

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE MEDICINA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA: CIÊNCIAS CIRÚRGICAS

**VOLUMETRIA E ANÁLISE DE VARIAÇÕES ANATÔMICAS
DA PORÇÃO ANTERIOR DO ÁPICE PETROSO DELINEADA
PELO TRIÂNGULO DE KAWASE POR TOMOGRAFIA
COMPUTADORIZADA**

JULIANO ADAMS PEREZ

Porto Alegre

2010

**VOLUMETRIA E ANÁLISE DE VARIAÇÕES ANATÔMICAS
DA PORÇÃO ANTERIOR DO ÁPICE PETROSO DELINEADA
PELO TRIÂNGULO DE KAWASE POR TOMOGRAFIA
COMPUTADORIZADA**

JULIANO ADAMS PEREZ

A apresentação desta dissertação é exigência do Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para a obtenção do título de Mestre em Medicina: Ciências Cirúrgicas.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Rassier Isolan

Porto Alegre

2010

J357a **Perez, Juliano Adams**

Volumetria e análise de variações anatômicas da porção anterior do ápice petroso delimitada pelo triângulo de kawase por tomografia computadorizada / Juliano Adams Perez ; orient. Gustavo Rassier Isolan ; 2010.

100 f. : il.

Dissertação (doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas. Porto Alegre, BR-RS, 2010.

1. ápice petroso 2. triângulo de kawase 3. tomografia

computadorizada I. Perez, Juliano Adams II. Isolan, Gustavo Rassier

III. Título.

NLM: WJ 342

À minha família, especialmente meus pais e minhas duas irmãs que sempre estiveram do meu lado.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho é a etapa final de um processo que se iniciou dois anos atrás.

Durante este período, foram muitos os que me ajudaram.

Agradeço sobretudo ao meu orientador e amigo Gustavo Isolan pelos conselhos e incentivos desde o início.

Agradeço também aos meus colegas que sempre foram compreensivos com minhas eventuais ausências em decorrência das aulas do mestrado.

Presto gratidão aos meus grandes amigos Maurício Anés, Pablo Nery, Felipe Torres e Fernando Steinhorst que também foram fundamentais na elaboração desta dissertação.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	13
3. OBJETIVOS.....	21
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
5. ARTIGO ORIGINAL EM PORTUGUÊS.....	27
6. ARTIGO ORIGINAL EM INGLÊS.....	49

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A base do crânio é um conjunto de estruturas que formam o assoalho do crânio e costuma ser dividida nas fossas anterior, média e posterior (1, 2).

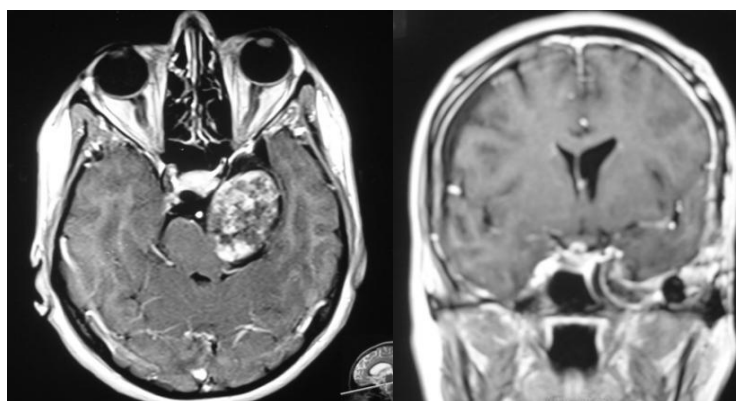
Lesões expansivas da base do crânio ocorrem em todas as faixas etárias e, freqüentemente, necessitam de tratamento cirúrgico. Elas podem ter origem nas estruturas intracranianas, subcranianas ou mesmo no próprio osso (1). A ressecção destas lesões é altamente desafiadora tecnicamente, sendo este aspecto mais evidente na fossa craniana média haja vista sua complexa anatomia com diversas estruturas vasculares e nervosas limitantes ao procedimento assim como à exposição da lesão.

Lesões da base do crânio costumavam ser classificadas como inacessíveis no início do século passado, conceito este que prevaleceu por décadas e, ocasionalmente, ainda é a conduta principal em alguns serviços de neurocirurgia (15).

Desde a primeira descrição de Parkinson em 1965 (3), microanatomistas vêm dividindo a região da fossa craniana média e ao redor do seio cavernoso em dez triângulos anatômicos a fim de permitir acesso seguro à região petrosa, porção cavernosa da artéria carótida interna, seio esfenoidal, fossas infratemporal e pterigopalatina, labirinto e conduto auditivo interno (4).

A evolução da técnica para cirurgias da base do crânio está diretamente relacionada ao implemento de complexas abordagens cirúrgicas ao longo das últimas três décadas, sempre com o intuito de diminuir a morbimortalidade e, se possível, facilitar o procedimento (5).

O desenvolvimento de novas tecnologias assim como de novas abordagens cirúrgicas mais precisas e menos invasivas impulsionaram a cirurgia da base do crânio, cada vez com menor lesão do parênquima nervoso por retração cerebral e consequente redução da morbimortalidade. Uma das técnicas mais utilizadas para ressecção de lesões da base do crânio é a petrosectomia anterior, técnica introduzida pelo japonês Takeshi Kawase (6). Com esta técnica, cria-se um corredor extradural através de um dos dez triângulos da fossa média denominado triângulo de Kawase, que delinea a porção anterior do ápice petroso (1, 7) (Fig 1). Este corredor permite acesso à metade superior do clivus, às regiões petroclivais superior e média, às cisternas do ângulo pontocerebelar e pré-pontina entre o V e o complexo do VII e VIII pares cranianos (4, 6, 8, 9).



A B
Fig 1: Schwannoma do V par craniano ressecado através da petrosectomia anterior. A: T1 axial pós-gadolinio demonstrando a lesão expansiva heterogênea no cavum de Meckel. B: T1 pós-contraste pós-operatório.

A cabeça é posicionada com inclinação contrária ao lado a ser abordado e levemente estendida. Procede-se incisão curvilínea tendo início 1 cm anterior ao trago ao nível do arco zigomático e estendendo-se 1 cm atrás da linha de implantação do cabelo até a linha temporal superior contra-lateral por planos.

Posteriormente, é realizada dissecação subfacial visando proteger o ramo fronto-orbital do nervo facial durante tração do *flap* inferiormente. Procede-se a zigomaticotomia com deslocamento inferior juntamente com o músculo temporal após este ser dissecado do osso. Então é realizada craniotomia temporal e, a seguir, *peeling* da fossa média com identificação inicial da artéria meningéia média entrando no crânio através do forâmen espinhoso e do ramo mandibular do nervo trigêmio. O Nervo petroso superficial maior é dissecado da dura-máter e continua-se o *peeling* da fossa média em direção medial, sendo expostos o gânglio de Gasserian e os ramos oftálmico e maxilar do nervo trigêmio. O triângulo de Kawase é drilado, expondo-se a dura-mater da fossa posterior. O seio petroso superior é ligado e seccionado e a dura-mater aberta, expondo as fossas média e posterior.

Este corredor, janela ou fechadura (1, 7) consiste de uma rota subtemporal que aproxima o cirurgião da lesão, propiciando maior angulação de movimentos além de melhor visão e iluminação do campo cirúrgico, propriedades que convergem para maior ressecção tumoral (10, 11). A petrosectomia anterior também está associada a menor retração cerebral e oferece uma visão lateral e anterior do tronco cerebral enquanto que a via retrossigmoide implica retração sobretudo do cerebelo e tronco cerebral além de uma visão mais tangencial do tronco cerebral (8, 9, 11-14).

Também oferece menor risco de lesão nervosa ou vascular uma vez que há visibilização direta dos nervos cranianos e da artéria basilar e seus ramos e, afora isso, estas estruturas não costumam se interpor ao trajeto cirúrgico (7, 11, 15-17).

Como não há exposição do seio cavernoso ou da veia de Labbé, o risco de hemorragia venosa também é baixo (7). Estas qualidades também resultam em menor morbidade em relação à via retrossigmóide no que tange à preservação da audição (6, 12, 16). Esta abordagem já se mostrou bastante útil em ressecções de

lesões na fossa média como schwannomas do nervo trigêmeo, meningiomas no cavum de Meckel, condrossarcomas e cistos epidermóides pré-pontinos (4, 16) (Fig 2). Também apresenta bom desempenho no tratamento de aneurismas da artéria basilar e cavernomas laterais do mesencéfalo e ponte (11, 13). Cabe ressaltar o grande potencial desta técnica na ressecção de meningiomas petroclivais, lesões de grande relevância clínica e que dificilmente são ressecadas completamente por técnicas tradicionais como abordagens subtemporal ou suboccipital sem comprometimento neurológico (10, 15, 18). A petrosectomia anterior também é muito útil em abordagens combinadas para ressecção de lesões como tumores esfenopetroclivais e tumores com extensão transtentorial (11).

Sua principal desvantagem é justamente a dificuldade técnica do procedimento em decorrência da complicada anatomia da região a ser explorada (11), sendo que algumas abordagens podem demorar até 4 horas apenas para a exposição da lesão.

O triângulo de Kawase está localizado na fossa craniana média e é a parte do ápice petroso limitada medialmente pelo nervo petroso maior, lateralmente pela artéria carótida interna e cóclea, posteriormente pelo conduto auditivo interno e canais semicirculares e anteriormente pela borda posterior do ramo mandibular do nervo trigêmeo (1, 8). Esta área normalmente é desprovida de ramos vasculares ou nervosos, o que permite sua retirada sem maiores problemas (8).

O conhecimento preciso da anatomia do local a ser explorado é fundamental para a realização de um procedimento mais preciso, aproximando o cirurgião do campo cirúrgico, com menor retração cerebral e conseqüente redução da morbimortalidade (5, 19).

O triângulo de Kawase apresenta variações de suas dimensões e de sua anatomia, o que pode, por vezes, dificultar sua abordagem, resultando em maior trauma cirúrgico (20). Além disso, o próprio osso temporal possui uma grande variabilidade anatômica já demonstrada em diversos estudos (21, 22). Pequenas diferenças em medidas lineares de um determinado paciente podem resultar em uma grande redução do ângulo e do campo de trabalho do cirurgião durante o procedimento (4, 23). O conhecimento prévio da anatomia local e de eventuais variantes permite ao cirurgião um planejamento cirúrgico mais objetivo, com significativo benefício ao paciente.

Portanto, o estudo do triângulo de Kawase através da tomografia computadorizada poderia ser uma ferramenta útil no planejamento pré-operatório, preparando o cirurgião em relação às dimensões da estrutura e à presença de variantes anatômicas.

O objetivo deste estudo é estudar a região delimitada pelo triângulo de Kawase no ápice petroso através da tomografia computadorizada, medindo seu volume e avaliando variantes anatômicas.

REVISÃO DA LITERATURA

2. REVISÃO DA LITERATURA

A cirurgia da base do crânio envolve lesões do assoalho craniano, que podem ser de origem neoplásica, inflamatória, vascular, traumática ou congênita (1).

A intrincada anatomia da base do crânio, considerada por muitos a região mais complexa do corpo humano (18, 24, 25), faz com que sua abordagem seja considerada muito difícil. São diversas estruturas vasculares, nervosas, ósseas e musculares que se cruzam em múltiplas direções e com considerável variabilidade entre os pacientes e, não raro, entre os dois lados do mesmo paciente. A região petroclival é especialmente complexa, localizada na junção de partes dos ossos esfenóide, temporal e occipital, sendo inclusive denominada “no man’s land” (13).

Estima-se que os primórdios da cirurgia da base do crânio tenham envolvido a glândula hipofisária, sendo que o primeiro procedimento provavelmente foi realizado por Caton e Paul em 1893 em um paciente acromegálico, sendo após impulsionada por Harvey Cushing ainda no início do século XX (26).

House e Crabtree, em 1965, foram os primeiros a explorar a base do crânio através da fossa média para ressecção de lesões do conduto auditivo interno (4, 27). Desde então, a cirurgia da base do crânio passou por mudanças de paradigma com abordagens de lesões antes consideradas inacessíveis.

Ugo Fisch e Gazi Yasargil desenvolveram em conjunto abordagens da fossa média através da fossa infratemporal, propiciando exposição e ressecção satisfatórias da lesão com mínima retração do lobo temporal (26).

