

ALINE GOMES BITTENCOURT

**Referências anatômicas ao giro basal da cóclea no assoalho
da fossa craniana média para o implante coclear**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do título
de Doutor em Ciências

Programa de Otorrinolaringologia
Orientador: Prof. Dr. Rubens Vuono de Brito Neto

São Paulo

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Bittencourt, Aline Gomes

Referências anatômicas ao giro basal da cóclea no assoalho da fossa craniana média para o implante coclear / Aline Gomes Bittencourt. -- São Paulo, 2014.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Programa de Otorrinolaringologia.

Orientador: Rubens Vuono de Brito Neto.

Descritores: 1.Fossa craniana média/cirurgia 2.Fossa craniana média/anatomia & histologia 3.Implante coclear 4.Implante coclear/métodos 5.Neuroanatomia 6.Osso temporal/cirurgia 7.Osso temporal/anatomia & histologia 8.Perda auditiva neurossensorial/cirurgia 9.Perda auditiva neurossensorial/reabilitação 10.Cadáver 11.Tomografia computadorizada por raios X

USP/FM/DBD-04/14

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais, Wolney e Cristina, e ao meu amor, Patrick.

AGRADECIMENTOS

Ao **Prof. Dr. Ricardo Ferreira Bento**, Professor Titular da Disciplina de Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Mestre de grande experiência clínica e capacidade profissional, meu profundo reconhecimento e gratidão por todas as oportunidades, pelos conhecimentos transmitidos e por ter permitido que eu convivesse com um grupo de tamanha excelência.

Ao **Prof. Dr. Rubens Vuono de Brito Neto**, orientador e mestre. Exemplo de seriedade e profissionalismo. Desejo que a nossa convivência se prolongue para além dessa etapa da minha vida. Não tenho palavras para agradecer a confiança depositada em mim.

Ao **Dr. Robinson Koji Tsuji**, grande incentivador desta tese. Aprendi ao longo desses anos de convivência grandes lições de paciência e persistência. Em nossas muitas trocas sempre trouxe ideias, questões e comentários que me auxiliaram. Sua capacidade intelectual e cirúrgica foram fundamentais para que este estudo pudesse ser conduzido. Obrigada por ter contribuído de forma tão marcante em minha formação.

Ao **Prof. Dr. Alfredo Luiz Jacomo** pelo apoio na aquisição das peças para este estudo.

Ao **Prof. Dr. Fernando Sérgio de Melo Portinho**, por ter incentivado o meu sonho e guiado os meus passos desde o início. Obrigada pelos ensinamentos e por ter despertado em mim a paixão pela otologia.

À **Dra. Raquel Salomoni**, pela amizade e por todas as horas gastas com explicações, críticas e incentivos desde o início da pós-graduação, neste e em outros projetos.

Às bancas examinadora e de qualificação, pela atenção dispensada na leitura desta tese.

À **Adriana**, do Laboratório de Habilidades em Otorrinolaringologia, pela prontidão e carinho com que sempre me atendeu em todas as solicitações.

Ao **Miguel** e ao **Luciano**, do Laboratório de Anatomia Topográfica e Estrutural Humana, por todos os momentos de solidade e por cuidarem das minhas peças.

Ao Sr. **Nilton** e aos técnicos do Serviço de Verificação de Óbitos da Capital, pela presteza dispensada ao acesso aos ossos temporais utilizados neste estudo.

Aos meus pais, **Wolney Augusto Bittencourt** e **Teresa Cristina Gomes Bittencourt**, pelo seu apoio em todos os momentos da minha vida e por sempre acreditarem que eu era capaz. Por todo amor, dedicação e por sermos esta família maravilhosa.

Ao meu amor e grande companheiro, **Patrick Rademaker Burke**, pelo desprendimento demonstrado para que eu conquistasse a minha plenitude pessoal e profissional. Por ter me acompanhado e apoiado em todos os momentos desta jornada. Esta conquista que é nossa!

Aos meus irmãos **Millena** e **Leandro**, à minha tia **Yara**, aos cunhados **Priscila**, **Manuel** e **Andréa**, e ao meu sogro **Raymond** e sua esposa **Albina**, pelo apoio e por me proporcionarem conforto nas ocasiões difíceis.

Às queridas *fellows* do grupo de Ouvido do HC-FMUSP **Dra. Alessandra Kiesewetter**, **Dra. Ana Adelina Giantomassi Della Torre** e **Dra. Liliane Satomi Ikari**, pela amizade, convivência e relacionamento harmoniosos, que nos tornaram uma pequena família.

Às otologistas **Dra. Mariana Hausen Pinna**, **Dra. Andrea Felice dos Santos** e **Dra. Tatiana Alves Monteiro** com as quais espero poder compartilhar inquietações e descobertas por muitos anos. Obrigada por tantos ensinamentos.

Ao **Dr. Rui Imamura, Dr. Ronaldo Frizzarini e Dr. Fabio de Rezende Pinna**, pelo senso crítico durante a fase de elaboração deste estudo, e por me abrir os horizontes ao raciocínio científico.

Às funcionárias **Mari, Luci, Marcinha, Kátia, Leide e Shirley** por tanto o carinho e suporte.

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas

Lista de símbolos

Lista de siglas

Lista de figuras

Lista de tabelas

Resumo

Summary

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	6
2.1 Objetivo principal	7
2.2 Objetivos secundários	7
3 REVISÃO DA LITERATURA	8
3.1 Implante coclear e otite média crônica supurativa	9
3.2 Técnicas via fossa craniana média	12
3.3 Anatomia das estruturas da fossa craniana média relacionada ao implante coclear por esta via	16
3.4 Estudos anatômicos da cóclea na fossa craniana média	28
3.5 Técnicas de acesso à fossa craniana média	30
3.6 Implante coclear via fossa craniana média	33
4 CASUÍSTICA E MÉTODOS	35
4.1 Casuística	36
4.1.1 Critérios de inclusão	36
4.2 Métodos	37
4.2.1 Marcos anatômicos	37
4.2.2 Protocolo de dissecação	38
4.2.3 Medições	43
4.2.4 Tomografia computadorizada	46
4.3 Análise estatística	47
5 RESULTADOS	48
6 DISCUSSÃO	53
6.1 Implante coclear e otite média crônica	54

6.2 Implante coclear via fossa craniana média	57
6.3 Estudos anatômicos da cóclea na fossa craniana média e sua aplicação para o implante coclear	59
6.4 Correlações	61
6.5 Considerações finais	62
7 CONCLUSÃO	63
8 REFERÊNCIAS	65
9 APÊNDICES	
Apêndice A - Carta do Comitê de Ética em Pesquisa	
Apêndice B - Artigo científico	

LISTAS

SIGLAS

FMUSP	Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
HC-FMUSP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
USP	Universidade de São Paulo

ABREVIATURAS

ACI	Artéria Carótida Interna
AMM	Artéria Menígea Média
AP	Ápice Petroso
Co	Cóclea
CSCL	Canal Semicircular Lateral
CSCS	Canal Semicircular Superior
DM	Dura-máter
DP	Desvio Padrão
EA	Eminência Arqueada
FE	Forame Espinhoso
et al.	e outros
FCM	Fossa Craniana Média
GBC	Giro Basal da Cóclea
GG	Gânglio Geniculado
IC	Implante Coclear
JR	Janela Redonda
MAE	Meato Acústico Externo
MAI	Meato Acústico Interno
NC	Nervo Craniano
NF	Nervo Facial
NPSM	Nervo Petroso Superficial Maior
OMC	Otite Média Crônica
PA	Poros Acústicos
PC	Processo Cocleariforme
PM	Plano Meatal
SPS	Seio Petroso Superior
TC	Tomografia Computadorizada
V	Nervo Trigêmeo
Ve	Vestíbulo

SÍMBOLOS

cm	centímetro
mm	milímetro
T	tesla
°	grau
%	por cento

FIGURAS

Figura 1	A fossa craniana média (área hachureada) é constituída por ossos esfenoide e temporal	17
Figura 2	Fossa craniana média direita. A artéria meníngea média (AMM), sob a dura-máter da fossa craniana média. Visualização do poro acústico (PA) na fossa craniana posterior	17
Figura 3	Fossa craniana média esquerda. B: bigorna; CSCL: canal semicircular lateral; EA: eminência arqueada; M: martelo; MFCM: meninge (dura-máter) da fossa craniana média; NF_T: nervo facial, porção timpânica; NPSM: nervo petroso superficial maior; PC: processo cocleariforme; SPS: seio petroso superior. Área hachureada: região do plano meatal na porção petrosa do osso temporal, sobre o meato acústico interno	19
Figura 4	Anatomia da fossa craniana média esquerda na posição cirúrgica adotada para o implante coclear. AMM: artéria meníngea média; EA: eminência arqueada; FE: forame espinhoso; MFCM: meninge (dura-máter) da fossa craniana média; NPSM: nervo petroso superficial maior; SPS: seio petroso superior; TT: <i>tegmen tympani</i>	20
Figura 5	Anatomia da fossa craniana média esquerda na posição cirúrgica adotada para o implante coclear. EA: eminência arqueada; FE: forame espinhoso; NPSM: nervo petroso superficial maior	20
Figura 6	Anatomia da fossa craniana média esquerda. EA: eminência arqueada; PA: poro acústico. Destaca-se a depressão óssea anterior à EA, na região do plano meatal	22
Figura 7	Anatomia da fossa craniana média esquerda (visão superior). EA: eminência arqueada; FE: forame espinhoso; NPSM: nervo petroso superficial maior; V₃: divisão mandibular do nervo trigêmeo	24
Figura 8	Desenho esquemático da anatomia da fossa craniana média. ACI: artéria carótida interna; GG: gânglio geniculado; Co: cóclea; CSCL: canal semicircular lateral; CSCP: canal semicircular posterior; CSCS: canal semicircular superior; MAI: meato acústico interno; NPSM: nervo petroso superficial maior; PA: poro acústico; V₁: ramo oftálmico do nervo trigêmeo; V₂: ramo maxilar do nervo trigêmeo; V₃: ramo	

	mandibular do nervo trigêmeo; Ve: vestibulo	26
Figura 9	Anatomia da fossa craniana média direita na posição cirúrgica adotada para o implante coclear. Co: cóclea, EA: eminência arqueada; GBC: giro basal da cóclea; GG: gânglio geniculado; MAI - PM: meato acústico interno - plano meatal; NPSM: nervo petroso superficial maior. Visualizam-se as escalas timpânica e vestibular, e a lâmina espiral óssea separando essas câmaras da cóclea	27
Figura 10	Anatomia da fossa craniana média direita em uma visão perpendicular ao rochedo. AP: ápice petroso; Co - GBC: cóclea (giro basal); EA: eminência arqueada; MAI - PM: meato acústico interno - plano meatal; NPSM: nervo petroso superficial maior; SPS: seio petroso superior	37
Figura 11	Exposição da superfície anterior da porção petrosa do osso temporal direito com identificação dos pontos de reparo, após o descolamento da dura-máter da fossa craniana média. EA: eminência arqueada; NPSM: nervo petroso superficial maior; SPS: seio petroso superior	38
Figura 12	Broqueamento do ápice petroso no sentido medial, em sua porção mais anterior e adjacente ao seio petroso superior (SPS). EA: eminência arqueada; NPSM: nervo petroso superficial maior	39
Figura 13	Identificação, por transparência, do meato acústico interno - plano meatal (MAI - PM). Co - GBC: cóclea (giro basal); EA: eminência arqueada; MFCM: meninge da fossa craniana média; NPSM: nervo petroso superficial maior; SPS: seio petroso superior	40
Figura 14	O broqueamento prossegue até que a cóclea seja encontrada e aberta (cocleostomia). Co - GBC: cóclea (giro basal); EA: eminência arqueada; MAI - PM: meato acústico interno - plano meatal; MFCM: meninge da fossa craniana média; NPSM: nervo petroso superficial maior; SPS: seio petroso superior	41
Figura 15	Feixe de eletrodos falso (medidor de profundidade - Nucleus [®] REF Z6006) utilizado para inserção	42
Figura 16	Visualização da lâmina espiral óssea e inserção do feixe de eletrodos através da escala timpânica. Co - GBC: cóclea (giro basal); EA: eminência arqueada; MAI - PM: meato acústico interno - plano meatal; MFCM: meninge da fossa craniana média; NPSM: nervo petroso superficial maior; SPS: seio petroso superior	43

Figura 17	Marcos anatômicos estudados: (A) Distâncias, maior e menor, entre as margens da cocleostomia e o eixo longo do meato acústico interno no plano meatal, com ângulo de 90 ⁰ entre estas estruturas; (B) Distância entre a cocleostomia e o seio petroso superior, com ângulo de 90 ⁰ entre estas estruturas; (C) Distâncias, maior e menor, do eixo longo do meato acústico interno no plano meatal, a partir da sua porção mais proximal, até as bordas da cocleostomia, com ângulo de 90 ⁰ entre estas estruturas; (D) Distância entre a cocleostomia e a janela redonda; (E) Ângulo formado pela aresta inferior da cocleostomia e a margem lateral do eixo longo do meato acústico interno no plano meatal	44
Figura 18	Paquímetro cirúrgico Castroviejo	45
Figura 19	(A) Limas endodônticas maleáveis, em aço inoxidável com rolhas móveis de silicone. O fragmento da lima endodôntica era introduzido através da cocleostomia, marcado com a rolha de silicone e depois transposto para uma régua endodôntica milimetrada; (B) Régua milimetrada e lima endodônticas usadas no procedimento	46
Figura 20	Imagens de tomografia computadorizada de alta resolução do osso temporal direito. Corte coronal, janela óssea: inserção do feixe de eletrodos (setas) do giro basal da cóclea (A) até o apical (B)	50
Figura 21	Imagens de tomografia computadorizada de alta resolução do osso temporal direito. Corte axial, janela óssea: inserção do feixe de eletrodos (setas) no giro basal (A, B). O feixe falso ocupa os giros médio (C) e apical da cóclea (D, E, F)	51
Figura 22	Imagens de tomografia computadorizada de alta resolução do osso temporal esquerdo. Corte axial, janela óssea: inserção do feixe de eletrodos (setas) no giro basal (A). O feixe falso ocupa os giros médio (B) e apical da cóclea (C, D)	51
Figura 23	Tomografia computadorizada de alta resolução do osso temporal direito. Reconstrução em 3D que permite identificar a inserção do feixe de eletrodos falso do implante coclear pela fossa craniana média (setas) .	52
Figura 25	Sugestão de instrumento cirúrgico que poderia ser utilizado após o broqueamento e localização do plano meatal, e que informaria a localização do giro basal da cóclea	61

TABELAS

Tabela 1	Valores das distâncias entre os pontos de referência utilizados no estudo com 50 ossos temporais e ângulo formado pela aresta inferior da cocleostomia e a margem lateral do eixo longo do meato acústico interno no plano meatal	49
-----------------	---	----

RESUMO

RESUMO

Bittencourt AG. *Referências anatômicas ao giro basal da cóclea no assoalho da fossa craniana média para o implante coclear* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2014.

Introdução: A técnica clássica para o implante coclear é realizada por meio de mastoidectomia seguida de timpanotomia posterior. O acesso pela fossa craniana média provou ser uma alternativa valiosa, embora seja usada para o implante coclear, ainda sem normatização. **Objetivo:** Descrever um novo acesso pela fossa craniana média que expõe o giro basal da cóclea para o implante coclear. **Métodos:** Estudo anatômico de ossos temporais. Foram dissecados 50 ossos temporais. A cocleostomia foi realizada mediante um acesso via fossa craniana média, na porção mais superficial do giro basal da cóclea, usando o plano meatal e seio petroso superior como as principais referências anatômicas. Foi determinada a distância entre os pontos de referência, o ângulo entre o plano meatal e a cocleostomia, e a distância entre esta estrutura e a janela redonda. Foi realizada tomografia computadorizada em 5 dos ossos temporais utilizados neste estudo. **Resultados:** Em todos os 50 ossos temporais, apenas a porção mais superficial do giro basal da cóclea foi aberta e tanto as escalas timpânica como a vestibular foram visualizadas. As distâncias médias \pm DP, menores e maiores, entre a cocleostomia e o plano meatal foram estimadas em $2,48 \pm 0,88$ mm e $3,11 \pm 0,86$ mm, respectivamente. A distância média da cocleostomia até a janela redonda foi de $8,38 \pm 1,96$ mm, e daquela até o seio petroso superior $9,19 \pm 1,59$ mm. As distâncias médias, menores e maiores, entre a cocleostomia e o eixo longo do plano meatal a partir da sua porção mais proximal foram estimadas em $6,63 \pm 1,38$ mm e $8,2 \pm 1,43$ mm, respectivamente. O valor médio do ângulo entre a cocleostomia e o plano meatal foi igual a $22,54 \pm 7,40^\circ$. As tomografias computadorizadas demonstraram a inserção do feixe de eletrodos por meio do giro basal da cóclea até o seu ápice em todas as peças submetidas a este exame. **Conclusão:** A técnica proposta para identificar o giro basal da cóclea é simples e confiável. Igualmente, permite a visualização da escala timpânica e a inserção do feixe de eletrodos do implante coclear através desta câmara.

Descritores: Fossa craniana média/cirurgia; Fossa craniana média/anatomia & histologia; Implante coclear; Implante coclear/métodos; Neuroanatomia; Osso temporal/cirurgia; Osso temporal/anatomia & histologia; Perda auditiva neurossensorial/cirurgia; Perda auditiva neurossensorial/reabilitação; Cadáver; Tomografia computadorizada por raios X.

SUMMARY

SUMMARY

Bittencourt AG. *Anatomical references to the cochlear basal turn on the floor of the middle cranial fossa for cochlear implantation* [thesis]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2014.

Introduction: The classic technique for cochlear implantation uses mastoidectomy followed by posterior tympanotomy. The middle cranial fossa approach has proved to be a valuable alternative for cochlear implantation, although the standardization of this technique is still needed. **Objectives:** To describe a novel approach through the middle cranial fossa for exposing the cochlear basal turn for cochlear implantation. **Materials And Methods:** Anatomical temporal bone study. Fifty temporal bones were dissected. A cochleostomy was performed via a middle fossa approach on the most superficial part of the cochlear basal turn, using the meatal plane and superior petrous sinus as the main landmarks. The distance between the landmarks, the angle between the cochleostomy and the meatal plane, and the distance between this structure and the round window were measured. A computed tomography was performed on 5 of the studied temporal bones. **Results:** In all 50 temporal bones, only the superficial portion of the cochlear basal turn was uncovered. The cochlear exposure allowed both the *scala tympani* and *vestibule* to be exposed. The mean \pm SD minor and major distances between the cochleostomy and the meatal plane were estimated to be $2.48\pm 0.88\text{mm}$ and $3.11\pm 0.86\text{mm}$, respectively. The mean distance from the cochleostomy to the round window was $8.38\pm 1.96\text{mm}$, and that to the superior petrosal sinus was $9.19\pm 1.59\text{mm}$. The mean minor and major distances between the cochleostomy and the long axis of the meatal plane from its most proximal portion were estimated to be $6.63\pm 1.38\text{mm}$ and $8.29\pm 1.43\text{mm}$, respectively. The mean angle between the cochleostomy and the meatal plane was $22.54\pm 7.40^\circ$. The computed tomography of all 5 temporal bones demonstrated the insertion of the implant array from the cochlear basal turn towards its apex. **Conclusion:** The proposed technique for identifying the cochlear basal turn is simple and trustworthy. Additionally, it enables visualization of the *scala tympani*, facilitating the insertion of the cochlear implant array through this chamber.

Descriptors: Cranial fossa, middle/surgery; Cranial fossa, middle/anatomy & histology; Cochlear implantation; Cochlear implantation/methods; Neuroanatomy; Temporal bone/surgery; Temporal bone/anatomy & histology; Hearing loss, sensorineural/surgery; Hearing loss, sensorineural/rehabilitation; Cadaver; Tomography, X-ray computed.

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O implante coclear (IC) é um dispositivo que ultrapassa a orelha interna não funcionante e estimula as fibras auditivas por meio de correntes elétricas. Destarte, a fala e outros sons podem ser experimentados por indivíduos portadores de deficiência auditiva de severa a profunda bilateral, nos quais a degeneração auditiva tenha progredido até que o estímulo, fornecido por aparelhos de amplificação sonora convencionais, se torne ineficaz.

Os sinais elétricos originados de um microfone que o paciente usa na região retroauricular são processados e dirigidos à cóclea por meio do feixe de eletrodos, que é implantado cirurgicamente. Os eletrodos estimulam diretamente as terminações aferentes primárias do nervo coclear na cóclea, ignorando as células ciliadas da orelha interna. Os estímulos são transmitidos ao córtex auditivo, onde as informações são decodificadas. (Møller, 2006; Roland, 2006).

No laboratório de física da Faculdade de Medicina de Paris, em 1957, Djourno e Eyriès conseguiram estimular o nervo auditivo humano com corrente elétrica, mas somente em 1961, o Dr. William House implantou um eletrodo de ouro na cóclea de um paciente (House, 1976). Em 1984, o *Food and Drug Administration* (FDA) aprovou o uso do IC monocanal em adultos com surdez pós-lingual (Young et al., 2003). Em 1977, o Prof. Pedro Luiz Mangabeira Albernaz implantou um dispositivo monocanal no primeiro paciente brasileiro. Foi utilizado um implante monocanal desenvolvido pelo *Ear Research Institute* de Los Angeles, e na época, foi a segunda cirurgia deste tipo realizada fora dos Estados Unidos (Albernaz, 1996).

Segundo Baraky et al. (2012), cerca de 5,2% da população brasileira apresenta surdez.

