

Mastoid surface area-to-volume ratios in adult brazilian individuals

Relação entre área e volume da mastoide em adultos brasileiros

Marco Antônio Rios Lima¹, Luciano Farage², Maria Cristina Lancia Cury³, Fayez Bahmad Júnior⁴

Keywords:

anatomy;
mastoid;
middle ear ventilation;
tomography.

Abstract

Computed tomography-based measurements of mastoid surface area and volume have not been described for adult Brazilian individuals. These measurements add to the understanding of middle ear physiology, related diseases, and their impact on mastoid pneumatization. **Objective:** To check the ratio between mastoid surface area and volume. **Method:** This contemporary cross-sectional cohort study included 28 patients submitted to CT imaging of the mastoid. Measurements of surface area and volume were made based on serial CT scans and produced with the aid of software package Image Pro Plus. **Results:** Mastoid volumes ranged from 5.5 to 72.4 cm³. Surface areas ranged from 43.9 to 525.2 cm². Surface areas varied linearly with volumes. **Conclusion:** Mastoid surface areas and volumes of adult Brazilian subjects followed a linear correlation, as also described in studies carried out in other countries. Mean surface areas and volumes were higher than previously published, unlike surface area-to-volume ratios, which were lower. Further studies with larger populations will provide evidence as to whether Brazilian subjects have larger surface areas and volumes than other populations.

Palavras-chave:

anatomia;
mastoide;
orelha média;
tomografia.

Resumo

As medidas de área e volume da mastoide por tomografia computadorizada não foram previamente descritas em adultos brasileiros. O conhecimento dessas medidas é muito importante para o entendimento da fisiologia da orelha média e seus estados patológicos, refletindo diretamente na pneumatização mastoideia. **Objetivo:** Verificar a existência de relação entre a área e o volume da mastoide. **Método:** Estudo de coorte contemporânea com corte transversal, no qual 28 pacientes foram submetidos à tomografia de mastoides. Foram reconstruídas as medidas de área e volume das mastoides por cortes seriados usando o *software Image Pro Plus*. **Resultados:** Os volumes das mastoides variaram de 5,5 até 72,4 cm³. As áreas variaram de 43,9 até 525,2 cm². A área da mastoide foi uma função linear do volume. **Conclusão:** As medidas de área e volume da mastoide em adultos brasileiros seguem uma correlação linear, concordando com estudos realizados em outros países. As médias de área e volume encontradas foram superiores às previamente publicadas, ao contrário da média da relação área/volume, que foi inferior. Futuros estudos, com número maior de indivíduos, poderão esclarecer se a população brasileira tem ou não maiores médias de área e volume da mastoide em relação a outras populações específicas.

¹ Médico Otorrinolaringologista (Aluno de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil).

² Doutorado (Médico Radiologista, Orientador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil).

³ Doutorado (Médica Otorrinolaringologista, Chefe do Serviço de Medicina Hiperbárica do Hospital das Forças Armadas de Brasília).

⁴ Doutorado (Médico Otorrinolaringologista, Professor e Orientador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil).
Universidade de Brasília.

Endereço para correspondência: Marco Antônio Rios Lima. S.M.T conjunto 16, casa 5. Taguatinga - DF. Brasil. CEP: 72023-480.

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) do BJORL em 7 de janeiro de 2013. cod. 10706.

Artigo aceito em 17 de abril de 2013.

INTRODUÇÃO

A fenda da orelha média (OM) é dividida pelo istmo timpânico em dois compartimentos: um ântero-inferior e outro pósterio-superior. O compartimento ântero-inferior inclui o pró, meso e hipotímpano e tem a função principal de *clearance*. O compartimento pósterio-superior compreende o epi e retrotímpano, *aditus ad antrum*, *antrum* e sistema de células aéreas mastóideas; com a função principal de troca gasosa. Os dois compartimentos são recobertos pela mesma mucosa respiratória. Como a troca gasosa é realizada através da mucosa dessas células, a área total da superfície da mucosa influencia diretamente na taxa de troca gasosa¹.

O sistema aéreo mastóideo constitui a maior parte do volume da fenda da orelha média e, portanto, representa também a maior parte da área da mucosa disponível para troca gasosa².

No entanto, a função da mastoide ainda não está esclarecida e existem várias teorias a esse respeito. A principal teoria é que a mastoide funcionaria como um reservatório de gás que compensaria as variações de pressão da orelha média em conjunto com a tuba auditiva²⁻⁵. Para Magnuson, o sistema aéreo mastóideo funcionaria também como um isolante térmico, protegendo a orelha interna contra as variações de temperatura⁵. Outros consideram a mastoide apenas como vestigial nos humanos, tendo perdido a sua função com a evolução dos mamíferos⁶.