O desenvolvimento da microneurocirurgia, assim como o advento de brocas de alta velocidade, que propiciam a retirada de grandes quantidades de osso em um

curto período de tempo com relativa segurança das vasos e nervos (23), já em meados da década de oitenta, ofereceram rápida evolução à cirurgia da base do crânio. Neurocirurgiões como Ossama Al-Mefty, Laligam Sekhar e Takeshi Kawase impulsionaram esta evolução com desenvolvimento de variadas técnicas (entre as quais a petrosectomia anterior), além de estarem envolvidos diretamente no treinamento de diversos profissionais (26).

Atualmente, a cirurgia da base do crânio apresenta-se como uma subespecialidade complexa que engloba o conhecimento interligado de diversas especialidades médicas através de equipe multidisciplinar, incluindo otorrinolaringologia, oftalmologia, radioterapia, cirurgia de cabeça e pescoço, radiologia entre outros (18). A monitorização eletrofisiológica intra-operatória aliada a cuidados intensivos, de enfermagem e fonoaudiologia também concorrem para que lesões antes consideradas inacessíveis sejam ressecadas por inteiro com morbimortalidade cada vez mais baixa (18, 26). A avaliação por imagem pré-operatória também é fundamental e, à medida em que evoluem os métodos de imagem, sua relevância aumenta. O desenvolvimento de novas técnicas de aquisição de imagem a partir da década de oitenta, fenômeno que se acentua cada vez mais desde a virada do século tanto em relação à tomografia computadorizada quanto à ressonância nuclear magnética, permitiu que essas lesões fossem cada vez melhor avaliadas, demonstrando sua relação com estruturas vizinhas. Além disso, a tomografia computadorizada e a ressonância magnética apresentam vantagens que, muitas vezes, se complementam e oferecem ao cirurgião uma excelente avaliação da lesão. Em grande parte das vezes, as características radiológicas estreitam o diagnóstico diferencial, indicando as etiologias mais prováveis.

Todos estes aspectos contribuem para o grande potencial de evolução da cirurgia da base do crânio e a tendência é que cada vez menos lesões nesta topografia sejam consideradas como irressecáveis ou inacessíveis (10).

Contudo, apesar de toda esta grande evolução tanto técnica quanto tecnológica, a cirurgia da base do crânio persiste como um desafio. Muitas lesões são passíveis de ressecção total, mas ainda há diversos casos em que a retirada da lesão é apenas parcial. As condições clínicas do paciente devem ser cuidadosamente avaliadas assim como as características radiológicas da lesão.

Entretanto, não há exame de imagem ou avaliação clínica no pré-operatório que possam prever completamente a consistência da lesão e sua relação/invasão de estruturas adjacentes e, com isso, o cirurgião deve estar preparado para modificar seu plano cirúrgico durante o procedimento (1). A regra é priorizar a ressecção completa e não poupar esforços para que o objetivo seja atingido, dispondo de todas as abordagens e muitas vezes associando-as, sempre se levando em conta as possíveis características biológicas do tumor e seu comportamento (1, 13, 18). Lesões infiltrativas e que invadem formações vasculonervosas mais provavelmente não serão passíveis de ressecção total e esta tentativa poderá implicar importante comprometimento de funções, muitas vezes, vitais ao paciente. Outro aspecto muito relevante a ser sempre considerado é a perda da integridade anatômica que ocorre após uma primeira tentativa de retirada da lesão que reduz muito a possibilidade de ressecção total em um segundo procedimento (18).

As lesões petroclivais mais comuns são os meningiomas, schwannomas, cordomas, condrossarcomas, e carcinomas. Mesmo as lesões de características histológicas benignas podem apresentar um comportamento maligno, tornando-se, por vezes, muito grandes, comprimindo e invadindo estruturas adjacentes como o

cerebelo, tronco cerebral, fossa craniana média, seio cavernoso, conduto auditivo interno, forame jugular, forame magno, espaços extracranianos, além de diversas outras formações vasculares e nervosas (18).

O estudo do ápice petroso nas cirurgias da base do crânio ganhou mais importância à medida que foram desenvolvidas abordagens para a fossa média através do osso temporal (petrosectomias), permitindo acesso a tumores da orelha média, fossa pterigopalatina, fossa infratemporal, gânglio do nervo trigêmeo, seio cavernoso e terços médio e superior do clívus (4, 8, 18). A petrosectomia anterior foi introduzida em 1985 por Takeshi Kawase *et al* quando relatou esta técnica para a ressecção de aneurisma da artéria basilar em dois pacientes (6). É uma derivação da abordagem descrita por House e Hitzelberger, que descreveram uma porção do osso temporal que poderia ser ressecada sem maiores problemas (8). Este procedimento contempla a remoção de parte do ápice petroso com o uso de brocas de alta velocidade, criando uma janela para a região petroclival (7).

Desde as publicações pioneiras de Parkinson (3, 18, 28), diversos estudos já analisaram a anatomia microcirúrgica da região para-selar, dedicando-se a descrever os pontos de entrada possíveis para atingir esta área. As descrições de Parkinson (3, 28) e Donlenc (29-31), definindo estes pontos de entrada como corredores triangulares foram adotadas por vários cirurgiões, ainda que haja algumas diferenças de nomenclatura e definição de limites deste triângulos (24).

A porção do ápice petroso retirada durante a petrosectomia anterior é o triângulo posteromedial da fossa média e passou a ser chamado também de triângulo de Kawase em homenagem ao introdutor da petrosectomia anterior.

Há diversas publicações que descrevem a complexa anatomia dos triângulos ao redor do seio cavernoso (9, 24, 29-37), sendo que alguns deles dedicam-se à

medida da área destes triângulos, especialmente o triângulo de Parkinson e o triângulo oculomotor (20, 21). Há poucos estudos de medida dos demais triângulos sendo que encontramos apenas quatro publicações que descrevem medidas do triângulo de Kawase (4, 20-22). Estes estudos medem a área do triângulo mas não consideram o volume de osso que deve ser retirado durante a petrosectomia anterior e somente um deles (22) analisa a presença de variantes anatômicas. Hsu *et al* descreveram uma média de $62 \pm 43 \text{ mm}^2$ de área do triângulo de Kawase em onze peças cadavéricas (4). Isolan *et al* relataram uma média de $97,69 \pm 8,13 \text{ mm}^2$ em vinte e duas peças cadavéricas (24). Maina *et al* encontraram média de $106,72 \pm 19,44 \text{ mm}^2$ em dezoito peças de cadáver (22). Watanabe *et al* descreveram uma média de $81,7 \pm 23,3 \text{ mm}^2$ em 12 peças (20). Segundo este último autor, o triângulo de Kawase apresentou uma forma relativamente constante, além de ser o maior dos dez triângulos ao redor do seio cavernoso.

Há poucos estudos analisando a porção do ápice petroso envolvida na petrosectomia anterior (triângulo de Kawase) através da tomografia computadorizada em pacientes vivos. Maina *et al* mediram a área do triângulo de Kawase em nove cadáveres tanto através da tomografia computadorizada quanto da medida direta após dissecação (22). Os autores verificaram alta correlação das medidas diretas nos cadáveres com as mensurações realizadas através da tomografia computadorizada. Villavencio *et al* analisaram os ápices petrosos de 15 pacientes por tomografia computadorizada e relataram uma grande variabilidade nas medidas da espessura óssea e de distância entre as principais estruturas (38).

A medida da área do triângulo de Kawase é relevante no estudo e desenvolvimento da petrosectomia anterior. Contudo, a estrutura óssea da porção petrosa ressecada não é propriamente um triângulo, já que não se apresenta como

uma formação geométrica bidimensional mas sim tridimensional. O triângulo de Kawase seria, na realidade, uma das faces do que poderia ser classificado como uma figura geométrica espacial, espécie de pirâmide óssea, cuja base se localiza nos limites do conduto auditivo externo e cócleas e canais semicirculares e cujo vértice está junto do clívus, próximo da porção medial intrapetrosa da artéria carótida interna.

A partir disso, surge uma nova possibilidade de medida que não a área do triângulo de Kawase mas do volume de toda esta estrutura óssea a ser ressecada durante a petrosectomia anterior. Não bastasse este aspecto, há ainda a ser considerada a análise das características estruturais desta formação óssea em questão. Muitos estudos descrevem as diversas variações anatômicas na região petroclival e das relações entre as estruturas mas raramente a porção anterior do ápice petroso é avaliada (10, 20-22, 38).

Durante o planejamento pré-operatório destes pacientes, é mandatória a realização de tomografia computadorizada ou ressonância magnética, sendo que, o mais frequente é a realização de ambos. A ressonância magnética apresenta melhor desempenho na avaliação das partes moles, compressão e repercussão sobre estruturas adjacentes, especialmente tronco cerebral, cerebelo e pares cranianos. A ressonância magnética também apresenta maior sensibilidade à impregnação pelo agente paramagnético (gadolínio). Já a tomografia computadorizada tem maior potencial para avaliar vasos de pequeno calibre, além de repercussão sobre as formações ósseas adjacentes.

A tomografia computadorizada, ao contrário do que muitos podem pensar, possui, intrinsecamente, maior resolução de imagem em comparação à ressonância magnética (2). Isto faz com que seja bem indicada para a avaliação das relações

ósseas ao nível do ápice petroso e, conseqüentemente, adequada para a realização da medida do volume desta área. Sem contar sua maior capacidade de demonstrar a pneumatização do ápice petroso que é uma variante anatômica frequentemente observada nesta localização e que, por vezes, pode estar preenchida por secreção, alteração também de fácil observação à tomografia computadorizada.

OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL:

- Estudar o triângulo de Kawase e a região anterior do ápice petroso através da tomografia computadorizada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Medir o volume da porção anterior do ápice petroso delimitada pelo triângulo de Kawase.
- Quantificar e descrever as variantes anatômicas desta região.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lyons BM. Surgical anatomy of the skull base. In: Donald PJ, editor. Surgery of skull base. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998. p. 15-30.
2. O'Rahilly R. Cabeça e Pescoço. In: Gardner A, Gray L, O'Rahilly R, editors. Anatomia. Philadelphia: Guanabara Koogan; 1988. p. 541-70.
3. Parkinson D. A surgical approach to the cavernous portion of the carotid artery. Anatomical studies and case report. J Neurosurg. 1965 Nov;23(5):474-83.
4. Hsu FP, Anderson GJ, Dogan A, Finizio J, Noguchi A, Liu KC, et al. Extended middle fossa approach: quantitative analysis of petroclival exposure and surgical freedom as a function of successive temporal bone removal by using frameless stereotaxy. J Neurosurg. 2004 Apr;100(4):695-9.
5. Aristegui M, Cokkeser Y, Saleh E, Naguib M, Landolfi M, Taibah A, et al. Surgical anatomy of the extended middle cranial fossa approach. Skull Base Surg. 1994;4(4):181-8.
6. Kawase T, Toya S, Shiobara R, Mine T. Transpetrosal approach for aneurysms of the lower basilar artery. J Neurosurg. 1985 Dec;63(6):857-61.
7. Kawase T. Technique of anterior transpetrosal approach. Operative Techniques in Neurosurgery. 1999;2(1):10-7.
8. Chang SW, Wu A, Gore P, Beres E, Porter RW, Preul MC, et al. Quantitative comparison of Kawase's approach versus the retrosigmoid approach: implications for tumors involving both middle and posterior fossae. Neurosurgery. 2009 Mar;64(3 Suppl):44-51; discussion -2.
9. Day JD, Fukushima T, Giannotta SL. Microanatomical study of the extradural middle fossa approach to the petroclival and posterior cavernous sinus region: description of the rhomboid construct. Neurosurgery. 1994 Jun;34(6):1009-16; discussion 16.
10. Erkmen K, Pravdenkova S, Al-Mefty O. Surgical management of petroclival meningiomas: factors determining the choice of approach. Neurosurg Focus. 2005 Aug 15;19(2):E7.
11. 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 Aug;16(3):181-4.
12. Kawase T, Shiobara R, Toya S. Anterior transpetrosal-transtentorial approach for sphenopetroclival meningiomas: surgical method and results in 10 patients. Neurosurgery. 1991 Jun;28(6):869-75; discussion 75-6.