Houve avanços notáveis na tecnologia do IC nas últimas 5 décadas como resultado de pesquisas e aprimoramentos, desde o dispositivo monocanal com uma fonte de alimentação ineficiente, até os aparelhos multicanais sofisticados com processamento digital de sinal complexo encontrados atualmente. Os ICs iniciais (monocanais) dispunham de um único eletrodo e estratégias de processamento relativamente simples. Eles capacitaram os pacientes ao reconhecimento de sons ambientais e facilitaram a leitura labial, porém falharam em permitir a discriminação e o reconhecimento de palavras e frases (Møller, 2006; Roland, 2006).

Os dispositivos contemporâneos (multicanais) utilizam vários eletrodos e processamento mais sofisticado de sons. A utilização de múltiplos eletrodos permite estimular diferentes partes da cóclea e, assim, diferentes populações de fibras do nervo coclear com sinais elétricos provenientes de diferentes bandas de frequência sonora (Møller, 2006; Roland, 2006). Estes desenvolvimentos melhoraram, de forma substancial, os resultados obtidos quanto à discriminação de fala.

O IC provou seu impacto positivo sobre a qualidade de vida dos pacientes e tornou-se a prótese implantável de maior sucesso já utilizada para tentar restaurar um déficit sensorial (Young et al., 2003; Luxford, Cullen, 2010). Como consequência, as indicações e os critérios de seleção para a escolha deste tipo de aparelho foram expandidos.

A técnica clássica para a cirurgia do IC envolve a mastoidectomia simples associada à timpanotomia posterior para acessar a cóclea - o chamado acesso por meio do recesso do nervo facial (NF), e o feixe de eletrodos é inserido através de

uma cocleostomia adjacente ao nicho da janela redonda, ou através desta janela (Young et al., 2003; Luxford, Cullen, 2010; Jang et al., 2012). Embora o acesso por meio do recesso do NF seja amplamente utilizado desde a sua apresentação por House, em 1957, às vezes são necessárias modificações desta técnica para superar determinadas peculiaridades individuais e facilitar um IC seguro (House, 1976).

A literatura possui relatos de vias alternativas para o IC, como os acessos: endomeatal (Slavutsky, Nicenboim, 2009), suprameatal (Kronenberg et al., 2001), e o transcanal (Jang et al., 2012); a técnica de túnel através da mastoide (Kiratzidis et al., 2002); a inserção pericanal (Hausler, 2002); e, o acesso pela fossa craniana média (FCM) (Colletti et al., 1998, 1999a, 1999b, 2000; Bento et al., 2012). Embora variações da técnica cirúrgica para o IC tenham sido descritas, ainda há questões desafiadoras de ordem anatômica para este método de reabilitação auditiva, quando a via clássica não pode ser realizada.

O acesso via FCM provou ser uma alternativa valiosa para o IC entre os cirurgiões que manejam cócleas ossificadas, otite média crônica (OMC) supurativa e displasias de orelha interna (Colletti et al., 1998; Bento et al., 2012). No entanto, a falta de marcos bem definidos sobre o osso temporal e a grande variabilidade dos parâmetros anatômicos interindivíduos (Maina et al., 2007) fazem da localização do eixo coclear e do giro basal para a implantação por esta via um dos exercícios mais difíceis em cirurgia na base do crânio, mesmo para cirurgiões altamente habilidosos.

A OMC é definida como um processo inflamatório da mucosa da orelha média que dura mais de 3 meses e é acompanhada de alterações teciduais irreversíveis. Em 1993, Parnes et al. relataram os primeiros casos de IC em dois pacientes com OMC e fenda labiopalatina, e, desde então, houve diversos relatos de

IC em pacientes com orelhas cronicamente doentes (El-Kashlan, Telian, 2004; Kim et al., 2004; Basavaraj et al., 2005; Olgun et al., 2005; Leung, Briggs, 2007; Hellingman, Dunnebier, 2009; Postelmans et al., 2009; Kojima et al., 2010).

A otorreia crônica em cavidades mastóideas pós-operatórias representa um desafio para os otologistas. Não é de se admirar que tantas tentativas tenham sido feitas para superar o problema, assinalando que nenhum procedimento é perfeito. Além disso, nem todas as técnicas permitem procedimentos otológicos posteriores, como o IC, por exemplo.

A OMC é um problema de saúde pública em muitas populações ao redor do mundo e uma importante causa de morbidade. Estima-se que a sua prevalência em todo o mundo varie de 1 a 46 % (Bluestone, 1999; Zakzouk, Hajjaj, 2002; Acuin, Organização Mundial de Saúde, 2004; Choi et al., 2012). É particularmente mais frequente nos primeiros cinco anos de vida e mais comum em países em desenvolvimento, populações de crianças com anomalias craniofaciais e em certos grupos raciais (Bluestone, 1999). No Brasil, é difícil estimar com precisão a sua prevalência nos diferentes grupos etários, uma vez que a OMC não é uma doença de notificação compulsória; entretanto, acredita-se que seja elevada.

A dificuldade em reabilitar a audição, de pacientes que apresentam surdez e OMC, motivou o estudo de uma rota alternativa que permitisse a realização do IC de forma mais segura e eficaz.

2 OBJETIVOS

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo principal

Descrever uma técnica inovadora para a cirurgia de implante coclear via fossa craniana média que permite localizar o giro basal da cóclea em pacientes nos quais a via clássica não pode ser utilizada.

2.2 Objetivos secundários

1. Aferir a distância entre a cocleostomia e os pontos de referência (plano meatal e seio petroso superior), o ângulo entre o plano meatal e a cocleostomia, e a distância entre a cocleostomia e a janela redonda;
2. Verificar a posição do feixe de eletrodos no interior dos giros cocleares (rampa vestibular *versus* rampa timpânica) após sua inserção pela fossa craniana média; e,
3. Verificar a posição do feixe de eletrodos no interior da cóclea (giro basal *versus* giro médio *versus* giro apical) após sua inserção pela fossa craniana média.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Implante coclear e otite média crônica supurativa

O manejo da surdez profunda por meio do IC, em pacientes com OMC supurativa ou que realizaram previamente mastoidectomia radical e se encontram com cavidades instáveis, do ponto de vista infeccioso, é desafiador e um tema em contínua discussão. Inicialmente, Belal (1986) considerava que a implantação não deveria ser realizada, ao passo que outros cirurgiões acreditavam que a doença não seria uma contraindicação formal ao IC (Parnes et al. 1993; Ku et al., 2004; Kim et al., 2004; Hellingman, Dunnebier, 2009; Kojima et al., 2010).

É consenso que a OMC pode causar a contaminação do feixe de eletrodos ou do receptor-estimulador (unidade interna) em razão da vulnerabilidade do dispositivo à invasão por bactérias do ambiente externo, porquanto não há proteção propiciada pela membrana timpânica e/ou parede posterior óssea do meato acústico externo (MAE). Assim, há risco de labirintite e infecção intracraniana nestes pacientes, pois a cóclea comunica-se com o espaço subaracnoide cerebral por meio do aqueduto coclear (Axon et al., 1997; Hamzavi et al., 2001; Ku et al., 2004; El-Kashlan e Telian, 2004; Kim et al., 2004; Incesulu et al., 2004; Basavaraj et al., 2005; Olgun et al., 2005; Leung, Briggs, 2007; Hellingman, Dunnebier, 2009; Postelmans et al., 2009; Kojima et al., 2010).

Outra origem potencial de contaminação do IC é a formação de biofilmes microbianos nas superfícies limítrofes entre o tecido, já infectado, e o implante

(Kanaan et al., 2013). A formação de biofilme é importante porque este modo de crescimento está associado à cronicidade das infecções subseqüentes e com a sua resistência inerente à terapia antibiótica (Stewart, Costerton 2001). Apesar disso, o IC é a única maneira de reabilitar auditivamente pacientes que apresentam surdez sensorineural severa a profunda, para os quais o aparelho de amplificação sonora não traz mais ganho (Ku et al., 2004; Basavaraj et al., 2005; Hellingman, Dunnebie, 2009; Kojima et al., 2010).

Refinamentos cirúrgicos tornaram possível a realização de IC em pacientes com OMC, para tornar suas orelhas mais adequadas para receber o aparelho. O grau de atividade da doença influencia a escolha da estratégia a ser utilizada para a implantação. Simples perfurações da membrana timpânica podem ser reparadas em um procedimento de primeira fase e, após um período médio de 3 meses, o IC pode ser inserido (Axon et al., 1997; Ramsden, Wheatley, 2000; Ku et al., 2004; Incesulu et al., 2004; Olgun et al., 2005; Hellingman, Dunnebie, 2009). Todavia, há quem realize a timpanoplastia e o IC no mesmo tempo cirúrgico (El-Kashlan et al., 2002, 2003; Postelmans et al., 2009; Kojima et al., 2010).

O manejo dos pacientes com OMC pode requerer extração de gordura abdominal, confecção de retalho pediculado de músculo temporal, aplicação de pó de osso, cimento de hidroxiapatita ou de fosfato tricálcio, para que a cavidade mastóidea possa ser obliterada, completa ou parcialmente, no mesmo tempo cirúrgico da implantação (Axon et al., 1997; Bendet et al., 1998; Hamzavi et al., 2001; Kim et al., 2004; Incesulu et al., 2004; Basavaraj et al., 2005; Olgun et al., 2005; Leung, Briggs, 2007; Postelmans et al., 2009; Kojima et al., 2010; Hussein et al., 2011), ou como primeira etapa. Posteriormente, o IC pode ser realizado como um procedimento de

segunda fase, 3-6 meses após a cirurgia de obliteração (Axon et al., 1997; Bendet et al., 1998; Issing et al., 1998; Kim et al., 2004; Jenkins, Woodson, 2005; Olgun et al., 2005; Leung, Briggs, 2007; Postelmans et al., 2009; Kojima et al., 2010) ou até em 1 ano (Kim et al., 2004; Incesulu et al., 2004).

Jang et al. (2012) realizam o IC por meio de acesso transcanal exclusivo, com incisão retroauricular, descolamento de retalho timpanomeatal, ressecção da porção medial da pele do MAE e da membrana timpânica, obliteração do MAE, canalplastia, cocleostomia e confecção de um sulco na parede posterior do MAE para alojar o feixe de eletrodos. Após a inserção do feixe, o espaço entre a orelha média e a porção lateral do MAE obliterado é preenchido por tecido mole. Os autores acreditam que essa via pode ser útil para candidatos ao IC que apresentem OMC não supurativa.

A remoção de todo o epitélio, após a limpeza da cavidade mastóidea da doença residual/recorrente, com a criação de um retalho periosteal e um sulco subfacial na cavidade mastóidea para estabilização do feixe de eletrodos do IC, em uma única fase, foi descrita por Olgun et al. (2005). A cavidade foi preenchida por gordura e o MAE obliterado.

Como opção, alguns cirurgiões realizaram mastoidectomia radical revisional com remoção da doença da cavidade mastóidea e o fechamento do MAE, sem a obliteração da cavidade, como procedimento de primeira fase, e o IC após 6 meses, como um procedimento de segunda etapa (Bendet et al., 1998; El-Kashlan et al., 2002, 2003; Xenellis et al., 2008).

Outros otologistas erradicam a OMC colesteatomatosa e realizam o IC em uma única fase, sem a obliteração da mastóide (Parnes et al. 1993; El-Kashlan et al., 2002, 2003; Kim et al., 2004; Kojima et al., 2010). Mastoidectomia radical, com a

reconstrução da parede posterior óssea do MAE, associada à obliteração da cavidade mastóidea e o IC foram realizados em uma única fase por Kojima et al. (2010).

3.2 Técnicas via fossa craniana média

Em 1904, o cirurgião escocês Robert Parry foi o primeiro a descrever o uso da via FCM para acessar o meato acústico interno (MAI), com a finalidade de seccionar o nervo vestibular em um paciente com zumbido, perda auditiva e vertigem incapacitante. Mediante um acesso extradural, Parry foi capaz de atingir e dividir o nervo vestibulococlear com êxito. Entretanto, o NF foi lesado durante o procedimento.

No início do século 20, muitos autores descreveram o uso da FCM para a cirurgia do NF, canal semicircular superior (CSCS) e ápice petroso (Monfared et al., 2010). Os resultados cirúrgicos eram muito pobres e, como resultado, a via foi raramente utilizada e caiu em descrédito.

Em 1959, o otorrinolaringologista William House e o neurocirurgião Theodore Kurze revisaram a via FCM e a utilizaram para o tratamento de uma paciente com otosclerose (Monfared et al., 2010). Em 1961, após 14 disseções cadavéricas, House descreveu a descompressão do MAI e a secção do nervo vestibular por meio deste acesso. A técnica foi novamente abandonada, mas sua viabilidade tornou-se evidente.

O acesso via FCM sofreu ajustes a fim de expandir a exposição do ângulo pontocerebelar e do ápice petroso. É um procedimento que exige grande precisão técnica, em razão de exposição limitada e dificuldade para identificar marcos

anatômicos mesmo para cirurgiões experientes. Na verdade, poucos pontos de reparo anatômico são revelados, pois muitas estruturas neurovasculares e da orelha média estão escondidas na profundidade do osso petroso (Djalilian et al., 2007). O neurotologista, então, não só deve conhecer os marcos constantes, mas também deve saber o quanto certas distâncias podem variar.

As estruturas vitais sujeitas a insulto no acesso via FCM incluem a cóclea, o CSCS, o MAI e seu conteúdo, ramos do NF e a artéria carótida interna (ACI) (Djalilian et al., 2007). Apesar disso, o acesso via FCM é ímpar, porque permite a exposição direta do fundo do MAI, da porção labiríntica do canal de Falópio e da região pré-ganglionar do NF (Bento et al., 2004).

O acesso via FCM é realizado, em particular, como uma rota alternativa, por meio da superfície anterior da pirâmide petrosa, para a exérese de pequenos schwannomas vestibulococleares, neurectomia vestibular seletiva, descompressão e reparo do gânglio geniculado (GG) e da porção labiríntica do NF. Outras indicações menos comuns incluem exérese de lesões do ápice petroso, schwannomas de NF, correção de fístulas liquóricas e encefalocelos do lobo temporal (Aristegui et al., 1994; Bento et al., 2002; Mastronardi et al., 2006; Djalilian et al., 2007; Maina et al., 2007; Tanriover et al., 2009; Lan, Shiao, 2010; Shelton et al., 2010; Angeli, 2012; Eren et al.; 2012).

Os passos cirúrgicos mínimos realizados no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina na Universidade de São Paulo (HC-FMUSP) para abordagens via FCM são (Bento et al., 1998):

1. Infiltração retroauricular com solução de lidocaína 2% e adrenalina 1:80.000;
2. Incisão retroauricular em “C” 0,8cm a 1,0cm distante do sulco retroauricular,

estendendo-se superiormente aproximadamente 7cm na direção da raiz do arco zigomático;

3. Confeção de enxerto de fáscia de músculo temporal;
4. Confeção do retalho muscular e exposição da cortical óssea da região temporal e mastóidea;
5. Craniotomia temporal com retirada de fragmento ósseo retangular, medindo 3x4cm, centrado na raiz do arco zigomático;
6. Pequena abertura da dura-máter com drenagem de liquor para diminuir a tensão e facilitar o afastamento do lobo temporal;
7. Descolamento da dura-máter do assoalho da FCM até a identificação da eminência arqueada (EA), nervo petroso superficial maior (NPSM), crista petrosa e artéria meníngea média;
8. Colocação do afastador de House-Urban;
9. Reposicionamento do fragmento ósseo da craniotomia e sua fixação com pontos de Nylon 2-0;
10. Sutura do retalho muscular com Vycril 3-0;
11. Colocação de dreno Portovac® no espaço subgaleal;
12. Sutura do subcutâneo com Vicryl 3-0;
13. Sutura da pele com Nylon 4-0.

Segundo Bento et al. (2004) e Shelton et al. (2010), as possíveis complicações do acesso via FCM são:

1. *Anestesia*: isquemia e edema cerebrais, hemólise e insuficiência renal podem estar associados à hipocapnia induzida, diurese osmótica, hipotensão controlada e hipovolemia.
2. *Posicionamento*: o paciente é posicionado em decúbito dorsal, com a cabeça e o pescoço rodados. Dependendo do estado da coluna cervical e da duração da operação, a rotação pode acarretar desde torcicolo até quadriplegia. A rotação também pode comprometer o fluxo de sangue arterial e venoso, com risco de isquemia cerebral ou aumento da pressão intracraniana. Adicionalmente, a elevação da cabeça, utilizada para promover a drenagem venosa e diminuir a pressão intracraniana, pode levar à embolia gasosa por meio do seio petroso superior (SPS).
3. *Incisão e craniotomia*: podem levar a coleções subgaleais de sangue e/ou liquor. Infecção da ferida cirúrgica pode ocorrer e evoluir para a formação de abscesso. Se a incisão for demasiado anteroinferior podem ocorrer laceração ou compressão do ramo temporal do NF.
4. *Elevação da dura-máter*: pode lesar estruturas como o GG e o NPSM, além da própria dura-máter, causando extravasamento de liquor e meningite. Sangramento de pequenos vasos e lesão da artéria meníngea média podem gerar um hematoma epidural. Coleções epidurais subagudas também podem ocorrer e causar a formação de abscesso epidural.
5. *Retração do lobo temporal*: pode aumentar a pressão intracraniana e empurrar o lobo temporal na posição medial, causando compressão do tronco cerebral. A retração pode, ainda, estender e lacerar as veias da ponte, gerando sangramento nos espaços subdural e subaracnoide.

3.3 Anatomia das estruturas da fossa craniana média relacionada ao implante coclear por esta via

A cavidade craniana aloja o encéfalo e suas membranas de revestimento, as meninges. Está coberta pela calota craniana e seu assoalho é formado pela superfície superior da base do crânio. Este assoalho, por meio de duas proeminências ósseas, é dividido em três depressões grandes e distintas que se situam em diferentes níveis - as fossas cranianas anterior, média e posterior. O osso temporal ocupa uma posição central para apoiar o lobo temporal do cérebro e é um elemento chave na anatomia óssea das fossas cranianas média e posterior, por apresentar os principais marcos anatômicos para a cirurgia neurotológica. (Bento et al., 1998)

A FCM é constituída, na região anterior, pela asa maior e corpo do esfenóide, na lateral pela parte escamosa do temporal, e na parte posterior pela porção petrosa do temporal (Figura 1). Na região anterior, na articulação do esfenóide com o osso escamoso, está localizado o forame espinhoso, através do qual passa a artéria meníngea média para o crânio. A artéria meníngea média origina-se da artéria maxilar, um dos dois ramos terminais da artéria carótida externa, e também apresenta dois ramos, um anterior e outro posterior, este último relacionado com o acesso via FCM (Irving, Dutt, 2008; Cruz, 2010) (Figura 2). O sulco desta artéria é facilmente identificado na superfície medial da escama. Segundo Oliveira et al. (1995), o forame espinhoso tem 4,7mm de diâmetro e está, na região anterolateral, a 4,5mm do canal da carótida e 14,0mm do GG.

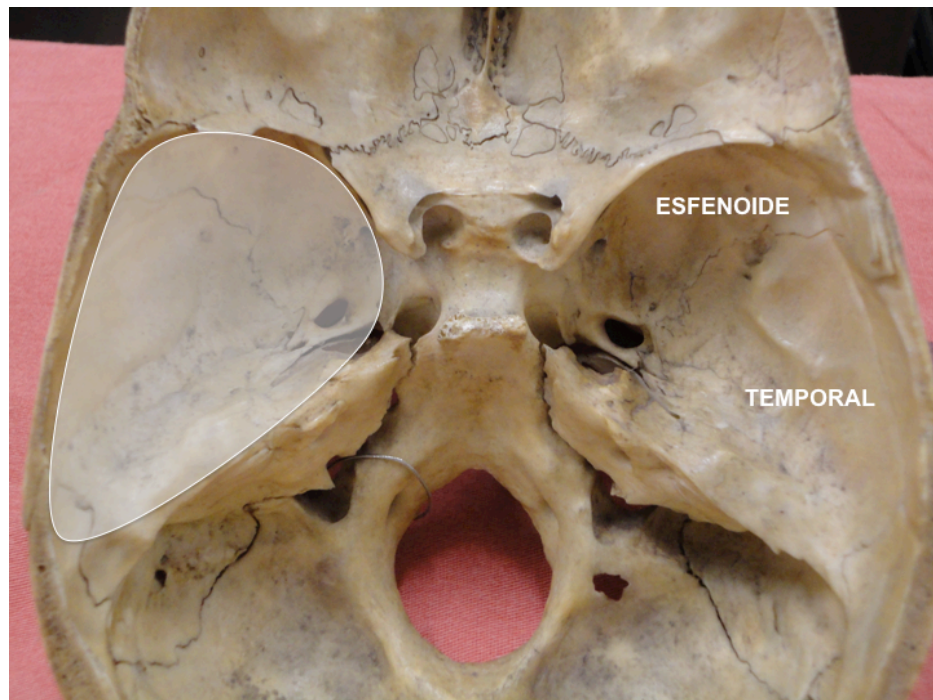


Figura 1- A fossa craniana média (área hachureada) é constituída por ossos esfenoide e temporal.

