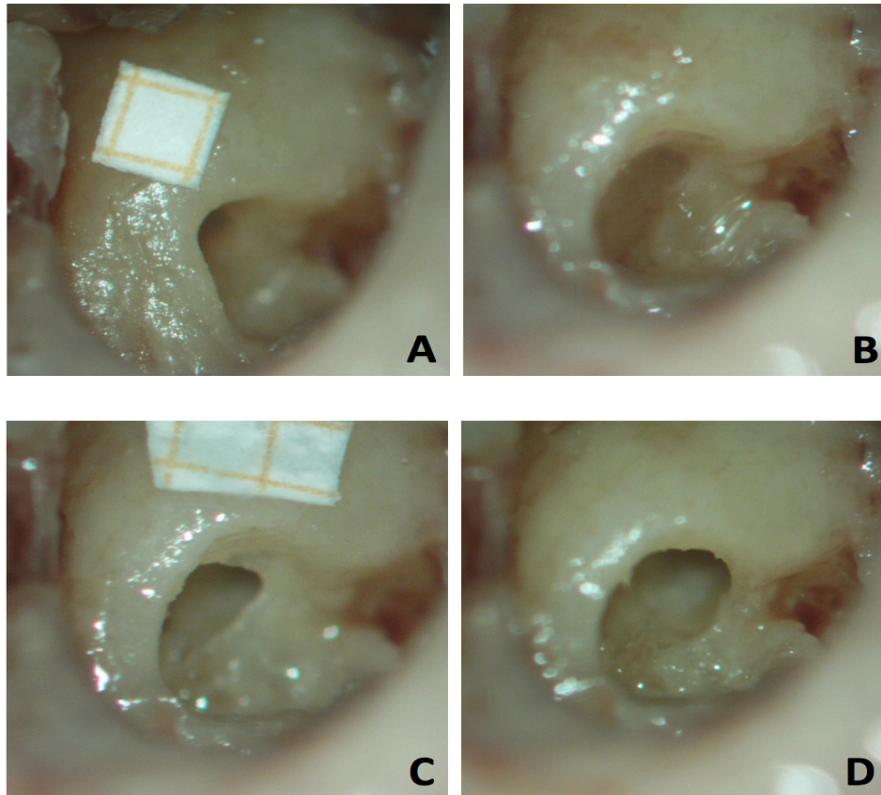


Figura 1. Osso temporal direito. Demonstração das etapas de dissecação de acordo com o delineamento proposto: (A) Exposição do nicho ósseo da janela redonda; (B) Exposição da membrana da janela redonda após remoção dos bordos do nicho ósseo; (C) Exposição da janela redonda após a remoção da sua respectiva membrana; (D) Aspecto final da janela redonda após a remoção da crista fenestra.

As medidas das dimensões do nicho foram obtidas utilizando uma fita milimetrada posicionada próxima ao nicho ósseo, junto ao promontório (Figura 1A). As medidas das imagens, originalmente em pixels, foram convertidas para uma escala em milímetros. Essa escala foi empregada para a aferição das dimensões da janela antes e depois do rebaixamento da crista fenestra e a quantificação das referidas áreas.

As variáveis foram comparadas através do coeficiente de correlação de Spearman, ou rho de Spearman. Valores absolutos de rho entre 0 e 0.29 demonstra uma associação fraca; valores entre 0.3 e 0.69 demonstram uma associação moderada, e valores entre 0.7 e 1 demonstram uma associação forte.

A largura do nicho da janela redonda foi inicialmente determinada como sendo a maior distância no sentido anteroposterior; a altura do nicho foi estabelecida como sendo a maior distância superoinferior. Foi observado que o traçado que define a altura deveria ser totalmente perpendicular ao traçado da largura. A circunferência do nicho foi usada para determinar sua área interna. O método para obtenção das variáveis está demonstrado na Figura 2.

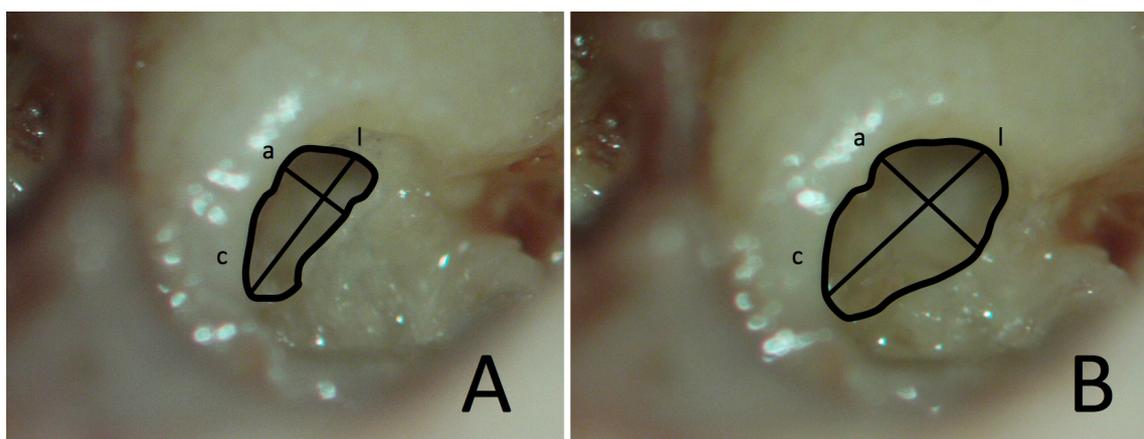


Figura 2. Método de obtenção da largura (l), altura (a) e circunferência (c) do nicho ósseo da janela redonda antes (A) e depois (B) da remoção da crista fenestra.

RESULTADOS

O nicho da janela redonda foi identificado claramente em todas as peças. Entretanto, em três casos a membrana não foi visualizada devido à presença dos bordos ósseos. Nas sete peças restantes, a área visível da membrana antes da remoção dos bordos variou entre 0,09 e 0,46 mm².

A remoção dos bordos ósseos permitiu a visualização completa da membrana da janela redonda em todos os casos. Sua altura variou entre 0,60 e 1,04 mm (média: 0,77 mm). Já sua largura variou entre 1,19 e 1,71 mm (média: 1,41 mm). A área da janela redonda variou entre 0,54 e 1,29 mm² (média: 0,91 mm²). Após a remoção da crista fenestra, a área média da janela redonda passou a 1,42 mm², com valores entre 0,83 e 2,02 mm². Nesta amostra, a crista representou, em média, 36% da área do lúmen total da janela redonda, com valores que variaram entre 23 e 50%.

Os valores individualizados da área da janela redonda antes e depois da remoção da crista fenestra, assim como a área total da crista e a proporção entre a área da crista e a área total da janela, estão demonstrados na Tabela 1 (Página 40).

Os valores de altura e largura da janela redonda foram comparados utilizando o coeficiente de correlação de Spearman. O valor obtido antes da remoção da crista fenestra foi 0,468, indicando uma correlação positiva moderada entre as variáveis. Já o valor obtido após a remoção da crista foi 0,127, o que indica uma correlação positiva fraca. Esses resultados demonstram que há uma tendência positiva de que, quanto maior for a altura da janela, maior será sua largura. Essa tendência é maior antes da remoção da crista, permanecendo apenas levemente positiva quando esta é removida.

Os valores da área da janela redonda e da área da crista fenestra de cada uma das peças também foram correlacionados utilizando o coeficiente de Spearman. O valor obtido foi de 0,491, indicando uma correlação positiva moderada entre a área da janela redonda e a área da crista fenestra. Esse resultado indica uma tendência de que janelas mais amplas apresentem cristas de maiores dimensões e de janelas estreitas apresentem cristas menos desenvolvidas.

Peça	Janela redonda (mm ²)		Crista fenestra (mm ²)	Proporção (%)
	Antes	Depois		
1	0,78	1,58	0,80	50,6
2	0,80	1,29	0,49	38,0
3	0,54	0,83	0,28	34,1
4	0,97	1,61	0,64	39,5
5	1,02	1,43	0,41	29,1
6	0,99	1,36	0,37	27,2
7	0,93	1,32	0,39	29,6
8	0,58	1,11	0,53	47,9
9	1,29	1,68	0,39	23,2
10	1,21	2,02	0,80	39,8
Média	0,91	1,42	0,51	35,9
DP	0,24	0,32	0,18	8,93

Tabela 1. Valores médios e respectivos desvios-padrão da área da janela redonda antes e depois da remoção da crista fenestra, área final da crista, e proporção entre a área da crista e a área total da janela redonda.

Legenda: DP = desvio padrão.

A morfologia da janela redonda e da crista fenestra de cada peça está representada individualmente na Fig. 3 (página 41).

No estudo radiológico por meio de TC de alta resolução, o nicho ósseo da janela redonda foi identificado em todas as peças em estudo. A crista fenestra, entretanto, não foi individualizada em nenhum dos 10 nichos estudados. Na Fig. 4 (página 41) está demonstrado o método utilizado para a identificação da crista fenestra. Na imagem ampliada, à direita, percebe-se a impossibilidade de definir, junto ao nicho ósseo, qualquer indício da presença da crista fenestra.

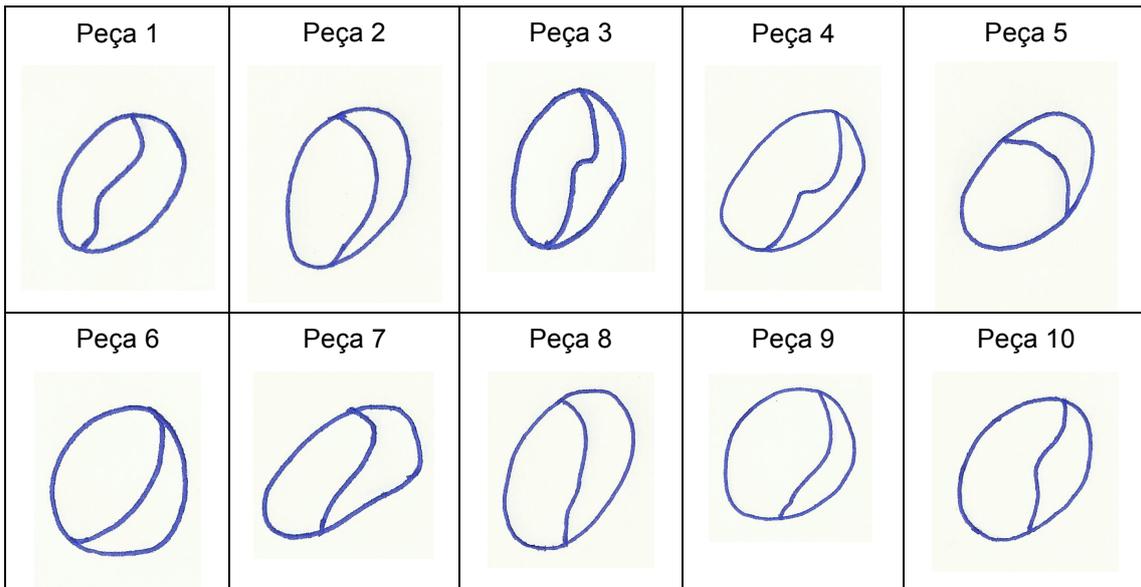


Figura 3. Demonstração gráfica do formato da janela redonda e da crista fenestra.