13. Seifert V, Stolke D. Posterior transpetrosal approach to aneurysms of the basilar trunk and vertebrobasilar junction. *J Neurosurg*. 1996 Sep;85(3):373-9.
14. Gacek RR. Diagnosis and management of primary tumors of the petrous apex. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1975 Jan-Feb;84(1 PT. 2 SUPPL 18):1-20.
15. Ichimura S, Kawase T, Onozuka S, Yoshida K, Ohira T. Four subtypes of petroclival meningiomas: differences in symptoms and operative findings using the anterior transpetrosal approach. *Acta Neurochir (Wien)*. 2008 Jul;150(7):637-45.
16. Shimamoto Y, Kawase T, Sasaki H, Shiobara R, Yamada F. Anterior transpetrosal approach to the prepontine epidermoids. *Skull Base Surg*. 1999;9(2):75-80.
17. Slater PW, Welling DB, Goodman JH, Miner ME. Middle fossa transpetrosal approach for petroclival and brainstem tumors. *Laryngoscope*. 1998 Sep;108(9):1408-12.
18. Antunes ACM, Isolan GR, Falcetta F. Tratamento dos Tumores da base do crânio e infatentoriais. In: Chaves F, Stefani, editor. *Rotinas em neurologia e neurocirurgia*. Porto Alegre: Artmed; 2008.
19. Isolan GR, Chem RC. Reconstrução da base do crânio - enxertos e retalhos regionais - duas séries diferentes provenientes de um departamento de neurocirurgia e de um departamento de cirurgia plástica. *Jornal Brasileiro de Neurocirurgia*. 2007;18:5-13.
20. Watanabe A, Nagasaki W. Anatomical Variations of the tem triangles around the cavernous sinus. *Clinical Anatomy*. 2002;16:9-14.
21. Isolan GR, Krayenbuhl N, de Oliveira E, Al-Mefty O. Microsurgical Anatomy of the Cavernous Sinus: Measurements of the Triangles in and around It. *Skull Base*. 2007 Nov;17(6):357-67.
22. Maina R, Ducati A, Lanzino G. The middle cranial fossa: morphometric study and surgical considerations. *Skull Base*. 2007 Nov;17(6):395-403.
23. Sloniewski P, Zielinski P, Rynkowski M. Surgical anatomy of anterior petrosectomy. *Folia Morphol (Warsz)*. 2000;59(2):99-103.
24. Isolan G, de Oliveira E, Mattos JP. Microsurgical anatomy of the arterial compartment of the cavernous sinus: analysis of 24 cavernous sinus. *Arq Neuropsiquiatr*. 2005 Jun;63(2A):259-64.
25. Isolan GR, Rowe R, Al-Mefty O. Microanatomy and surgical approaches to the infratemporal fossa: an anaglyphic three-dimensional stereoscopic printing study. *Skull Base*. 2007 Sep;17(5):285-302.
26. Donald PJ. History of skull base surgery. In: Donald PJ, editor. *Surgery of skull base*. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998. p. 3-13.

27. 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 May;71(5):586-96; discussion 96.
28. Parkinson D. Transcavernous repair of carotid cavernous fistula. Case report. *J Neurosurg*. 1967 Apr;26(4):420-4.
29. Dolenc V. Direct microsurgical repair of intracavernous vascular lesions. *J Neurosurg*. 1983 Jun;58(6):824-31.
30. Dolenc VV. A combined epi- and subdural direct approach to carotid-ophthalmic artery aneurysms. *J Neurosurg*. 1985 May;62(5):667-72.
31. Dolenc VV. *Microsurgical Anatomy and Surgery of the Central Skull Base*. Wien, Austria: Springer-Verlag; 2003.
32. Harris FS, Rhoton AL. Anatomy of the cavernous sinus. A microsurgical study. *J Neurosurg*. 1976 Aug;45(2):169-80.
33. Inoue T, Rhoton AL, Jr., Theele D, Barry ME. Surgical approaches to the cavernous sinus: a microsurgical study. *Neurosurgery*. 1990 Jun;26(6):903-32.
34. Kawase T, van Loveren H, Keller JT, Tew JM. Meningeal architecture of the cavernous sinus: clinical and surgical implications. *Neurosurgery*. 1996 Sep;39(3):527-34; discussion 34-6.
35. Krisht A, Barnett DW, Barrow DL, Bonner G. The blood supply of the intracavernous cranial nerves: an anatomic study. *Neurosurgery*. 1994 Feb;34(2):275-9;discussion 9.
36. Miyazaki Y, Yamamoto I, Shinozuka S, Sato O. Microsurgical anatomy of the cavernous sinus. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 1994 Mar;34(3):150-63.
37. Isolan G, de Oliveira E, Mattos JP. The arterial compartment of cavernous sinus: analysis of 24 cavernous sinus. *Arq Neuropsiquiatr*. 2005;63:259–64.
38. Villavicencio AT, Leveque JC, Bulsara KR, Friedman AH, Gray L. Three-dimensional computed tomographic cranial base measurements for improvement of surgical approaches to the petrous carotid artery and apex regions. *Neurosurgery*. 2001 Aug;49(2):342-52; discussion 52-3.

ARTIGO ORIGINAL EM PORTUGUÊS

5. ARTIGO ORIGINAL EM PORTUGUÊS

VOLUMETRIA E ANÁLISE DE VARIAÇÕES ANATÔMICAS DA PORÇÃO ANTERIOR DO ÁPICE PETROSO DELINEADA PELO TRIÂNGULO DE KAWASE POR TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Juliano Adams Pérez¹ e Gustavo Rassier Isolan²

¹ Radiologista do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

² Neurocirurgião do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO

Objetivo: a abordagem de lesões petroclivais através da petrosectomia anterior tem sido cada vez mais utilizada, demonstrando grande potencial para alguns tipos específicos de tumor. O objetivo deste estudo é examinar através da tomografia computadorizada o volume e variações anatômicas da porção anterior do ápice petroso delimitada pelo triângulo de Kawase, que é ressecada durante a petrosectomia anterior. **Metodologia:** estudo transversal retrospectivo realizado no Serviço de Radiologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA). Foi analisada a região anterior do ápice petroso em pacientes consecutivos acima de dezoito anos a partir de exames de tomografia computadorizada de ossos temporais do arquivo do Serviço de Radiologia. A volumetria foi realizada através de pós-processamento em uma estação de trabalho. **Resultados:** foram analisados 154 ápices petrosos de 77 pacientes (36 homens). A média do volume da região delimitada pelo triângulo de Kawase foi de $1,89 \pm 0,52 \text{ cm}^3$. A média do volume entre os homens foi de $2,01 \pm 0,58 \text{ cm}^3$ e entre as mulheres foi de $1,79 \pm 0,41 \text{ cm}^3$. As concordâncias intra e inter-observador foram consideradas excelentes com pouca variabilidade. Foram verificadas 19 variantes anatômicas, sendo 18 casos de pneumatização e um caso de uma estrutura com características vaso ou nervo da qual não encontramos descrição na literatura. **Conclusão:** O volume da região delimitada pelo triângulo de Kawase apresenta considerável variabilidade, o que pode repercutir durante a abordagem da fossa média. A volumetria desta região pode se tornar uma ferramenta útil no planejamento das petrosectomias anteriores, preparando o cirurgião para eventuais dificuldades de abordagem, além da presença de variações anatômicas.

ABSTRACT

Objective: anterior petrosectomy has become an increasingly approach for petroclival lesions and demonstrates high potential for specific kinds of lesions. This study measures by computed tomography (CT) the volume and the anatomic variants of the anterior portion of petrous apex outlined by Kawase triangle wich is resected in anterior petrosectomy. **Methods:** transversal retrospective study conducted in the Radiology Department of a tertiary care institution (Hospital de Clinicas de Porto Alegre, Porto Alegre, Brazil). We analyzed the anterior petrous apex portion outlined by Kawase triangle in consecutive patients over the age of eighteen from CT scans of temporal bone of the file of the radiology department. The volumetry was performed on a workstation. **Results:** One hundred fifty four petrosal apex were analyzed in 77 patients (36 men). The average volume of the region outlined by Kawase's triangle was $1.89 \pm 0.52 \text{ cm}^3$. The volume average in men was $2.01 \pm 0,58 \text{ cm}^3$ and the average in women was $1.79 \pm 0.41 \text{ cm}^3$. Intra and interobserver agreement were both excellent and there was little variance. Nineteen petrous apex demonstrated anatomic variations. In 18 cases it was pneumatized and in one case vascular or nerve-like structure was identified wich report we did not find in the literature. **Conclusion:** the volume of the region outlined by Kawase triangle shows considerable variability, wich may impact on middle fossa approaches. The volume measurement of anterior petrous apex may become an useful tool in planning the surgical approach and preparing the surgeon to potential difficulties, besides the presence of anatomic variants.

INTRODUÇÃO

A maioria das lesões expansivas da base do crânio apresenta considerável morbidade e mortalidade (1, 2). Normalmente, estes tumores requerem tratamento cirúrgico e o procedimento é considerado um grande desafio devido à complexa anatomia da região (1, 3-5), sendo mandatória a avaliação por imagem no pré-operatório. O desenvolvimento de abordagens para a base do crânio nas últimas três décadas contribuiu para a redução da morbimortalidade associada a procedimentos nesta topografia especialmente com técnicas através da fossa média, entre as quais a petrosectomia anterior (6, 7).

A petrosectomia anterior cria uma janela extra-dural com acesso para a metade superior do clívus, regiões petroclivais superior e média, cisternas do ângulo pontocerebelar e pré-pontina (2, 5, 8-11). Neste procedimento, é retirada a porção anterior do ápice petroso delimitada pelo triângulo de Kawase (Fig 1). Há poucos dados a respeito da área do triângulo de Kawase (10, 12-14) e, apesar de a tomografia computadorizada (TC) pré-operatória ser realizada em praticamente todos os pacientes, apenas um estudo utilizou este método de imagem para a avaliação do triângulo de Kawase (13). Contudo, a avaliação deste triângulo por TC é complicada uma vez que o triângulo é uma estrutura plana, bidimensional, não possui volume apenas área e, além disso, sua demonstração por exames de imagem requer reconstruções complexas. Já o volume da estrutura óssea delimitada pelo triângulo pode condizer mais com a realidade enfrentada pelo cirurgião. A tendência é que, quanto maior o volume da área óssea a ser ressecada, maior será o campo cirúrgico e a possibilidade de angulação de movimentos, já que pequenas variações na distância entre algumas estruturas nas cirurgias da base do crânio

podem implicar grandes limitações de movimentos que, muitas vezes, determinam maior retração cerebral e impossibilitam a ressecção total de determinado tipo de lesão (1, 13, 36). A avaliação volumétrica também facilita a detecção de variações anatômicas, informação fundamental para o cirurgião no pré-operatório.

O objetivo deste estudo é medir o volume da porção do ápice petroso delimitada pelo triângulo de Kawase através de tomografia computadorizada dos ossos temporais, além de quantificar e descrever variantes anatômicas da região.

METODOLOGIA

Estudo transversal retrospectivo realizado no Serviço de Radiologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) a partir de exames tomografias computadorizadas dos ossos temporais em pacientes consecutivos (≥ 18 anos de idade) de março de 2009 a julho de 2010 selecionados no sistema de armazenamento e distribuição de imagens do HCPA. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do HCPA e foi aplicado o Termo de Compromisso para Uso de Dados. Não foi necessário o uso de termo de consentimento informado.

Aquisição e Análise das Imagens

Os exames foram realizados em um aparelho com multi-detectores de 16 canais (Philips, modelo Brilliance 16 Power, versão de software 2.3.0, Holanda). A tomografia computadorizada dos ossos temporais foi realizada com o *gantry* angulado paralelo à linha orbito-meatal, 120 kV, 330 mA, tempo de rotação 0,75 s, colimação 16 x 0,75, matriz 1024 x 1024 e espessura de corte de 0,75 mm, sem

espaçamento entre os cortes, com filtro de convolução para realce de borda e redução de ruídos. As imagens foram pós-processadas em uma estação de trabalho com o software Voxar 3D Barco (versão 6.3, Reino Unido), em que se utiliza o módulo de segmentação 3D (tridimensional). Este módulo utiliza um algoritmo de segmentação semi-automático, definindo um limiar de Unidades de Hounsfield (HU) entre as estruturas adjacentes selecionadas pelo usuário. Esta seleção dinâmica ocorre no plano de aquisição e depende do contorno da estrutura e de sua relação com as estruturas vizinhas. A ferramenta permite que o contorno da segmentação seja replicado aos outros cortes em que a estrutura não foi delineada, reduzindo assim o número de cortes a segmentar e automaticamente calculando o volume da região selecionada.