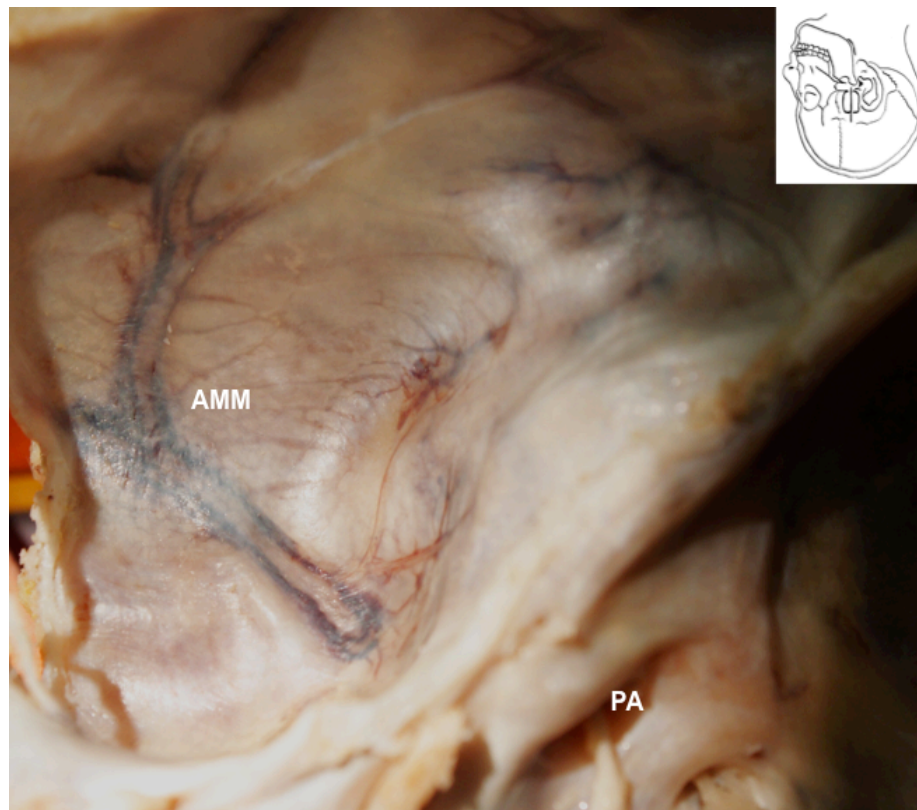


Figura 2 - Fossa craniana média direita. A artéria meníngea média (AMM), sob a dura-máter da fossa craniana média. Visualização do poro acústico (PA) na fossa craniana posterior.

Na parte anterior, em direção ao ápice petroso do osso temporal, existem duas aberturas: a medial, correspondente ao hiato do facial (um sulco ósseo que recebe as fibras do NPSM e o ramo petroso superficial da artéria meníngea média), e a lateral, que corresponde à abertura superior do canalículo timpânico, por onde passam a artéria timpânica superior e o nervo petroso superficial menor (Bento et al., 1998). O hiato do NF está 10 a 15mm medial ao forame espinhoso.

Na parte posterior ao hiato do NF, situa-se o tegumento timpânico (*tegmen tympani*), uma lâmina óssea delgada que forma o teto da cavidade timpânica, tuba auditiva e antro mastoideo. Ao abrir o *tegmen*, podem ser identificados: a cabeça do martelo, o ramo curto da bigorna, o segmento timpânico do NF, e os canais semicirculares, superior e lateral. O segmento timpânico do NF começa no GG e termina próximo ao estribo (Bento et al., 1998; Cruz, 2010) (Figura 3).

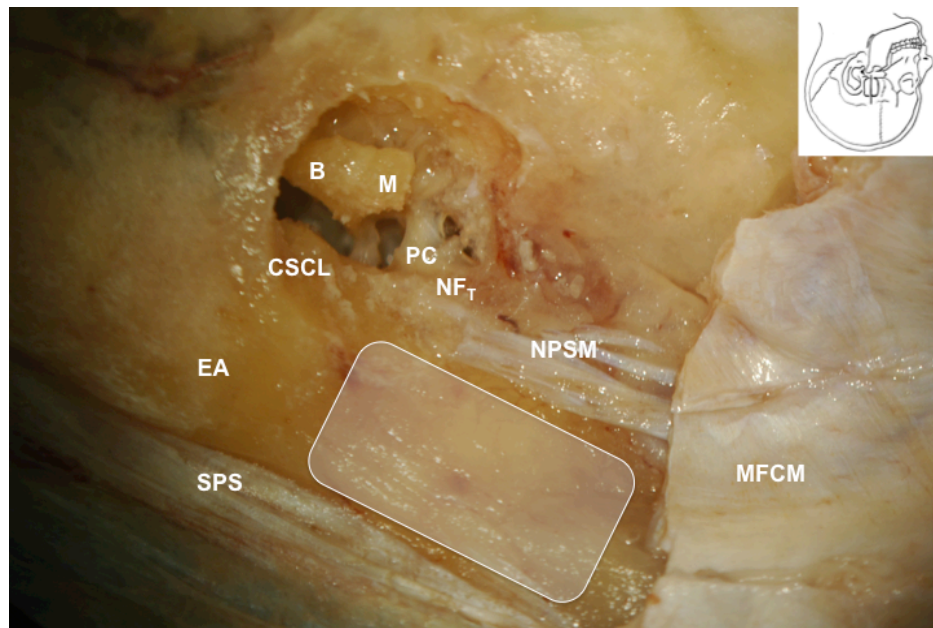


Figura 3 - Fossa craniana média esquerda. **B**: bigorna; **CSCL**: canal semicircular lateral; **EA**: eminência arqueada; **M**: martelo; **MFCM**: meninge (dura-máter) da fossa craniana média; **NF_T**: nervo facial, porção timpânica; **NPSM**: nervo petroso superficial maior; **PC**: processo cocleariforme; **SPS**: seio petroso superior. Área hachureada: região do plano meatal na porção petrosa do osso temporal, sobre o meato acústico interno.

Na região posterior e medial ao hiato do NF, encontra-se a eminência arqueada, uma protuberância óssea na base da FCM relacionada com a projeção do CSCS. Está em posição anteromedial ao *tegmen tympani*, em média, a 11,3mm do GG na direção posteromedial (Maina et al., 2007). (Figuras 4 e 5)

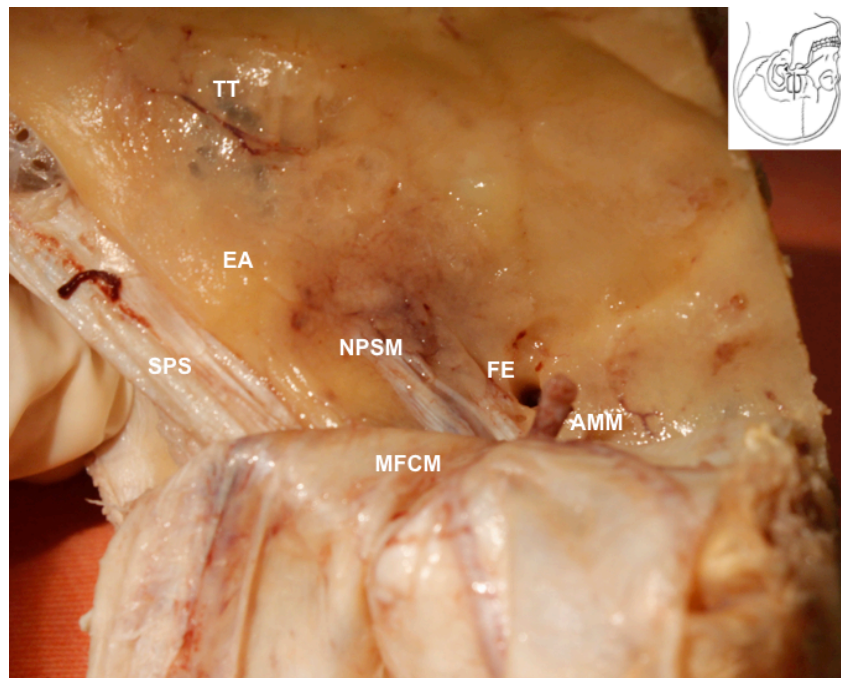


Figura 4 - Anatomia da fossa craniana média esquerda na posição cirúrgica adotada para o implante coclear. **AMM**: artéria meníngea média; **EA**: eminência arqueada; **FE**: forame espinhoso; **MFCM**: meninge (dura-máter) da fossa craniana média; **NPSM**: nervo petroso superficial maior; **SPS**: seio petroso superior; **TT**: *tegmen tympani*.

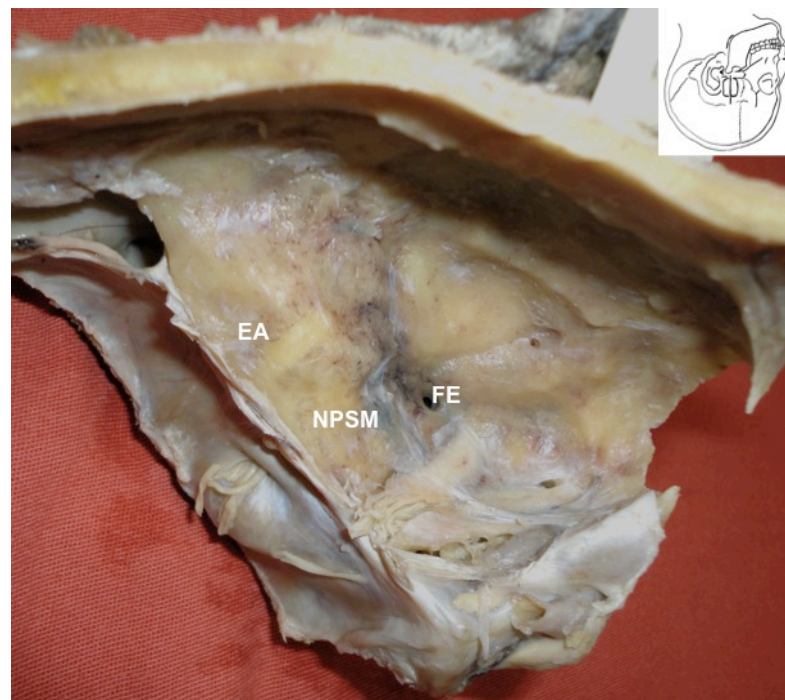


Figura 5 - Anatomia da fossa craniana média esquerda na posição cirúrgica adotada para o implante coclear. **EA**: eminência arqueada; **FE**: forame espinhoso; **NPSM**: nervo petroso superficial maior.

A porção óssea da tuba auditiva é paralela e lateral ao curso do músculo tensor do tímpano. Este músculo se origina na parte cartilaginosa da tuba auditiva e segue através de um tendão no cabo do martelo. É inervado por um ramo timpânico da divisão mandibular do nervo trigêmeo (V_3) e é responsável por tencionar a membrana timpânica. O semicanal para o músculo tensor do tímpano encontra-se medial à artéria meníngea média e lateral ao NPSM. (Cruz, 2010)

O osso em posição anteromedial à eminência arqueada e ao NPSM é chamado de “plano meatal” e se encontra sobre o MAI. É muitas vezes marcado por uma depressão rasa (Figura 6). O MAI está localizado entre a base e o ápice da pirâmide petrosa e forrado pela dura-máter e aracnoide. Aloja os nervos facial (NC VII), intermédio (de Wrisberg), vestibulococlear (NC VIII) e as artérias e veias labirínticas internas. Começa no poro acústico, na face posteromedial da porção petrosa do osso temporal, continua no canal propriamente dito e termina no fundo do meato, que é sua extremidade lateral. (Bento et al., 1998; Costantino et al., 2006).

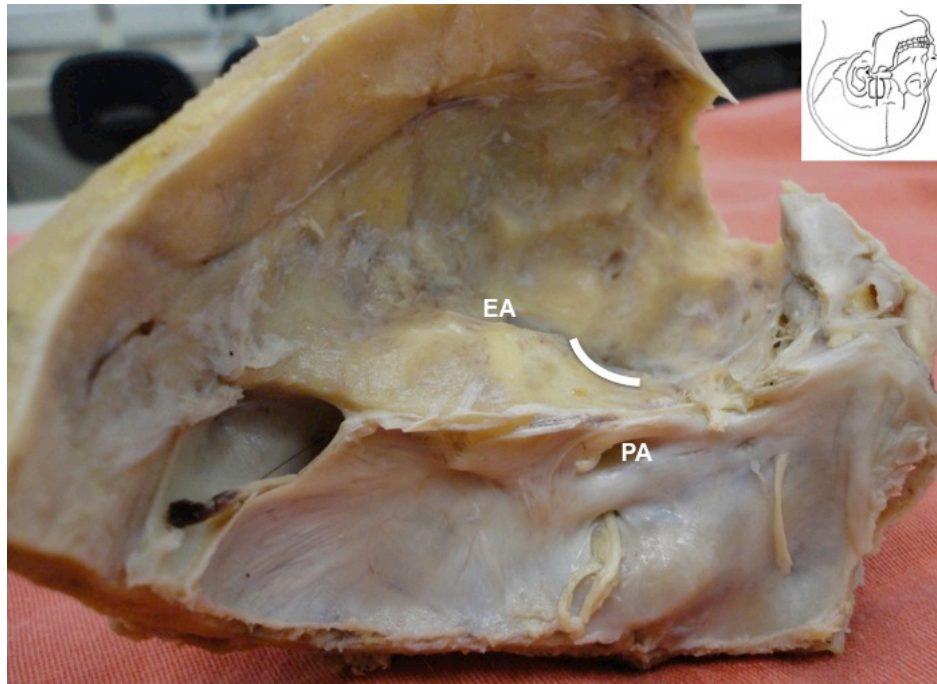


Figura 6 - Anatomia da fossa craniana média esquerda. **EA**: eminência arqueada; **PA**: poro acústico. Destaca-se a depressão óssea anterior à EA, na região do plano meatal.

O limite lateral do MAI é fechado por uma lâmina óssea vertical que o separa do vestíbulo e que contém várias perfurações destinadas à passagem de filamentos nervosos (área cribiforme). Esta lâmina é dividida por uma crista óssea horizontal conhecida como crista transversa, que a divide em dois compartimentos: superior e inferior. No compartimento superior, existe também uma lâmina óssea vertical chamada Barra de Bill, que divide o compartimento superior em anterior (onde se situa o NF), e posterior (onde se situa o ramo superior do nervo vestibular). Já no compartimento inferior existe o nervo coclear na posição anterior, e o ramo vestibular inferior na posição posterior. O MAI apresenta variações no seu diâmetro e no comprimento de suas paredes, mesmo se forem considerados os dois meatos de um mesmo indivíduo. (Costantino et al., 2006; Tanriover et al., 2009; Cruz, 2010)

O trajeto do NF no osso temporal inicia-se no segmento meatal, no qual o feixe nervoso tem aproximadamente 8mm de comprimento, e penetra no MAI. O segmento labiríntico tem cerca de 3-5mm, inicia-se no fundo do MAI e termina no GG, onde sai o seu primeiro ramo, o NPSM. O seguimento labiríntico do NF relaciona-se com o giro coclear apical no sentido medial e com a ampola dos canais semicirculares, lateral e superior, em posição posterolateral. O GG é uma saliência fusiforme pequena, onde o nervo faz uma curva em direção anterior em ângulo de 40-80 graus, constituindo o primeiro 'joelho', e continua seu traçado na cavidade timpânica. Está localizado em posição posterolateral ao 'joelho' da ACI intrapetrosa. (Tanriover et al., 2009)

O GG é separado do assoalho da FCM por uma fina camada óssea; porém, em 15% dos casos existe a completa ausência de osso sobre o mesmo (Rhoton, 1968). O GG e o segmento labiríntico do NF formam um ângulo obtuso de aproximadamente 120 graus, e a cóclea aloja-se no osso temporal nesse ângulo. (Bento et al., 1998).

O NPSM é um nervo misto, composto por fibras parassimpáticas pré-ganglionares que se originam no núcleo salivatório superior. Com origem no GG, é o primeiro ramo do NC VII. Emerge através do hiato do NF e viaja no assoalho da FCM sob a dura-máter, no sulco esfenopetroso, em direção ao ramo mandibular (V₃) do nervo trigêmeo (NC V), e cruza abaixo deste. Pode ou não apresentar cobertura óssea. É medial ao nervo petroso superficial menor e à artéria meníngea média, distal ao gânglio de Gasser (trigeminal) e anterior do forame lácero. Geralmente cursa paralela e lateralmente ao segmento horizontal da ACI. Inerva a glândula lacrimal e as mucosas nasal e palatal (Figura 7). (Cruz, 2010)

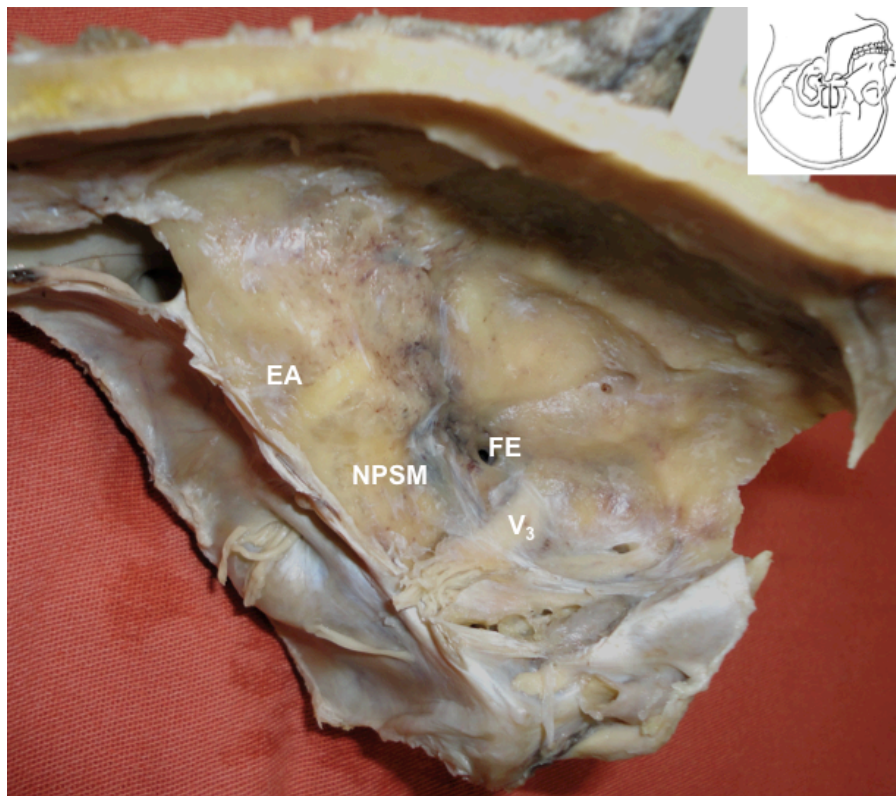


Figura 7 - Anatomia da fossa craniana média esquerda (visão superior). **EA**: eminência arqueada; **FE**: forame espinhoso; **NPSM**: nervo petroso superficial maior; **V₃**: divisão mandibular do nervo trigêmeo.

O nervo petroso superficial menor é composto por fibras parassimpáticas que se originam no núcleo salivatório inferior. É uma continuação do ramo timpânico, do nervo glossofaríngeo (NC IX), e trafega lateralmente e na mesma direção que o NPSM, no assoalho da FCM, também sob a dura-máter. O nervo petroso superficial menor penetra no forame oval e se une ao nervo auriculotemporal (ramo de V₃), para inervar a glândula parótida. (Cruz, 2010)

O nervo petroso profundo, composto por fibras simpáticas pós-ganglionares do plexo pericarotídeo, se une ao NPSM para formar o nervo vidiano (nervo do canal pterigóideo). A partir do canal vidiano, o nervo vidiano segue até o gânglio

esfenopalatino, na fossa pterigopalatina e emite fibras pós-ganglionares para as glândulas lacrimais. (Bento et al., 1998)

O segmento petroso da ACI penetra na cavidade craniana através do canal carotídeo, rodeado por um plexo venoso e uma rede de fibras simpáticas. Assume, então, direção vertical até passar no sentido medial da tuba auditiva, onde se curva com sentido anteromedial (joelho) à frente do promontório, e se inicia o segmento horizontal. O segmento horizontal termina quando a ACI perfaz um giro para passar no sentido vertical ao longo da parede lateral do seio esfenoidal (Wiet, Hoistad, 2002). A tuba auditiva e o músculo tensor do tímpano estão localizados anterior e paralelamente ao segmento horizontal da ACI intrapetrosa. A artéria cursa paralela e abaixo do plano do NPSM distal, e posteromedial ao ramo V_3 no forame oval (Figura 8). Segundo Tedeschi e Rhoton (1994) a cóclea é separada da ACI por uma fina espessura óssea de 2,1mm.

Na porção mais anteromedial (ápice) da FCM encontra-se o gânglio trigeminal (Gasser), sob uma depressão óssea (impressão trigeminal), entre evaginações da dura-máter, constituindo o cavo de Meckel. Abaixo da impressão trigeminal situa-se o forame lácer, através do qual passa a extremidade da porção horizontal da ACI petrosa em seu trajeto para o seio cavernoso (Tedeschi, Rhoton, 1994; Cruz, 2010). Após deixar o forame lácer, a ACI inicia seu trajeto intracavernoso.