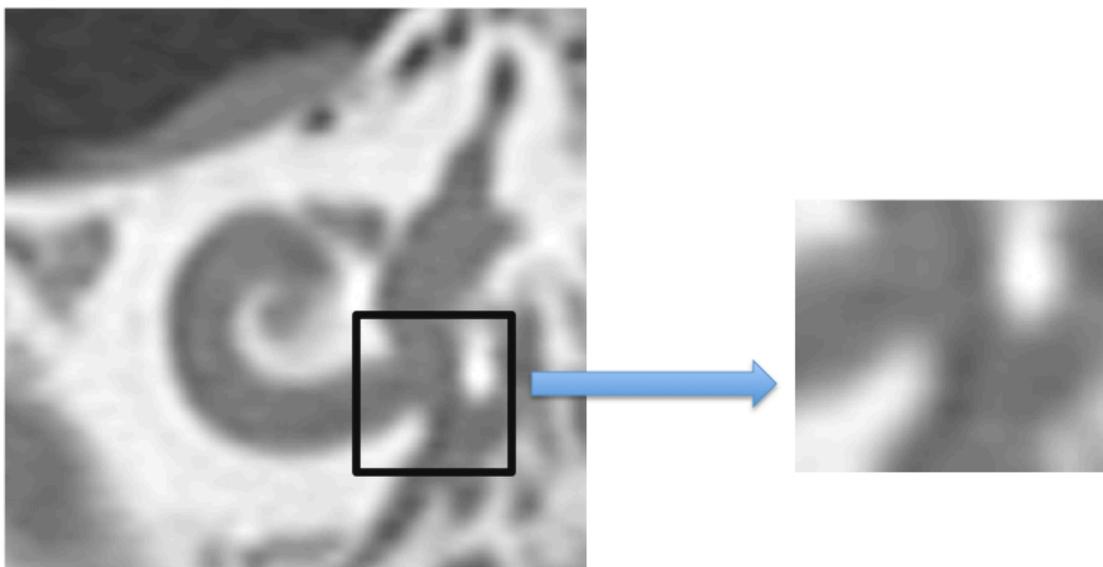


Figura 4. TC na incidência de Stenvers modificada, com detalhamento no nicho ósseo da janela redonda.

DISCUSSÃO

O acesso à rampa timpânica pelo nicho ósseo da janela redonda para o implante coclear vem sendo descrito desde a década de 1980.¹³ Contudo, tem sido observada uma preferência generalizada pela tradicional cocleostomia. Acredita-se que o principal motivo para justificar essa opção tenha sido a ampla variação anatômica do nicho, em oposição ao acesso estável e constante observado durante a cocleostomia no promontório do giro basal da cóclea.

O protocolo cirúrgico empregado com sucesso desde 1995 pelo Serviço de Otorrinolaringologia do HCPA baseia-se na técnica de mastoidectomia e timpanotomia posterior originalmente descrita por William House em 1961, que expõe o nicho ósseo da janela redonda e o promontório¹⁴. A essa técnica, entretanto, foi introduzido um refinamento cirúrgico denominado **técnica de acesso combinado** (*combined approach technique*, ou CAT).^{15,16} Nesse método, a orelha média é acessada através do completo descolamento da pele do conduto auditivo externo até o anel timpânico, permitindo uma ampla exposição da caixa timpânica, que permanece isolada da superfície cutânea do conduto auditivo. A CAT exige uma timpanotomia posterior menor do que a descrita pela técnica original, mas de dimensões suficientes para a introdução dos eletrodos em direção à fenda auditiva. O principal benefício desse método é a ampla exposição do promontório, permitindo um ângulo favorável e seguro para a realização da cocleostomia e o mínimo risco ao nervo facial.

Recentemente, alguns estudos têm demonstrado um renovado interesse na janela redonda como portal de inserção dos eletrodos. Roland *et al.*¹ descrevem uma série de benefícios dessa abordagem em relação à cocleostomia, como a menor quantidade de remoção óssea, reduzindo o risco de trauma acústico e prevenindo a entrada de poeira de osso na rampa timpânica; menor perda de perilinfa; melhor vedação do sítio de inserção; e a estimulação de elementos neurais mais basais. A comparação entre as técnicas tem demonstrado desfechos

audiológicos equivalentes, tanto na manutenção da audição residual ^{2,6,8} como nos escores de percepção de fala. ^{7,9} Kang e Kim, ⁷ entretanto, indicam o uso da janela redonda apenas em pacientes que apresentem uma anatomia favorável do nicho ósseo.

Leong *et al.* ¹¹ propõem uma classificação baseada na quantidade de área visível da membrana da janela redonda. Nos casos em que a visão é ampla, os eletrodos poderiam ser inseridos pela janela (o que os autores denominam *membrane cochleostomy*). Nos casos em que a visualização é mínima ou nenhuma, o acesso pela janela redonda é inviável e uma cocleostomia tradicional era realizada no promontório ósseo (ou *bony cochleostomy*). Casos intermediários poderiam ser manejados tanto pela remoção dos bordos do nicho (ou *extended round window approach*) como através da cocleostomia tradicional. Esses resultados demonstram a necessidade, em uma parcela muito significativa de casos, da remoção dos bordos do nicho ósseo para que a membrana seja adequadamente acessada. Esses autores não mencionam, entretanto, a presença da crista fenestra.

No presente estudo, ficou evidente a ampla variação no formato do nicho ósseo e a necessidade de remoção dos bordos ósseos para a visualização adequada da janela redonda. Mesmo que seja sugerido algum grau de trauma acústico, essa etapa parece imprescindível na abordagem do nicho ósseo.

A posição da crista fenestra na circunferência da janela redonda em nossa amostra foi extremamente variável (Fig. 2), mas sempre foi identificada no bordo inferior, no bordo anterior ou em ambos os bordos simultaneamente. Devido a essa variabilidade, foi decidido que a análise da área da crista forneceria informações mais precisas a respeito das implicações no acesso à rampa timpânica, em comparação às medidas lineares, com valores até o momento indisponíveis na literatura.

A diferença entre a crista de maior área (0,80 mm²) e a de menor área (0,28 mm²) demonstra de modo inequívoco a ampla variação no desenvolvimento do

nicho ósseo. A correlação positiva observada pelo teste de correlação de Spearman ao confrontarem-se valores da crista com valores da janela correspondente sugere que janelas mais desenvolvidas, amplas, apresentam também cristas de maiores dimensões. Ao contrário, janelas menores apresentam preferencialmente cristas menos desenvolvidas. Tal achado é de fundamental importância cirúrgica, uma vez que, em nichos estreitos, a probabilidade de ganho de espaço a partir da remoção da crista é pequena e o cirurgião, nesses casos, deve ampliar seu campo operatório preferencialmente às custas da remoção dos bordos ósseos do nicho.

Por ocupar um espaço significativo na janela redonda, a crista fenestra acaba restringindo, em algum grau, o acesso à rampa timpânica. Ao ocupar os bordos inferior e anterior da janela, o feixe de eletrodos, ao ser inserido pela janela, pode deslocar-se para uma posição superior e posterior, em direção ao modíolo, aumentando conseqüentemente a resistência à sua inserção. Atturo *et al.*³ descrevem a crista como um degrau (“*doorstep*”) a dificultar um acesso adequado à rampa timpânica.⁶

De acordo com Franz *et al.*¹³, a remoção da crista fenestra é necessária para a adequada visualização da rampa timpânica através da timpanotomia posterior. Os autores, entretanto, não são explícitos em relação à técnica que empregam para esse fim. De acordo com o observado no presente estudo, o uso da broca convencional acarreta um risco elevado de que alguma quantidade de poeira óssea adentre na rampa timpânica. Essa situação pode levar a um processo irritativo, inflamatório que resultaria em fibrose e ossificação intracoclear.¹⁷ O uso de um gancho delicado seria uma técnica alternativa. Entretanto, ao fraturar a crista permanece o risco de que pequenos fragmentos ósseos penetrem na rampa durante a manobra. Ademais, com o uso de um gancho, a base da crista remanescente pode não ser totalmente removida, gerando uma superfície com delicadas espículas ósseas que poderiam danificar a estrutura dos eletrodos durante a inserção.

Com base nesses achados, é possível sustentar que, em contraposição ao que havia sido afirmado por autores aqui já citados, ^{1,4,13} a remoção da crista fenestra deve ser evitada, de modo especial quando se trata de paciente com função auditiva residual. Nesses casos, deverá o cirurgião ampliar a área de acesso à rampa timpânica às custas do nicho ósseo. Uma vez que o julgamento transoperatório identifique um acesso insuficiente, a cocleostomia tradicional seria o procedimento de escolha.

A TC de alta resolução ainda é considerada o exame “padrão-ouro” na análise morfológica do osso temporal, ¹⁹ sendo uma ferramenta indispensável na avaliação pré-operatória de candidatos ao implante coclear. Em um recente estudo, todavia, Park *et al.* ²⁰ concluem que a análise pré-operatória do nicho ósseo é incapaz de prever o grau de dificuldade que o cirurgião deverá encontrar nessa abordagem. A informação sobre a presença da crista fenestra e das suas dimensões seria de utilidade ímpar, pois forneceria ao cirurgião a possibilidade de antever as condições transoperatórias e adequar-se a elas.

Nas peças estudadas neste estudo foi observada a impossibilidade de identificar positivamente a crista óssea, o que impediu uma posterior análise quantitativa. Os motivos estão relacionados principalmente às pequenas dimensões da crista, mas também ao fato de que esta é contínua com a sua membrana, ou seja, não se apresenta individualizada.

CONCLUSÕES

A crista fenestra é uma estrutura óssea constante no interior do nicho da janela redonda, e ocupa um expressivo espaço no seu lúmen. A crista provavelmente representa o mais importante obstáculo cirúrgico na abordagem à rampa timpânica.

Existe uma tendência significativa de que nichos mais estreitos apresentem cristas de menor área. Dessa forma, ao deparar-se com nichos pouco desenvol-

vidos, é pouco provável que a remoção da crista resulte em um ganho significativo de espaço no lúmen do nicho ósseo.

A avaliação radiológica através da TC de alta resolução não contribui para a identificação da crista fenestra, devido às suas pequenas dimensões. Desta forma, torna-se imperativo que o cirurgião otológico esteja familiarizado com ambas as técnicas, uma vez que a escolha da abordagem pode depender de uma escolha transoperatória.

REFERÊNCIAS:

1. Roland PS, Wright CG, Isaacson B: Cochlear implant electrode insertion: the round window revisited. *Laryngoscope* 2007;117:397-402.
2. Erixon E, Köbler S, Rask-Andersen H: Cochlear implantation and hearing preservation: results in 21 consecutively operated patients using the round window approach. *Acta Otolaryngol* 2012;132:923-31.
3. Atturo F, Barbara M, Rask-Andersen H: Is the human round window really round? An anatomic study with surgical implications. *Otol Neurotol* 2014; 35:1354-60.
4. Mom T, Bachy A, Houette A, Pavier Y, Pastourel R, Gabrillargues J, Saroul N, Gilain L, Avan P: Cochlear implantation through the round window with a straight slotted electrode array: optimizing the surgical procedure. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2016;273:853-8.
5. Adunka OF, Dillon MT, Adunka MC, King ER, Pillsbury HC, Buchman CA: Cochleostomy versus round window insertions: influence on functional outcomes in electric-acoustic stimulation of the auditory system. *Otol Neurotol* 2014;35:613-8.