Os parâmetros das medidas foram selecionados por um neurocirurgião especializado em base do crânio (GRI) e por um radiologista (JAP). O radiologista realizou a volumetria de todos os pacientes assim como avaliou a presença de variantes anatômicas. Com vistas a realização de testes de concordância, o radiologista repetiu a medida em 20 casos e o neurocirurgião mediu por outras 20 vezes a volumetria de ápices petrosos, sendo que, em ambas as situações, os casos foram escolhidos aleatoriamente e os medidores estavam cegados.

Foram demarcados os seguintes locais como guias da medida do volume e que deveriam estar bem demonstrados no exame: parede anterior do conduto auditivo interno, limite inferior da porção intra-petrosa (C2) da artéria carótida interna, limite medial do ápice petroso (junto da fissura petroclival), cócleas e canais semi-circulares e limite superior do ápice petroso. Deveriam ser excluídos os exames em que os parâmetros das medidas a serem realizadas não fossem adequadamente demonstrados.

Foram escolhidos também marcos anatômicos para padronizar a medida do volume, selecionando-se os cortes do estudo em que estes marcos estavam presentes para a realização da medida. A primeira mensuração era realizada no nível do nível do conduto auditivo interno, excluindo-se as estruturas da orelha interna (cócleas e canais semicirculares) (Fig. 2). A seguir, colocava-se o plano de corte ao nível do limite superior do ápice petroso para a realização da medição, preservando-se a porção intracavernosa da artéria carótida interna (Fig 3). O terceiro marco escolhido foi o segmento horizontal da porção intrapetrosa da artéria carótida interna e a medida era feita respeitando-se seu limite posterior (Fig 4). Finalmente, o plano de corte era colocado logo abaixo do nível do assoalho da porção horizontal do segmento C2 da artéria carótida interna junto da fissura petroclival (limite medial) (Fig 5). Posteriormente, através do recurso disponibilizado pela estação de trabalho, a estrutura óssea era totalmente delineada e o volume automaticamente mensurado (Fig 6).

Análise Estatística

Variáveis demográficas foram descritas através de média, desvio-padrão e intervalo (variáveis numéricas) e frequência e porcentagem (variáveis categóricas). Foi verificada a média de volume na população e também foi feita comparação entre homens e mulheres e entre os ápices petrosos que apresentaram pneumatização em relação aos que não apresentaram através do teste t para amostras independentes. Foi calculado o coeficiente de correlação intraclassa (CCI) e realizado o teste de Bland e Altman para análise de concordância intra e inter-observador.

RESULTADOS

Foram selecionadas tomografias computadorizadas de 77 pacientes, sendo 36 homens (46,7%) e a média de idade foi de 46 anos (intervalo entre 18 e 80 anos). Todos os exames demonstraram satisfatoriamente os marcos anatômicos para a realização das medidas e, portanto, nenhum foi excluído.

Foram avaliados 154 ápices petrosos (2 por paciente) e o valor médio da volumetria foi de $1,89 \text{ cm}^3 \pm 0,52 \text{ cm}^3$ (intervalo de 0,98 a $3,56 \text{ cm}^3$) A média de volume entre os homens foi de $2,01 \pm 0,58 \text{ cm}^3$ e entre as mulheres foi de $1,79 \pm 0,41 \text{ cm}^3$.

Foram verificadas variantes anatômicas em 19 avaliações. A pneumatização foi identificada em 18 ápices petrosos de 11 pacientes sendo que 7 pacientes apresentaram pneumatização bilateral e 4 pacientes, unilateral. A média de volume nos pneumatizados foi de $2,29 \pm 0,52 \text{ cm}^3$ e nos não pneumatizados de $1,84 \pm 0,5 \text{ cm}^3$. O maior valor entre os homens e entre as mulheres foi observado em ápice petroso pneumatizado ($3,56 \text{ cm}^3$ e $2,68 \text{ cm}^3$ respectivamente).

Em um caso, verificou-se uma estrutura com trajeto linear e tortuoso que se estendia desde o limite superior do ápice petroso até a fissura petroclival no nível do assoalho da porção intrapetrosa da artéria carótida interna.

O CCI foi de 0,87 ($P < 0,001$) tanto intra quanto inter-observador. Os gráficos dos testes de Bland e Altman estão demonstrados nas tabelas 1 e 2. A média de variação dos valores intra-observador foi de $0,07 \text{ cm}^3$ e o intervalo de 95% da concordância intra-observador foi de de $-0,29$ a $0,48 \text{ cm}^3$. A média de variação entre os valores inter-observador foi de $0,07 \text{ cm}^3$ e o intervalo de 95% da concordância foi de $-0,47$ a $0,34 \text{ cm}^3$.

DISCUSSÃO

A medida da área do triângulo de Kawase é relevante no estudo e desenvolvimento da petrosectomia anterior. Contudo, a estrutura óssea da porção petrosa ressecada não é propriamente um triângulo, já que não se apresenta como uma formação geométrica bidimensional mas sim tridimensional. Este é um estudo que oferece uma nova visão do triângulo de Kawase. Este triângulo seria, na realidade, uma das faces do que poderia ser classificado como uma figura geométrica espacial, espécie de pirâmide óssea, cuja base se localiza nos limites do conduto auditivo interno, cóclea e canais semicirculares e cujo vértice está junto do clívus, próximo da porção intrapetrosa da artéria carótida interna. Com isso, a medida da área do triângulo de Kawase pode ser insuficiente para caracterizar inteiramente a região a ser ressecada. A volumetria poderia ser de maior utilidade para o neurocirurgião já que leva em conta os três planos ortogonais e não apenas o formato bidimensional de um triângulo. Este estudo foi realizado para medir o volume da porção anterior do ápice petroso delimitada pelo triângulo de Kawase e para avaliar a presença de variações anatômicas nesta região através da TC. Foram avaliados 154 ápices petrosos, a média de volume foi de $1,89 \text{ cm}^3 \pm 0,52 \text{ cm}^3$ e 19 apresentaram variações anatômicas.

Provavelmente, este foi o primeiro estudo a realizar volumetria da porção do ápice petroso delimitada pelo triângulo de Kawase. Estudos prévios avaliaram a área deste triângulo. Hsu *et al* descreveram uma média de $62 \pm 43 \text{ mm}^2$ em onze peças cadavéricas (10), Maina *et al* relataram média de $106,72 \pm 19,44 \text{ mm}^2$ em dezoito peças de cadáver (13), Watanabe *et al* descreveram uma média de $81,7 \pm 23,3 \text{ mm}^2$ em doze peças (14) e nosso grupo encontrou uma média de $97,69 \pm 8,13 \text{ mm}^2$ em

vinte e duas peças cadavéricas (12).

A diferença entre as médias de volume de homens e mulheres foi estatisticamente significativa considerando-se $P=0,007$, o que mostra uma tendência no sentido de que os homens apresentem uma média de volume maior e está de acordo com as diferenças significativas entre homens e mulheres nas dimensões da área anterior do ápice petroso já descritas na literatura (12).

Encontramos uma grande variabilidade de volume da porção do ápice petroso delimitada pelo triângulo de Kawase (0,98 a 3,56 cm³) em concordância com as descrições de Villavencio *et al* que avaliaram medidas de espessura do ápice petroso através da TC e também relataram grande diversidade (15). Este achado vai de encontro à descrição encontrada na literatura de que o triângulo de Kawase apresenta área relativamente constante (14). Esta discrepância indica a importância da avaliação volumétrica da área a ser explorada e não apenas da medida bidimensional do triângulo já que a quantidade de osso a ser ressecado pode demonstrar grande variabilidade entre os indivíduos mesmo que a superfície do triângulo que delimita esta área seja relativamente constante.

A técnica para a medida do volume considerou os limites da área óssea ressecada durante a petrosectomia anterior e foi realizada através dos recursos de uma estação de trabalho. Como esta técnica nunca havia sido relatada estipulamos os parâmetros levando em conta os limites cirúrgicos da petrosectomia anterior no intuito de padronizar a medida. O ICC (0,87) foi excelente (16) e o teste de Bland e Altman demonstrou baixa variabilidade entre as medidas tanto intra quanto inter-observador, sendo que as maiores diferenças de valores foram menores que 0,5 cm³ (TABELAS 1 e 2)

A variação anatômica mais frequente foi a pneumatização do ápice petroso

(Fig 7). O conhecimento desta variação previamente ao procedimento é essencial uma vez influencia na reconstrução da base do crânio, momento em que se deve ter cuidado para evitar a formação de fistula liquórica (17). A média do volume dos ápices petrosos pneumatizados foi significativamente superior aos não pneumatizados ($P < 0,001$), sendo que, inclusive, o maior valor tanto entre os homens quanto entre as mulheres foi observado em ápices petrosos pneumatizado.

Em um dos casos, identificou-se uma estrutura provavelmente vascular ou nervosa no ápice petroso cuja descrição não encontramos na literatura (Fig 8). Este achado é discordante do clássico conceito de que a porção anterior do ápice petroso pode ser ressecada impunemente, pois é desprovida de estruturas vasculares ou nervosas (8).

O conhecimento da anatomia do paciente e de eventuais variantes anatômicas é imprescindível para o planejamento cirúrgico, o que faz com que praticamente todos os pacientes realizem TC e ressonância magnética (RM) antes da cirurgia. Nosso estudo buscou medir o volume da porção óssea delineada pelo triângulo de Kawase através de exames do arquivo do serviço justamente para testar esta medida em exames de rotina sem a necessidade de protocolo específico ou exposição adicional a radiações ionizantes, podendo a medida ser realizada em qualquer exame pré-operatório. A TC foi o método de imagem escolhido uma vez que é amplamente utilizada e apresenta resolução de imagem superior à RM, propriedade fundamental para a avaliação da complexa e delicada anatomia da base do crânio. Além disso, sua capacidade de auxiliar na medição de estruturas da base do crânio já foi testada com bons resultados na literatura (13).

Não foram selecionados ossos temporais em menores de 18 anos pois as patologias que acometem esta população e que necessitem de um corredor

anatômico através do triângulo de Kawase são raras (18, 19).

Este estudo apresenta algumas limitações. Os parâmetros da medida não necessariamente refletem o volume ósseo que realmente será retirado durante a cirurgia uma vez que esta técnica demanda conhecimento detalhado da anatomia microcirúrgica da fossa media, treinamento em laboratório de microcirurgia e experiência do cirurgião, fatores que podem determinar diferentes volumes de ressecção óssea de acordo com o cirurgião que realiza o procedimento. Afora isso, todas as volumetrias foram realizadas na mesma estação de trabalho e sua reprodutibilidade em estações de outros fabricantes não foi testada. Também não foram avaliados pacientes com lesões da base do crânio, que podem causar distorção da anatomia local e dificultar a medida.

CONCLUSÃO

A volumetria da porção anterior do ápice petroso delineada pelo triângulo de Kawase pode ser realizada através da TC com reprodutibilidade e concordância intra e inter-observador excelentes. A TC também demonstra variantes anatômicas que são relevantes ao procedimento cirúrgico. Estudos futuros poderão correlacionar o volume desta região com desfechos cirúrgicos.