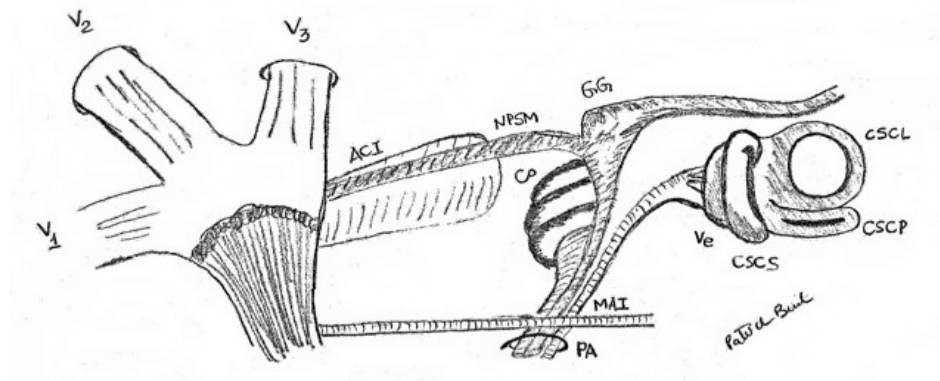


Figura 8 - Desenho esquemático da anatomia da fossa craniana média. **ACI**: artéria carótida interna; **GG**: gânglio geniculado; **Co**: cóclea; **CSCL**: canal semicircular lateral; **CSCP**: canal semicircular posterior; **CSCS**: canal semicircular superior; **MAI**: meato acústico interno; **NPSM**: nervo petroso superficial maior; **PA**: poro acústico; **V₁**: ramo oftálmico do nervo trigêmeo; **V₂**: ramo maxilar do nervo trigêmeo; **V₃**: ramo mandibular do nervo trigêmeo; **Ve**: véstibulo.

Como citado, a cóclea está localizada no ângulo entre o NPSM e o NF, no sentido medial e logo abaixo do GG, anterior ao final do MAI e posterossuperior ao joelho da ACI petrosa (Anagnostopoulou, Diamantopoulou, 2004; Todd, 2007; Tanriover et al., 2009) (Figura 9). Consiste em um canal espiralado que envolve, com duas voltas e meia (espiras ou giros) ou duas voltas e três quartos, um eixo central cônico conhecido como modíolo. Sua base mede 8mm a 9mm de largura e 5mm de comprimento da base ao ápice. A cóclea óssea tem sua base relacionada com o MAI, e sua parte mais extensa é o canal coclear, que mede cerca de 34mm de comprimento em homens e 33mm em mulheres (Miller, 2007). Projetando-se do modíolo encontra-se a lâmina espiral óssea que divide parcialmente a luz coclear em duas rampas: a superior, denominada rampa vestibular, e a inferior, a rampa timpânica. A vestibular começa no véstibulo e a timpânica, na janela redonda. As escalas vestibular e timpânica juntam-se formando o helicotrema, no ponto onde a lâmina espiral termina no *hamulus*. (Møller, 2006)

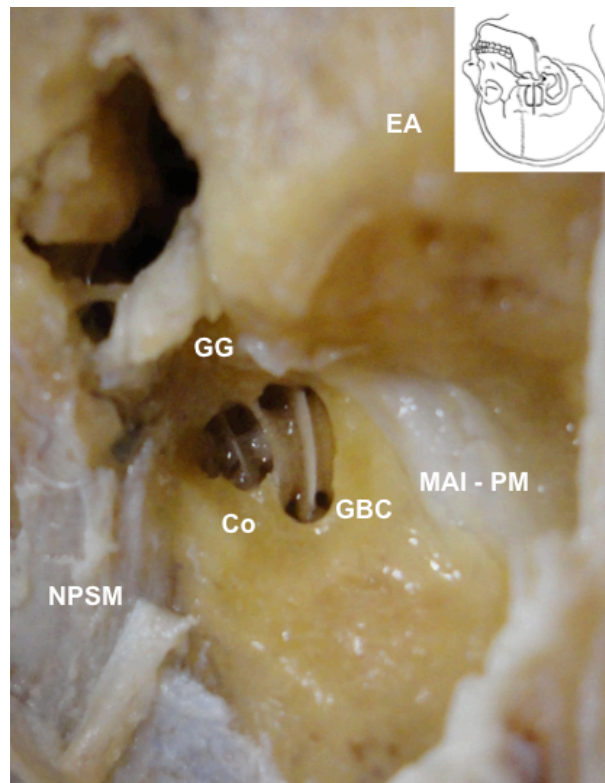


Figura 9 - Anatomia da fossa craniana média direita na posição cirúrgica adotada para o implante coclear. **Co**: cóclea, **EA**: eminência arqueada; **GBC**: giro basal da cóclea; **GG**: gânglio geniculado; **MAI - PM**: meato acústico interno - plano meatal; **NPSM**: nervo petroso superficial maior. Visualizam-se as escalas timpânica e vestibular, e a lâmina espiral óssea separando essas câmaras da cóclea.

Os seios da FCM são canais venosos situados entre a dura-máter e o periósteo interno que reveste a calota, geralmente ao longo das linhas de fixação dos seios durais. Os SPSs são canais que seguem das extremidades posteriores dos seios cavernosos para os seios transversos, no ponto onde se curvam para baixo para formar os seios sigmoides. Situam-se sobre a borda fixa da tenda do cerebelo, em um pequeno sulco sobre a parte superior do osso temporal. A ranhura para o SPS na margem do osso petroso marca o limite medial da FCM e a sua abertura permite o acesso à fossa posterior do crânio. Recebem tributárias da superfície inferior do lobo

temporal, valendo-se de veias petrosas que drenam o cerebelo e tronco cerebral. (Cruz, 2010)

Os seios petrosos inferiores seguem ao longo das fissuras petro-occipitais e drenam a região do clivus. Unem-se aos seios cavernosos em suas margens superiores e penetram na porção medial do bulbo jugular anteriormente aos nervos que passam por essa abertura (NC IX, X e XI). (Cruz, 2010)

3.4 Estudos anatômicos da cóclea na fossa craniana média

Parisier (1977) refere que as distâncias médias entre a cóclea e o braços, ampular e não ampular, do CSCS são 5,54mm e 7,94 mm, respectivamente.

Aristegui et al. (1994) realizam um estudo de dissecação da FCM e aferem a área romboide limitada pela cóclea, MAI, ACI e o GG que resulta em 64,5mm². A medida do ângulo encontrada com mais frequência pelos autores, entre o SPS e o MAI, foi de 44⁰.

Wysocki e Skarzynski (1998) estudam a anatomia topográfica da cóclea para o IC, em 100 ossos temporais de indivíduos com idade entre 1 mês e 71 anos, divididos em subgrupos. As distâncias mínimas entre os giros cocleares e a ACI, o bulbo da veia jugular, o NF e o assoalho do MAI em ossos temporais são medidos. Nos ossos de indivíduos com idade entre 5 e 71 anos, de ambos os gêneros, a distância do giro basal da cóclea (GBC) até o NF é de 0,46mm; do GBC até a ACI 1,89mm; do giro apical da cóclea até a ACI 2,90mm; do GBC até o bulbo jugular 4,93mm; e, do GBC até o assoalho do MAI 3,92mm. Os autores verificam que em

crianças com menos de 4 anos a maioria das distâncias medidas é significativamente menor do que em indivíduos mais velhos.

Uma análise morfométrica da FCM fundamentada em 32 dissecções de cadáveres é relatada por Jung et al. (2004). As distâncias médias da cóclea até o GG, ACI, poro trigêmeo, NC V₃, e o MAI são 3,0mm; 2,9mm; 14,3mm; 9,4mm e 9,0mm, respectivamente.

Anagnostopoulou e Diamantopoulou (2004) destacam a relação anatômica da cóclea com as estruturas encontradas em sua vizinhança em 116 ossos temporais. O sulco para o NPSM e o hiato do NF são usados como referência para expor a face superior da cóclea. A distância entre o GBC e o GG é em média de 3,73mm. A distância do GBC até a superfície da FCM é de 4,36mm. O giro coclear apical é de 3,76mm na profundidade do osso petroso. O GCB estava em posição medial ao GG e a 2,6mm desta estrutura. Segundo os autores, apesar do hiato do NF ser a chave para a localização do GG, este mostra uma anatomia variável. Paralelamente a esta observação, a quantidade de osso que recobre a cóclea depende da pneumatização do osso petroso.

Maina et al. (2007), após avaliarem nove cabeças, referem que as distâncias médias entre a cóclea e joelho da ACI petrosa, GG, poro trigeminal, MAI, NPSM e forame espinhoso são 3,57mm; 3,06mm; 12,47mm; 9,87mm; 12,14mm e 13,10mm, respectivamente. Dew et al. (1997), diferente de Maina et al. (2007), referem que a distância média do joelho posterior da ACI petrosa até a cóclea é 4,3mm.

Sennaroglu e Slattery (2003) referem que a distância entre a cóclea e a margem petrosa é 8,9mm, que as porções anterior e posterior da cóclea estão 0,4mm e 4,2mm distantes da porção labiríntica do NF. Os autores encontram a cóclea a

2,8mm da superfície superior do osso temporal.

De acordo com Ulug (2009), a distância do processo cocleariforme à margem medial do GBC, onde esta cruza o segmento labiríntico do NF, é igual a 7,03mm. A distância entre a margem medial do GBC a uma linha imaginária que corre paralela ao segmento timpânico do NF e passa pela crista vertical do MAI é de 1,21mm. A distância entre a margem medial do NPSM e a margem medial do GBC resulta em 3,04mm.

Salma et al. (2013) investigam as relações e variações entre o hiato do NF e as estruturas neurovasculares da FCM em 10 cadáveres (em ambos os lados). De acordo com este estudo, a distância média entre o hiato do NF e a cóclea é de 6,52mm.

Eren et al. (2012) encontram a cóclea a 8,9mm da cabeça do martelo, após a abertura do *tegmen tympani*.

3.5 Técnicas de acesso à fossa craniana média

A técnica descrita por House, em 1961, sugere seguir o NPSM até o GG e, então, até o segmento labiríntico do NF. Em seguida, a Barra de Bill e o nervo vestibular superior são identificados e broqueamento é mantido com orientação de lateral para medial, com dissecação do MAI até o poro acústico.

A técnica difundida pelo professor Ugo Fisch é denominada “acesso ao plano meatal” e limita o grau de retração da dura-máter e o risco de danos ao segmento

labiríntico do NF (Fisch, 1970¹ *apud* Parisier, 1977). Nesta técnica, o osso sobre a EA é removido, o CSCS é identificado com a sua "linha azul" (visualização do labirinto membranoso por transparência), e um ângulo de 60° a partir do final do seu eixo longo define a zona segura para o broqueamento para localizar o MAI.

Contribuições técnicas significativas foram feitas por Garcia-Ibañez e Garcia-Ibañez (1980², *apud* Bento et al., 2002). Os autores propuseram o uso da bissetriz do ângulo formado por linhas imaginárias que atravessam o NPSM e a EA, para alcançar o MAI. A remoção óssea inicia-se no aspecto mais medial da crista petrosa no plano da bissetriz e prossegue até ficar próxima ao poro acústico, onde a dura-máter do MAI pode ser aberta sob ângulo de 270° na direção lateral.

Catalano e Eden (1993) propuseram o uso do córtex lateral da escama do osso temporal na raiz do arco zigomático para localizar a cabeça do martelo como uma referência externa para a identificação do MAI. A distância medida entre a cabeça do martelo e a cortical externa, na raiz do zigoma, foi de 18mm sobre uma linha perpendicular ao plano de referência. A extensão medial desta linha, através da cabeça do martelo, divide o MAI ao meio.

Jackler e Gladstone (1995) utilizam uma técnica de dissecação para a identificação do MAI. A dissecação é iniciada na região medial mais adjacente ao poro acústico na FCM e progride para a direção lateral do ápice petroso, sobre o eixo maior de comprimento do MAI.

Bento et al. (2002) descrevem uma técnica rápida e segura para expor o GG e a porção labiríntica do NF através da FCM, explorando o teto da orelha média. A

¹ Fisch U. Transtemporal surgery of the internal auditory canal. Report of 92 cases, technique, indications and results. *Adv Otorhinolaryngol.* 1970;17:203-40.

² Garcia-Ibañez E, Garcia-Ibañez JL. Middle fossa vestibular neurectomy: a report of 373 cases. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1980;88(4):486-90.

técnica inclui a abertura de 5mm do *tegmen tympani*, com a visualização direta da cabeça do martelo, corpo da bigorna, processo de cocleariforme e a porção timpânica do NF, que é seguida na posição medial até o GG. O segmento labiríntico do NF é esperado ao longo de uma linha traçada na posição medial a partir do processo cocleariforme. Este acesso pode ser extremamente útil quando os marcos anatômicos da FCM estão obscurecidos por trauma ou cirurgia prévios.

Cheng et al. (2009) chamam "ponto T" a interseção da borda posterior do gânglio trigêmeo com o SPS e o apresentam como marcador para localizar o MAI.

Lan e Shiao (2010) dissecam ossos temporais de cadáveres e realizam estudos por meio de tomografia computadorizada (TC). Concluem que o MAI pode ser identificado de forma segura a cerca de 10mm de distância sobre uma linha em ângulo de 96° entre o GG e o eixo maior do NPSM, sem danificar a cóclea, a porção labiríntica do NF ou o vestíbulo.

De forma semelhante a Bento et al. (2002), Eren et al. (2012) localizam a cabeça do martelo, a fim de encontrar o GG para descomprimir o NF por meio do acesso via FCM. Cokkeser et al. (2001) adaptam a técnica de Garcia-Ibañez e Garcia-Ibañez (1980, *apud* Bento et al., 2002) para encontrar o MAI, mas iniciam o broqueamento na porção mais medial da bissetriz do ângulo formado entre o NPSM e a EA.

3.6 Implante coclear via fossa craniana média

Colletti et al. (1998, 1999a, b, 2000) demonstram em ossos temporais de cadáveres humanos e em 11 pacientes, que a cocleostomia pode ser realizada no GBC através do assoalho da FCM. Os autores referem que o feixe de eletrodos pode ser facilmente inserido por cocleostomia e atingir o giro apical da cóclea. A projeção superior do GBC é localizada no assoalho da FCM, na região formada pelo ângulo entre o NPSM e o NF, onde os autores realizam a cocleostomia e a inserção do feixe de eletrodos. Em sua série não houve complicações pós-operatórias e o feixe de eletrodos foi completamente inserido em todos os pacientes.

Bento et al. (2012) revisam os prontuários de quatro indivíduos submetidos ao IC através da FCM. Os pacientes apresentavam indicação fonoaudiológica para o IC e eram portadores de OMC instável, do ponto de vista infeccioso, em ambas as orelhas. O acesso via FCM é escolhido a fim de contornar a contaminação da orelha média. A cocleostomia é realizada no giro apical da cóclea e o feixe de eletrodos ocupou os giros apical, médio e basal, nos quatro pacientes. Os autores reportam o broqueamento da área triangular entre o NPSM e a projeção da porção labiríntica do NF, a fim de encontrar e fenestrar a cóclea. Como a inserção do feixe de eletrodos é realizada a partir da região apical, as tabelas de atribuição de frequências são invertidas durante a programação dos dispositivos, para seguir a tonotopia da cóclea. Apesar dessa particularidade, os pacientes conseguiram ter bons resultados na percepção da fala.

As equipes de Colletti (Departamento de Otorrinolaringologia da Universidade de Verona) e Bento (Departamento de Otorrinolaringologia do HC-

FMUSP) posicionaram o receptor/estimulador da unidade interna em um nicho, na porção escamosa do osso temporal, na mesma posição utilizada para o acesso transmastóideo convencional.

4 CASUÍSTICA E MÉTODOS

4 CASUÍSTICA E MÉTODOS

O presente estudo anatômico exploratório foi realizado no Laboratório de Habilidades Cirúrgicas em Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP). O mesmo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FMUSP, por meio do protocolo de pesquisa número 309/11 (Apêndice 1).

4.1 Casuística

Cinquenta ossos temporais, 17 esquerdos e 33 direitos, extraídos de cadáveres adultos de ambos os sexos, obtidos do Serviço de Verificação de Óbitos da Capital, foram conservados em formol e constituíram o material para este estudo. Todos os ossos continham uma porção adequada da escama do osso temporal, do ápice petroso e da dura-máter da FCM. As informações específicas sobre idade, gênero, raça ou história otológica dos ossos não estavam disponíveis.

4.1.1 Critérios de inclusão

Ossos temporais sem sinais de malformação, traumatismo, doença ou manipulação cirúrgica prévia foram usados neste estudo.

4.2 Métodos

4.2.1 Marcos anatômicos

Os pontos de referência utilizados foram o SPS e o plano meatal seguido no ápice petroso a partir da sua porção mais anterior e medial (com referência à projeção do poro acústico na FCM) (Figura 10). A facilidade com que os referidos marcos anatômicos podem ser reconhecidos no assoalho da FCM e sua importância cirúrgica para a localização do GBC conduziram a seleção dos mesmos.

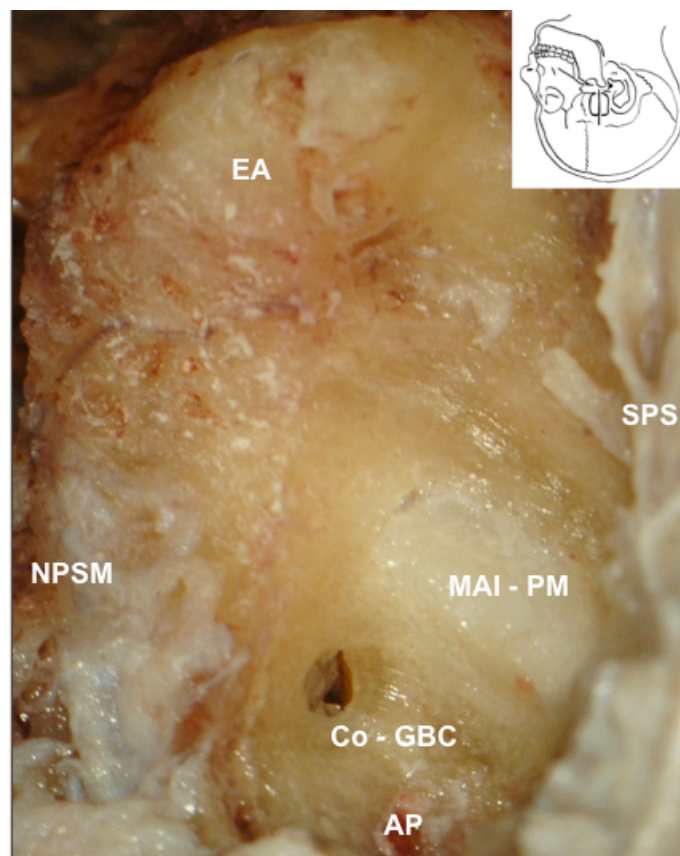


Figura 10: Anatomia da fossa craniana média direita em uma visão perpendicular ao rochedo. **AP:** ápice petroso; **Co - GBC:** cóclea (giro basal); **EA:** eminência arqueada; **MAI - PM:** meato acústico interno - plano meatal; **NPSM:** nervo petroso superficial maior; **SPS:** seio petroso superior.

4.2.2 Protocolo de dissecação

Os ossos temporais foram colocados na posição cirúrgica para o acesso através da FCM. As disseções foram realizadas com auxílio de microscópio (MU-M19, DFV, Brasil) e instrumental para cirurgia otológica. A dissecação foi realizada de acordo com as etapas seguintes:

1. Descolamento da dura-máter com exposição da superfície anterior da porção petrosa do osso temporal até que a artéria meníngea média pudesse ser identificada.
2. Visualização do assoalho da FCM e identificação do NPSM, EA e SPS (Figura 11).

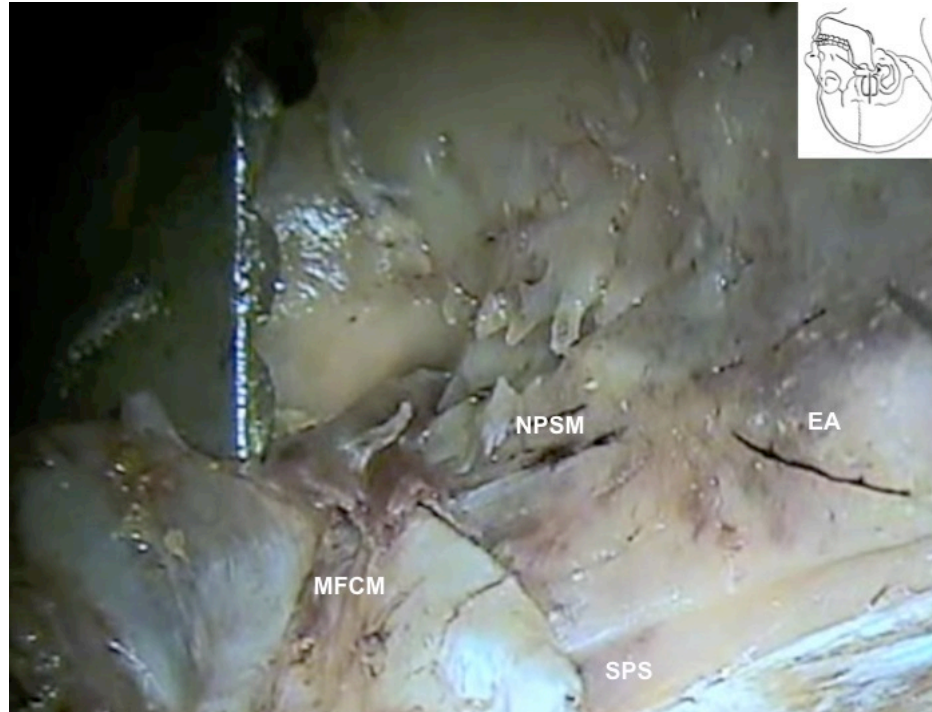


Figura 11 - Exposição da superfície anterior da porção petrosa do osso temporal direito com identificação dos pontos de reparo, após o descolamento da dura-máter da fossa craniana média. **EA:** eminência arqueada; **NPSM:** nervo petroso superficial maior; **SPS:** seio petroso superior.

3. Broqueamento do ápice petroso no sentido medial, na região do plano meatal, em sua porção mais anterior (fazendo referência à projeção do poro acústico na FCM) e adjacente ao SPS (Figura 12).