6. Briggs RJ, Tykocinski M, Xu J, Risi F, Svehla M, Cowan R, Stover T, Erfurt P, Lenarz T: Comparison of round window and cochleostomy approaches with a prototype hearing preservation electrode. *Audiol Neurotol* 2006;11(Suppl 1):42-8.
7. Kang BJ, Kim AH: Comparison of cochlear implant performance after round window electrode insertion compared with traditional cochleostomy. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2013;148:822-6.
8. Havenith S, Lammers MJ, Tange RA, Trabalzini F, della Volpe A, van der Heijden GJJ, Grolman W: Hearing preservation surgery: cochleostomy or round window approach? A systematic review. *Otol Neurotol* 2013;34:667-74.
9. Hamerschmidt R, Schuch LH, Rezende RK, Wiemes GR, Oliveira AK, Mocellin M: A comparison between neural response telemetry via cochleostomy or the round window approach in cochlear implantation. *Braz J Otorhinolaryngol* 2012;78:71-5.
10. Singla A, Sahni D, Gupta AK, Loukas M, Aggarwal A: Surgical anatomy of round window and its implications for cochlear implantation. *Clin Anat* 2013;27:331-6.
11. Leong AC, Jiang D, Agger A, Fitzgerald-O'Connor A: Evaluation of round window accessibility to cochlear implant insertion. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2013;270:1237-42.
12. Proctor B, Bollobas B, Niparko JK: Anatomy of the round window niche. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1986;95:444-6.
13. Franz BKH, Clark GM, Bloom DM: Surgical anatomy of the round window with special reference to cochlear implantation. *J Laryngol Otol* 1987;101:97-102.
14. House WF: Cochlear Implants. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1976;85 suppl 27:1-93.

15. Lavinsky L, Lavinsky-Wolff M, Lavinsky J: Transcanal cochleostomy in cochlear implantation: experience with 50 cases. *Cochlear Implants Int* 2010;11:228-32.
16. Lavinsky-Wolff M, Lavinsky L, Dall'Igna C, Lavinsky L, Setogutti E, Viletti MC: Transcanal cochleostomy in cochlear implant surgery: long-term results of a cohort study. *Braz J Otorhinolaryngol* 2012;78:118-23.
17. Waltzman SB, Roland Jr JT: *Cochlear Implants*. 3^a. ed., Thieme, New York, 2014.
18. Cohen D, Blinder G, Perez R, Raveh D: Standardized computed tomographic imaging and dimensions of the round window niche. *Int Tinnitus J* 2005 11(2):158-162.
19. Park E, Amoodi H, Kuthubutheen J, Chen JM, Nedzelski JM, Lin VY: Predictors of round window accessibility for adult cochlear implantation based on pre-operative CT scan: a prospective observational study. *J Otolaryngol Head Neck Surg* 2015;44:20-6.

6. ARTIGO CIENTÍFICO EM LÍNGUA INGLESA

MORPHOLOGICAL STUDY OF THE CRISTA FENESTRA AND ITS IMPACT ON THE SURGICAL APPROACH TO THE SCALA TYMPANI DURING COCHLEAR IMPLANTATION

Roberto D. Angeli ¹, Luiz Lavinsky ²

¹ Postgraduate Program in Surgical Sciences, Medical School, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), Brazil

² PhD in Otolaryngology, Full Professor, Medical School, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), Brazil.

This research was conducted at the Research Center of the Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brazil.

Address for correspondence:

Mr. Roberto D Angeli, M.D.

Rua Marcelo Gama, 1317 ap. 801

90540-041 Porto Alegre, RS – Brazil

Phone: +55 51 96793874

E-mail: roberto.dihl@terra.com.br

Mr. R.D. Angeli takes responsibility for the integrity of the content of the paper

Competing interests: None declared.

ABSTRACT

Objective: To describe the dimensions of the crista fenestra and determine its presence by means of high-resolution Computed Tomography (CT) for the purpose of cochlear implantation via the round window approach.

Methods: A series of 10 adult human temporal bones underwent high-resolution CT scanning and further dissected for microscopic study of the round window niche.

Results: In all specimens, the round window membrane was fully visualized after complete removal of its bony overhangs. The crista fenestra was identified as a sharp bony crest located in the anterior and inferior borders of the niche; its area ranged from 0.28 to 0.80 mm² (mean, 0.51 mm² ± 0.18 mm). The proportion of the area occupied by the crista fenestra in the whole circumference of the round window ranged from 23 to 50% (mean, 36%). We found a moderate positive correlation between the area of the niche and the dimensions of the crista fenestra. (Spearman's rho: 0.491). In every case, high-resolution CT scanning was unable to determine the presence of the crista fenestra.

Conclusion: The crista fenestra occupies a variable but expressive area within the bony round window niche. Narrower round window niches tended to house smaller crests. The presence of the crista fenestra is an important obstacle to adequate access to the scala tympani. Nevertheless, high-resolution CT scan provides no additional preoperative information with regard to its presence for the purpose of surgical access to the scala tympani via the round window niche.

Key words: Round Window, Cochlear Implant, Crista Fenestra.

INTRODUCTION

Surgical access to the scala tympani through the round window niche for cochlear implantation has gained recent popularity after decades of widespread preference for the traditional cochleostomy [Roland et al., 2007; Erixon et al., 2012; Atturo et al., 2014; Mom et al., 2016]. Contemporary studies comparing these two approaches have demonstrated equivalent outcomes [Adunka et al., 2014; Briggs et al., 2006; Kang and Kim, 2013; Havenith et al., 2013; Hamerschmidt et al., 2012].

The main criticism of the round window approach relies on its uncertain pattern [Singla et al., 2013; Leong et al., 2013] in opposition to the stable morphology observed in the bony promontory. The superior border of the niche - the tegmen - and the *postis posterior* (posterior pillar) are important anatomical obstacles to proper visualization of the round window membrane through the posterior tympanotomy [Roland et al., 2007; Proctor et al., 1986].

Once these bony overhangs are removed and the round window membrane is fully exposed, a sharp bony crest, the *crista fenestra*, is identified in the antero-inferior border of the niche [Atturo et al., 2014; Franz et al., 1987]. The membrane of the round window arises from the free edge of the crest. The few studies that properly analyzed the crista fenestra reveal that this structure occupies an important portion of the circumference of the round window and, therefore, of the entrance to the scala tympani. Nevertheless, the area occupied by the crista and its impact on surgical access to the scala tympani have been neglected.

The main objective of the current study was to describe the morphology of the *crista fenestra* and analyze its impact on the approach to the scala tympani of the basal turn of the cochlea for cochlear implantation. As a secondary objective, we focused on the radiological presence of the crista as determined by high-resolution computed tomography (CT). Because the crista fenestra has not been described radiologically, we assume that this analysis can contribute to more accurate

preoperative planning in cases in which the round window approach is the proposed protocol for cochlear implantation.

METHODS

The study sample consisted of 10 adult human temporal bones fixed in 10% formalin and conserved under refrigeration. Specimens were donated by the Department of Morphological Sciences of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil. The project was approved by the Research Ethics Committee of the Hospital de Clinicas, Porto Alegre, Brazil.

All specimens initially underwent high-resolution CT scanning. All scans were performed on a 128-slice dual-source CT scanner (Discovery HD 750, General Electric Healthcare®) and images were analyzed using the AW 4.2 Workstation (General Electric Healthcare®). The modified Stenvers view was used to investigate the round window niche. An independent radiologist reviewed all scans.

The specimens were dissected in the Department of Experimental Surgery at the Research Center of the Hospital de Clínicas de Porto Alegre. A wide mastoidectomy and identification of the tympanic tegmen, sigmoid sinus, and the mastoid portion of the facial nerve preceded the analysis of the round window niche. The posterior external auditory canal and the tympanic membrane were removed. The oval and round windows were fully exposed, and the ossicular chain was kept intact.

Once the round window niche was identified (Figure 1A), its bony overhangs were drilled out until the round window membrane was completely visualized (Figure 1B). Then, the membrane was carefully removed (Figure 1C). The crista fenestra was identified and then completely removed using a small 0.5-mm-diameter cutting bur (Figure 1D). All steps were digitally documented using a GoPro Hero 1080 camera, and the images were analyzed by ImageJ, an image processing and

analysis software developed by the US National Institutes of Health (<http://www.imagej.gov/nih/ij>).

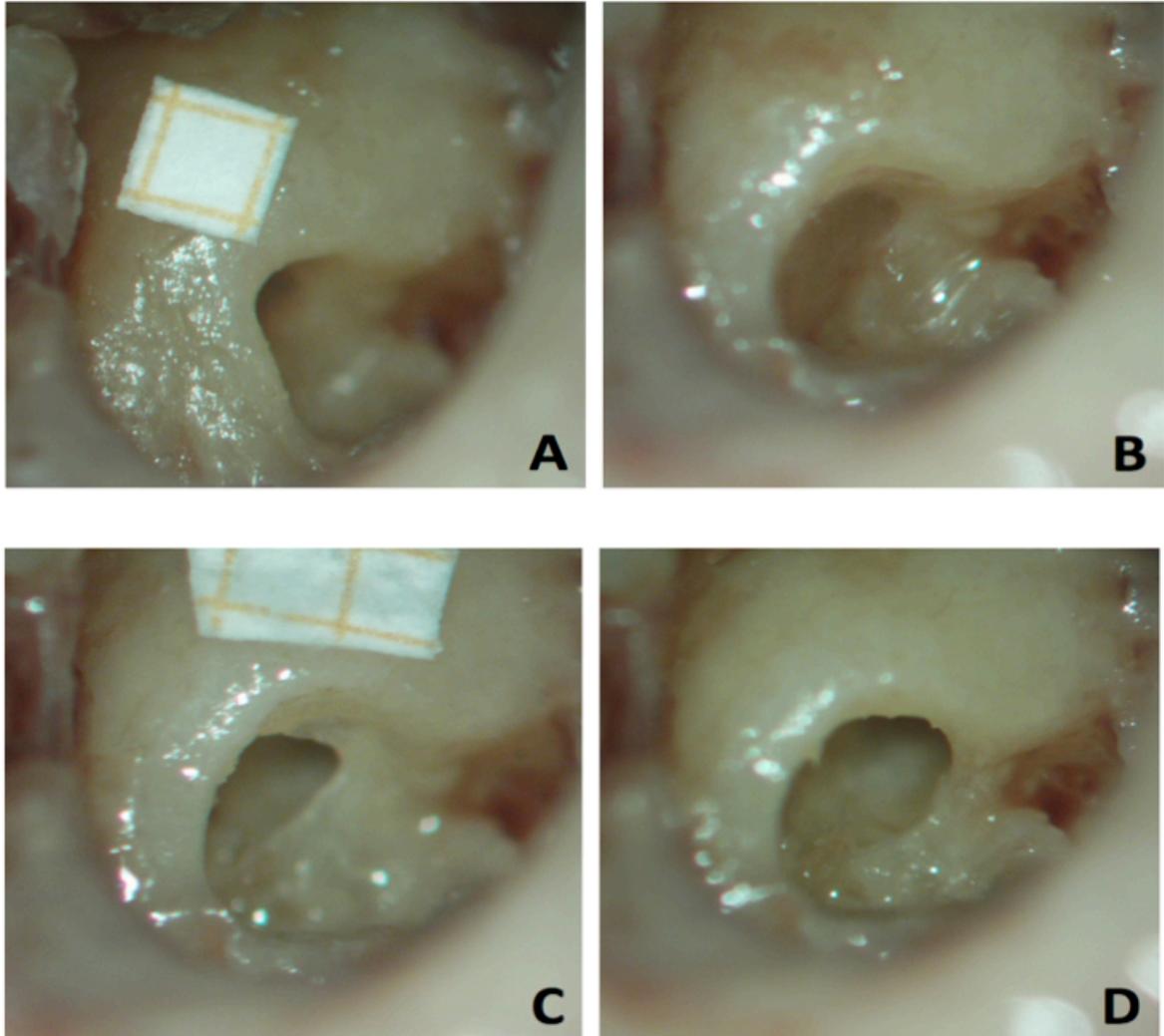


Figure 1. Right temporal bone. (A) Exposure of the round window niche. (B) Exposure of the round window membrane after removal of bony overhangs. (C) Round window after removal of its membrane. (D) Round window after removal of the crista fenestra.