A tomografia computadorizada (TC) é o melhor método para avaliar a pneumatização da mastoide^{7,8}. Vários estudos determinaram o volume da mastoide adulta, porém, poucos estudos têm dado atenção à aferição da área de superfície da mastoide. Esse é um importante parâmetro na troca gasosa da orelha média através da mucosa⁹. O conhecimento das medidas de área e volume da mastoide é muito importante para o entendimento da fisiologia da orelha média e seus estados patológicos, que refletem diretamente na pneumatização mastóidea.

O objetivo deste estudo foi medir a área e volume da mastoide por meio de tomografia computadorizada de ossos temporais em humanos adultos brasileiros. Essas medidas não foram anteriormente descritas em indivíduos brasileiros e realizou-se uma comparação com os dados publicados em outros países. De acordo com os achados de publicações anteriores, postulou-se a hipótese da existência de uma relação linear entre a área e volume da mastoide^{8,10}.

MÉTODO

Trata-se de um estudo de corte contemporânea com corte transversal. Vinte e oito sujeitos sem história de otite média crônica na infância ou cirurgias

otológicas foram recrutados de um estudo prospectivo que procurou correlacionar a pneumatização mastóidea com o barotrauma da orelha média em pacientes submetidos à oxigenoterapia hiperbárica.

Todos os indivíduos foram informados sobre os riscos e benefícios de participação no estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital das Forças Armadas de Brasília.

Os sujeitos foram, então, avaliados por otoscopia pneumática bilateral e timpanometria para documentação de orelhas médias sadias. Todos foram submetidos à tomografia computadorizada de ossos temporais.

As tomografias das mastoides foram realizadas com equipamento *Lightspeed VCT* (GE *Healthcare*, Milwaukee, WI, EUA) de 64 canais, com protocolo de aquisição volumétrico com cortes de 0,625 mm e intervalo de 0,31 mm, com filtro de osso. Foram realizados cortes no plano axial. O pixel foi de 0,39 mm².

As imagens foram reprocessadas no Osirix 64, com redução da área de interesse, sem excluir qualquer parte das mastoides e cortes de 2 mm. Todas as medidas foram realizadas em uma mesma janela, com centro (*window level*) de 385 *Hounsfield units* (HU) e amplitude (*window width*) de 3155 HU. As imagens foram salvas no formato JPG e anonimizadas, sendo representadas apenas por letras (A, B, C...) e pelo lado direito e esquerdo.

As tomografias foram avaliadas por radiologista experiente com 10 anos de prática, que não sabia os dados clínicos.

O cálculo da área e volume foi realizado no *software Image Pro Plus 6.0*. O processo de análise das imagens compreendeu as seguintes fases sucessivas: traçado da região de interesse compreendida pelos limites do sistema aéreo mastóideo, englobando eventuais células aéreas isoladas e excluindo a OM (o corte mostrando a articulação incudo-maleolar foi definido como o plano padrão e a OM foi considerada estando nos cinco planos abaixo deste); aplicação da ferramenta *Higauss* para realçar limites mal definidos da interface ar-osso apenas quando necessário (limitada a uma utilização por corte); aplicação de "máscara" na imagem colorindo as células aéreas com a cor branca e o osso ou material de partes moles com a cor preta; cálculo do perímetro (em centímetros - cm) e da área (em cm²) da região de interesse para cada corte; soma dos resultados de cada corte por orelha.

Para obtenção da área (em cm²) de cada mastoide foi multiplicado o resultado da soma dos perímetros de cada corte por 0,2 cm (intervalo de secção). Para obtenção do volume (em cm³) de cada mastoide foi multiplicado o resultado da soma das áreas de cada corte por 0,2 cm

(intervalo de secção). Toda a metodologia da análise foi realizada duas vezes pelo mesmo pesquisador, que calculou a média das duas aferições para área e volume, tomando esses valores como finais. Após a obtenção dos valores finais de área e volume, foi calculada a relação área/volume para cada orelha por meio da divisão simples da área final pelo volume final. Terminada a análise, foram revelados ao pesquisador os pacientes representados pelas letras durante o cegamento.

Este procedimento foi idêntico ao descrito previamente em outros dois estudos para aferição de área e volume da mastoide em indivíduos adultos^{8,10}. Como no estudo de Park et al.⁸, foram incluídas apenas mastoides normais.

Dada a distribuição normal da amostra, foram utilizados testes estatísticos paramétricos para a análise. Regressão linear foi utilizada para determinar as relações entre: (1) volumes das mastoides direita e esquerda, (2) áreas das mastoides direita e esquerda (3) área e volume das mastoides.