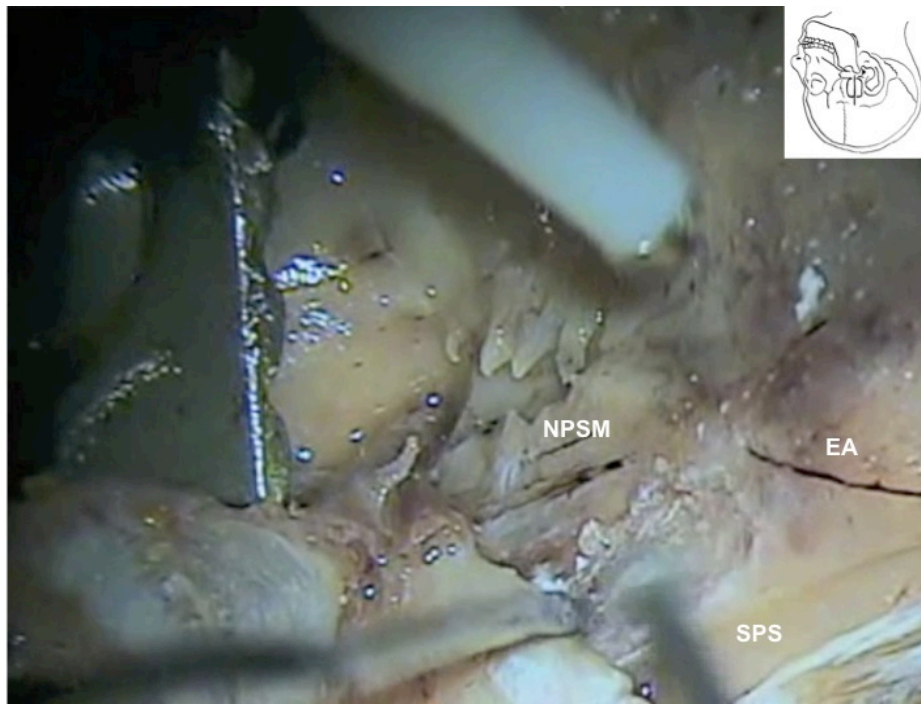


Figura 12 - Broqueamento do ápice petroso no sentido medial, em sua porção mais anterior e adjacente ao seio petroso superior (SPS). EA: eminência arqueada; NPSM: nervo petroso superficial maior.

4. Identificação, por transparência, da dura-máter do MAI, mantendo uma camada óssea sobre essa estrutura (Figura 13).

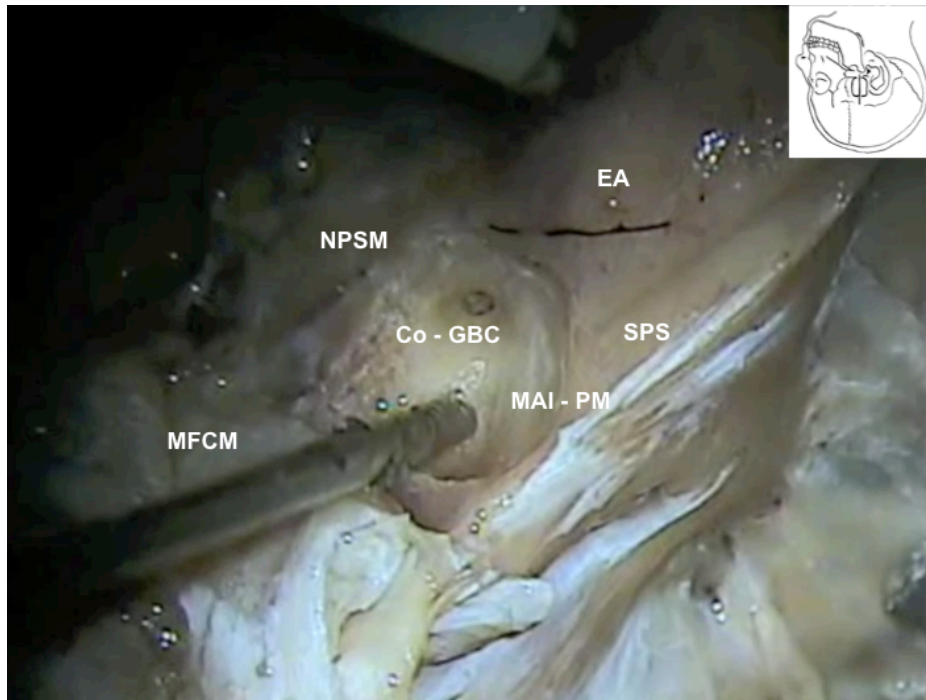


Figura 13 - Identificação, por transparência, do meato acústico interno - plano meatal (MAI – PM).
Co – GBC: cóclea (giro basal); EA: eminência arqueada; MFCM: meninge da fossa craniana média; NPSM: nervo petroso superficial maior; SPS: seio petroso superior.

5. O broqueamento prossegue adjacente ao eixo longo do plano meatal, na sua margem lateral, até que a porção mais superficial do GBC seja encontrada e aberta (Figura 14).

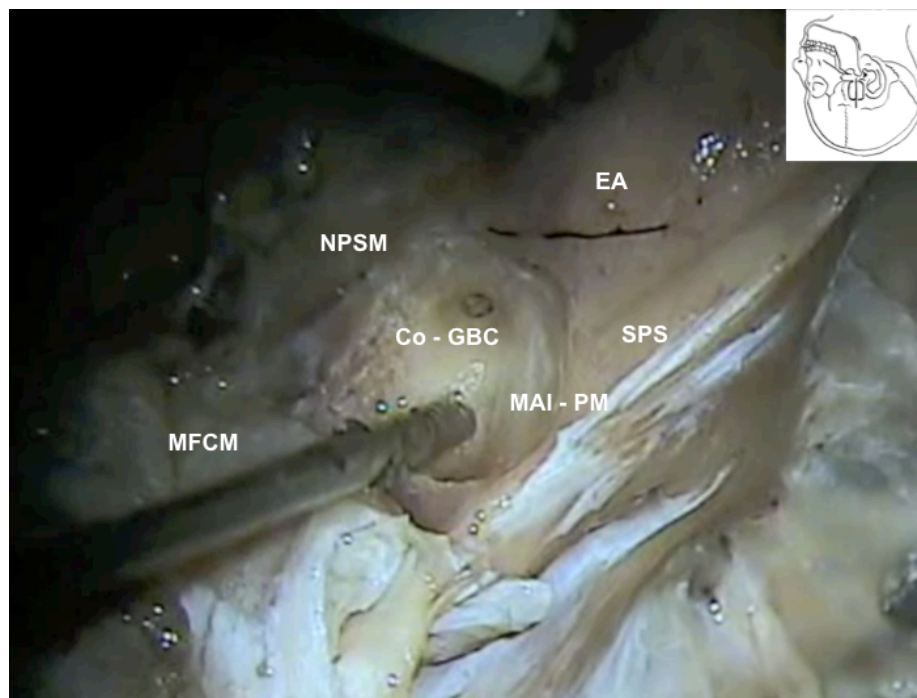


Figura 14 - O broqueamento prossegue até que a cóclea seja encontrada e aberta (cocleostomia). **Co – GBC**: cóclea (giro basal); **EA**: eminência arqueada; **MAI - PM**: meato acústico interno - plano meatal; **MFCM**: meninge da fossa craniana média; **NPSM**: nervo petroso superficial maior; **SPS**: seio petroso superior.

6. A exposição do GBC é ampliada (cocleostomia) com o uso de uma broca diamantada com 1mm de diâmetro (sobre área de cerca de 2,0mm²).
7. Visualização da lâmina espiral óssea que separa a escala timpânica da vestibular.
8. Introdução de um feixe de eletrodos falso de 25mm (medidor de profundidade, que simula as dimensões do feixe de eletrodos usado no IC, Nucleus[®] 24 Double

Array CI 11 + 11 + 2M da Cochlear Corporation®) (Figura 16), através da escala timpânica, orientado em direção à EA (Figura 17).

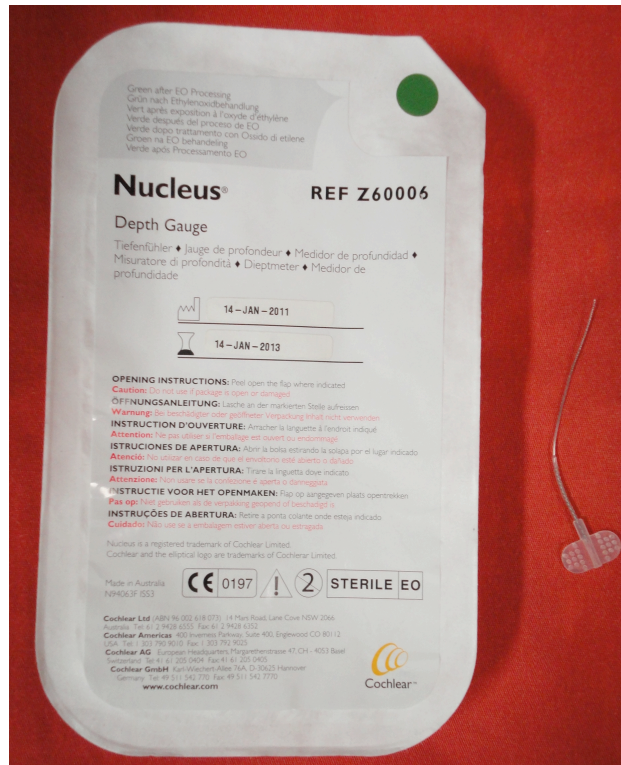


Figura 15 - Feixe de eletrodos falso (medidor de profundidade - Nucleus® REF Z6006) utilizado para inserção.

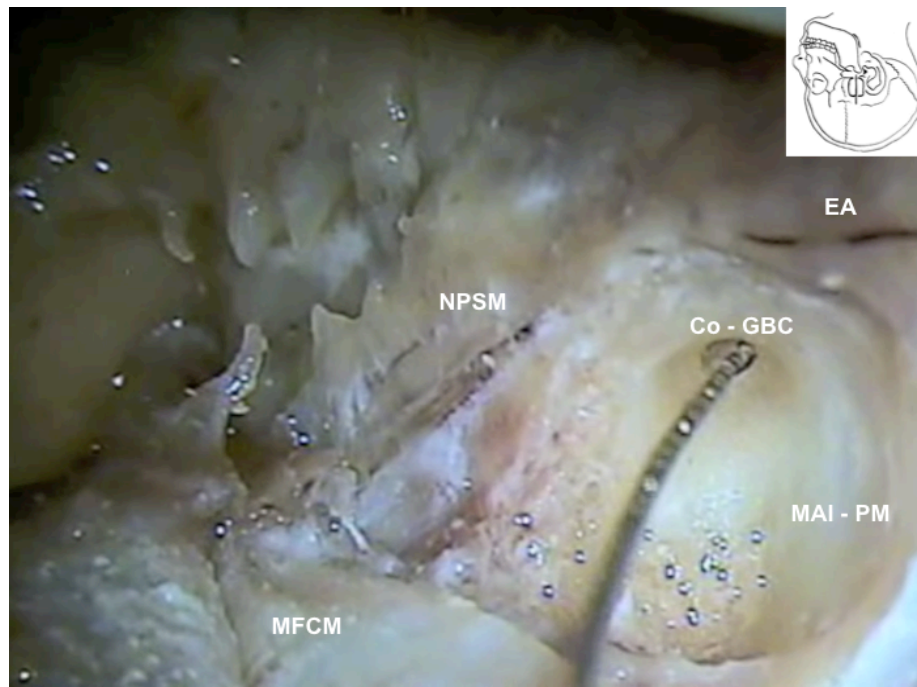


Figura 16 - Visualização da lâmina espiral óssea e inserção do feixe de eletrodos através da escala timpânica. **Co - GBC**: cóclea (giro basal); **EA**: eminência arqueada; **MAI - PM**: meato acústico interno - plano meatal; **MFCM**: meninge da fossa craniana média; **NPSM**: nervo petroso superficial maior; **SPS**: seio petroso superior.

4.2.3 Medições

Foram determinadas as distâncias entre a cocleostomia e os pontos de referência (plano meatal e SPS), o ângulo entre a margem lateral do meato acústico interno (visto por transparência) no plano meatal e a cocleostomia, e a distância entre a cocleostomia e a janela redonda (Figura 18). Todas as medições foram realizadas pelo mesmo pesquisador.

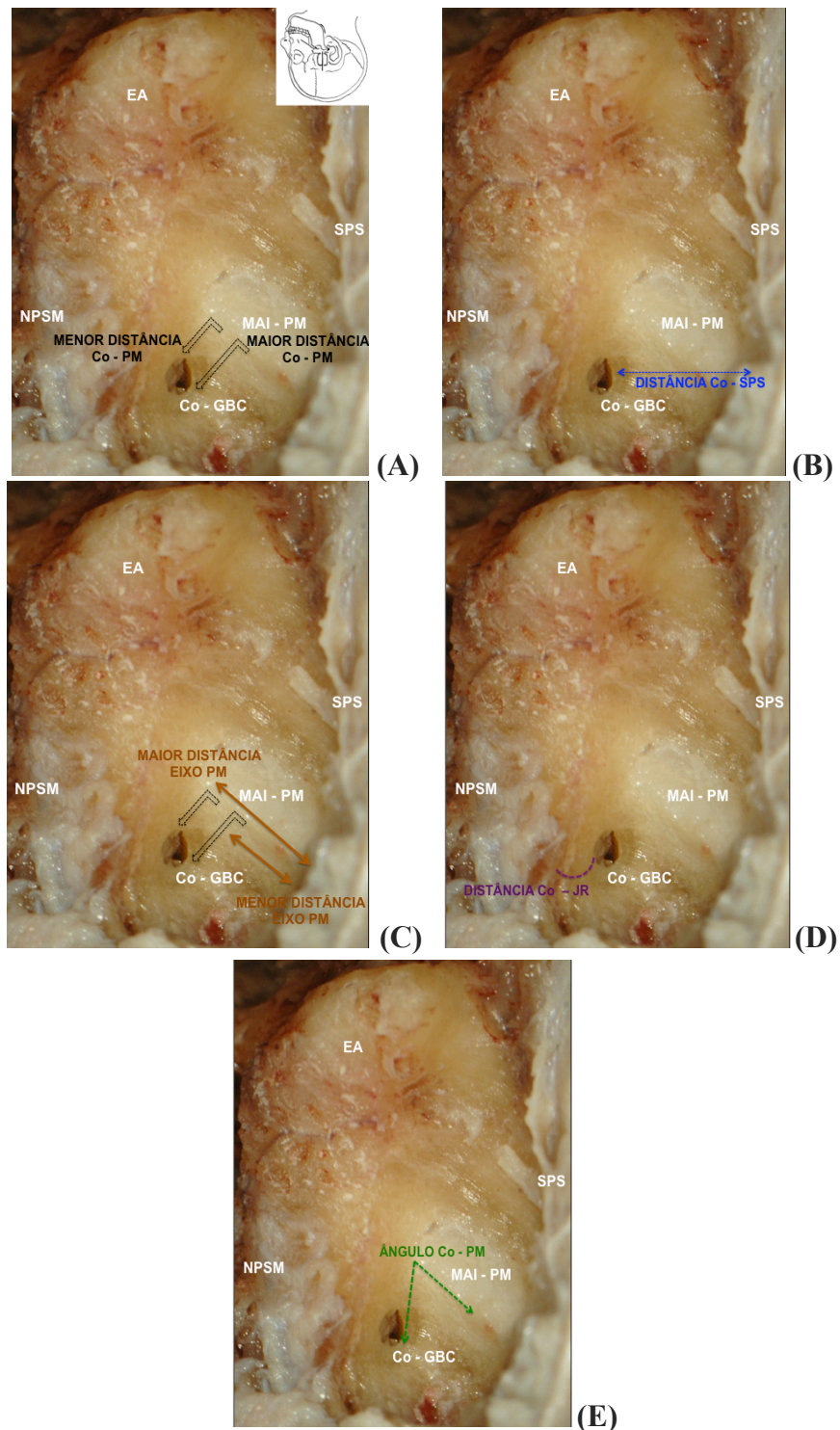


Figura 17 - Marcos anatômicos estudados: (A) Distâncias, maior e menor, entre as margens da cocleostomia e o eixo longo do meato acústico interno no plano meatal, com ângulo de 90° entre estas estruturas; (B) Distância entre a cocleostomia e o seio petroso superior, com ângulo de 90° entre estas estruturas; (C) Distâncias, maior e menor, do eixo longo do meato acústico interno no plano meatal, a partir da sua porção mais proximal, até as bordas da cocleostomia, com ângulo de 90° entre estas estruturas; (D) Distância entre a cocleostomia e a janela redonda; (E) Ângulo formado pela aresta inferior da cocleostomia e a margem lateral do eixo longo do meato acústico interno no plano meatal.

Foi utilizado um paquímetro cirúrgico Castroviejo (# E2404, Karl Storz), com precisão de 1mm, para determinar as distâncias entre os pontos de referência (Figura 19).



Figura 18: Paquímetro cirúrgico Castroviejo.

A distância entre a cocleostomia e a janela redonda foi aferida com o auxílio de lima endodôntica flexível com 25mm de comprimento, em aço inoxidável, com rolha móvel de silicone, que serviu como marcador (FlexoFiles[®], #40; Dentsply-Maillefer) (Figura 19A), e uma régua endodôntica milimetrada (Dentsply-Maillefer) (Figura 19B). A ponta da lima era introduzida no orifício da cocleostomia até a janela redonda, e a rolha deslocada sobre a lima até a cocleostomia. Após a retirada da lima era feita a medição do segmento da mesma entre a rolha e a ponta da lima. Este valor correspondia à distância entre a cocleostomia e a janela redonda. A lima era visualizada no nicho da janela redonda, com uso de um otoscópio (Otoscópio Pocket Junior 22840, WelchAllyn[®]).

O ângulo formado entre a aresta inferior da cocleostomia e a margem lateral do eixo longo do plano meatal foi determinado com uma régua e transferidor escolares.

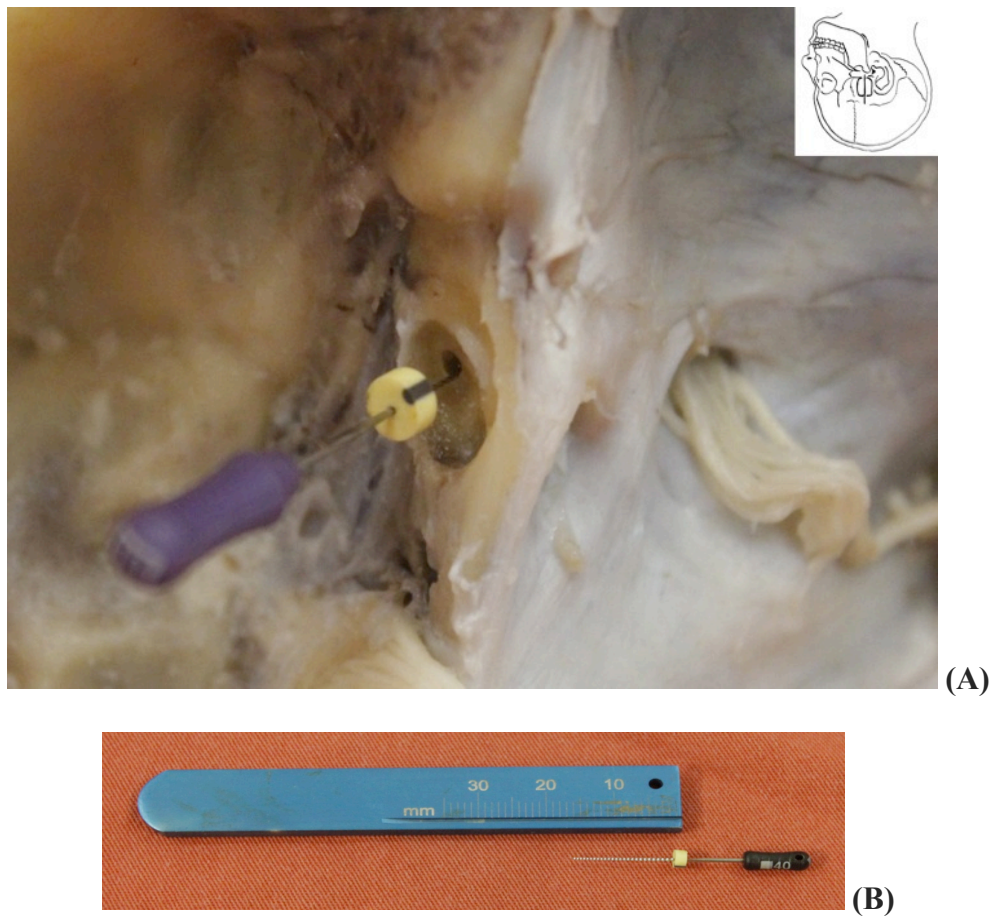


Figura 19 - (A) Limas endodônticas maleáveis, em aço inoxidável com rolhas móveis de silicone. O fragmento da lima endodôntica era introduzido através da cocleostomia, marcado com a rolha de silicone e depois transposto para uma régua endodôntica milimetrada; **(B)** Régua milimetrada e lima endodônticas usadas no procedimento.

4.2.4 Tomografia computadorizada

Foi realizada tomografia computadorizada de ossos temporais em cinco peças anatômicas escolhidas de forma aleatória, para documentar a inserção e o trajeto do feixe de eletrodos dentro da cóclea.

4.3 Análise estatística

Por se tratar de um estudo exploratório, não foi realizado o cálculo de tamanho mínimo de amostra.