Linear and square measurements of the round window were obtained with a millimeter graph paper placed close to the niche (Figure 1A). The images were

measured and scaled for pixel-to-millimeter conversion. This scale was used for round window assessment before and after removal of the crista fenestra.

Variables were correlated by the Spearman's rank correlation coefficient, or Spearman's rho. In order to label the strength of the association between the variables, for absolute values of rho, 0 – 0.29 was regarded as weak, 0.3 – 0.69 as moderate, and 0.7 – 1 as strong.

The width of the round window niche was first defined as the largest anteroposterior distance, while the highest superoinferior distance determined its height. We defined the height as absolutely perpendicular to the width's tracing. The circumference of the niche was used for determination of its area (Figure 2).

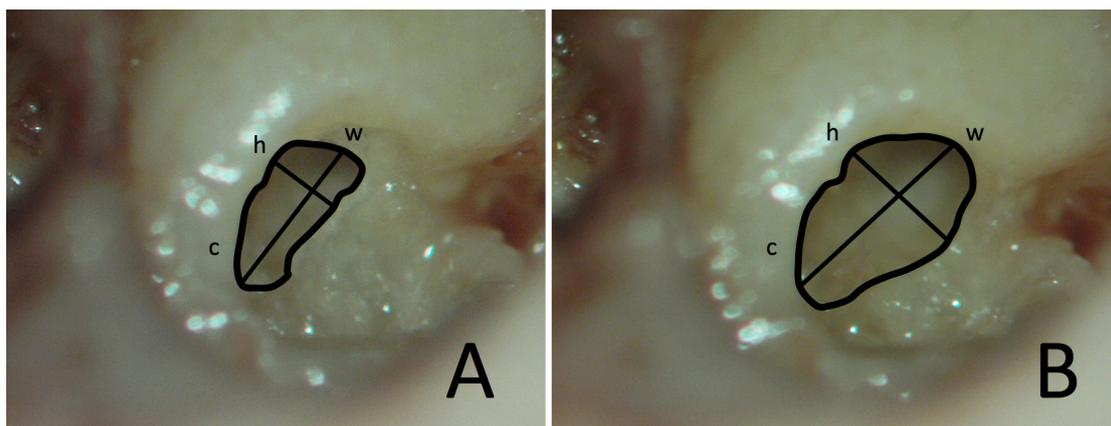


Figure 2. Method for determination of width (w), height (h) and circumference (c) of the round window niche before (A) and after (B) removal of the crista fenestra.

RESULTS

The round window niche was positively identified in all specimens. In 3 cases, however, the round window membrane could not be visualized due to the presence of bony overhangs. In the 7 remaining temporal bones, the visible area of the membrane ranged from 0.09 to 0.46 mm².

After drilling out the bony overhangs, the round window membrane was completely visualized in all specimens. Its height ranged from 0.60 to 1.04 mm (mean, 0.77 mm), while its width ranged from 1.19 to 1.71 mm (mean, 1.41 mm). The area of the round window ranged from 0.54 to 1.29 mm² (mean, 0.91 mm²). After removal of the crista fenestra, the area of the round window ranged from 0.83 to 2.02 mm² (mean, 1.42 mm²). The proportion of the area occupied by the crista in the whole circumference of the round window ranged from 23 to 50% (mean, 36%).

Individualized data on the area of the round window and the crista fenestra and the proportional relationship between these variables are summarized in Table 1.

Specimens	Round window (mm ²)		Crista fenestra (mm ²)	Proportion (%)
	Before	After		
1	0.78	1.58	0.80	50.6
2	0.80	1.29	0.49	38.0
3	0.54	0.83	0.28	34.1
4	0.97	1.61	0.64	39.5
5	1.02	1.43	0.41	29.1
6	0.99	1.36	0.37	27.2
7	0.93	1.32	0.39	29.6
8	0.58	1.11	0.53	47.9
9	1.29	1.68	0.39	23.2
10	1.21	2.02	0.80	39.8
Mean	0.91	1.42	0.51	35.9
SD	0.24	0.32	0.18	8.93

Table 1. Area of the round window before and after removal of the crista fenestra, area of the crista fenestra, and proportion of the area occupied by the crista in the whole circumference of the round window. SD = Standard deviation.

Height and width values were compared using the Spearman correlation coefficient. A value of 0.468 was obtained before removal of the crista, indicating a moderated, positive correlation between these variables. After removal of the crista, the correlation dropped to 0.127. These results indicate that height and width are positively correlated, especially when the crista fenestra is kept intact.

The area of the round window and the area of the crista fenestra were also examined using the Spearman correlation coefficient. The final value of 0.491 indicates a moderate positive correlation. This result suggests that wider round window niches tend to have larger crests, while narrower niches tend to have smaller crests.

The morphology and position of the crista fenestra are shown individually in Figure 3.

CT scan positively identified the round window niche in all 10 specimens. However, the crista fenestra was not individualized in any of the cases. The method used for identification of the crista fenestra is shown in Figure 4.

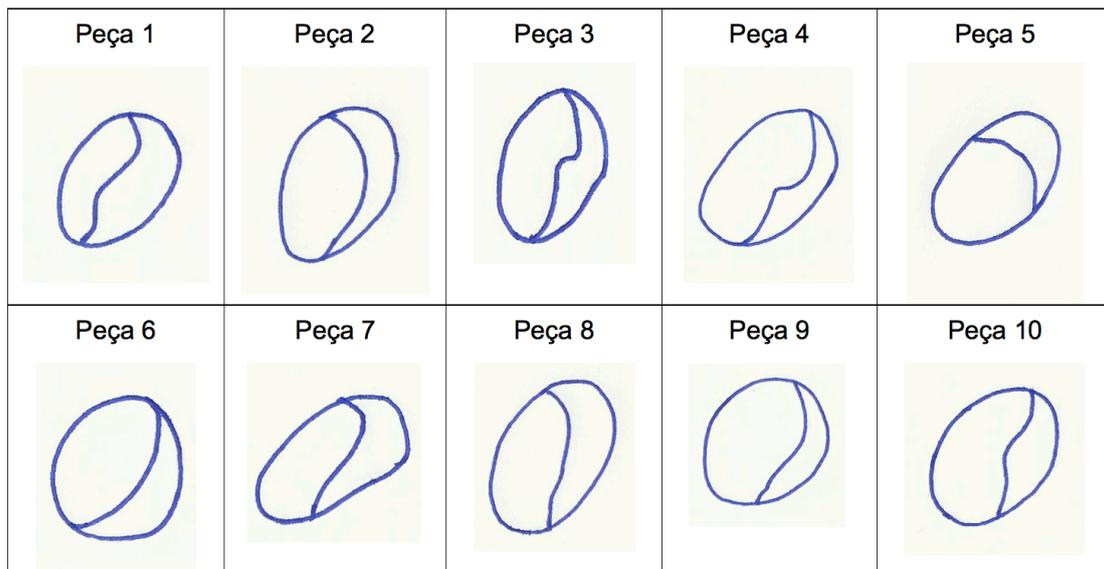


Figure 3. Morphology of the round window niche and the crista fenestra.

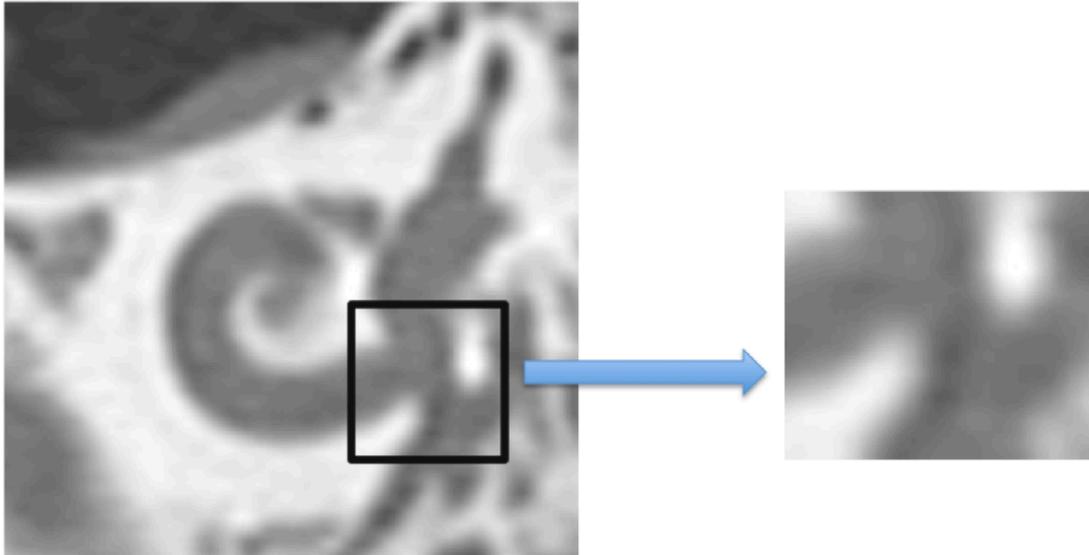


Figure 4. CT scan (modified Stenvers view) focusing on the round window niche.

DISCUSSION

The approach to the scala tympani through the bony niche of the round window for cochlear implantation has been described since the 1980s [Franz et al., 1987]. However, a widespread preference for basal turn cochleostomy has been observed. The main reason for this choice may relate to the variable morphology of the niche in opposition to the stable, constant access observed during cochleostomy.

The surgical protocol that has been used at the Department of Otolaryngology of the Hospital de Clínicas de Porto Alegre since 1995 is based on the original posterior tympanotomy technique described by William House in 1961 [14]. Some modifications have been made to the original protocol, called the Combined Approach Technique (CAT) [Lavinsky et al., 2010; Lavinsky-Wolff et al., 2012]. In this new protocol, to gain access to the middle ear cleft, the skin of the external auditory canal is dissected out until the tympanic annulus is reached, providing a wide exposure of the middle ear, which remains isolated from the cutaneous surface. The posterior tympanotomy is smaller than that in the original protocol, but wide enough

for electrode insertion toward the middle ear cleft. The main benefit of the CAT is the wide exposure of the promontory, providing a favorable angle to safely perform a cochleostomy with minimal risk to the facial nerve, particularly in cases of

In recent years, however, some studies have demonstrated a renewed interest in round window insertions. Roland et al. [1] point out some benefits, such as a reduced amount of drilling, thereby reducing the risk of acoustic trauma and minimizing the loss of perilymph and entry of bone dust into the scala tympani, the possibility of sealing the tissues immediately, and stimulation of more basal neural elements. Further studies that compared the approaches have reported similar audiological outcomes, both in preservation of residual hearing [Erixon et al., 2012; Briggs et al., 2006; Havenith et al., 2013] and speech perception scores [Kang and Kim, 2013; Hamerschmidt et al., 2012]. Kang and Kim [7] stated, however, that the round window should be used as a portal for electrode insertion only in cases with favorable anatomy.