FIGURAS:

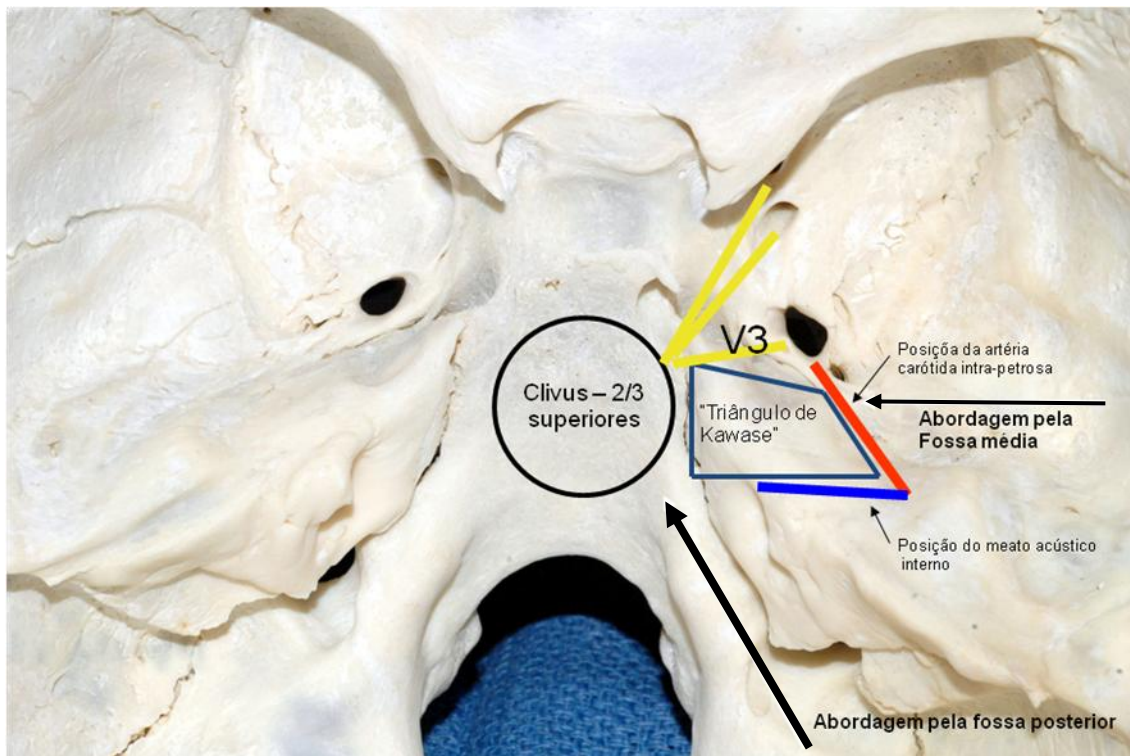


Figura 1: Peça óssea da base do crânio. Vista pósterio-superior.

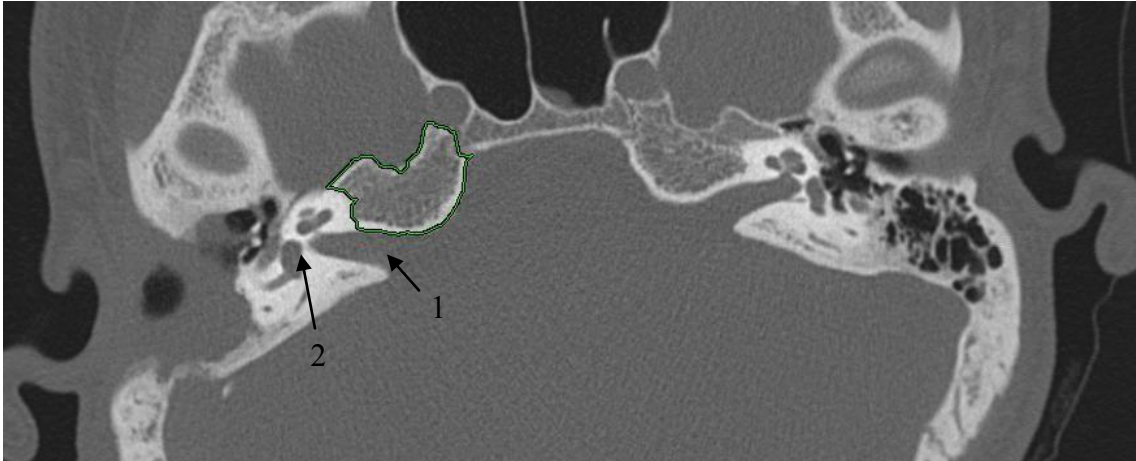


Fig 2: 1- Conduto auditivo interno. 2- Cóclea e canais semi-circulares

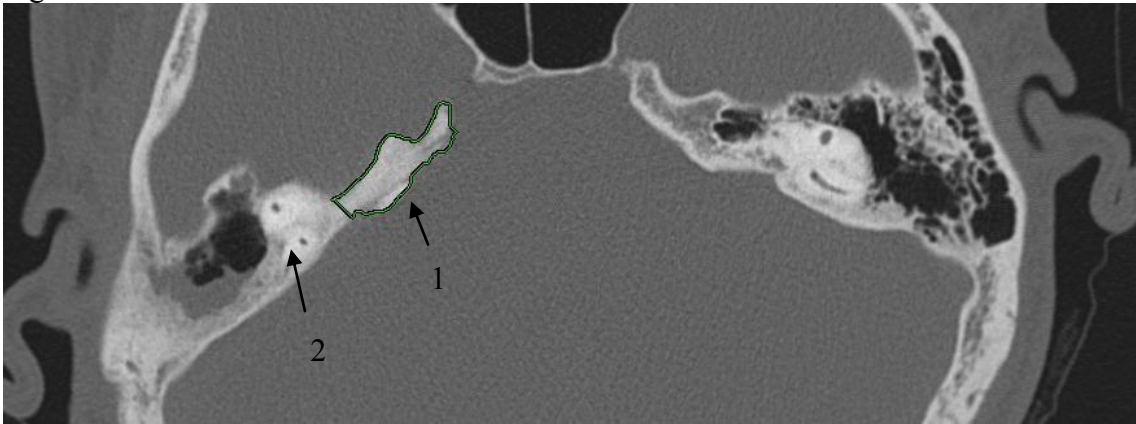


Fig 3: 1- Porção superior do ápice petroso. 2- Canal semi-circular superior.

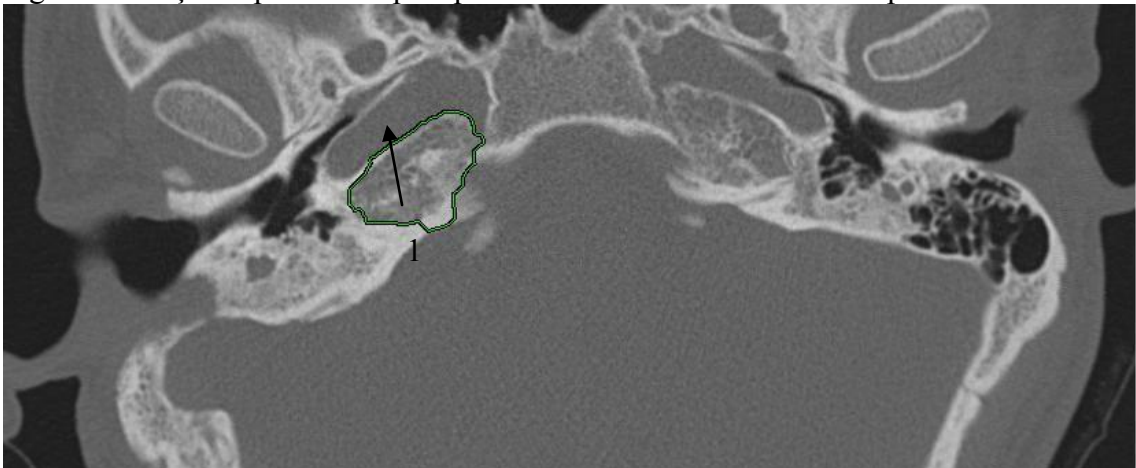


Fig 4: 1- Porção intrapetrosa da artéria carótida interna.

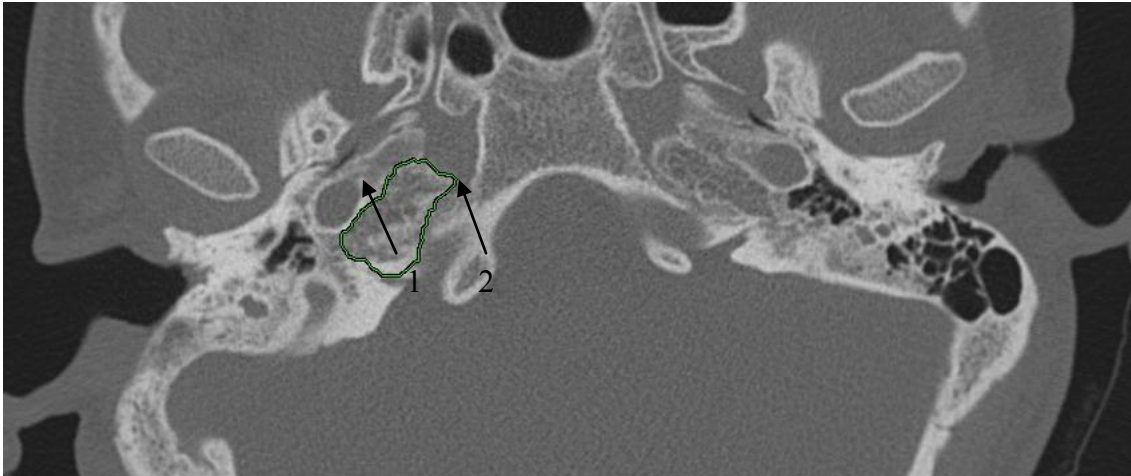


Fig 5: 1- Assoalho da porção intrapetrosa da artéria carótida interna. 2- Fissura petroclival

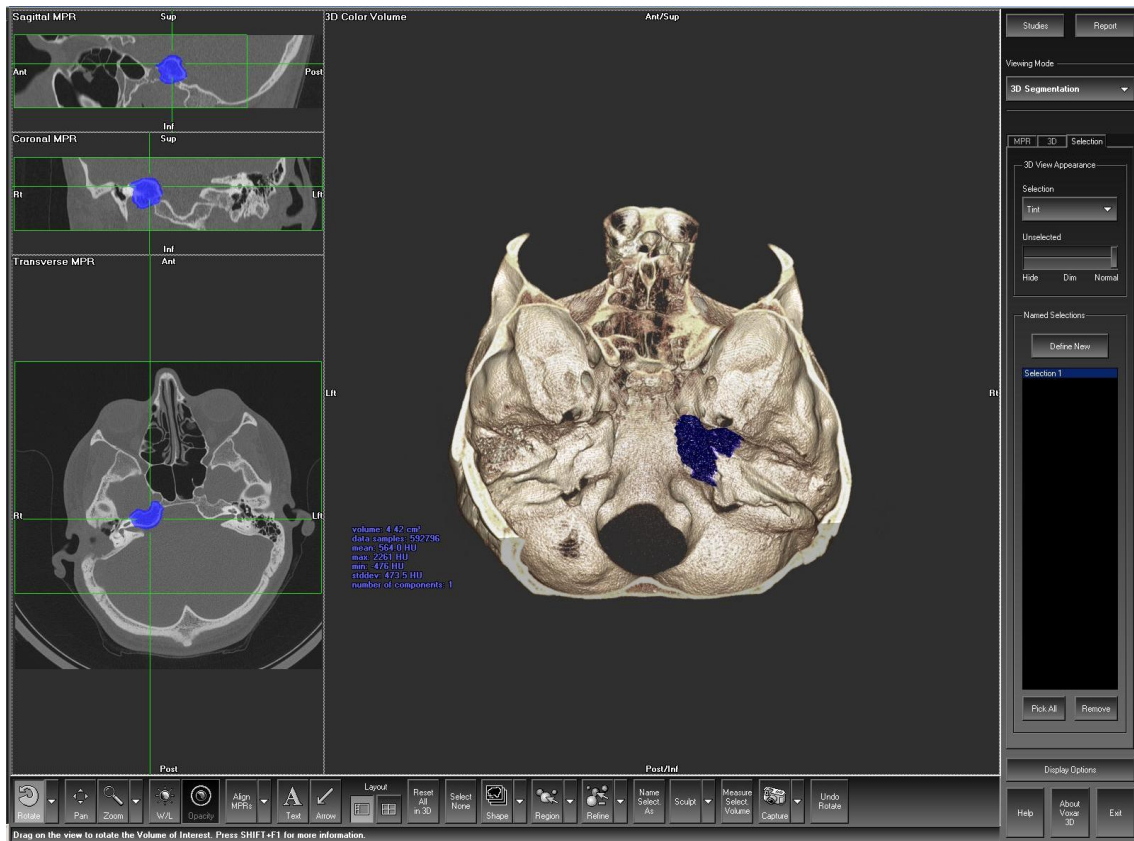


Fig 6: Volumetria de toda a estrutura.