O banco de dados foi elaborado no formato Excel[®]. As análises foram desenvolvidas utilizando os pacotes SPSS 13[®] (*Statistical Package for the Social Sciences*, Chicago, IL) para Windows[®]. Inicialmente, foi analisada a distribuição dos valores das variáveis área e volume de cada orelha. Foram identificados valores *outlier* segundo o critério do intervalo interquartil. Este critério determina que o valor pode ser considerado *outlier* se está situado fora do intervalo definido pela seguinte fórmula:

$$\{Q1 - [1,5x(Q3 - Q1)]\} \cup \{Q3 + [1,5x(Q3 - Q1)]\}$$

As comparações de médias foram feitas mediante o teste *t* de *Student* para medidas independentes (comparações entre sexos) ou para medidas repetidas (mastoide direita *vs.* mastoide esquerda). As análises das medidas de assimetria foram feitas com o teste *t* para uma amostra, utilizando como valor de teste 0 (sem assimetria). Foram realizadas análises de correlação (Pearson) entre as variáveis mensuradas na tomografia computadorizada. As figuras representam os valores de cada sujeito, a reta de ajuste linear e os intervalos de confiança da média. O nível de significância estatística foi estabelecido em 5% ($p < 0,05$). Todos os testes foram bicaudais. Os dados estão apresentados abaixo como a média \pm desvio padrão (DP).

RESULTADOS

Foram estudados 28 pacientes, 20 homens (71,4%) e oito mulheres (28,6%), idade média de 53 anos (17-78 anos). Não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias de idade entre homens e mulheres (diferença média = 5,35 anos, $p = 0,471$).

Foram identificados quatro participantes com valores considerados *outlier* em duas ou mais variáveis. As Tabelas 1 e 2 apresentam as medidas descritivas das variáveis analisadas no estudo, respectivamente com a amostra completa ($n = 28$) e sem os *outliers* ($n = 24$). Não foi encontrada diferença entre os valores de área e volume das mastoides direita e esquerda.

Na amostra completa ($n = 28$), os volumes das mastoides direita e esquerda foram, respectivamente, $31,9 \pm 17,9$ cm³ (variação: 5,5-72,4) e $34,5 \pm 17,6$ cm³ (variação: 6,2-68) ($p = 0,4$ - teste *t* pareado de *Student*). As áreas das mastoides direita e esquerda foram, respectivamente, $291,8 \pm 141,2$ cm² (variação: 43,9-525,2) e $303,6 \pm 133,6$ cm² (variação: 45-520,4) ($p = 0,56$). A relação área/volume para as mastoides direita e esquerda foram, respectivamente, $9,5 \pm 1,9$ cm⁻¹ (variação: 6,8-13,7) e $9,3 \pm 2,1$ cm⁻¹ (variação: 5-13,8) ($p = 0,32$). Os coeficientes de correlação entre a área de superfície e o volume para as mastoides esquerda e direita foram, respectivamente, de 0,88 e 0,92, resultando em um coeficiente global (para todas as mastoides) de 0,9 (Tabela 1).

Na amostra sem os *outliers* ($n = 24$), os volumes das mastoides direita e esquerda foram respectivamente $33,4 \pm 18,6$ cm³ (variação: 5,5-72,4) e $32,8 \pm 16$ cm³ (variação: 6,1-66,9) ($p = 0,71$ - teste *t* pareado de *Student*). As áreas das mastoides direita e esquerda foram, respectivamente, $304,9 \pm 143,4$ cm² (variação: 43,9-525,2) e $304,4 \pm 130,7$ cm² (variação: 44,9-469,8) ($p = 0,96$). A relação área/volume para as mastoides direita e esquerda foram, respectivamente, $9,6 \pm 1,9$ cm⁻¹ (variação: 6,8-13,7) e $9,6 \pm 1,8$ cm⁻¹ (variação: 6,9-13,8) ($p = 0,91$). Os coeficientes de correlação entre a área de superfície e o volume para as mastoides esquerda e direita foram, respectivamente, de 0,9 e 0,92, resultando num coeficiente global (para todas as mastoides) de 0,91. (Tabela 2).

Com a intenção de melhor descrever as medidas de assimetria (diferença de área e volume), a Figura 1 apresenta os valores individuais. Valores negativos significam que a orelha esquerda apresentou medidas maiores, e valores positivos que as medidas foram maiores para a orelha direita. Os valores médios da diferença de área ou volume entre as mastoides direita e esquerda não foram significativamente diferentes de 0 ($p > 0,376$ em todos os casos). Esta análise foi realizada tanto para a amostra completa ($n = 28$) como para a amostra sem *outliers* ($n = 24$).

A Figura 2 mostra a área de superfície das mastoides direitas e esquerdas como uma função dos seus respectivos volumes ($n = 28$). Houve uma relação linear entre a área de superfície e o volume das mastoides. Para as orelhas esquerdas e direitas, 76% e 85% da variância da área de superfície das mastoides foram, respectivamente, explicadas pelas suas regressões de volume.

Tabela 1. Variáveis avaliadas na amostra selecionada (n = 28).