Leong et al. [11] proposed a classification based on the visibility of the round window membrane. In cases with wide visibility, the electrodes could be inserted directly through the round window (membrane cochleostomy). In cases in which visibility is hardly achieved, or even impossible, access through the round window is impracticable and the traditional cochleostomy (bony cochleostomy) should be performed. Intermediate cases could be managed either by cochleostomy or by removal of the bony overhangs (extended round window approach). The results indicate that, in part of the cases, the bony overhangs of the round window niche must be drilled out for proper visualization of the membrane. Those authors did not mention the presence of the crista fenestra.

In the present study, the different morphology of the osseous niche was evident. Moreover, removal of the bony overhangs was required to obtain an adequate view of the membrane, even with the possibility of some degree of acoustic trauma.

The crista fenestra is always identified in the inferior or anterior border of the round window, or in both borders simultaneously. Because of this variability, we decided to study the area of the crista fenestra, which might emerge as a more reliable predictor of scala tympani accessibility in comparison with linear measurements, thus adding new information to the relevant literature.

In the present study, the difference between the largest (0.80 mm²) and the smallest crista (0.28 mm²) is a real evidence of its variable development. The moderate, positive Spearman correlation coefficient observed between the area of the round window and the area of the crista fenestra suggests that wide, well-developed round window niches have larger crests. Conversely, narrow, constricted niches usually have smaller crests. This finding is surgically relevant because, when facing narrow round window niches, the possibility of obtaining space by removing the crista fenestra is unlikely and the surgeon should expand the surgical field by removing the bony overhangs.

Because the crista fenestra occupies a significant portion of the circumference of the round window, it limits access to the scala tympani. Due to its location in the inferior and anterior borders of the window, the crista could push the electrodes toward the modiolus, increasing resistance to their insertion. Atturo et al. [3] defined the crista fenestra as a “doorstep” at the entrance of the basal turn of the cochlea.

According to Franz et al. [13], removing the crista fenestra is absolutely necessary to properly visualize the scala tympani through the posterior tympanotomy. Those authors, however, did not describe their surgical protocol. The observations in the present study suggest that the use of cutting burs results in an increased risk of bone dust entering into the scala tympani. This could lead to an inflammatory process in the cochlea, fibrosis, and further ossification [Waltzman and Roland Jr, 2013]. When using a delicate hook, the fracture of the crest may allow

small bone fragments to enter the scala tympani. If the crest is not fully removed, its small spicules may damage the electrode array during insertion.

Based on these statements, it is possible to affirm, in opposition to what some authors have pointed out [Roland et al., 2007; Franz et al., 2013], that removal of the crista fenestra should be avoided – particularly in patients with residual hearing. In these cases, surgeons should enlarge the access route to the round window at the expense of the bony overhangs of the round window niche. Once intraoperative judgment identifies poor access, the traditional cochleostomy must be considered.

High-resolution CT scan is considered the gold standard for assessment of the morphology of the temporal bone [Cohen et al., 2005]. All preoperative protocols recognize CT as an indispensable tool for preoperative evaluation before cochlear implantation. In a recent study, however, Park et al. [19] concluded that radiological assessment of the bony niche could not predict the difficulties that surgeons encountered during this approach. Radiological identification of the crista fenestra and its dimensions would provide surgeons with valuable data and the possibility of predicting intraoperative circumstances.

In the present study, the crista fenestra was not radiologically identified in any of the cases. Possible reasons for this may be the small size of the crista and the fact that it could not be properly individualized from the membrane arising from its free edge.

CONCLUSIONS

The crista fenestra is a sharp bony crest, which occupies an expressive area within the round window niche. It can be considered the most important barrier to the scala tympani.

Narrower bony niches tend to house small crests. In this situation, removal of the crista fenestra could not provide additional room in the circumference of the niche.

The impossibility of predicting its presence by CT scan blinds the surgeon to intraoperative circumstances. To overcome this situation, it is imperative that the otological surgeon be familiar with both techniques, since the choice of approach may ultimately depend on intraoperative decision-making.

REFERENCES

1. Adunka OF, Dillon MT, Adunka MC, King ER, Pillsbury HC, Buchman CA: Cochleostomy versus round window insertions: influence on functional outcomes in electric-acoustic stimulation of the auditory system. *Otol Neurotol* 2014;35:613-8.
2. Atturo F, Barbara M, Rask-Andersen H: Is the human round window really round? An anatomic study with surgical implications. *Otol Neurotol* 2014; 35:1354-60.
3. Briggs RJ, Tykocinski M, Xu J, Risi F, Svehla M, Cowan R, Stover T, Erfurt P, Lenarz T: Comparison of round window and cochleostomy approaches with a prototype hearing preservation electrode. *Audiol Neurotol* 2006;11(Suppl 1):42-8.
4. Cohen D, Blinder G, Perez R, Raveh D: Standardized computed tomographic imaging and dimensions of the round window niche. *Int Tinnitus J* 2005 11(2):158-162.
5. Erixon E, Köbler S, Rask-Andersen H: Cochlear implantation and hearing preservation: results in 21 consecutively operated patients using the round window approach. *Acta Otolaryngol* 2012;132:923-31.
6. Franz BKH, Clark GM, Bloom DM: Surgical anatomy of the round window with special reference to cochlear implantation. *J Laryngol Otol* 1987;101:97-102.

7. Hamerschmidt R, Schuch LH, Rezende RK, Wiemes GR, Oliveira AK, Mocellin M: A comparison between neural response telemetry via cochleostomy or the round window approach in cochlear implantation. *Braz J Otorhinolaryngol* 2012;78:71-5.
8. Havenith S, Lammers MJ, Tange RA, Trabalzini F, della Volpe A, van der Heijden GJJ, Grolman W: Hearing preservation surgery: cochleostomy or round window approach? A systematic review. *Otol Neurotol* 2013;34:667-74.
9. House WF: Cochlear Implants. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1976;85 suppl 27:1-93.
10. Kang BJ, Kim AH: Comparison of cochlear implant performance after round window electrode insertion compared with traditional cochleostomy. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2013;148:822-6.
11. Lavinsky L, Lavinsky-Wolff M, Lavinsky J: Transcanal cochleostomy in cochlear implantation: experience with 50 cases. *Cochlear Implants Int* 2010;11:228-32.
12. Lavinsky-Wolff M, Lavinsky L, Dall'Igna C, Lavinsky L, Setogutti E, Viletti MC: Transcanal cochleostomy in cochlear implant surgery: long-term results of a cohort study. *Braz J Otorhinolaryngol* 2012;78:118-23.
13. Leong AC, Jiang D, Agger A, Fitzgerald-O'Connor A: Evaluation of round window accessibility to cochlear implant insertion. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2013;270:1237-42.
14. Mom T, Bachy A, Houette A, Pavier Y, Pastourel R, Gabrillargues J, Saroul N, Gilain L, Avan P: Cochlear implantation through the round window with a straight slotted electrode array: optimizing the surgical procedure. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2016;273:853-8.
15. Park E, Amoodi H, Kuthubutheen J, Chen JM, Nedzelski JM, Lin VY: Predictors of round window accessibility for adult cochlear implantation based

- on pre-operative CT scan: a prospective observational study. *J Otolaryngol Head Neck Surg* 2015;44:20-6.
16. Proctor B, Bollobas B, Niparko JK: Anatomy of the round window niche. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1986;95:444-6.
 17. Roland PS, Wright CG, Isaacson B: Cochlear implant electrode insertion: the round window revisited. *Laryngoscope* 2007;117:397-402.
 18. Singla A, Sahni D, Gupta AK, Loukas M, Aggarwal A: Surgical anatomy of round window and its implications for cochlear implication. *Clin Anat* 2013;27:331-6.
 19. Waltzman SB, Roland Jr JT: *Cochlear Implants*. 3^a. ed., Thieme, New York, 2014.

ANEXO 1

Termo de cedência das peças (ossos temporais humanos) do Departamento de Ciências Morfológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para o pesquisador responsável



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS MORFOLÓGICAS

Of.nº 073/2009-DCM-ICBS/UFRGS

Porto Alegre, 31 de agosto de 2009.

DECLARAÇÃO

Prezado Senhor:

Ao cumprimentá-lo, gostaríamos de informar que o Médico **ROBERTO DIHL ANGELI**, inscrito no Conselho Regional de Medicina do Rio Grande do Sul sob o nº 22291, CPF 71516620097, está autorizado pelo Colegiado deste Departamento, conforme consta da ATA nº 395 / DCM-ICBS (aprovado por unanimidade), a transportar 14 (quatorze) peças anatômicas de ossos temporais formolizadas (em Solução de Formaldeído a 10%) que fazem parte do acervo do Setor de Neuroanatomia Humana do Departamento. O objetivo do transporte destas peças anatômicas visam o estudo da anatomia humana e o treinamento de habilidades cirúrgicas junto ao *Gruppo Otologico de Piacenza*, chefiado pelo Prof. Mario Sanna, Itália.

Sem mais para o momento, renovamos os votos de apreço e consideração.

Atenciosamente,

Prof. **Geraldo Pereira Jotz**
- Chefe do Departamento -

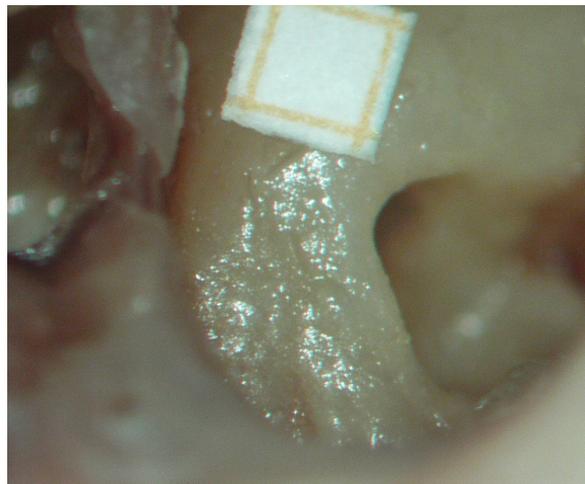
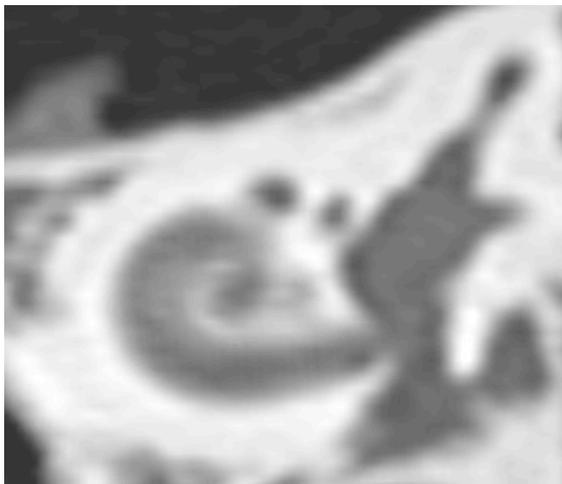
Ilmo. Sr.
Diretor da Autoridade Sanitária Nacional/Internacional
Brasil / Itália