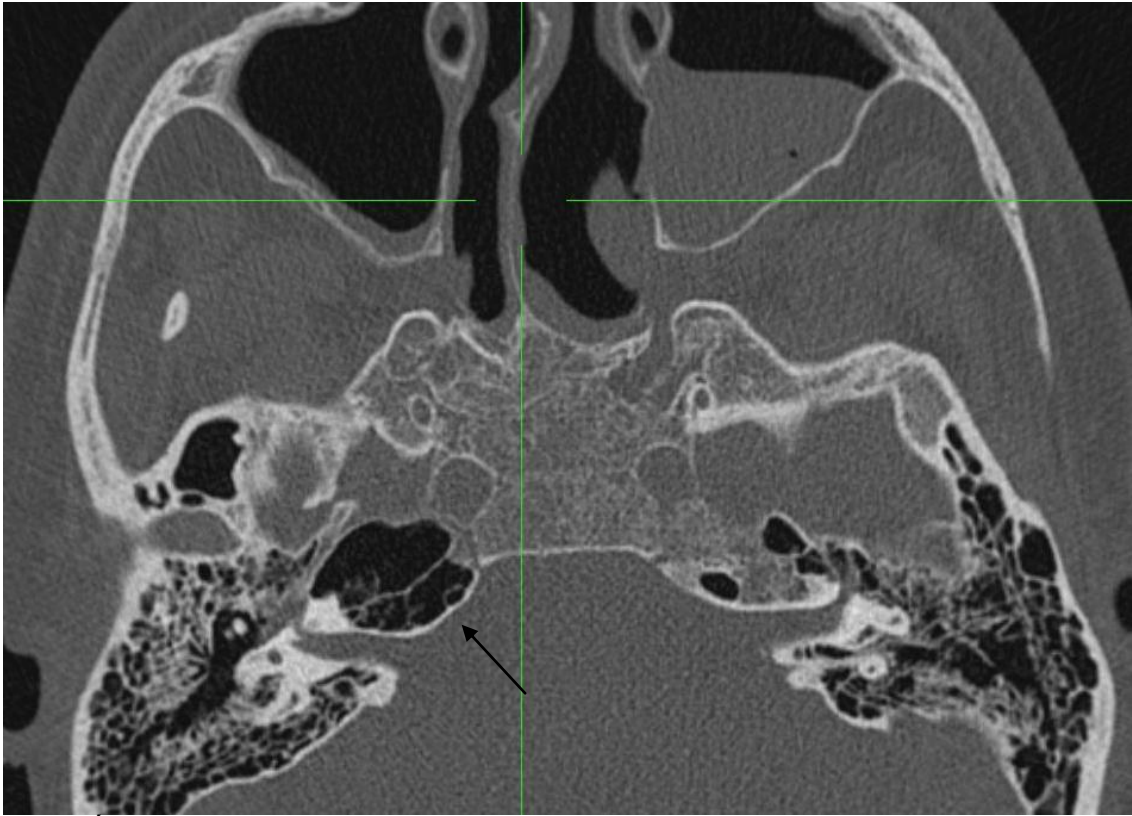
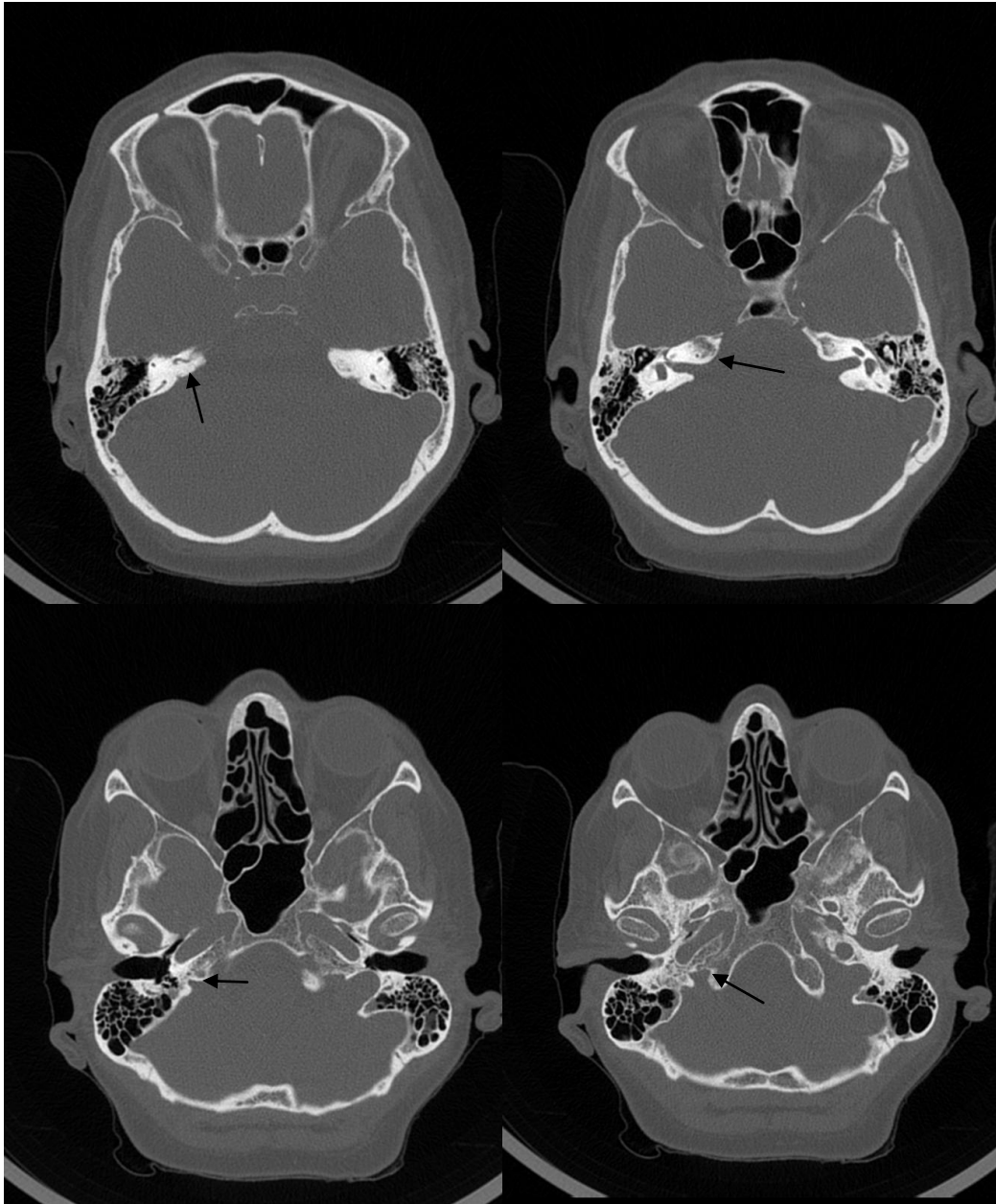


Fig 7: Ápice petroso pneumatizado.



A

B

C

D

Fig 8

Estrutura com aspecto de nervo ou vaso na porção superior do ápice petroso (A), ao nível do conduto auditivo interno (B), da porção intrapetrosa da artéria carótida interna (C) e comunicando-se com a fissura petroclival (D).

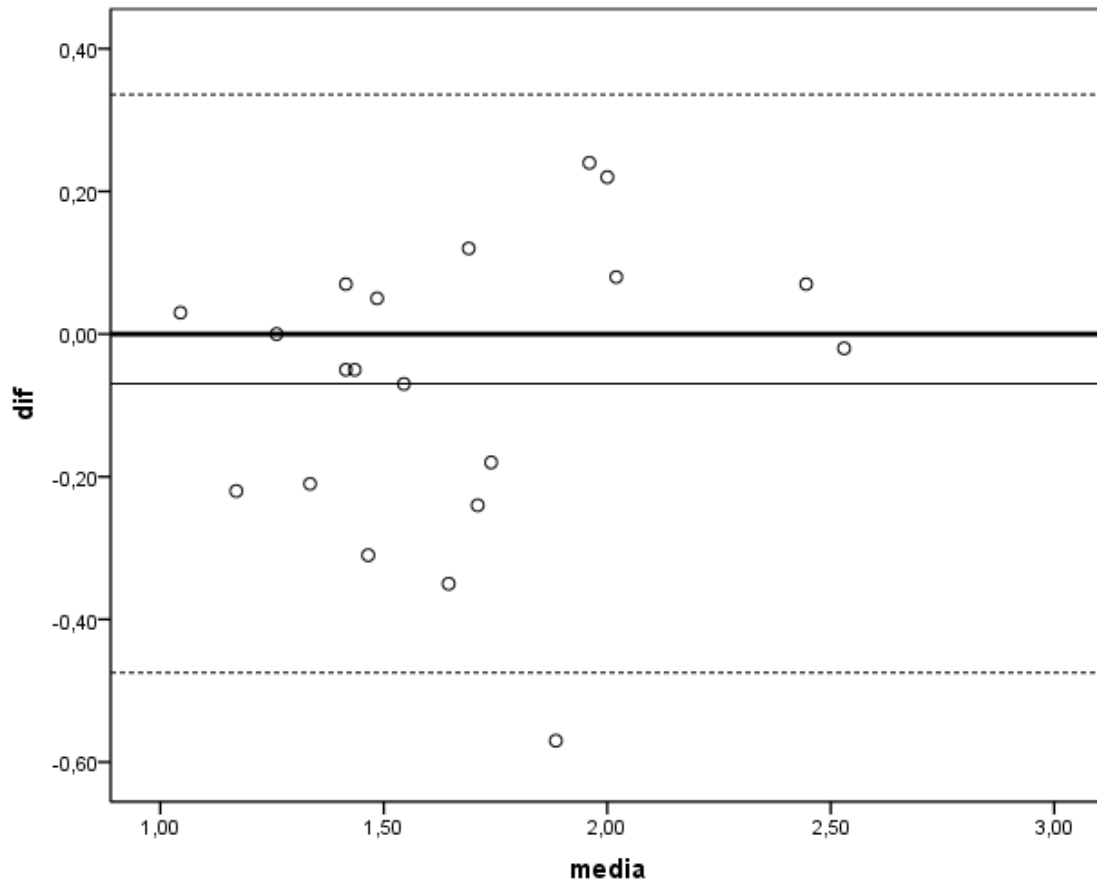


Tabela 1: Gráfico de dispersão. Teste de Bland e Altman intra-observador.