Variável	Média	DP	EP	IC 95%	
				Limite Inferior	Limite Superior
Área mastoide					
OD	291,8	141,2	26,7	237,1	346,6
OE	303,6	133,6	25,3	251,7	355,4
Volume mastoide					
OD	31,9	17,9	3,4	25,0	38,8
OE	34,5	17,6	3,3	27,7	41,3
Relação área/volume					
OD	9,5	1,9	0,4	8,8	10,3
OE	9,3	2,1	0,4	8,5	10,1
Diferença de área					
Valor absoluto	65,6	66,4	12,6	39,9	91,4
Direita - Esquerda	-11,7	93,5	17,7	-48,0	24,5
Variação (%)	-4,0	27,8	5,3	-14,8	6,8
Diferença de volume					
Valor absoluto	10,2	11,4	2,2	5,8	14,6
Direita - Esquerda	-2,6	15,2	2,9	-8,5	3,3
Variação (%)	-5,2	32,8	6,2	-18,0	7,5

DP: Desvio padrão; EP: Erro padrão; IC: Intervalo de confiança.

Tabela 2. Variáveis avaliadas na amostra (n = 24).

Variável	Média	DP	EP	IC 95%	
				Limite Inferior	Limite Superior
Área mastoide					
OD	304,9	143,4	29,3	244,4	365,5
OE	304,4	130,7	26,7	249,2	359,6
Volume mastoide					
OD	33,4	18,6	3,8	25,6	41,3
OE	32,8	16,0	3,3	26,0	39,6
Relação área/volume					
OD	9,6	1,9	0,4	8,8	10,4
OE	9,6	1,8	0,4	8,8	10,4
Diferença de área					
Valor absoluto	43,0	29,1	5,9	30,7	55,3
Direita - Esquerda	0,5	52,7	10,8	-21,7	22,8
Variação (%)	-0,9	17,8	3,6	-8,5	6,6
Diferença de volume					
Valor absoluto	6,3	5,3	1,1	4,0	8,5
Direita - Esquerda	0,6	8,3	1,7	-2,9	4,1
Variação (%)	-1,0	21,8	4,5	-10,2	8,3

DP: Desvio padrão; EP: Erro padrão; IC: Intervalo de confiança.

A Figura 3 mostra a área de superfície das mastoides direitas e esquerdas como uma função dos seus respectivos volumes (n = 24). Houve uma relação linear entre

a área de superfície e o volume das mastoides. Para as orelhas esquerdas e direitas, 81% e 85% da variância da área de superfície das mastoides foram, respectivamente, explicadas pelas suas regressões de volume.

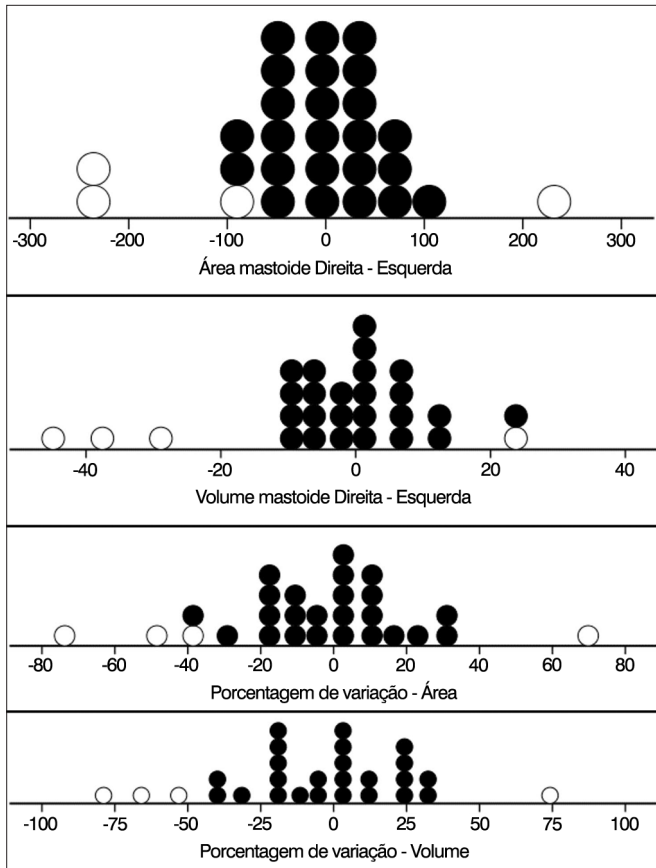


Figura 1. Distribuição de valores das medidas de assimetria calculadas na amostra. Valores considerados *outlier* estão representados por círculos abertos (n = 28).