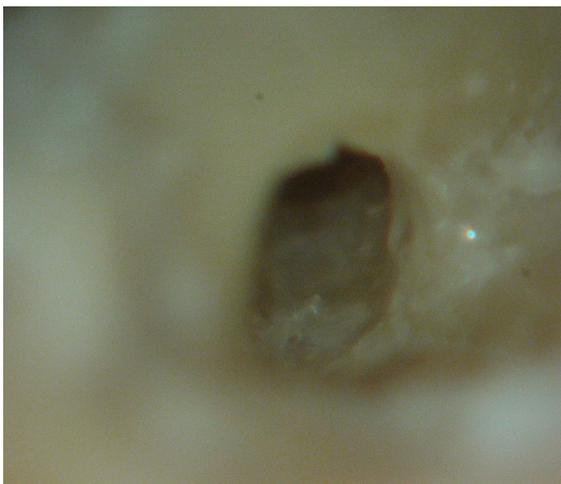
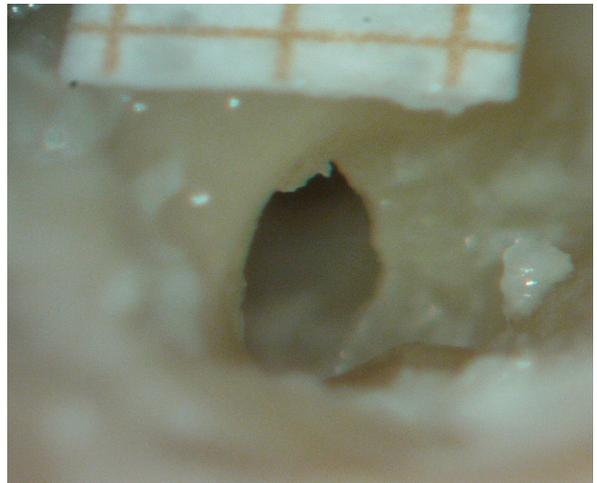
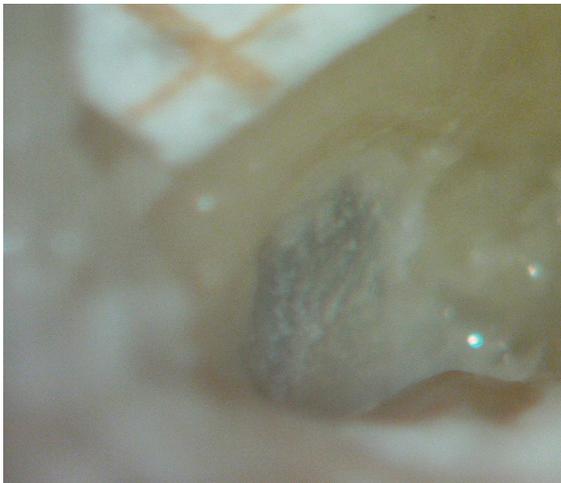
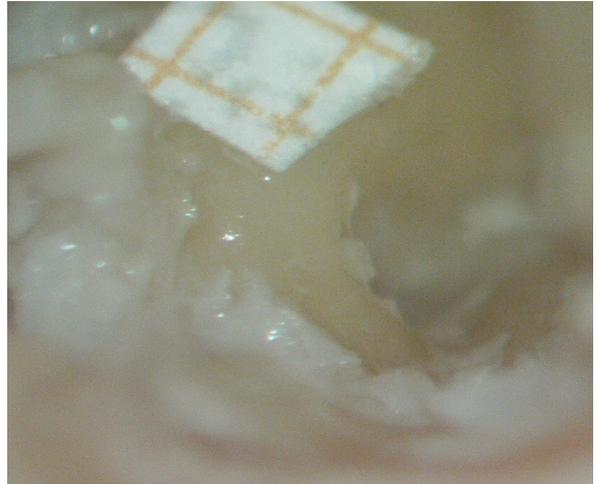
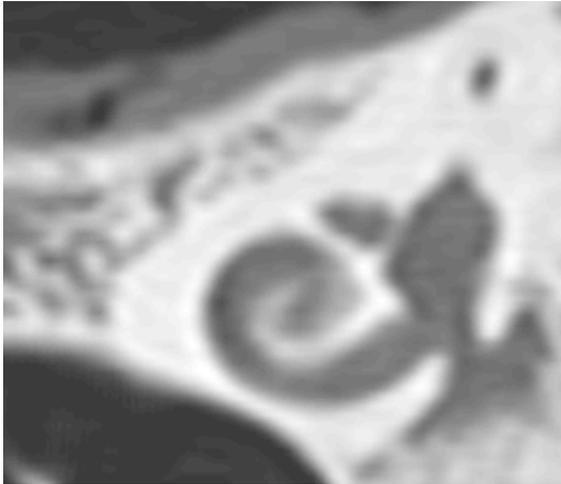
ANEXO 2

Imagens de cada peça individualizada por tomografia computadorizada (incidência de Stenvers modificada) e as etapas de dissecação do nicho ósseo

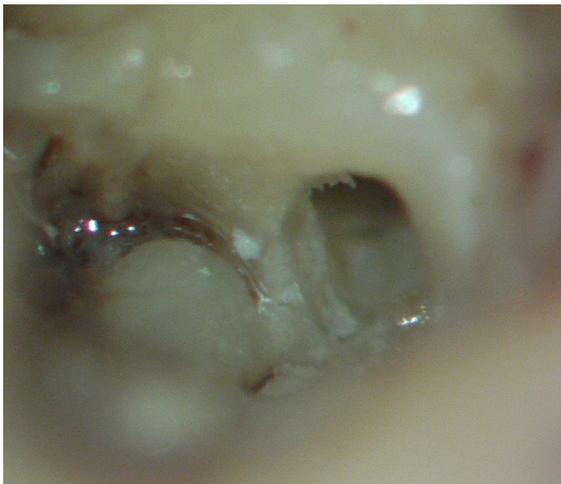
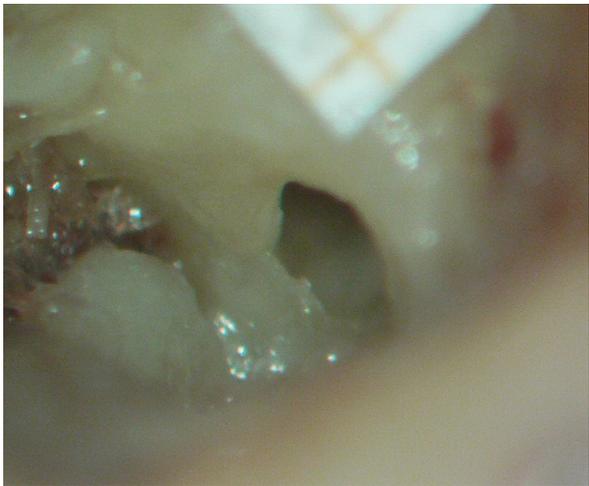
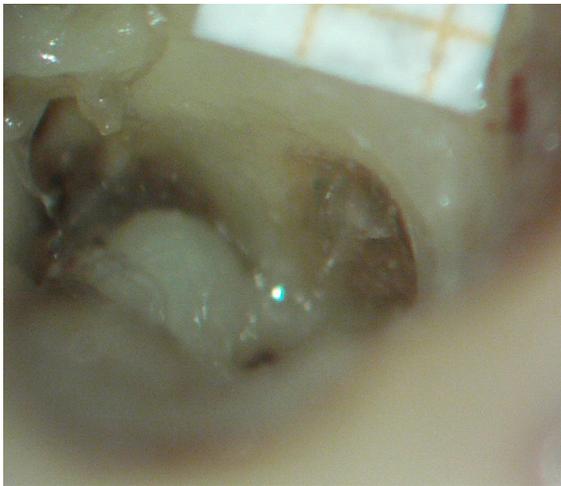
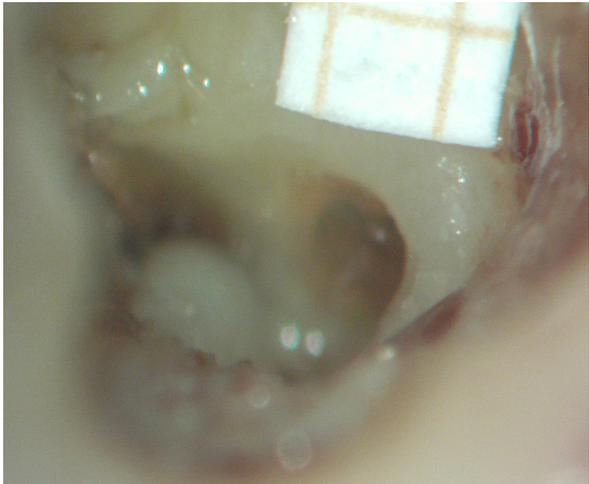
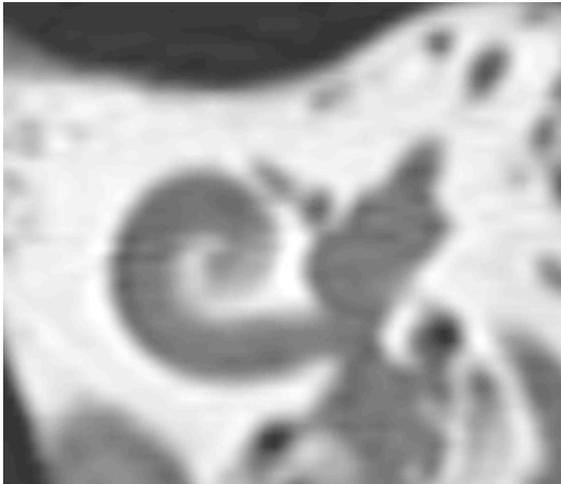
OSSO 1 (LADO DIREITO)