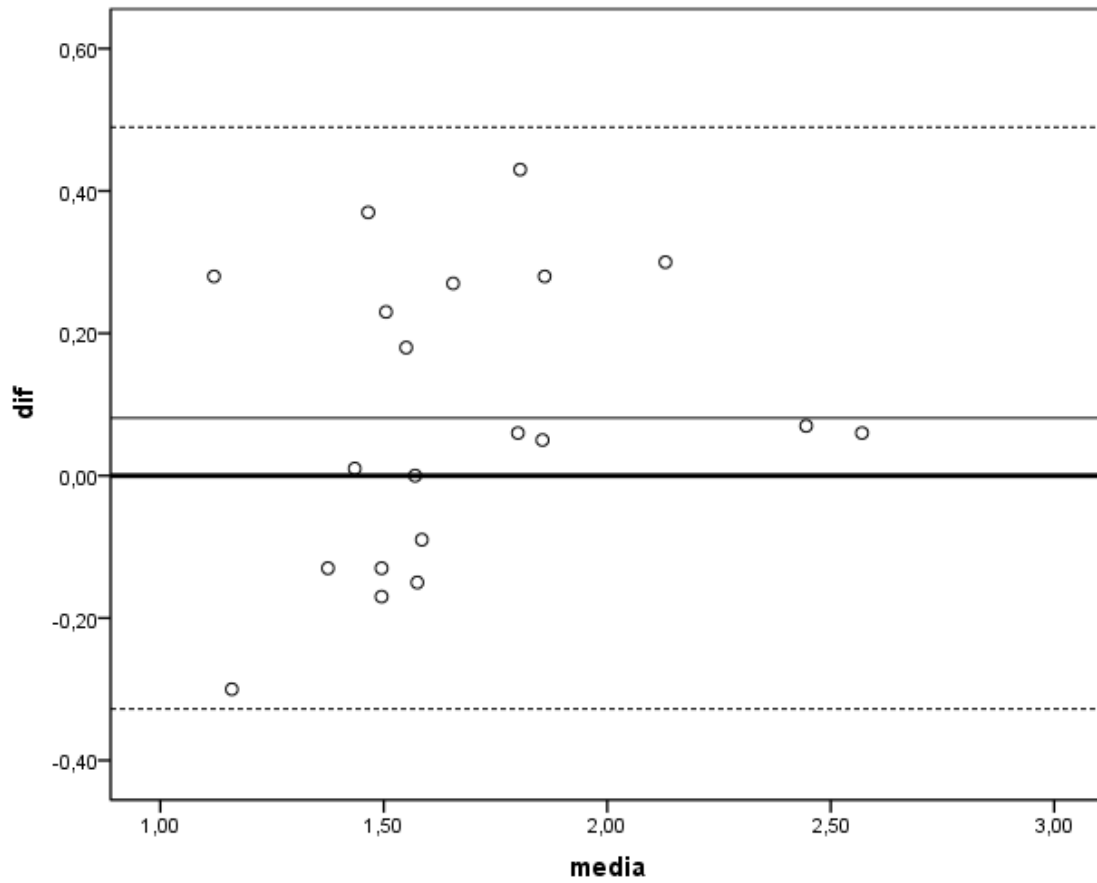


Tabela 2: Gráfico de dispersão. Teste de Bland e Altman inter-observador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Isolan GR, Rowe R, Al-Mefty O. Microanatomy and surgical approaches to the infratemporal fossa: an anaglyphic three-dimensional stereoscopic printing study. *Skull Base*. 2007 Sep;17(5):285-302.
2. Kawase T, Toya S, Shiobara R, Mine T. Transpetrosal approach for aneurysms of the lower basilar artery. *J Neurosurg*. 1985 Dec;63(6):857-61.
3. Antunes ACM, Isolan GR, Falcetta F. Tratamento dos Tumores da base do crânio e infatentoriais. In: Chaves F, Stefani, editor. *Rotinas em neurologia e neurocirurgia*. Porto Alegre: Artmed; 2008.
4. Isolan G, de Oliveira E, Mattos JP. Microsurgical anatomy of the arterial compartment of the cavernous sinus: analysis of 24 cavernous sinus. *Arq Neuropsiquiatr*. 2005 Jun;63(2A):259-64.
5. Lyons BM. Surgical anatomy of the skull base. In: Donald PJ, editor. *Surgery of skull base*. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998. p. 15-30.
6. Aristegui M, Cokkeser Y, Saleh E, Naguib M, Landolfi M, Taibah A, et al. Surgical anatomy of the extended middle cranial fossa approach. *Skull Base Surg*. 1994;4(4):181-8.
7. Erkmén K, Pravdenkova S, Al-Mefty O. Surgical management of petroclival meningiomas: factors determining the choice of approach. *Neurosurg Focus*. 2005 Aug 15;19(2):E7.
8. Chang SW, Wu A, Gore P, Beres E, Porter RW, Preul MC, et al. Quantitative comparison of Kawase's approach versus the retrosigmoid approach: implications for tumors involving both middle and posterior fossae. *Neurosurgery*. 2009 Mar;64(3 Suppl):44-51; discussion -2.
9. Day JD, Fukushima T, Giannotta SL. Microanatomical study of the extradural middle fossa approach to the petroclival and posterior cavernous sinus region: description of the rhomboid construct. *Neurosurgery*. 1994 Jun;34(6):1009-16; discussion 16.
10. Hsu FP, Anderson GJ, Dogan A, Finizio J, Noguchi A, Liu KC, et al. Extended middle fossa approach: quantitative analysis of petroclival exposure and surgical freedom as a function of successive temporal bone removal by using frameless stereotaxy. *J Neurosurg*. 2004 Apr;100(4):695-9.
11. Kawase T. Technique of anterior transpetrosal approach. *Operative Techniques in Neurosurgery*. 1999;2(1):10-7.

12. Isolan GR, Krayenbuhl N, de Oliveira E, Al-Mefty O. Microsurgical Anatomy of the Cavernous Sinus: Measurements of the Triangles in and around It. *Skull Base*. 2007 Nov;17(6):357-67.
13. Maina R, Ducati A, Lanzino G. The middle cranial fossa: morphometric study and surgical considerations. *Skull Base*. 2007 Nov;17(6):395-403.
14. Watanabe A, Nagasaki W. Anatomical Variations of the tem triangles around the cavernous sinus. *Clinical Anatomy*. 2002;16:9-14.
15. Villavicencio AT, Leveque JC, Bulsara KR, Friedman AH, Gray L. Three-dimensional computed tomographic cranial base measurements for improvement of surgical approaches to the petrous carotid artery and apex regions. *Neurosurgery*. 2001 Aug;49(2):342-52; discussion 52-3.
16. Fleiss JL. *Statistical methods for rates and proportions*. Series in probability and mathematical statistics. 2nd ed. New York: Wiley & Sons 1981.
17. al-Mefty O, Anand VK. Zygomatic approach to skull-base lesions. *J Neurosurg*. 1990 Nov;73(5):668-73.
18. Al-Mefty O, Ayoubi S, Kadri PA. The petrosal approach for the resection of retrochiasmatic craniopharyngiomas. *Neurosurgery*. 2008 May;62(5 Suppl 2):ONS331-5; discussion ONS5-6.
19. Zhou L, Luo L, Xu J, Li Q, Chen J, Jiang S, et al. Craniopharyngiomas in the posterior fossa: a rare subgroup, diagnosis, management and outcomes. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2009 Oct;80(10):1150-4.

ARTIGO ORIGINAL EM INGLÊS

6. ARTIGO ORIGINAL EM INGLÊS

VOLUMETRY AND ANALYSIS OF ANATOMICAL VARIANTS OF THE ANTERIOR PORTION OF THE PETROUS APEX OUTLINED BY KAWASE TRIANGLE USING COMPUTED TOMOGRAPHY

Juliano Adams Pérez³ e Gustavo Rassier Isolan⁴

³ Radiologist Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Master Degree Student at Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

⁴ Neurosurgeon of Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Permanent Professor of Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

ABSTRACT

Objective: anterior petrosectomy has become an increasingly approach for petroclival lesions and demonstrates high potential for specific kinds of lesions. This study measures by computed tomography (CT) the volume and the anatomic variants of the anterior portion of petrous apex outlined by Kawase triangle that is resected during anterior petrosectomy. **Methods:** transversal retrospective study conducted in the Radiology Department of a tertiary care institution (Hospital de Clinicas de Porto Alegre, Porto Alegre, Brazil). We analyzed the anterior petrous apex portion outlined by Kawase triangle in consecutive patients over the age of eighteen from CT scans of temporal bone of the file of the radiology department. The volumetry was performed on a workstation. **Results:** 154 petrosal apex were analyzed in 77 patients (36 men). The average volume of the region outlined by Kawase's triangle was $1.89 \pm 0.52 \text{ cm}^3$. The volume average in men was $2.01 \pm 0,58 \text{ cm}^3$ and the average in women was $1.79 \pm 0.41 \text{ cm}^3$. Intra and interobserver agreement were both excellent and there was little variance. Nineteen petrous apex demonstrated anatomic variations. In 18 cases it was pneumatized and in one case vascular or nerve-like structure was identified wich report we did not find in the literature. **Conclusion:** the volume of the region outlined by Kawase triangle shows considerable variability, wich may impact on middle fossa approaches. The volume measurement of anterior petrous apex may become an useful tool in planning the surgical approach and preparing the surgeon to potential difficulties, besides the presence of anatomic variants.

INTRODUCTION

Most of skull base tumors are associated with considerable morbidity and mortality rates (1, 2). Surgery is often required for treatment but it is a challenge due to the complex anatomy of the region (1-4) imaging evaluation before surgery is mandatory. Over the last 30 years, advances in approaches to the skull base mainly through the middle fossa such as anterior petrosectomy, has helped reduce morbidity and mortality associated with this tumors (5, 6).

Anterior petrosectomy creates an extra dural corridor with access to the superior half of the clivus, superior and middle petrocival areas, pontocerebellar cistern and prepontine cistern (2, 7-11). During the procedure the anterior portion of the petrous apex outlined by Kawase triangle is resected. Upon review, studies addressing the area of the kawase triangle are scarce (1, 9, 12, 13) and although computed tomography (CT) is performed pre-operatively in most patients, only one study used it to help in Kawase triangle assesment (12). However the evaluation of a triangle by CT is complicated complicated since it is a flat structure, two-dimensional, has no volume only area and moreover its demonstration by imaging require complex and laborious reconstructions. Otherwise the volume of bone structure outlined by the triangle may match more with the reality faced by the surgeon. The tendency is that the larger the volume of bone area to be resected, the greater the surgical field. This increases the possibility of tipping movements, as small changes in distance between certain structures in the skull base can lead to significant limitations of movement, brain retraction and even preclude complete resection (7, 9, 14). The volumetric evaluation

also facilitates the assessment of anatomic variations which is a very valuable information before surgery.

The objectives of the present study were to measure the volume of the portion of the petrous apex outlined by the Kawase triangle using temporal bone CT and to assess the frequency of anatomic variants.

PATIENTS AND METHODS

A retrospective cross-sectional study conducted in the Radiology Department of a tertiary care institution (Hospital de Clinicas de Porto Alegre, Porto Alegre, Brazil) was performed. The temporal bone CT scans of all consecutive adult patients (≥ 18 years of age) performed from March 2009 to July 2010 and stored in the picture and archiving communications system of the Institution were reviewed.

This study was approved by the ethics review board of the Institution and Data Use Commitment Term was applied. Individual patient consent was not required.

Image Acquisition and Analysis

All temporal bone CT scans were performed using a 16-multidetector scanner (Brilliance 16 Power 2.3.0, Phillips, Netherlands) with the following parameters: angled gantry parallel to orbitomeatal line, tube voltage of 120 kV, tube current of 330 mA, 750 msec gantry rotation time, 16 x 0.75 mm collimation, 1024 x 1024 imaging array, 0.75 mm slice thickness with no interslice gap and with a convolution filter for edge

enhancement and noise reduction. The images were post-processed on a workstation using a dedicated software (Voxar 3D Barco 6.3 version, United Kingdom), in which a semi-automatic segmentation algorithm defines a Hounsfield Unit (HU) threshold between adjacent structures selected by the user was used. This dynamic selection is performed in the acquisition plane and depends on the contour of the selected structure and its relationship with surrounding anatomy. This tool replicates the selected contour pattern to remaining images where the structure was not contoured by the user and it calculates the selected region volume.

The parameters of the measurements were selected by a neurosurgeon with expertise in skull base (G.R.I.) and by a radiologist (J.A.P.). The radiologist performed the volume measurements in all patients and assessed for anatomic variants. Both readers blinded to the previous measurements repeated 20 measurements which were selected at random.

The following locations were marked to guide the volume measurement: anterior wall of the inner ear canal, lower limit of the intra-petrous internal carotid artery, medial limit of the petrous apex (next to petroccipital fissure), superior limit of the petrous apex, cochlea and semicircular canals. Studies in which the anatomy required to perform the measurements were not adequately demonstrated should be excluded.

Landmarks were chosen to standardize the volume measurement. The first measurement was performed at the level of the internal auditory canal excluding the inner ear structures. Then, the measurement was performed on the upper level of the petrous apex excluding the intracavernous portion of internal carotid artery and the lateral limit of this measurement was the esfenopetrous fissure. The third landmark was

the horizontal segment of intrapetrous portion (C2) of internal carotid artery until its posterior limit. Finally the measurement was performed at the level of the floor of the intrapetrous internal carotid artery next to petroclival fissure (medial limit). Later the whole bone structure was totally outlined and the volume was automatically measured.

Statistical Analysis

Key demographic and clinical variables were described by using mean, SD, and range (numeric variables) or frequency and percentage (categorical variables). The volume average in the population was measured, men and women averages were compared as well as differences in average between those with and without anatomic variants using t test for independent samples. Intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated and Bland and Altman plots were generated to assess intra and inter-observer agreement

RESULTS

The CT scans of 77 patients were reviewed, including 36 men (46.7%) with a mean age of 46 years old (range from 18 to 80 years). Pre-selected anatomical landmarks were well identified in all tests and therefore none were excluded.

Mean volume of a total of 154 petrosal apices (2 per patient) was $1.89 \pm 0.52 \text{ cm}^3$ (range from 0.93 cm^3 to 3.56 cm^3). Mean volume for men was $2.01 \pm 0,58 \text{ cm}^3$ and $1.79 \pm 0.41 \text{ cm}^3$ for women.

Anatomical variants were found in 19 petrous apices. Pneumatization was found in 18 petrous apices in 11 patients. Seven had bilateral pneumatization and 4 patients had unilateral, with a mean volume of $2.29 \pm 0.52 \text{ cm}^3$ in pneumatized and $1.84 \pm 0.50 \text{ cm}^3$ in non pneumatized petrous apices. The largest volume among men and among women was observed in pneumatized petrous apices (3.56 cm^3 and 2.68 cm^3 , respectively).