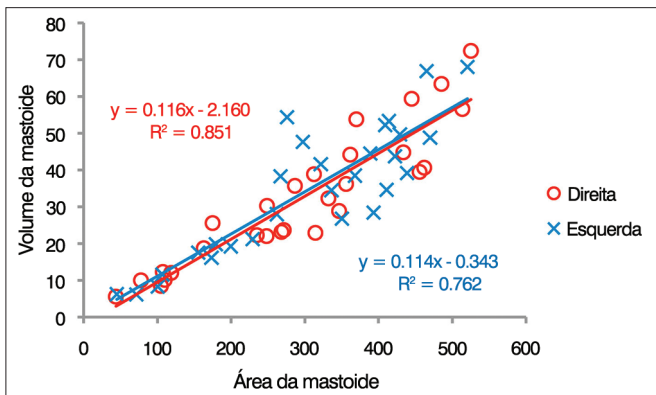


Figura 2. Distribuição dos valores individuais da relação área/volume. As linhas representam a regressão linear dos dados de cada orelha, definidas pela equação apresentada no próprio gráfico (n = 28).

A Figura 4 mostra a área de superfície de todas as mastoide como uma função de seus volumes. Houve uma relação linear entre a área de superfície e o volume da mastoide. Para todas as orelhas (n = 28), 80% da variância da área de superfícies das mastoide foi explicada pela regressão de seus volumes. Para a amostra sem *outliers* (n = 24), esse valor foi de 83%.

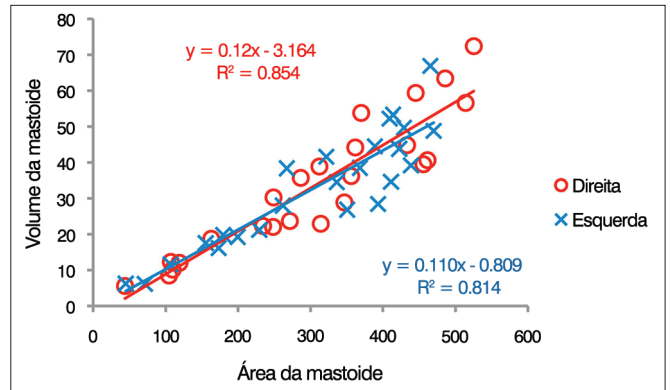


Figura 3. Distribuição dos valores individuais da relação área/volume. As linhas representam a regressão linear dos dados de cada orelha, definidas pela equação apresentada no próprio gráfico (n = 24).

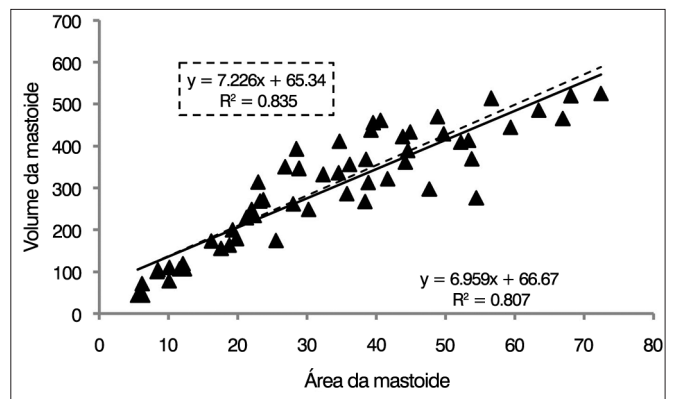


Figura 4. Distribuição dos valores individuais da relação área/volume. As linhas representam a regressão linear dos dados de todas as orelhas, definidas pela equação apresentada no próprio gráfico. A reta tracejada e a equação destacada pela linha tracejada representam os valores calculados para a amostra sem *outliers* (n = 28).

DISCUSSÃO

A tuba auditiva, a cavidade timpânica e a mastoide representam um complexo sistema no qual vários mecanismos estão associados para garantir uma ventilação adequada da orelha média⁹. A importância da aferição das medidas de área e volume de mastoide normais está diretamente relacionada ao estudo de sua fisiologia e patologia. A área de troca gasosa está diretamente relacionada à área da superfície mucosa. No entanto, as numerosas pregas da mucosa não são detectadas pela tomografia, o que poderia subestimar a área de superfície real da mastoide⁵. Portanto, uma mastoide normal possuiria capacidade de troca gasosa distinta quando comparada a uma mastoide alterada (ossificada ou velada) com as mesmas medidas de área e volume, aferidas por tomografia.

Vários autores têm descrito a correlação entre baixa pneumatização da mastoide e as doenças da orelha média^{11,12}. No entanto, não há consenso se pessoas com volume da mastoide constitutivamente pequeno teriam

maior risco para a doença da orelha média ou se a presença de doença da orelha média prejudicaria o desenvolvimento do sistema aéreo mastoideo¹³.