As variáveis quantitativas contínuas foram analisadas quanto à distribuição normal dos valores por meio do teste de *Kolgomorov-Smirnov*. Os dados foram tabulados e analisados utilizando-se o *software* IBM SPSS Statistics (versão 19.0 para Windows; Armonk, NY: IBM Corp.).

O teste *t-Student* foi usado para avaliar diferenças entre as medidas dos lados direito e esquerdo.

O valor $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo.

5 RESULTADOS

Os resultados aritméticos da dissecação de 50 ossos temporais estão dispostos na Tabela 1. As variáveis numéricas são representadas por meio de sua média mais ou menos desvio-padrão e intervalo de confiança de 95% (IC 95%).

Os testes de normalidade *Kolmogorov-Smirnov* não apresentaram qualquer significância de fuga de normalidade ($p > 0,05$). Os lados foram comparados com uso do teste *t-Student* e não há diferença para nenhuma das medidas ($p > 0,05$).

Tabela 1: Valores das distâncias entre os pontos de referência utilizados no estudo com 50 ossos temporais e ângulo formado pela aresta inferior da cocleostomia e a margem lateral do eixo longo do meato acústico interno no plano meatal.

Variável	Lado	Média	DP	IC (95%)		Mediana	Mín.	Máx.	N	p
				Inf.	Sup.					
Distâncias (mm)										
Menor Co-MAI (PM)	Direito	2,48	0,90	2,19	2,77	2,5	1	5	37	0,944
	Esquerdo	2,50	0,85	2,04	2,96	2,3	1	4	13	
	Total	2,48	0,88	2,24	2,72	2,4	1	5	50	
Maior Co-MAI (PM)	Direito	3,12	0,86	2,85	3,40	3,3	1,8	5	37	0,874
	Esquerdo	3,08	0,90	2,59	3,57	3,0	2	5	13	
	Total	3,11	0,86	2,87	3,35	3,0	1,8	5	50	
Co-JR	Direito	8,38	1,99	7,74	9,02	8,0	4	12	37	0,992
	Esquerdo	8,38	1,94	7,33	9,43	9,0	5	11	13	
	Total	8,38	1,96	7,84	8,92	8,0	4	12	50	
Medida Co-SPS	Direito	9,14	1,67	8,60	9,68	9,0	6	14	37	0,686
	Esquerdo	9,35	1,39	8,59	10,11	9,0	8	13	13	
	Total	9,19	1,59	8,75	9,63	9,0	6	14	50	
Menor Co-MAI (PM) proximal	Direito	6,57	1,42	6,11	7,03	6,5	4	10	37	0,595
	Esquerdo	6,81	1,30	6,10	7,52	7,0	5	9	13	
	Total	6,63	1,38	6,25	7,01	6,5	4	10	50	
Maior Co-MAI (PM) proximal	Direito	8,23	1,47	7,76	8,70	8,0	5	12	37	0,619
	Esquerdo	8,46	1,33	7,74	9,18	8,0	6	10	13	
	Total	8,29	1,43	7,90	8,68	8,0	5	12	50	
Ângulo* (°)	Direito	22,65	6,79	20,46	24,84	23,0	11	35	37	0,863
	Esquerdo	22,23	9,22	17,22	27,24	20,0	14	47	13	
	Total	22,54	7,40	20,49	24,59	21,5	11	47	50	

Co = cóclea (colestostomia); JR = janela redonda; MAI = meato acústico interno; PM = plano meatal; SPS = seio petroso superior; DP = desvio padrão; IC = intervalo de confiança; Inf. = inferior; Sup. = superior; Mín. = mínimo; Máx. = máximo; N = quantidade de peças; p= valor de p; *Ângulo formado pela aresta inferior da cocleostomia e a margem lateral do eixo longo do meato acústico interno no plano meatal

O GBC foi encontrado facilmente em todos os 50 ossos temporais com a técnica de dissecação descrita, sem que houvesse exposição do conteúdo do MAI em nenhuma das peças. A exposição do GBC permitiu que ambas as escalas, timpânica e vestibular, fossem visualizadas em todas as peças anatômicas. Desta forma, não houve dificuldade na inserção do feixe falso de eletrodos através da escala timpânica.

A inserção do feixe de eletrodos de IC foi documentada por meio da TC de ossos temporais em cinco dos 50 ossos estudados (Figuras 20 a 23).

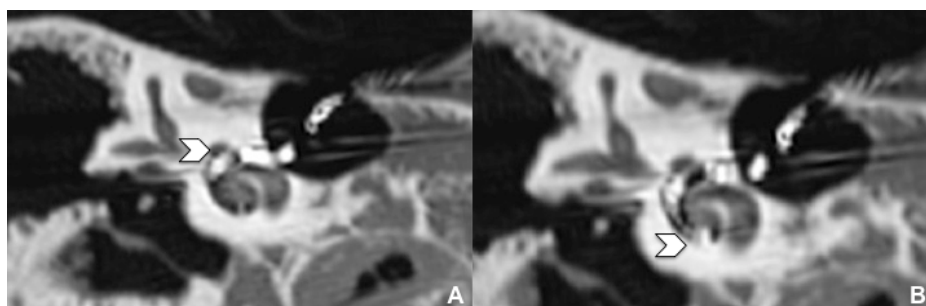


Figura 20 - Imagens de tomografia computadorizada de alta resolução do osso temporal direito. Corte coronal, janela óssea: inserção do feixe de eletrodos (setas) do giro basal da cóclea (A) até o apical (B).

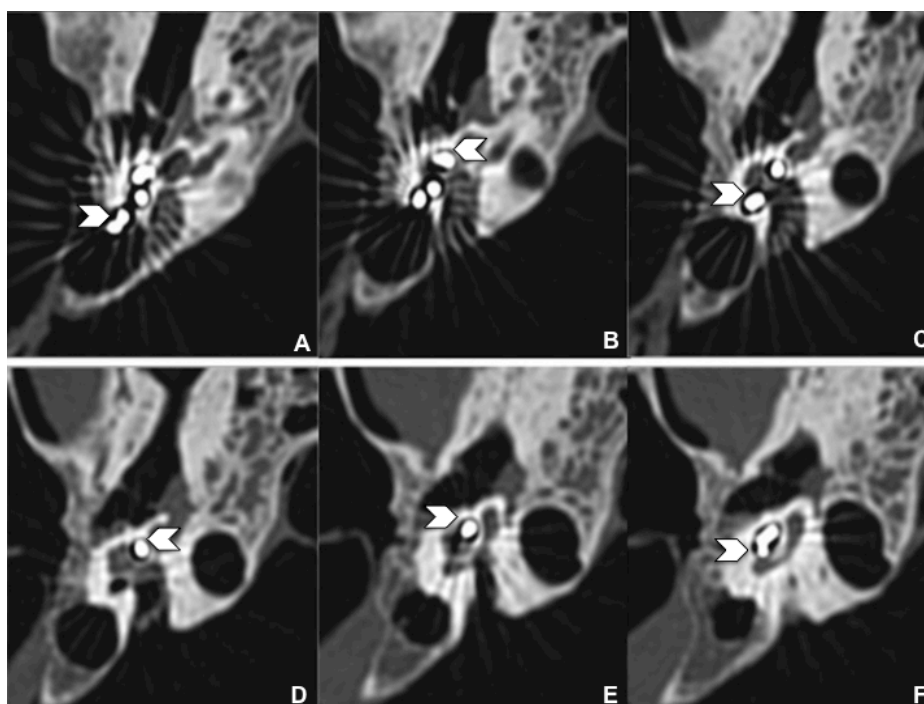


Figura 21 - Imagens de tomografia computadorizada de alta resolução do osso temporal direito. Corte axial, janela óssea: inserção do feixe de eletrodos (setas) no giro basal (A, B). O feixe falso ocupa os giros médio (C) e apical da cóclea (D, E, F).

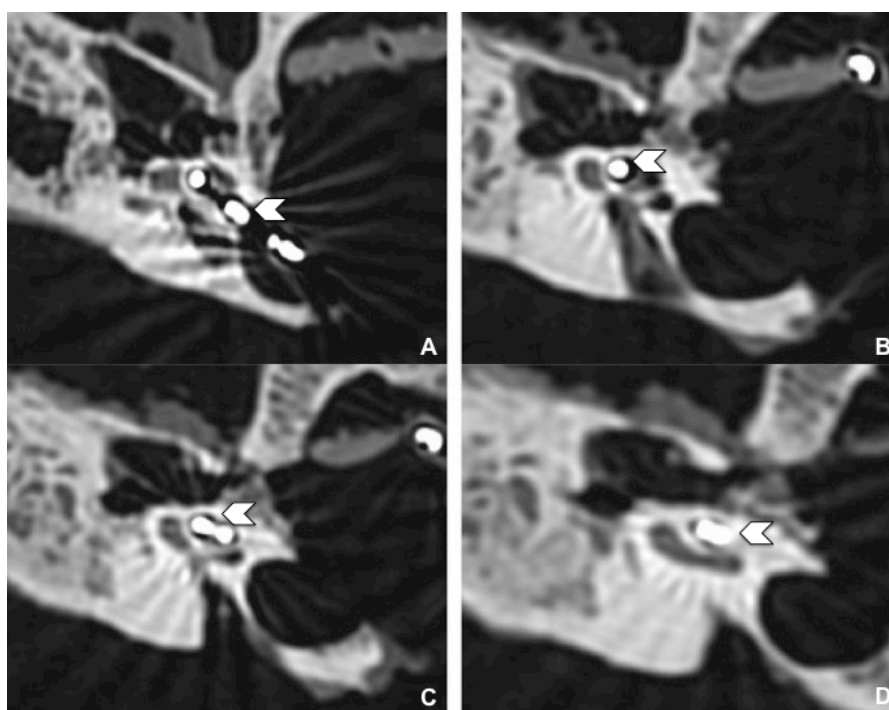


Figura 22 - Imagens de tomografia computadorizada de alta resolução do osso temporal esquerdo. Corte axial, janela óssea: inserção do feixe de eletrodos (setas) no giro basal (A). O feixe falso ocupa os giros médio (B) e apical da cóclea (C, D).

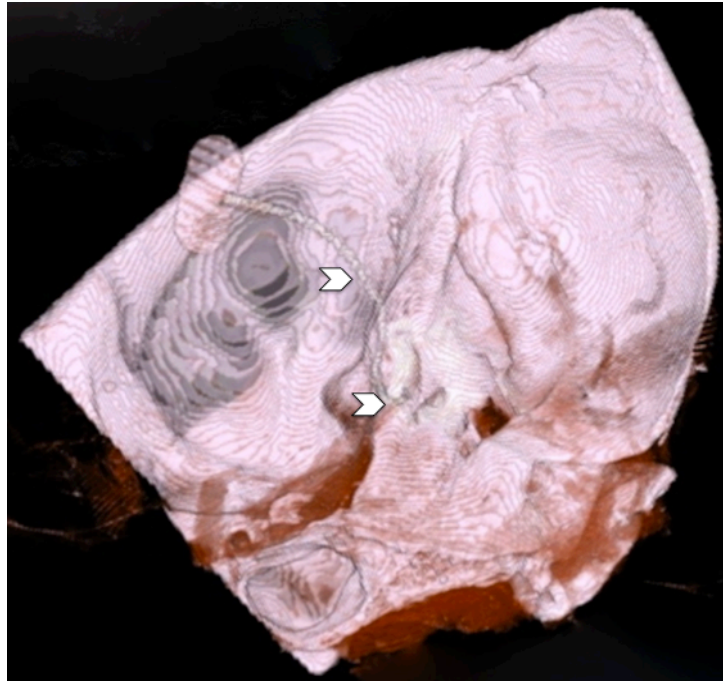


Figura 23 - Tomografia computadorizada de alta resolução do osso temporal direito. Reconstrução em 3D que permite identificar a inserção do feixe falso de eletrodos do implante coclear pela fossa craniana média (setas).

6 DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

6.1 Implante coclear e otite média crônica

Há 30 anos os ICs forneciam pouco mais do que sensação sonora e eram úteis como um auxílio à leitura labial. Atualmente, a maioria dos usuários de IC desfruta de níveis altos de reconhecimento de fala e muitos podem usar o telefone sem dificuldade. Muito foi estudado e desenvolvido em um curto espaço de tempo, e hoje estes dispositivos são considerados como um dos verdadeiros milagres da medicina moderna.

O IC na presença de OMC supurativa é assunto que se mantém em debate. Atualmente, a OMC supurativa ou as cavidades pós-operatórias com infecções recorrentes não são consideradas contraindicação ao IC, mas a doença pode levar à contaminação do feixe eletrodos com risco de disseminação intracraniana de microorganismos (Axon et al., 1997; Hamzavi et al., 2001; El-Kashlan, Telian, 2004; Kim et al., 2004; Incesulu et al., 2004; Basavaraj et al., 2005; Olgun et al., 2005; Leung, Briggs, 2007; Hellingman, Dunnebier, 2009; Postelmans et al., 2009; Kojima et al., 2010).

As complicações relatadas na literatura, em pacientes com OMC submetidos à implantação por diferentes técnicas realizadas com acesso transmastóideo ou pelo MAE incluem:

- Necrose da camada cutânea (Issing et al., 1998), do enxerto de gordura ou muscular (Issing et al., 1998; Incesulu et al., 2004);

- Infecção da ferida operatória (Issing et al., 1998; Gray et al., 1999; Postelmans et al., 2009; Kojima et al., 2010);
- Extrusão do feixe de eletrodos por rompimento da camada cutânea (Gray et al., 1999; Kim et al., 2004; Olgun et al., 2005; Leung, Briggs, 2007);
- Paralisia transitória do NF (Issing et al., 1998; Gray et al., 1999; Ku et al., 2004; Leung e Briggs, 2007);
- Nova perfuração de membrana timpânica reparada (Ku et al., 2004);
- Colapso da pele do MAE após a obliteração (Gray et al., 1999; Olgun et al., 2005; Xenellis et al., 2008);
- Presença de colesteatoma remanescente ou até iatrogênico, por inclusão de detritos epiteliais (Gray et al., 1999; El-Kashlan, Telian, 2004; Kim et al., 2004; Basavaraj et al., 2005; Olgun et al., 2005; Hellingman, Dunnebier, 2009; Kojima et al., 2010).

O revestimento epitelial fino da cavidade mastóidea é quase sempre insuficiente para proteger do feixe de eletrodos, portanto, simplesmente inserir o feixe sob o forro epitelial, como descrito em algumas técnicas, deixa-o vulnerável a exposição (Hellingman, Dunnebier, 2009). Olgun et al. (2005) relataram a experiência de implantação coclear em 39 pacientes com OMC. Em 17,9% dos seus casos, o feixe de eletrodos rompeu o revestimento da cavidade entre 5 e 33 meses após a operação. Em um caso foi feita a explantação por causa de infecção.

O fechamento do MAE carrega a desvantagem de impossibilitar a otoscopia e conseqüentemente, o diagnóstico e o tratamento precoces de infecções (Hellingman, Dunnebier, 2009). O aprisionamento de epitélio escamoso é uma complicação potencialmente grave da cirurgia de obliteração da cavidade mastóidea porque pode

resultar na destruição assintomática do osso temporal e na falha e necessidade de remoção da unidade interna do IC (El-Kashlan et al., 2002). Pacientes e familiares devem ser orientados de forma muito clara a respeito dessa possibilidade e do seguimento radiológico obrigatório.

Quando são encontradas e removidas pérolas de colesteatoma em pacientes implantados, uma ou mais cirurgias revisionais são necessárias. Gray et al. (1999) referem que foi necessária uma cirurgia revisional em um de seus pacientes implantados e duas em um outro, representando 11,7% do total de sua casuística em que a obliteração foi realizada no mesmo tempo cirúrgico que o IC. Um paciente de Basavaraj et al. (2005) teve seu IC removido por apresentar um colesteatoma 9 anos após a cirurgia de implantação, realizada concomitantemente com a obliteração da cavidade com hidroxiapatita.

A obliteração da cavidade mastóidea com o patê de osso (autólogo ou homólogo) ou a hidroxiapatita sintética, em alguns casos, pode resultar em osso sólido, que precisará ser parcialmente removido para a cirurgia de implantação em um segundo tempo (Incesulu et al., 2004). Entretanto, os marcos anatômicos podem estar obscurecidos pela neoformação óssea e pelo material utilizado, dificultando o broqueamento no procedimento subsequente. Além disso, os cimentos de hidroxiapatita e de fosfato tricálcio estão associados a maiores chances de infecção (Hellingman, Dunnebier, 2009).

A ressonância nuclear magnética acima de 1,5T não pode ser realizada em pacientes que utilizam IC (Dubrulle et al., 2013), por causa do ímã do equipamento e dos componentes em torno do metal implantado (Axon et al., 1997; Incesulu et al., 2004; Hellingman, Dunnebier, 2009). A TC de alta resolução pode ser efetuada

quando se pretende acompanhar as orelhas implantadas e obliteradas, mas os achados são de interpretação difícil e o valor preditivo é baixo, pois uma diferença de pelo menos 100 unidades Hounsfield e volume adequado de tecido são necessários para haver confiabilidade na distinção entre os tecidos adjacentes. A distinção entre colesteatoma recorrente e tecidos fibrosos ou gordura, por exemplo, não é fácil. A diferença entre colesteatoma e músculo é turva e pode induzir a erro de interpretação. Em contrapartida, a hidroxiapatita pode ser facilmente distinguida de um colesteatoma, mas não é o material mais indicado, como discutido, numa primeira etapa cirúrgica, quando se pensa em um IC como cirurgia posterior (Gray et al., 1999; El-Kashlan, Telian, 2004; Kim et al., 2004; Incesulu et al., 2004; Jenkins, Woodson, 2005; Hellingman, Dunnebie, 2009; Postelmans et al., 2009).

6.2 Implante coclear via fossa craniana média

Diferentes métodos de identificação do MAI foram descritos (House, 1961; Fisch 1970, *apud* Parisier, 1977; Garcia-Ibañez, Garcia-Ibañez, 1980, *apud* Bento et al., 2002; Jackler, Gladstone, 1995; Cokkeser et al., 2001; Bento et al., 2002) e norteiam os otologistas sobre a posição estimada da cóclea na FCM. Entretanto, a identificação precisa da cóclea é mandatória se a anatomia da orelha interna deve ser preservada, como na cirurgia de IC (Wysocki, Skarzynski, 1998).

De acordo com Fisch (1970, *apud* Parisier, 1977) e Pons e Lombard (2009), o ângulo formado pelo arco da EA e o eixo do MAI é de aproximadamente 60° , no entanto, os resultados de Parisier (1977) e Sennaroglu e Slattey (2003) indicam um ângulo menor, inferior a 50° . Estas diferenças podem refletir a dificuldade para medir

com precisão um ângulo na pirâmide petrosa, por ser um espaço estreito e com uma geometria complexa.

Segundo Seo et al. (2007), a EA foi localizada em posição lateral ao CSCS em 48% dos pacientes que foram submetidos a exames de TC. A EA correspondeu ao CSCS em 17% dos ossos, encontrava-se em posição medial em 12% e indiscernível em 17% dos ossos. Djalilian et al. (2007) encontraram o CSCS abaixo da EA em 20,4% dos ossos temporais que estudou. Já Sennaroglu e Slattery (2003) encontraram a EA em 70% dos casos. Postula-se, ainda, que a AE pode ser um traço do sulco occipitotemporal, que não corresponde exatamente ao CSCS (Tsunoda et al., 2000; Tsunoda, 2001). Assim sendo, não é parâmetro confiável para disseção da FCM.

Colletti et al. (1998, 1999a, b, 2000) encontraram a projeção superior do GBC no assoalho da FCM no ângulo formado pelos nervos NPSM e facial, na qual realizaram a cocleostomia e inseriram o feixe de eletrodos, pondo estas estruturas em risco. Além disso, os autores não publicaram dados sobre a proximidade da cocleostomia com aqueles nervos, ou se a inserção foi realizada através da escala timpânica.

Apesar dos resultados promissores obtidos por Bento et al. (2012), com o feixe de eletrodos invertido, inserido pela via FCM no giro coclear apical, Zimmermann et al. (1995) descrevem que o feixe de eletrodos deve refletir a organização tonotópica da cóclea, liberar frequências mais altas na parte basal do modíolo e frequências mais baixas na parte apical. Ao estimular as fibras nervosas apicais com frequências altas, pode ocorrer um desencontro entre informações de frequência e localização e violar o princípio da codificação fisiológica.

Adicionalmente, Bento et al (2012) descreveram que houve a inserção parcial em 3 de seus pacientes em que a implantação foi realizada através da via FCM. Segundo as medições do presente estudo, a distância média entre a cocleostomia e a janela redonda foi 8,83mm. Levando-se em consideração que o canal coclear mede cerca de 34mm de comprimento em homens e 33mm em mulheres (Miller, 2007), acreditamos que é mais prudente a escolha de um modelo de IC que possua um feixe de eletrodos com comprimento de inserção de, no máximo, a diferença entre essas medidas (25,2 a 24,2mm).

6.3 Estudos anatômicos da cóclea na fossa craniana média e sua aplicação para o implante coclear

A margem de erro na extremidade lateral do MAI é da ordem de 1mm, que representa a distância entre o canal de Falópio e a cóclea (Jackler, Gladstone, 1995; Cokkeser et al., 2001; Bento et al., 2002; Cheng et al., 2009; Angeli, 2012) embora Redleaf e Blough (1996) estimem que essa distância possa ser ainda menor (0,06mm a 0,8mm) em 75% dos pacientes. Entretanto, em poucos estudos publicados foram discutidas as relações da cóclea com outras estruturas anatômicas da FCM, principalmente quanto ao giros cocleares, sem promover informações adicionais que facilitassem o IC por essa via. Nenhum estudo fez referência ao plano meatal como um ponto de reparo para o GBC, impedindo comparações com o presente estudo.