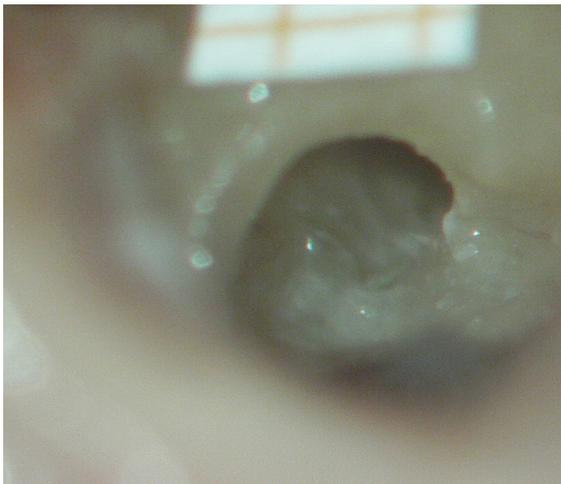
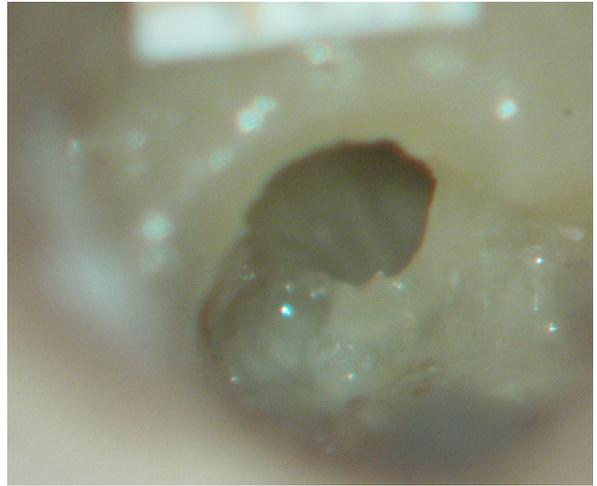
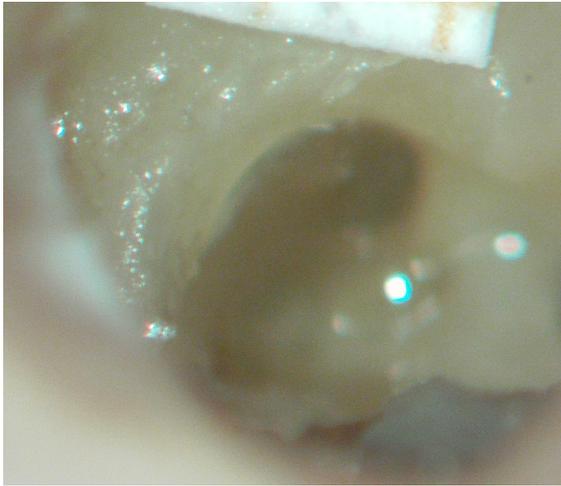
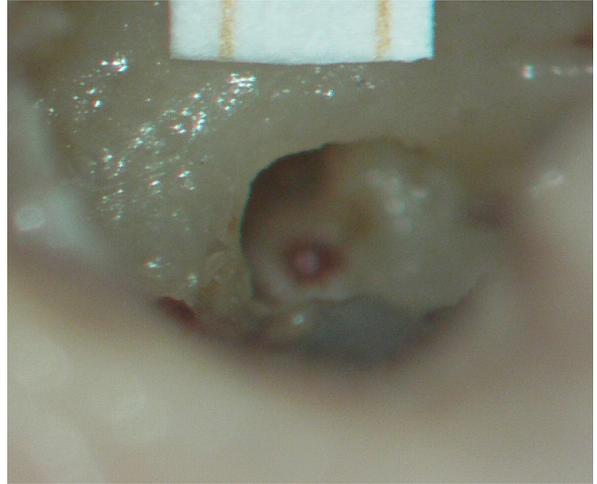
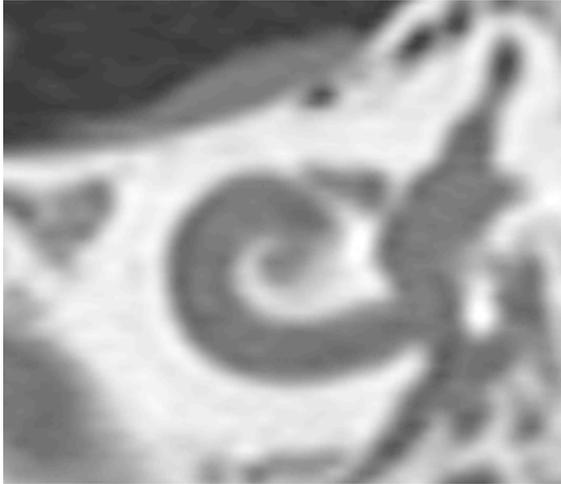
OSSO 2 (LADO DIREITO)



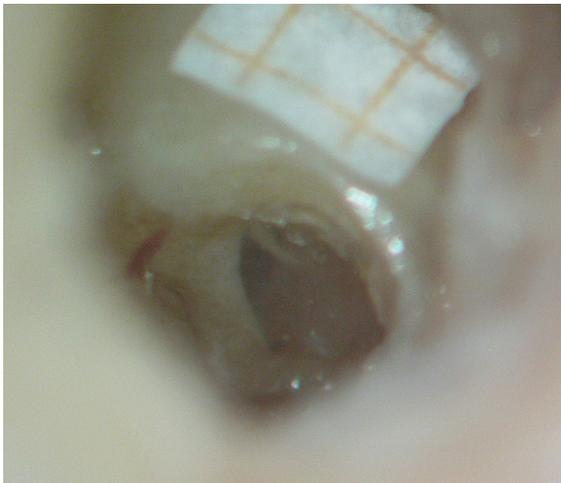
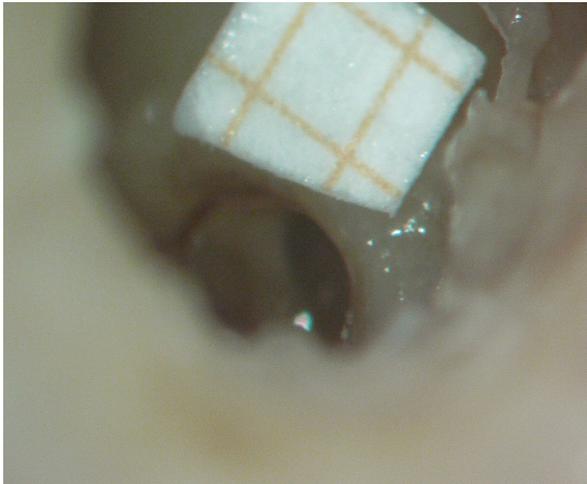
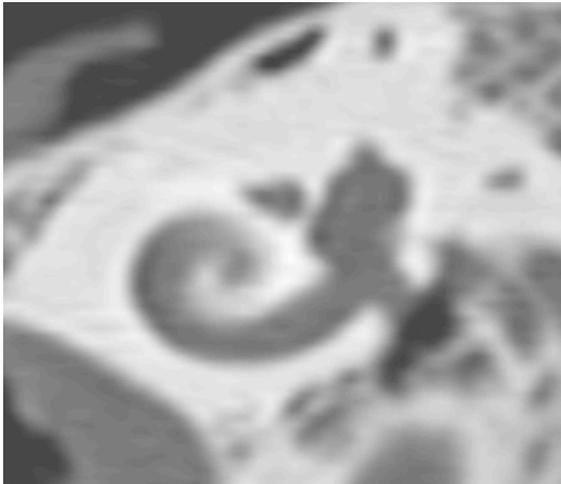
OSSO 3 (LADO ESQUERDO)



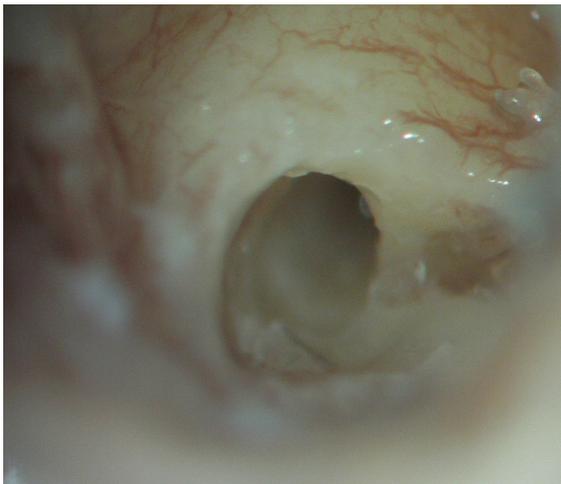
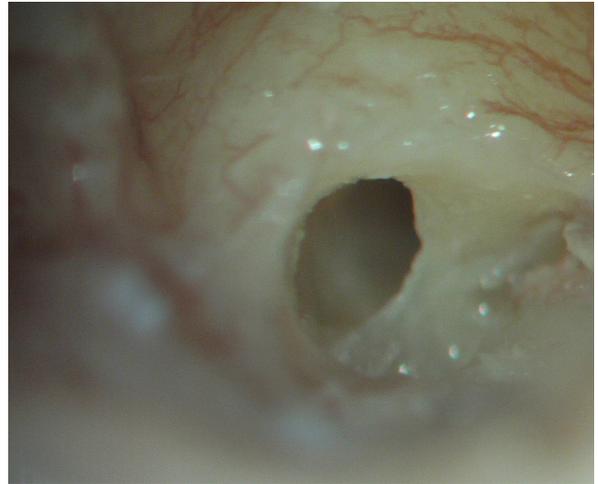
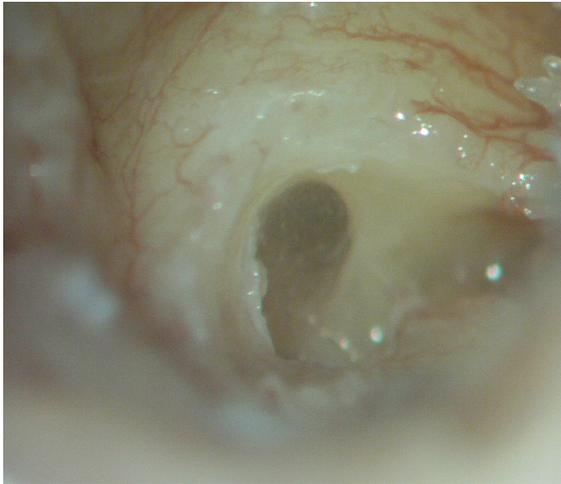
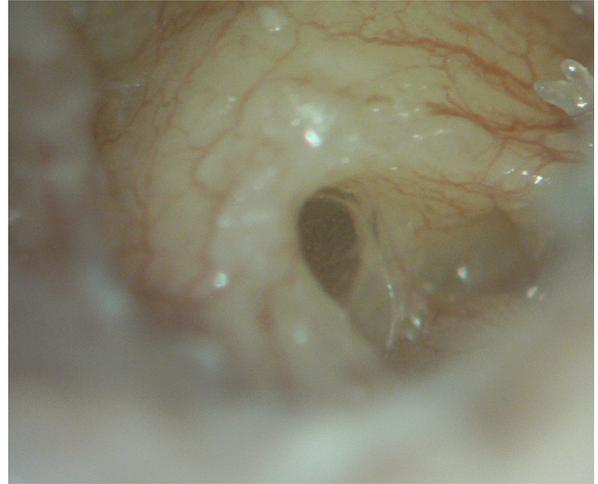
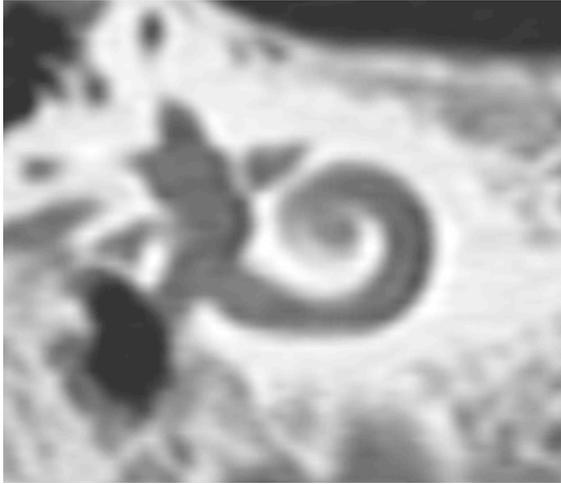
OSSO 4 (LADO DIREITO)