A principal discussão em relação à função da mastoide reside no fato se ela funciona ou não como reservatório de gás. A maioria dos autores defende que a mastoide funcionaria como um reservatório de gás, agindo passivamente para compensar as variações de pressão da orelha média em conjunto com a tuba auditiva^{1-4,14}. Outros refutam essa ideia^{6,15,16}. Alguns autores acreditam que a mastoide teria um papel ativo e bidirecional na troca de gases e fluidos^{5,17}, porém, sem evidências experimentais significativas². Diversos modelos experimentais têm sido testados, tanto limitados pela perfusão sanguínea como limitados pela difusão de gases, com resultados contraditórios¹⁴⁻¹⁶.

O grau de pneumatização da mastoide tem sido avaliado por diversos métodos: imersão em fluido, lei de Boyle, método acústico, exames radiológicos^{18,19}. Devido à dificuldade de acessar a pneumatização mastoidea diretamente, os métodos radiológicos tem sido os mais utilizados. Dentre eles, destaca-se a tomografia de ossos temporais, que tem uma capacidade de avaliação mais acurada do volume da mastoide em relação à radiografia de ossos temporais^{7,8}.

Coulhon et al.²⁰ encontraram boa correlação da pneumatização da mastoide estimada pela radiografia com o uso do método planimétrico, com o volume da mastoide aferido por TC ($r = 0,95$). Ao contrário, Todd et al.⁷ encontraram taxas de correlação mais modestas entre vários métodos radiográficos e a TC ($r = 0,57-0,74$). A radiografia de ossos temporais é um método confiável para comparar pacientes de idades similares, apesar de não ser adequado para medir o volume real ou área de superfície da mastoide⁹.

São escassos os estudos brasileiros que abordam quantitativamente a pneumatização da mastoide^{21,22}. Albernaz²¹, em análise de 100 pares de ossos temporais em indivíduos quase todos brasileiros, avaliou o valor da posição occipital posterior no estudo radiográfico da mastoide. Na análise da relação entre as mastoides direita e esquerda, encontrou: pneumatização idêntica de ambos os lados em 82% dos pares, concordância relativa entre os dois lados em 17% e discordância absoluta em 1%. No entanto, não descreveu os valores absolutos de área da mastoide. Bento et al.²² correlacionam a pneumatização da mastoide aferida por radiografia com a taxa de pega do enxerto em 80 pacientes com otite média crônica submetidos à timpanoplastia tipo I. Encontraram área média da mastoide de 7,62 cm², com variação de 1,82 a 27,4 cm². Acreditamos que este seja o primeiro artigo brasileiro sobre medidas de área e volume da mastoide aferidos por TC.

Nesse estudo, considerando a amostra completa ($n = 28$), os valores de volume ($r = 0,65$), área de

superfície ($r = 0,79$) e relação área/volume ($r = 0,78$) para as mastoides direitas e esquerdas foram altamente correlacionados (Tabela 3). Considerando a amostra sem os *outliers* ($n = 24$), os coeficientes de correlação foram ainda melhores: ($r = 0,89$), ($r = 0,93$) e ($r = 0,83$), respectivamente (Tabela 4). Dado o pequeno número sujeitos incluídos nesse estudo ($n = 28$), é difícil saber se os quatro pacientes com achados discrepantes são verdadeiros *outliers* ou se representam apenas variação normal dentro da população estudada.

Tabela 3. Análises de correlação entre parâmetros medidos pela TC ($n = 28$).

	Área OE	Volume OD	Volume OE	A/V OD	A/V OE
Área OD					
r	0,792	0,926	0,599	0,016	0,256
p-valor	< 0,001	< 0,001	0,001	0,935	0,181
Área OE					
r	-	0,722	0,885	0,051	0,032
p-valor	-	< 0,001	< 0,001	0,794	0,870
Volume OD					
r	-	-	0,656	-0,322	-0,020
p-valor	-	-	< 0,001	0,088	0,917
Volume OE					
r	-	-	-	-0,262	-0,387
p-valor	-	-	-	0,169	0,038
A/V OD					
r	-	-	-	-	0,785
p-valor	-	-	-	-	< 0,001

Tabela 4. Análises de correlação entre parâmetros medidos pela TC ($n = 24$).

	Área OE	Volume OD	Volume OE	A/V OD	A/V OE
Área OD					
r	0,930	0,924	0,855	-0,170	0,020
p-valor	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,427	0,927
Área OE					
r	-	0,839	0,903	-0,102	0,034
p-valor	-	< 0,001	< 0,001	0,635	0,875
Volume OD					
r	-	-	0,896	-0,496	-0,270
p-valor	-	-	< 0,001	0,014	0,202
Volume OE					
r	-	-	-	-0,411	-0,365
p-valor	-	-	-	0,046	0,079
A/V OD					
r	-	-	-	-	0,833
p-valor	-	-	-	-	< 0,001