De acordo com as aferições, a distância média entre a cocleostomia e a janela redonda foi 8,83mm, diferente da encontrada por Todd (2007), de 16mm. Como demonstrado na TC (Figuras 20-22), o feixe de eletrodos atingiu uma inserção mais profunda, ocupando quase todo o comprimento do canal coclear. De uma forma

geral, a degeneração das células do gânglio da espiral ocorre mais comumente no GBC, em comparação com giro apical. (Møller, 2006; Roland, 2006). Levando-se em conta, ainda, que a estimulação das porções média e apical da cóclea pelo IC envolve mais interações nervosas que a estimulação de eletrodos no GBC (Todd, 2007), acredita-se que não haverá qualquer prejuízo aos pacientes, quando for aplicada esta técnica, que pode corroborar em estímulos importantes para o reconhecimento de fala.

Em todos os 50 ossos temporais analisados, apenas a parte superior do GBC foi descoberta e conseguiu-se uma exposição suficiente das escalas timpânica e vestibular. Isto mostra que a técnica descrita é confiável para o IC.

O GBC encontra-se imediatamente abaixo do assoalho da FCM e foi facilmente acessado por meio do broqueamento do osso lateral e adjacente ao longo eixo do MAI no plano meatal, sem impor perigo às estruturas vitais, pois no trajeto encontra-se apenas osso aerado. Portanto, o dano a qualquer porção do NF é evitado, porque este acesso não esqueletiza qualquer porção deste nervo, o que ocorre em outras técnicas mais usadas.

A técnica, aqui apresentada, simplifica a inserção do feixe de eletrodos através da escala timpânica, por permitir a visualização sistemática da lâmina espiral óssea, o que reduz o tempo e o trauma cirúrgicos, e, por consequência, o risco de complicações pós-operatórias.

6.4 Correlações

É possível confeccionar um instrumental (estilete) cirúrgico com a forma da letra “F” usando: a) as distâncias médias, maior e menor, entre as margens da cocleostomia e o eixo longo do meato acústico interno no plano meatal, formando um ângulo de 90° entre estas estruturas (resultados da medição - Figura 17A), e b) as distâncias médias, maior e menor, do eixo longo do do meato acústico interno no plano meatal quando estas formaram um ângulo de 90° com as bordas proximal e distal da cocleostomia (resultados da medição - Figura 17C). O instrumento poderia ser utilizado após o broqueamento e localização do eixo longo do plano meatal e permitiria determinar a localização do GBC no ápice petroso, tornando este acesso mais seguro (Figura 25).

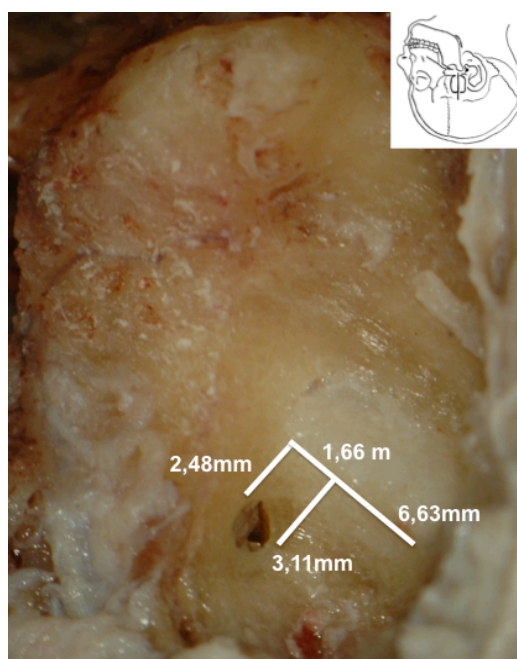


Figura 25: Sugestão de instrumento cirúrgico que poderia ser utilizado após o broqueamento e localização do plano meatal, e que informaria a localização do giro basal da cóclea.

6.5 Considerações finais

As limitações deste estudo incluem a falta de informação específica sobre a idade, gênero e raça dos ossos temporais estudados.

7 CONCLUSÃO

7 CONCLUSÃO

A técnica proposta pode ser efetivamente usada para a cirurgia de implante coclear, pois permite que o feixe de eletrodos seja introduzido (sob visualização direta) por meio do giro basal da cóclea, através da escala timpânica.

As distâncias médias, menores e maiores, entre as margens da cocleostomia e o eixo longo do meato acústico interno no plano meatal foram determinadas e resultaram em: $2,48 \pm 0,88$ mm e $3,11 \pm 0,86$ mm, respectivamente. A distância média da cocleostomia até a janela redonda foi de $8,38 \pm 1,96$ mm, e daquela até o seio petroso superior foi $9,19 \pm 1,59$ mm. As distâncias médias, menores e maiores, do eixo longo do meato acústico interno no plano meatal, a partir da sua porção mais proximal, até as margens da cocleostomia foram $6,63 \pm 1,38$ mm e $8,29 \pm 1,43$ mm, respectivamente.

O valor médio do ângulo entre a aresta inferior da cocleostomia e a margem lateral do eixo longo do meato acústico interno no plano meatal, nas 50 peças estudadas foi de $22,54 \pm 7,40^\circ$.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS¹

- Albernaz PLM. Implante coclear. Parte 2. RBM-ORL. 1996;3(2):119-22.
- Acuin, J, World Health Organization. Chronic suppurative otitis media. Burden of illness and management options. [Internet] Geneve: World Health Organization; 2004. [citado 15 nov. 2013]. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/42941>.
- Anagnostopoulou S, Diamantopoulou P. Topographic relationship between the cochlea and the middle fossa floor: the anatomical basis for an alternative approach to the cochlear turns. *Surg Radiol Anat* 2004;26(2):82-5.
- Angeli S. Middle fossa approach: indications, technique, and results. *Otolaryngol Clin North Am* 2012;45(2):417-38, ix.
- Aristegui M, Cokkeser Y, Saleh E, Naguib M, Landolfi M, Taibah A, Sanna M. Surgical anatomy of the extended middle cranial fossa approach. *Skull Base Surg.* 1994;4(4):181-8.
- Axon PR, Mawman DJ, Upile T, Ramsden RT. Cochlear implantation in the presence of chronic suppurative otitis media. *J Laryngol Otol.* 1997;111:228-32.
- Baraky LR, Bento RF, Raposo NR, Tibiriçá SH, Ribeiro LC, Barone MM, Vasconcelos NB. Disabling hearing loss prevalence in Juiz de Fora, Brazil. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2012;78(4):52-8.
- Basavaraj S, Shanks M, Sivaji N, Allen AA. Cochlear implantation and management of chronic suppurative otitis media: single stage procedure? *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2005;262(10):852-5.

¹ Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver)

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria Fazanelli Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Serviço de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

- Belal A Jr. Contraindications to cochlear implantation. *Am J Otol*. 1986;7:172-5.
- Bendet E, Cerenko D, Linder TE, Fisch U. Cochlear implantation after subtotal petrosectomies. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 1998;255(4):169-74.
- Bento RF, Bittencourt AG, Goffi-Gomez MV, Samuel P, Tsuji RK, de Brito R. Cochlear implantation via the middle fossa approach: surgical and programming considerations. *Otol Neurotol*. 2012;33(9):1516-24.
- Bento RF, de Brito RV, Sanchez TG. A rapid and safe middle fossa approach to the geniculate ganglion and labyrinthine segment of the facial nerve. *Ear Nose Throat J* 2002;81(5):320-6.
- Bento RF, Miniti A, Marone SAM. *Tratado de Otologia*. São Paulo: EDUSP; 1998. 498 p.
- Bento RF, Pirana S, Sweet R, Castillo A, Brito Neto RV. The role of the middle fossa approach in the management of traumatic facial paralysis. *Ear Nose Throat J* 2004;83(12):817-23.
- Bluestone CD. Epidemiology and Pathogenesis of chronic suppurative otitis media: implications for prevention and treatment. In: Tos M, Thomsen J, Balle V, editors. *Otitis Media Today. Proceedings of the Third Extraordinary Symposium on Recent Advances in Otitis Media; 1997 Jun 1-5; Copenhagen. The Hague (Netherlands): Kingler; 1999. p. 27-36.*
- Catalano PJ, Eden AR. An external reference to identify the internal auditory canal in middle fossa surgery. *Otolaryngol Head and Neck Surg*. 1993;108:111-6.
- Cheng CM, Tang CT, Wang CH, Lin CL. Localization of the internal auditory canal by identifying the intersection of the posterior border of the trigeminal ganglion and the superior petrosal sinus in cadavers. *J Clin Neurosci*. 2009;16(12):1604-7.
- Choi SY, Cho YS, Lee NJ, Lee J, Chung WH, Hong SH. Factors associated with quality of life after ear surgery in patients with chronic otitis media. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2012;138(9):840-5.
- Cokkeser Y, Aristegui M, Naguib MB, et al. Identification of internal acoustic canal in the middle cranial fossa approach: a safe technique. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2001;124:94-8.
- Colletti V, Fiorino FG. New window for cochlear implant insertion. *Acta Otolaryngol*. 1999a;119(2):214-8.

- Colletti V, Fiorino FG, Carner M, Pacini L. Basal turn cochleostomy via the middle fossa route for cochlear implant insertion. *Am J Otol.* 1998;19(6):778-84.
- Colletti V, Fiorino FG, Carner M, Sacchetto L, Giarbini N. New approach for cochlear implantation: cochleostomy through the middle fossa. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2000;123(4):467-74.
- Colletti V, Fiorino FG, Sacchetto L, Giarbini N, Carner M. Improved auditory performance of cochlear implant patients using the middle fossa approach. *Audiology.* 1999b;38(4):225-34.
- Costantino PD, Ismail AS, Janecka IP. Cranial-Base Surgery. In: Bailey BJ, Johnson JT, Newlands SD, ed. *Head and Neck Surgery - Otolaryngology.* 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2006. p. 1828-52.
- Cruz OLM. Surgical Anatomy of the Lateral Skull Base. In: Cummings CW, Flint PW, Haughey BH, Lund VJ, Niparko JK, Robbins KT, et al. *Cummings Otolaryngology - Head and Neck Surgery.* 5th ed. Philadelphia: Elsevier Mosby, 2010; p. 2434-41.
- Dew LA, Shelton C, Harnsberger HR, Thompson BG Jr : Surgical exposure of the petrous internal carotid artery: practical application for skull base surgery. *Laryngoscope.* 1997;107:967-76.
- Djalilian HR, Thakkar KH, Hamidi S, Benson AG, Mafee MF. A study of middle cranial fossa anatomy and anatomic variations. *Ear Nose Throat* 2007;86(8):474, 6-81.
- Djourno A, Eyries C. Prothese auditive par excitation électrique a distance du nerf sensoriel a l'aide d'un bobinage inclus a demeure. *Presse Med.* 1957;65:1417.
- Dubrulle F, Sufana Iancu A, Vincent C, Tourrel G, Ernst O. Cochlear implant with a non-removable magnet: preliminary research at 3-T MRI. *Eur Radiol.* 2013;23(6):1510-8.
- El-Kashlan HK, Arts HA, Telian SA. Cochlear implantation in chronic suppurative otitis media. *Otol Neurotol* 2002;23(1):53-5.
- El-Kashlan HK, Arts HA, Telian SA. External auditory canal closure in cochlear implant surgery. *Otol Neurotol.* 2003;24(3):404-8.
- El-Kashlan HK, Telian SA. Cochlear implantation in the chronically diseased ear. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2004;12(5):384-6.

- Eren E, Basoglu MS, Gürcan Bingölbali A, Aslan H, Kiray A, Ozbay C, Oztürkcan S, Katilmis H. Conquering the castle: a novel technique for the middle fossa approach in facial decompression. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2012;147(5):907-11.
- Gray RF, Ray J, McFerran DJ. Further experience with fat graft obliteration of mastoid cavities for cochlear implants. *J Laryngol Otol.* 1999;113(10):881-4.
- Hamzavi J, Baumgartner W, Franz P, Plenck H. Radical cavities and cochlear implantation. *Acta Otolaryngol* 2001;121(5):607-9.
- Hausler R. Cochlear implantation without mastoidectomy: the pericanal electrode insertion technique. *Acta Otolaryngol.* 2002;122:715–19.
- Hellingman CA, Dunnebier EA. Cochlear implantation in patients with acute or chronic middle ear infectious disease: a review of the literature. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2009;266(2):171-6.
- House WF. Cochlear implants. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1976;85(Suppl 27):1-93.
- House WF. Surgical exposure of the internal auditory canal and its contents through the middle, cranial fossa. *Laryngoscope.* 1961;71:1363-85.
- Husseini ST, Guida M, Negri M, Falcioni M. Bilateral cochlear implantation in a patient with petrous bone cholesteatoma in the only hearing ear: case report. *J Laryngol Otol.* 2011;125(12):1272-4.
- Incesulu A, Kocaturk S, Vural M. Cochlear implantation in chronic otitis media. *J Laryngol Otol.* 2004; 118(1):3-7 Review
- Irving RM, Dutt SN. Middle fossa surgery. In: Gleeson M, Browning GG, Burton MJ, et al. *Scott-Brown's Otorhinolaryngology: Head and Neck Surgery.* 7nd ed. Great Britain: Edward Arnold; 2008. p. 4018-25.
- Issing PR, Schonemark MP, Winkelmann S, Kempf HG, Ernst A. Cochlear implantation in patients with chronic otitis: indications for subtotal petrosectomy and obliteration of the middle ear. *Skull Base Surg.* 1998;8(3):127-31.
- Jackler RK, Gladstone HB. Locating the Internal Auditory Canal during the Middle Fossa Approach: An Alternative Technique. *Skull Base Surg.* 1995;5(2):63-7.
- Jung SM, Jang JS, Ahn TH. Microanatomical study of the extradural middle fossa approach for preventing cochlear damage. *J Korean Neurosurg Soc.* 2004;36:353-7.

- Kanaan N, Winkel A, Stumpp N, Stiesch M, Lenarz T. Bacterial growth on cochlear implants as a potential origin of complications. *Otol Neurotol.* 2013;34(3):539-43.
- Kim CS, Chang SO, Lee HJ, Shim WS, Oh SH, Kim YH. Cochlear implantation in patients with a history of chronic otitis media. *Acta Otolaryngol.* 2004;124(9):1033-8.
- Kiratzidis T, Arnold W, Iliades T. Veria operation updated. I. The trans-canal wall cochlear implantation. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec.* 2002;64:406-12.
- Kojima H, Sakurai Y, Rikitake M, Tanaka Y, Kawano A, Moriyama H. Cochlear implantation in patients with chronic otitis media. *Auris Nasus Larynx.* 2010;37(4):415-21.
- Kronenberg J, Migirov L, Dagan T. Suprameatal approach: new surgical approach for cochlear implantation. *J Laryngol Otol.* 2001;115:283-5.
- Ku PK, Yue V, Tong MC, Wong TK, Leung EK, Van Hasselt A. Long-term results in cochlear implantation in chronic suppurative otitis media. *Cochlear Implants Int.* 2004;5(Suppl 1):171-4.
- Lan MY, Shiao JY. Using greater superficial petrosal nerve and geniculate ganglion as the only two landmarks for identifying internal auditory canal in middle fossa approach. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2010;267(12):1867-71.
- Leung R, Briggs RJ. Indications for and outcomes of mastoid obliteration in cochlear implantation. *Otol Neurotol.* 2007;28(3):330-4.
- Luxford WM, Cullen RD. Surgery for Cochlear Implantation. In: Brackmann DE, Shelton C, Arriaga MA. *Otologic surgery* 3th ed. Philadelphia: Saunders/Elsevier; 2010, p. 373-81.
- Maina R, Ducati A, Lanzino G. The middle cranial fossa: morphometric study and surgical considerations. *Skull Base.* 2007;17(6):395-403.
- Mastronardi L, Sameshima T, Ducati A, De Waele LF, Ferrante L, Fukushima T. Extradural middle fossa approach. Proposal of a learning method: the "rule of two fans." Technical note. *Skull Base.* 2006;16(3):181-4.
- Miller JD. Sex differences in the length of the organ of Corti in humans. *J Acoust Soc Am.* 2007;121:EL151Y5.
- Møller AR. *Hearing: anatomy, physiology, and disorders of the auditory system.* 2nd ed. Burlington, MA: Elsevier; 2006. Cap.11,p.267-88: Cochlear and Brainstem

Implants.

- Monfared A, Mudry A, Jackler R. The history of middle cranial fossa approach to the cerebellopontine angle. *Otol Neurotol*. 2010;31(4):691-6.
- Olgun L, Batman C, Gultekin G, Kandogan T, Cerci U. Cochlear implantation in chronic otitis media. *J Laryngol Otol*. 2005;119(12):946-9.
- Oliveira E, Tedeschi H, Rhoton AL Jr., Peace D. Microsurgical anatomy of the internal carotid artery: Intrapetrous, intracavernous, and clinoidal segments. In: Carter LP, Spetzler RF (eds): *Neurovascular Surgery*. New York: McGraw-Hill; 1995, p. 3-10.
- Parisier SC. The middle cranial fossa approach to the internal auditory canal: an anatomical study stressing critical distances between surgical landmarks. *Laryngoscope*. 1977;87(4 Pt 2, Suppl 4):1-20.
- Parnes LS, Gagne JP, Hassan R. Cochlear implants and otitis media: considerations in two cleft palate patients. *J Otolaryngol*. 1993;22:345-8.
- Parry RH. A case of tinnitus and vertigo treated by division of the auditory nerve. *J Laryngol Otol*. 1904;19:402-06.
- Pons SY, Lombard B. Anatomic Study of Middle Fossa Approach Landmarks Using an Image Guidance System. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2009;118(10):728-34.
- Postelmans JT, Stokroos RJ, Linmans JJ, Kremer B. Cochlear implantation in patients with chronic otitis media: 7 years' experience in Maastricht. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2009;266(8):1159-65.
- Ramsden RT, Wheatley H. Developing surgical techniques in cochlear implantation. *Cochlear Implants Int*. 2000;1(2):67-81.
- Redleaf MI, Blough RR. Distance from the labyrinthine portion of the facial nerve to the basal turn of the cochlea. Temporal bone histopathologic study. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1996;105:323-6.
- Rhoton AL, Pulec J, Hall G. Absence of bone over the geniculate ganglion. *J Neurosurg*. 1968;28:48-53.
- Roland PS, Wright CG. Surgical aspects of cochlear implantation: mechanisms of insertional trauma. *Adv Otorhinolaryngol*. 2006;64:11-30.
- Salma A, Makiese O, Reiss A, Pillai P, Sammet S, Ammirati M. A microanatomical map of the structures hidden in the middle fossa based on the facial nerve hiatus:

- Measurements and their variability. *Clin Anat*. 2013;26(4):436-43.
- Sennaroglu L, Slattery WH, 3rd. Petrous anatomy for middle fossa approach. *Laryngoscope*. 2003;113(2):332-42.
- Seo Y, Ito T, Sasaki T, Nakagawara J, Nakamura H. Assessment of the anatomical relationship between the arcuate eminence and superior semicircular canal by computed tomography. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2007;47(8):335-9; discussion 339-40.
- Shelton C, Brackmann DE, House WF. Middle Fossa Approach. In: Brackmann DE, Shelton C, Arriaga MA. *Otologic surgery* 3th ed. Philadelphia: Saunders/Elsevier; 2010. p. 581-9.
- Slavutsky V, Nicenboim L. Preliminary results in cochlear implant surgery without antromastoidectomy and with atraumatic electrode insertion: the endomeatal approach. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2009;266(4):481-8.
- Stewart PS, Costerton JW. Antibiotic resistance of bacteria in biofilms. *Lancet*. 2001;358(9276):135-8.
- Tanriover N, Sanus GZ, Ulu MO, Tanriverdi T, Akar Z, Rubino PA, et al. Middle fossa approach: microsurgical anatomy and surgical technique from the neurosurgical perspective. *Surg Neurol*. 2009;71(5):586-96; discussion 596.
- Tedeschi H, Rhoton AL Jr. Lateral approaches to the petroclival region. *Surg Neurol*. 1994;41(3):180-216.
- Todd NW. Cochlear implantation via the middle fossa: surgical and electrode array considerations. *Cochlear Implants Int*. 2007;8(1):12-28.
- Tsunoda A. Arcuate eminence in Caucasian populations. *J Laryngol Otol*. 2001;115:9-13.
- Tsunoda A, Kimura Y, Sumi T, Komatsuzaki A, Sato T. The arcuate eminence is not a protrusion of the superior semi-circular canal but a trace of sulcus on the temporal lobe. *J Laryngol Otol*. 2000;114:339-44.
- Ulug T. Using the processus cochleariformis as a multipurpose landmark in middle cranial fossa surgery. *J Laryngol Otol*. 2009;123(2):163-9.
- Wiet RJ, Hoistad R. Surgery of the Skull Base. In: Snow JB, Ballenger JJ. *Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery*. 16th ed. Hamilton, Ontario: BC Decker; 2002. p. 521-43.

- Wysocki J, Skarzynski H. Distances between the cochlea and adjacent structures related to cochlear implant surgery. *Surg Radiol Anat.* 1998;20(4):267-7.
- Xenellis J, Nikolopoulos TP, Marangoudakis P, Vlastarakos PV, Tsangaroulakis A, Ferekidis E. Cochlear implantation in atelectasis and chronic otitis media: long-term follow-up. *Otol Neurotol.* 2008;29(4):499-501.
- Young N, Nguyen T, Wiet R. Cochlear implantation. *Operative Techniques in Otolaryngology - Head and Neck Surgery.* 2003;14(4):263-7.
- Zimmermann CE, Burgess BJ, Nadol JB, Jr. Patterns of degeneration in the human cochlear nerve. *Hear Res.* 1995;90(1-2):192-201.
- Zakzouk SM, Hajjaj MF. Epidemiology of chronic suppurative otitis media among Saudi children--a comparative study of two decades. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2002;62(3):215-8.