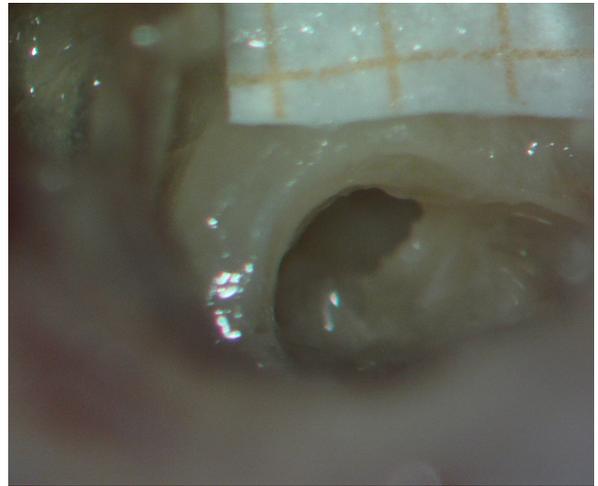
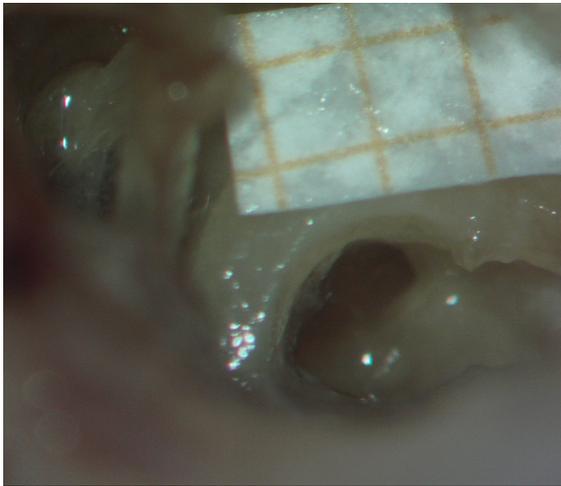
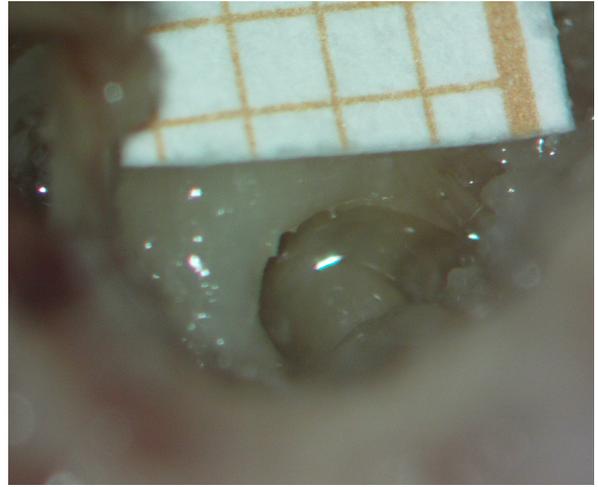
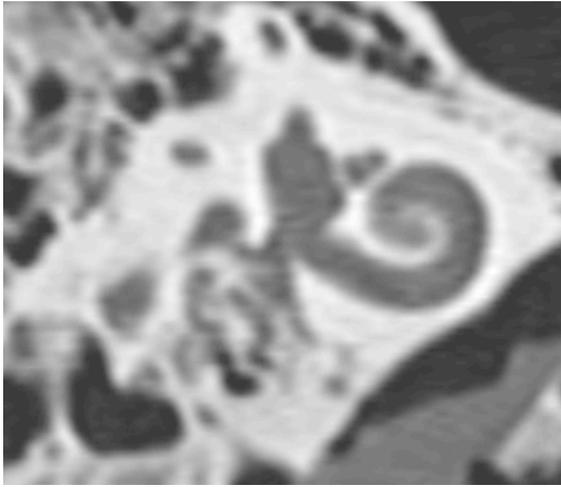
OSSO 5 (LADO ESQUERDO)



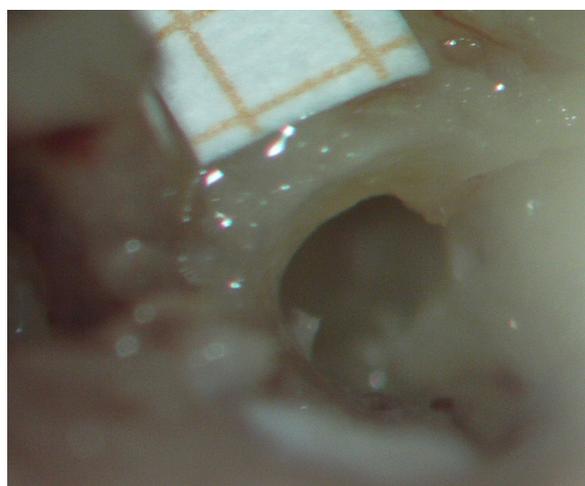
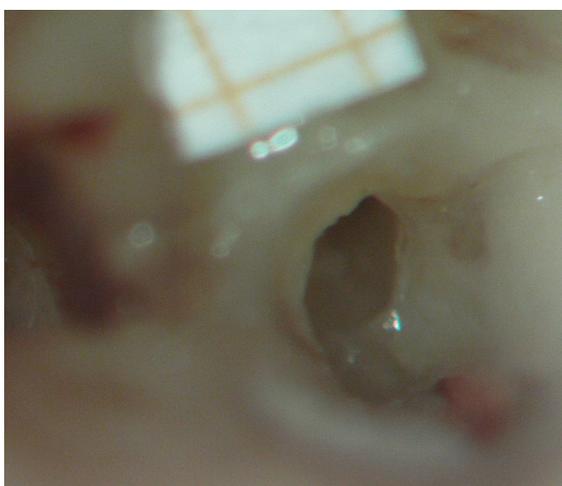
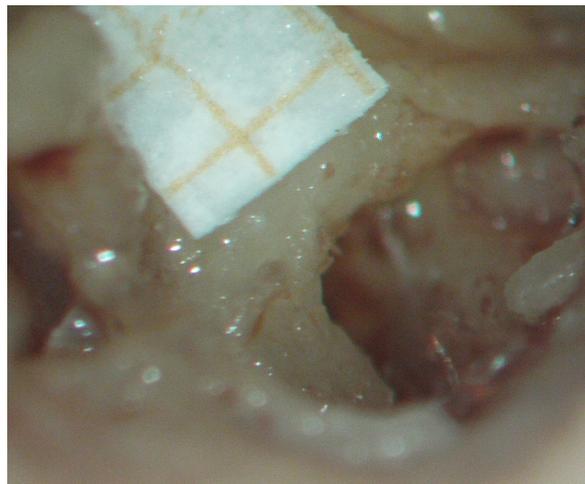
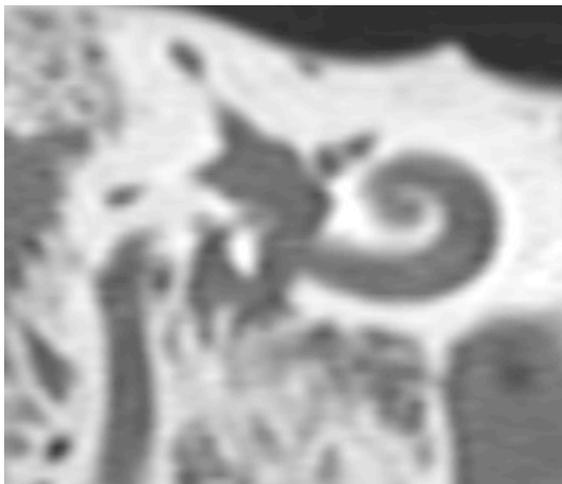
OSSO 6 (LADO DIREITO)



OSSO 7 (LADO DIREITO)

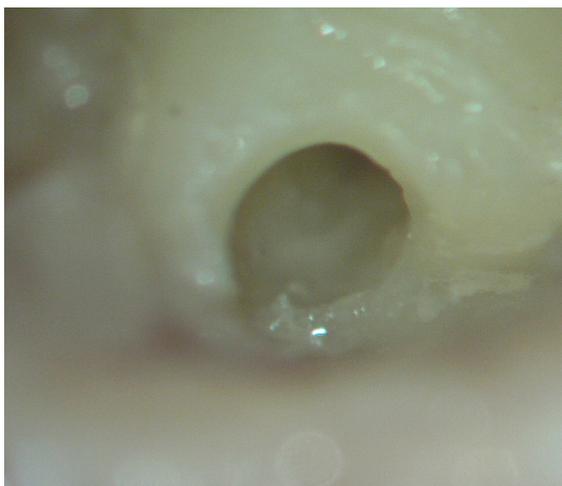
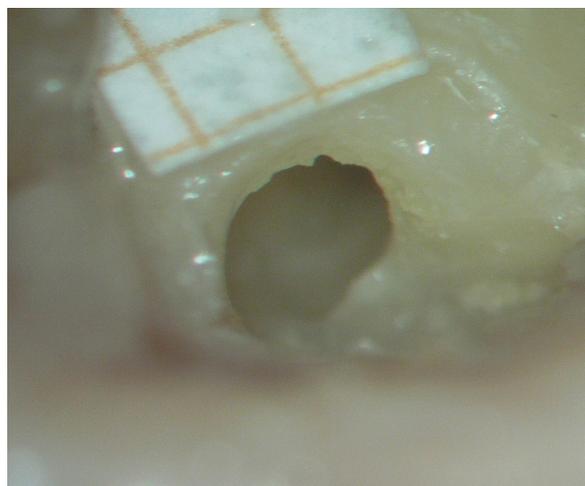
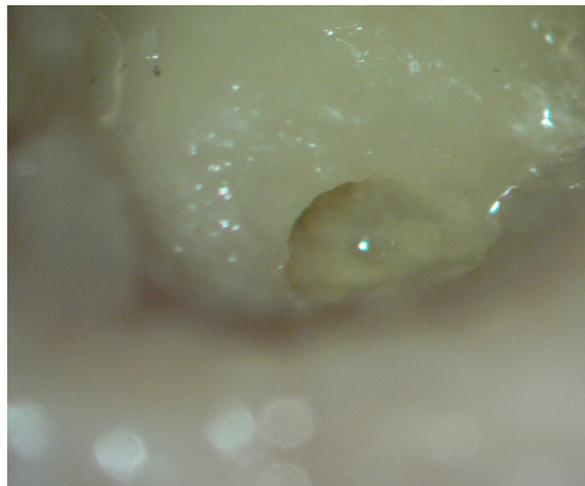
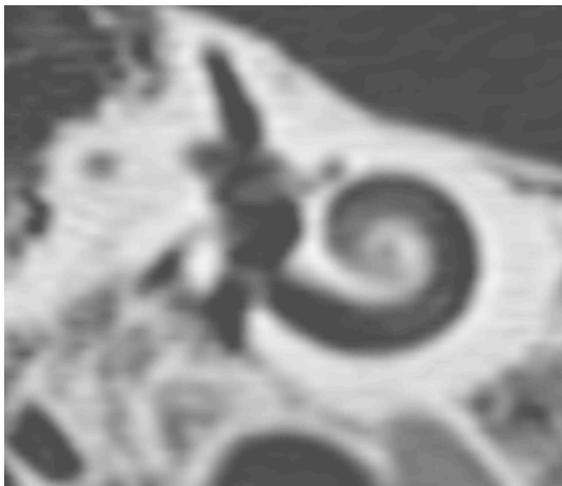


OSSO 8 (LADO DIREITO)



OBSERVAÇÃO: nesta peça não se encontra a imagem da membrana intacta após a remoção dos bordos ósseos.

OSSO 9 (LADO DIREITO)



OSSO 10 (LADO DIREITO)