Swarts et al.¹⁰, em estudo análogo, encontraram coeficientes de correlação semelhantes à amostra sem *outliers* (n = 24), para área e volume das mastoídes direitas e esquerdas (r = 0,87 para área e volume). Considerando a amostra completa (n = 28), houve maior assimetria das medidas de área e volume entre as mastoídes direitas e esquerdas, principalmente em relação ao volume (r = 0,65). Ainda assim, predominou a simetria. Para estruturas bilaterais, uma alta correlação entre as medidas para os dois lados (simetria bilateral) é indicativa de uma contribuição genética significativa, enquanto baixas correlações entre essas medidas (assimetria bilateral) é indicativo de uma contribuição predominante ambiental para a estrutura de medida²³. Esse fato remonta às duas teorias de desenvolvimento da mastoide^{24,25}. A teoria hereditária de Diamant²⁴, afirma que o grau de pneumatização da mastoide é geneticamente determinado e, portanto, explicaria os maiores níveis de simetria. Já de acordo com teoria ambiental de Wittmaack²⁵, o grau de pneumatização da mastoide é influenciado por episódios de otite média ou disfunção tubária na infância, o que explicaria as assimetrias. Como a população desse estudo é composta apenas de adultos sem história de otite média crônica na infância e com orelhas médias saudáveis, o grau de simetria volumétrica encontrado estaria justificado pela teoria genética de Diamant²⁴. No entanto, devemos considerar que o relato de otite média crônica na infância está sujeito ao viés de recordação, podendo confundir essa análise¹⁰. Outros fatores poderiam afetar a expressão geneticamente programada, levando a diferentes graus de assimetria¹³.

Tanto para a amostra completa (n = 28) como para a amostra sem *outliers* (n = 24), as médias encontradas para área (297,7 e 304,6 cm², respectivamente) e volume (33,2 e 33,1 cm³, respectivamente) para todas as orelhas foram superiores às previamente relatadas em estudos prévios^{8,10}. Ao contrário, a média da relação área/volume foi inferior às já descritas tanto na amostra completa (n = 28) como na amostra sem *outliers* (n = 24) (9,4 e 9,6 cm⁻¹, respectivamente)^{8,10}. Magnuson⁵ refere que capacidade de troca gasosa seria diretamente proporcional à relação área/volume. No entanto, estudos recentes minimizam a importância da relação área/volume na troca gasosa, já que essa relação parece ser mais ou menos constante^{13,16}. Csakanyi et al.⁹, em estudo comparativo das medidas de área e volume da mastoide nas crianças com e sem otite média com efusão (OME), tiveram achados contraditórios: encontraram valores mais elevados de relação área/volume nas crianças portadoras de OME. Logo, são necessários mais estudos para esclarecer o real significado e relevância da relação área/volume na fisiologia e patogenia da mastoide.

Alguns fatores específicos podem influenciar a extensão da pneumatização da mastoide. Pneumatização reduzida do osso temporal é evidente em desordens

craniofaciais, incluindo acondroplasia, síndrome de Pierre-Robin e síndrome de Crouzon. A fibrose cística resulta em pneumatização aumentada do osso temporal²⁶. Nesse estudo, nenhum dos participantes era portador de nenhuma síndrome ou afecção específica que pudesse justificar as elevadas médias de área e volume encontradas.

CONCLUSÃO

As medidas de área e volume da mastoide em adultos brasileiros seguem uma correlação linear, concordando com estudos realizados em outros países. Futuros estudos, com número maior de indivíduos, poderão esclarecer se a população brasileira tem ou não maiores médias de área e volume da mastoide em relação a outras populações específicas.