APÊNDICES

APÊNDICE 1**Carta do Comitê de Ética em Pesquisa****APROVAÇÃO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de **10/08/2011**, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº **309/11** intitulado: **“RELAÇÃO ENTRE A CÓCLEA E O ASSOALHO DA FOSSA CRANIANA MÉDIA: BASES ANATÔMICAS PARA UMA ABORDAGEM AOS GIROS COCLEARES”** apresentado pelo Departamento de **OFTALMOLOGIA E OTORRINOLARINGOLOGIA**

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP-FMUSP, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10/10/1996, inciso IX.2, letra "c").

Pesquisador (a) Responsável: Prof. Dr. Rubens Vuono de Brito Neto

Pesquisador (a) Executante: Aline Gomes Bittencourt

CEP-FMUSP, 16 de Agosto de 2011.

Prof. Dr. Roger Chammas
Coordenador
Comitê de Ética em Pesquisa

APÊNDICE 2

Artigo científico

Acta Oto-Laryngologica, 2013; 133: 905–909

informa
healthcare

ORIGINAL ARTICLE

Cochlear implantation through the middle fossa: an anatomic study for a novel technique

RUBENS DE BRITO¹, ALINE GOMES BITTENCOURT¹, ROBINSON KOJI TSUJI¹, JACQUES MAGNAN² & RICARDO FERREIRA BENTO¹

¹Department of Otolaryngology, University of São Paulo School of Medicine, São Paulo, Brazil and ²Department of Otolaryngology - Head and Neck Surgery, Hôpitaux de Marseille, Marseille, France

Abstract

Conclusion: The technique proposed is simple, reliable, and provides sufficient exposure of the basal portion of the cochlea while avoiding disabling complications. It enables visualization of the cochlear basal turn and the osseous spiral lamina, facilitating the insertion of the cochlear implant array through the scala tympani. **Objectives:** To describe a novel approach for exposing the cochlear basal turn for cochlear implantation through the middle cranial fossa. **Methods:** Fifty temporal bones were dissected and a cochleostomy was performed via a middle fossa approach on the most superficial part of the cochlear basal turn, using the superior petrosal sinus, the skeletonized petrous apex, the lateral surface of the meatal plane trailed on the petrous apex from its most proximal portion, and the great superficial petrosal nerve as landmarks. The distance between the landmarks and the distance between the cochleostomy and the round window were measured. **Results:** In all temporal bones, only the top portion of the cochlear basal turn was uncovered. The cochleostomy allowed both the scala tympani and the vestibule to be exposed. A computed tomography scan of the temporal bones was performed to document the electrode insertion from the cochlear basal turn until its apex. The mean \pm SD minor and major distances between the cochleostomy and the meatal plane were estimated to be 2.48 ± 0.88 mm and 3.11 ± 0.86 mm, respectively. The mean distance from the cochleostomy to the round window was 8.38 ± 1.96 mm, and that to the superior petrosal sinus was 9.19 ± 1.59 mm. The mean minor and major distances between the cochleostomy and the long axis of the meatal plane from its most proximal portion were estimated to be 6.63 ± 1.38 mm and 8.29 ± 1.43 mm, respectively.

Keywords: Sensorineural hearing loss, middle fossa approach, chronic suppurative otitis media

Introduction

The classic surgery approach to cochlear implantation (CI) uses mastoidectomy associated with posterior tympanostomy to access the cochlea, and the electrode array is inserted through a cochleostomy adjacent to the round window niche, or through the round window. Although access by transmastoid-facial recess has been widely used since its introduction by House and Shelton [1], occasionally modifications of this surgical technique are required for overcoming particular surgical problems and facilitating safe CI [1–6].

Fortunately, with increasing surgical experience, these barriers have been gradually overcome [2–4,6].

The middle cranial fossa approach (MCFA) has proved to be a valuable alternative, although it has only been used for CI sporadically and without normalization among surgeons managing ossified cochlea, chronic suppurative otitis media, and inner ear dysplasias [2–4,6]. However, the lack of definite landmarks on the temporal bone for locating the cochlear basal turn and its axis, associated with the significant individual variation in anatomic features, make the insertion of the cochlear implant array

Correspondence: Aline Gomes Bittencourt MD, Department of Otolaryngology, University of São Paulo School of Medicine, São Paulo, Brazil.
E-mail: alinebittencourt@hotmail.com

(Received 3 March 2013; accepted 5 April 2013)

ISSN 0001-6489 print/ISSN 1651-2251 online © 2013 Informa Healthcare
DOI: 10.3109/00016489.2013.795291

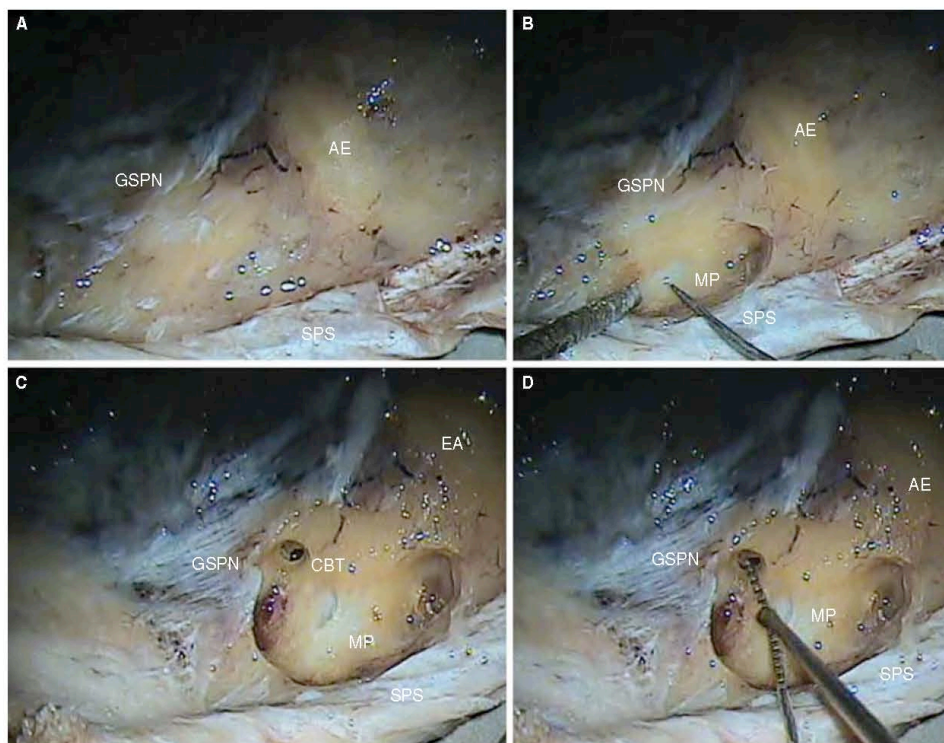


Figure 1. Anatomy of the middle fossa and surgical technique (see text for details of technique). AE, arcuate eminence; CBT, cochlear basal turn; GSPN, great superficial petrosal nerve; MP: meatal plane; SPS, superior petrosal sinus.

through this approach one of the most difficult surgical exercises to be performed in skull base surgery, even for highly skilled surgeons [2–4,7,8]. Furthermore, this approach may be associated with major complications including injury to the facial nerve and to the brain or vascular bundles due to the proximity of these structures [1–11].

The main purpose of this paper is to provide a detailed description of a novel, rapid, and simple technique for the MCFA that accurately locates the cochlear basal turn for CI.

Material and methods

Specimens

Fifty adult cadaver temporal bones fixed in formalin were dissected. All bones contained an adequate portion of the petrous apex and attached middle fossa dura. Temporal bones demonstrating apparent signs of malformation, trauma, otological disease or previous surgical treatment were excluded from the study.

Anatomic landmarks

The landmarks used were the superior petrosal sinus, the skeletonized petrous apex, the lateral surface of the meatal plane trailed on the petrous apex from its most proximal portion (referencing the projection of the porus acusticus), and the great superficial petrosal nerve.

Surgical technique

The temporal bone was placed in the surgical position used for the MCFA. The protocol used for all specimens was as follows. The dura mater was detached and the floor of the middle cranial fossa was observed to identify the superior petrosal sinus and the middle meningeal artery (Figure 1A). The petrous apex bone was drilled in a medial direction towards the meatal plane region adjacent to the superior petrosal sinus and anterior to the porus acusticus. The dura of the lateral wall of the internal auditory meatus (IAM) was seen and was blue-lined (Figure 1B). Once the lateral wall of the IAM had been located, drilling proceeded

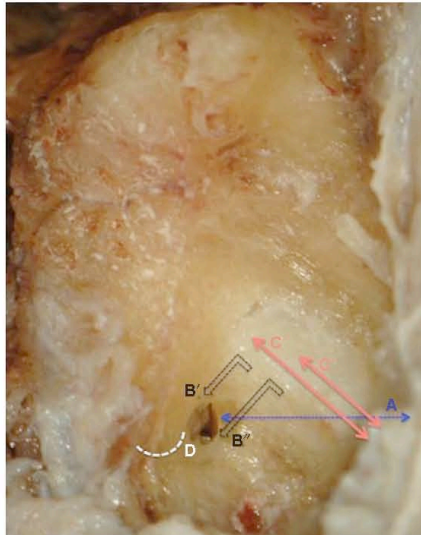


Figure 2. Studied points. (A) Distance between the cochleostomy and the superior petrosal sinus, forming an angle of 90° between these structures. (B) Minor (B') and major (B'') distances between the cochleostomy and the meatal plane, forming an angle of 90° between these structures. (C) Minor (C') and major (C'') distances between the cochleostomy and the long axis of the meatal plane from its most proximal portion. (D) Distance between the cochleostomy and the round window.

anterolaterally and posterolaterally along its long axis until the most superficial portion of the cochlear basal turn was found and opened (Figure 1C). Cochleostomy was then performed (usually in a 1.5 mm diameter area), and the osseous spiral lamina separating the scalae tympani and vestibuli was visualized. The electrode array of the cochlear implant was then safely introduced through the scala tympani towards the cochlear apex (Figure 1D).

Measuring the landmarks

A Castroviejo surgical caliper (# E2404; Storz) accurate to 1 mm was used for measuring the distance between the landmarks (Figure 2). The distance between the cochleostomy and the round window was measured with the aid of stainless steel endodontic files with silicone stoppers (FlexoFiles®, 25 mm length, # 40; Dentsply-Maillefer) and an endodontic millimeter ruler (Dentsply-Maillefer).

Results

The measurements of the anatomic landmarks were analyzed using SPSS 19.0 software and the data

obtained were extracted and arranged in Table I. A total of 17 left and 33 right temporal bones were dissected. The Kolmogorov-Smirnov test showed normal distribution of all data ($p > .05$). The left and right sides were compared using the Student's *t*-test and there is no difference for any of the measurements ($p > .05$).

A CT scan of the temporal bones was performed to document electrode insertion (Figure 3).

Discussion

Numerous authors have described variations in the middle fossa anatomy, and these are probably due to differences in the aeration of the temporal bones [2–4,7,8,11,12]. A number of different methods of identifying the position of the facial and trigeminal nerves, the IAM, and vascular bundles have also been well detailed [1,9,11,13–15]. The main issue is that neurotologists use their experience in MCFA for removal of petroclival tumors or schwannomas, facial nerve exploration, vestibular nerve section or correction of cerebrospinal fluid leaks to locate the cochlea for CI [2–4,6].

A review of the publications of Colletti et al. [2–4] revealed that 12 patients had undergone CI via the MCFA. The authors stated that this was their approach of choice for mastoid cavities and chronic middle ear disease, and was their preferred method for middle ear malformations and partial obliteration of the basal turn of the cochlea. The projection of the upper basal turn of the cochlea was located on the floor of the middle cranial fossa in the angle between the greater superficial petrosal nerve and the facial nerve, and this is where they performed the cochleostomy and inserted the electrode array.

Bento et al. [6] entered the cochlea with a 1 mm drill at the most superior part of the apical turn after meticulously exposing the projection of the labyrinthine and the geniculate ganglion of the facial nerve, keeping the fundus of the internal auditory meatus intact. The electrode array of each patient was directed through the cochleostomy in the reversed order, from the apical to the basal turns. Although all the patients have good access to speech sound, all the patients have had a reversed order in the frequency allocation tables from what is expected of tonotopicity of the cochlea, and full insertion and activation of all electrodes was achieved in a single patient.

Bento et al. [9,11] described a fast and safe technique for exposing the geniculate ganglion and the labyrinthine portion of the facial nerve through the MCFA by exploring the roof of the middle ear. Nevertheless, that technique included opening of the tegmen tympani, and thus cannot be used for CI in patients with chronically infected ears.

Table I. Statistical summary of data relating to the anatomic landmarks used in the study.

Characteristic	Side	Mean	Standard deviation (SD)	Confidence interval (CI) (95%)		N	p
				Inf.	Sup.		
Minor distance between cochleostomy and meatal plane	Right	2.48	0.90	2.19	2.77	37	0.944
	Left	2.50	0.85	2.04	2.96	13	
	Total	2.48	0.88	2.24	2.72	50	
Major distance between cochleostomy and meatal plane	Right	3.12	0.86	2.85	3.40	37	0.874
	Left	3.08	0.90	2.59	3.57	13	
	Total	3.11	0.86	2.87	3.35	50	
Distance between cochleostomy and round window	Right	8.38	1.99	7.74	9.02	37	0.992
	Left	8.38	1.94	7.33	9.43	13	
	Total	8.38	1.96	7.84	8.92	50	
Distance between cochleostomy and superior petrosal sinus	Right	9.14	1.67	8.60	9.68	37	0.686
	Left	9.35	1.39	8.59	10.11	13	
	Total	9.19	1.59	8.75	9.63	50	
Minor distance between cochleostomy and long axis of meatal plane from its most proximal portion	Right	6.57	1.42	6.11	7.03	37	0.595
	Left	6.81	1.30	6.10	7.52	13	
	Total	6.63	1.38	6.25	7.01	50	
Major distance between cochleostomy and long axis of meatal plane from its most proximal portion	Right	8.23	1.47	7.76	8.70	37	0.619
	Left	8.46	1.33	7.74	9.18	13	
	Total	8.29	1.43	7.90	8.68	50	

Jackler et al. [15] used a medial to lateral technique for identification of the IAM. They began the bone removal at the medial face of the petrous bone anterior to the porus acusticus, and then progressively exposed the meatus by working first posteriorly and then in a medial to lateral direction, as used in the presented approach.

Few studies have discussed the projections and relationships of the cochlea to other anatomic regions in relation to the surgical approach to the cochlear turns [5,16,17]. None has referenced the meatal plane as a landmark for the basal turn of the cochlea, preventing comparisons. Anagnostopoulou and Diamantopoulou [16] highlighted the anatomic relationship of the cochlea on the anterior surface of the petrous bone with structures found in its vicinity. The groove for the greater superficial petrosal nerve and the facial hiatus were used as landmarks to expose the superior aspect of the cochlea. However, the authors assumed that there are anatomic variations in the facial hiatus. A morphometric analysis of the cochlea and the middle fossa based on 32 cadaver dissections was reported by Jung et al. [17]. The mean distances from the cochlea to the geniculate ganglion, petrous carotid genu, porus trigeminus, the mandibular branch of the trigeminal nerve, and the internal auditory meatus were 3.0, 2.9, 14.3, 9.4, and 9.0 mm, respectively.

According to our measurements, the distance from the round window to the cochleostomy was reduced by a mean of 8.83 mm. As demonstrated on the CT scans (Figure 3), the electrode array accessed nearly the full length of the cochlea. Stimulation by CI in the middle and apical portions involves more electrode interactions than stimulation in the basal turn [5]. Thus, we believe that patients will not experience any impairment with this technique.

In all 50 temporal bones, only the top portion of the cochlear basal turn was uncovered. The cochleostomy (usually a 1.5 mm diameter area) allowed both the scalae tympani and the vestibule to be exposed. Thus, the insertion of the CI array through the scala tympani was very easy, and oriented to the direction of the arcuate eminence.

Although the study was performed in temporal bones that had been removed from the skull, this technique was reproduced on cadavers using the surgical conditions for the MCFA, with confection of a 3 × 4 cm bone window in the squamous portion of the temporal bone and subsequently temporal lobe retraction, without any noticed additional difficulties for accessing the cochlear basal turn.

The route described here is feasible and seems to be the simplest and most reliable technique for locating the cochlear basal turn and ensuring sufficient exposure of this portion while avoiding disabling complications. The

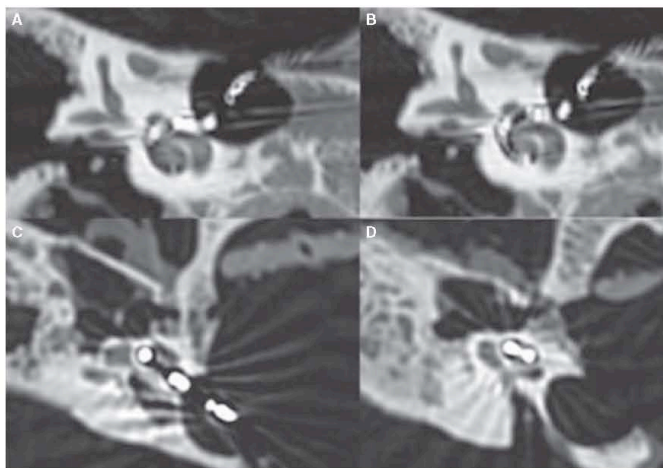


Figure 3. High-resolution coronal CT scan of a right temporal bone (A, B) and an axial CT scan of a left temporal bone (C, D) showing the insertion of the electrode array from the basal to the apical portions of the cochlea.

cochlear basal turn lies immediately beneath the middle cranial fossa floor and can be easily accessed by drilling through the lateral bone of the meatal plane; it does not endanger any vital structures as nothing but bone and air cells is found in between. Additionally, damage to the facial nerve is prevented as the current approach does not skeletonize any portion of this nerve.

This technique facilitates the cochleostomy and the insertion of the electrode array during the MCFA, and can effectively be used for CI, reducing the time required for surgery as well as surgical trauma and postoperative complications. It is also possible to visualize the osseous spiral lamina and insert the CI electrode through the scala tympani nearly along the total length of the organ of Corti.

Declaration of interest: The authors report no conflicts of interest. The authors alone are responsible for the content and writing of the paper.

References

- [1] House WF, Shelton C. Middle fossa approach for acoustic tumor removal. *Otolaryngol Clin North Am* 1992;25:347–59.
- [2] Colletti V, Fiorino FG. New window for cochlear implant insertion. *Acta Otolaryngol* 1999;119:214–18.
- [3] Colletti V, Fiorino FG, Carner M, Sacchetto L, Giarbini N. New approach for cochlear implantation: cochleostomy through the middle fossa. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2000;123:467–74.
- [4] Colletti V, Fiorino FG, Sacchetto L, Giarbini N, Carner M. Improved auditory performance of cochlear implant patients using the middle fossa approach. *Audiol* 1999;38:225–34.
- [5] Todd NW. Cochlear implantation via the middle fossa: surgical and electrode array considerations. *Cochlear Implants Int* 2007;8:12–28.
- [6] Bento RF, Bittencourt AG, Goffi-Gomez MV, Samuel P, Tsuji RK, de Brito R. Cochlear implantation via the middle fossa approach: surgical and programming considerations. *Otol Neurotol* 2012;33:1516–24.
- [9] Bento RF, de Brito RV, Sanchez TG. A rapid and safe middle fossa approach to the geniculate ganglion and labyrinthine segment of the facial nerve. *ENT J* 2002;81:320–6.
- [7] Lan MY, Shiao JY. Using greater superficial petrosal nerve and geniculate ganglion as the only two landmarks for identifying internal auditory canal in middle fossa approach. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2010;267:1867–71.
- [8] Sennaroglu L, Slattery WH 3rd. Petrous anatomy for middle fossa approach. *Laryngoscope* 2003;113:332–42.
- [10] Tanriover N, Sanus GZ, Ulu MO, Tanriverdi T, Akar Z, Rubino PA, et al. Middle fossa approach: microsurgical anatomy and surgical technique from the neurosurgical perspective. *Surg Neurol* 2009;71:586–96.
- [11] Bento RF, Pirana S, Sweet R, Castillo A, Brito Neto RV. The role of the middle fossa approach in the management of traumatic facial paralysis. *ENT J* 2004;83:817–23.
- [12] Maina R, Ducati A, Lanzino G. The middle cranial fossa: morphometric study and surgical considerations. *Skull Base* 2007;17:395–403.
- [13] Fisch U. Transtemporal surgery of the internal auditory canal. Report of 92 cases, technique, indications and results. *Adv Otorhinolaryngol* 1970;17:203–40.
- [14] Garcia-Ibanez E, Garcia-Ibanez JL. Middle fossa vestibular neurectomy: a report of 373 cases. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1980;88:486–90.
- [15] Jackler RK, Gladstone HB. Locating the Internal Auditory Canal during the Middle Fossa Approach: An Alternative Technique. *Skull Base Surg* 1995;5:63–7.
- [16] Anagnostopoulou S, Diamantopoulou P. Topographic relationship between the cochlea and the middle fossa floor: the anatomical basis for an alternative approach to the cochlear turns. *Surg Radiol Anat* 2004;26:82–5.
- [17] Jung SM, Jang JS, Ahn TH. Microanatomical study of the extradural middle fossa approach for preventing cochlear damage. *J Korean Neurosurg Soc* 2004;36:353–7.