REFERÊNCIAS

1. Ars B, Dirckx J, Ars-Piret N, Buytaert J. Insights in the physiology of the human mastoid: message to the surgeon. *Int Adv Otol*. 2012;8(2):296-310.
2. Doyle WJ. The mastoid as a functional rate-limiter of middle ear pressure change. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2007;7(3):393-402. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijporl.2006.11.004>
3. Alper CM, Kitsko DJ, Swarts JD, Martin B, Yuksel S, Cullen Doyle BM, et al. Role of the mastoid in middle ear pressure regulation. *Laryngoscope*. 2011;121(2):404-8. <http://dx.doi.org/10.1002/lary.21275>
4. Gaihede M, Dirckx JJ, Jacobsen H, Aernouts J, Søvsø M, Tveterås K. Middle ear pressure regulation--complementary active actions of the mastoid and the Eustachian tube. *Otol Neurotol*. 2010;31(4):603-11.
5. Magnuson B. Functions of the mastoid cell system: auto-regulation of temperature and gas pressure. *J Laryngol Otol*. 2003;117(2):99-103. <http://dx.doi.org/10.1258/002221503762624512>
6. Alicandri-Ciuffelli M, Gioacchini FM, Marchioni D, Genovese E, Monzani D, Presutti L. Mastoid: a vestigial function in humans? *Med Hypotheses*. 2012;78(3):364-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mehy.2011.12.006>
7. Todd NW, Pitts RB, Braun IF, Heindel H. Mastoid size determined with lateral radiographs and computerized tomography. *Acta Otolaryngol*. 1987;103(5-6):226-31.
8. Park MS, Yoo SH, Lee DH. Measurement of surface area in human mastoid air cell system. *J Laryngol Otol*. 2000;114(2):93-6. <http://dx.doi.org/10.1258/0022215001904969>
9. Csakanyi Z, Katona G, Josvai E, Mohos F, Sziklai I. Volume and surface of the mastoid cell system in otitis media with effusion in children: a case-control study by three-dimensional reconstruction of computed tomographic images. *Otol Neurotol*. 2011;32(1):64-70. <http://dx.doi.org/10.1097/MAO.0b013e3181fcec84>
10. Swarts JD, Doyle BM, Doyle WJ. Relationship between surface area and volume of the mastoid air cell system in adult humans. *J Laryngol Otol*. 2011;125(6):580-4. <http://dx.doi.org/10.1017/S0022215110002811>
11. Sadé J, Fuchs C. Secretory otitis media in adults: I. The role of mastoid pneumatization as a risk factor. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1996;105(8):643-7.
12. Tos M, Stangerup SE. Mastoid pneumatization in secretory otitis. Further support for the environmental theory. *Acta Otolaryngol*. 1984;98(1-2):110-8. <http://dx.doi.org/10.3109/00016488409107542>
13. Swarts JD, Foley S, Alper CM, Doyle WJ. Mastoid geometry in a cross-section of humans from infancy through early adulthood with a confirmed history of otitis media. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2012;76(1):137-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijporl.2011.10.021>

-
14. Cinamon U, Sadé J. Mastoid and tympanic membrane as pressure buffers: a quantitative study in a middle ear cleft model. *Otol Neurotol*. 2003;24(6):839-42. <http://dx.doi.org/10.1097/00129492-200311000-00002>
 15. Doyle WJ. Experimental results do not support a gas reserve function for the mastoid. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2000;52(3):229-38. [http://dx.doi.org/10.1016/S0165-5876\(00\)00292-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-5876(00)00292-5)
 16. Swarts JD, Cullen Doyle BM, Alper CM, Doyle WJ. Surface area-volume relationships for the mastoid air cell system and tympanum in adult humans: Implications for mastoid function. *Acta Otolaryngol*. 2010;130(11):1230-6. <http://dx.doi.org/10.3109/00016489.2010.480982>
 17. Koç A, Ekinci G, Bilgili AM, Akpınar IN, Yakut H, Han T. Evaluation of the mastoid air cell system by high resolution computed tomography: three-dimensional multiplanar volume rendering technique. *J Laryngol Otol*. 2003;117(8):595-8. <http://dx.doi.org/10.1258/002221503768199906>
 18. Cinamon U. The growth rate and size of the mastoid air cell system and mastoid bone: a review and reference. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2009;266(6):781-6. <http://dx.doi.org/10.1007/s00405-009-0941-8>
 19. Lee DH, Jun BC, Kim DG, Jung MK, Yeo SW. Volume variation of mastoid pneumatization in different age groups: a study by three-dimensional reconstruction based on computed tomography images. *Surg Radiol Anat*. 2005;27(1):37-42. <http://dx.doi.org/10.1007/s00276-004-0274-7>
 20. Colhoun EN, O'Neill G, Francis KR, Hayward C. A comparison between area and volume measurements of the mastoid air spaces in normal temporal bones. *Clin Otolaryngol Allied Sci*. 1988;13(1):59-63. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2273.1988.tb00282.x>
 21. Mangabeira-Albernaz P. Contribuição ao estudo radiográfico da mastóide. Valor da posição occipital posterior (Worms-Bretton-Altschul). *Rev Bras Otorrinolaringol*. 1933;1(3):182-96.
 22. Bento RF, Bogar P, Sennes LU, Ramos AHC, Marone SAM, Miniti A. Estudo da relação do tamanho da mastóide e resultados de mirin-goplastia. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 1992;58(1):21-6.
 23. Siegel MI, Doyle WJ. The differential effects of prenatal and postnatal audiogenic stress on fluctuating dental asymmetry. *J Exp Zool*. 1975;191(2):211-4. <http://dx.doi.org/10.1002/jez.1401910208>
 24. Diamant M. Otitis and pneumatization of the mastoid bone. *Acta Otolaryngol (Stockh)*. 1940;41(Suppl):1-149.
 25. Wittmaack K. Über die normale und Pathologische Pneumatization des Schläfenbeins einschliesslich ihrer Beziehungen zu der Mittelohrerkrankungen. Jena: Fischer; 1918. p.1-64.
 26. Hill CA. Ontogenetic change in temporal bone pneumatization in humans. *Anat Rec (Hoboken)*. 2011;294(7):1103-15. <http://dx.doi.org/10.1002/ar.21404>