In one case a linear and tortuous structure was identified which extended from the superior limit of the petrous apex to the petroclival fissure at the level of intrapetrous internal carotid artery.

ICC for both intra and interobserver was 0,87 ($P < 0,001$). Bland and Altman plots are in table 1 and 2. Mean intraobserver variation was $0,07 \text{ cm}^3$ and the 95% limits of agreement were $-0,29$ to $0,48 \text{ cm}^3$. Mean interobserver variation was $0,08 \text{ cm}^3$ and the 95% limits of agreement were $-0,47$ to $0,34 \text{ cm}^3$.

DISCUSSION

The measurement of Kawase triangle's area is relevant in the study and development of anterior petrosectomy. However, the structure of the petrous bone resected is not really a triangle since it is not a two but a three- dimensional geometric structure. This study offers a new vision of Kawase triangle. This triangle is in fact one of the sides of what could be classified as a polygon, a pyramid-like bone whose base lies within the limits of internal auditory canal, cochlea and semicircular canals and whose apex lies near the clivus, close to intrapetrous portion of internal carotid artery.

Therefore, the measurement of Kawase triangle area may be insufficient to fully characterize the region to be resected. The volumetry could be more useful to the neurosurgeon than just the measurement of the area of the triangle since it considers the three orthogonal planes and not just the two-dimensional shape of a triangle. This study was designed to measure of the volume of the petrous apex portion outlined by Kawase using CT and to assess anatomical variants. One hundred fifty four petrous apices were measured and the mean volume was $1,89 \pm 0,52 \text{ cm}^3$ and 19 showed anatomical variants.

To the best of our knowledge this is the first study to measure anterior petrous apex volume. Previous studies have addressed Kawase triangle's area. Hsu *et al* described a mean area of $62 \pm 43 \text{ mm}^2$ in 11 cadaveric specimens (9), Maina *et al* reported a mean of $106,72 \pm 19,44 \text{ mm}^2$ in 18 cadaveric specimens (12), Watanabe *et al* reported a mean of $81,7 \pm 23,3 \text{ mm}^2$ in 12 specimens (13) and our group reported a mean of $97,69 \pm 8,13 \text{ mm}^2$ in 22 cadaveric specimens (15).

The difference in mean volume of the petrous apex between men and women was statistically significant ($P=0,007$) in agreement with the significant differences between men and women in anterior apex petrous area described in the current literature (12).

We found a wide variation in the volumetry of the anterior portion of the petrous apex outlined by Kawase triangle ($3,56$ to $0,98 \text{ cm}^3$) in agreement with Villavencio *et al* descriptions who assessed petrous apex thickness by CT (14). This finding is inconsistent with Watanabi *et al* descriptions that Kawase triangle has a relatively constant area (13). This discrepancy indicates the importance of volumetry and not only

the two-dimensional measurement of the triangle area since the amount of bone to be resected may show a wide variability among individuals even if the surface of the triangle that outlines this region is relatively constant.

The technique developed for volumetric assessment considered the boundaries of the resected bone during anterior petrosectomy. Since this technique has never been reported we stipulated the parameters taking into account the surgical limits. We also tested the intra and interobserver reproducibility both were considered excellent (ICC=0,87) (16). Bland and Altman plots showed little intra and interobserver variance and the biggest differences were less than 0,5 cm³.

Petrous apex pneumatization was the most frequent anatomical variation. Knowledge of this variation prior to the procedure is essential since it influences skull base reconstruction when it is necessary to be careful to avoid liquoric fistula (17). The mean volume of pneumatized petrous apices was statistically higher than non-pneumatized and the highest volumes among men and women was observed in pneumatized petrous apex.

In one of the petrous apices we found a vascular or nerve-like structure wich description we did not find in the literature. This finding is inconsistent with the classic concept that the anterior portion of the petrous apex can be resected because it is devoid of nerve or vascular structures (7).

The knowledge of the patient's anatomy and possible anatomic variants is essential for surgical planning. Therefore CT and MRI are indicated prior to surgery. This study measured the volume of the bony portion delineated by Kawase triangle by reviewing hospital records in order to assess this approach for routine examinations

without the need for specific protocol or additional exposure to ionizing radiation so the systematic approach utilized in this study can thus be performed in any pre-operative exam. Computed tomography was the selected imaging modality since it is widely used, has superior image resolution as compared with MRI which is a fundamental property for the assessment of complex and delicate skull base anatomy. Literature reveals that computed tomography's Otherwise its capacity for skull base structures measurement has been previously tested with good results (12).

Patients under 18 years old were excluded because pathologies that affect this population and that can be treated with anterior petrosectomy (18, 19).

This study has some limitations. The measurement parameters may not reflect the real bone volume that will be resected during surgery since this technique requires detailed knowledge of fossa media microsurgical anatomy, microsurgical laboratory training and surgeon experience and these factors may determine different amounts of bone resection. Moreover all volumetries were performed on the same workstation and its reproducibility in stations from other manufacturers has not been tested. Patients with skull base lesions were not evaluated. These lesions may distort the local anatomy and make the measurement difficult.

CONCLUSION

The volumetry of petrous apex anterior portion outlined by Kawase triangle can be made by CT with excellent intra and interobserver agreement and reproducibility. There are anatomical variants in this region which are relevant to surgery. Future studies

are needed to correlate the volume of resected with surgical outcomes.

REFERENCES

1. Isolan GR, Krayenbuhl N, de Oliveira E, Al-Mefty O. Microsurgical Anatomy of the Cavernous Sinus: Measurements of the Triangles in and around It. *Skull Base*. 2007 Nov;17(6):357-67.
2. Lyons BM. Surgical anatomy of the skull base. In: Donald PJ, editor. *Surgery of skull base*. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998. p. 15-30.
3. Antunes ACM, Isolan GR, Falcetta F. Tratamento dos Tumores da base do crânio e infatentoriais. In: Chaves F, Stefani, editor. *Rotinas em neurologia e neurocirurgia*. Porto Alegre: Artmed; 2008.
4. Isolan GR, Rowe R, Al-Mefty O. Microanatomy and surgical approaches to the infratemporal fossa: an anaglyphic three-dimensional stereoscopic printing study. *Skull Base*. 2007 Sep;17(5):285-302.
5. Aristegui M, Cokkeser Y, Saleh E, Naguib M, Landolfi M, Taibah A, et al. Surgical anatomy of the extended middle cranial fossa approach. *Skull Base Surg*. 1994;4(4):181-8.
6. Erkmen K, Pravdenkova S, Al-Mefty O. Surgical management of petroclival meningiomas: factors determining the choice of approach. *Neurosurg Focus*. 2005 Aug 15;19(2):E7.
7. Chang SW, Wu A, Gore P, Beres E, Porter RW, Preul MC, et al. Quantitative comparison of Kawase's approach versus the retrosigmoid approach: implications for tumors involving both middle and posterior fossae. *Neurosurgery*. 2009 Mar;64(3 Suppl):44-51; discussion -2.
8. Day JD, Fukushima T, Giannotta SL. Microanatomical study of the extradural middle fossa approach to the petroclival and posterior cavernous sinus region: description of the rhomboid construct. *Neurosurgery*. 1994 Jun;34(6):1009-16; discussion 16.
9. Hsu FP, Anderson GJ, Dogan A, Finizio J, Noguchi A, Liu KC, et al. Extended middle fossa approach: quantitative analysis of petroclival exposure and surgical freedom as a function of successive temporal bone removal by using frameless stereotaxy. *J Neurosurg*. 2004 Apr;100(4):695-9.

10. Kawase T. Technique of anterior transpetrosal approach. *Operative Techniques in Neurosurgery*. 1999;2(1):10-7.
11. Kawase T, Toya S, Shiobara R, Mine T. Transpetrosal approach for aneurysms of the lower basilar artery. *J Neurosurg*. 1985 Dec;63(6):857-61.
12. Maina R, Ducati A, Lanzino G. The middle cranial fossa: morphometric study and surgical considerations. *Skull Base*. 2007 Nov;17(6):395-403.
13. Watanabe A, Nagasaki W. Anatomical Variations of the tem triangles around the cavernous sinus. *Clinical Anatomy*. 2002;16:9-14.
14. Villavicencio AT, Leveque JC, Bulsara KR, Friedman AH, Gray L. Three-dimensional computed tomographic cranial base measurements for improvement of surgical approaches to the petrous carotid artery and apex regions. *Neurosurgery*. 2001 Aug;49(2):342-52; discussion 52-3.
15. Isolan G, de Oliveira E, Mattos JP. Microsurgical anatomy of the arterial compartment of the cavernous sinus: analysis of 24 cavernous sinus. *Arq Neuropsiquiatr*. 2005 Jun;63(2A):259-64.
16. Fleiss JL. *Statistical methods for rates and proportions*. Series in probability and mathematical statistics. 2nd ed. New York: Wiley & Sons 1981.
17. al-Mefty O, Anand VK. Zygomatic approach to skull-base lesions. *J Neurosurg*. 1990 Nov;73(5):668-73.
18. Al-Mefty O, Ayoubi S, Kadri PA. The petrosal approach for the resection of retrochiasmatic craniopharyngiomas. *Neurosurgery*. 2008 May;62(5 Suppl 2):ONS331-5; discussion ONS5-6.
19. Zhou L, Luo L, Xu J, Li Q, Chen J, Jiang S, et al. Craniopharyngiomas in the posterior fossa: a rare subgroup, diagnosis, management and outcomes. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2009 Oct;80(10):1150-4.

FIGURES

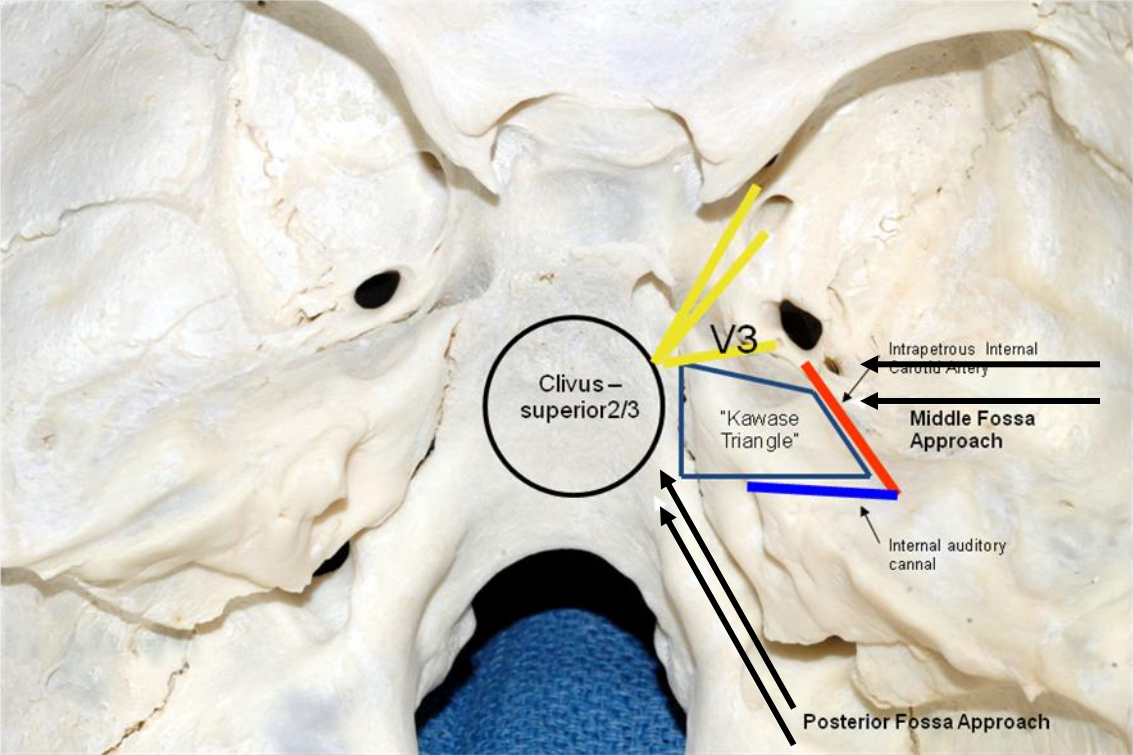


Figura 1: Cadaver specimen. Posterosuperior view.

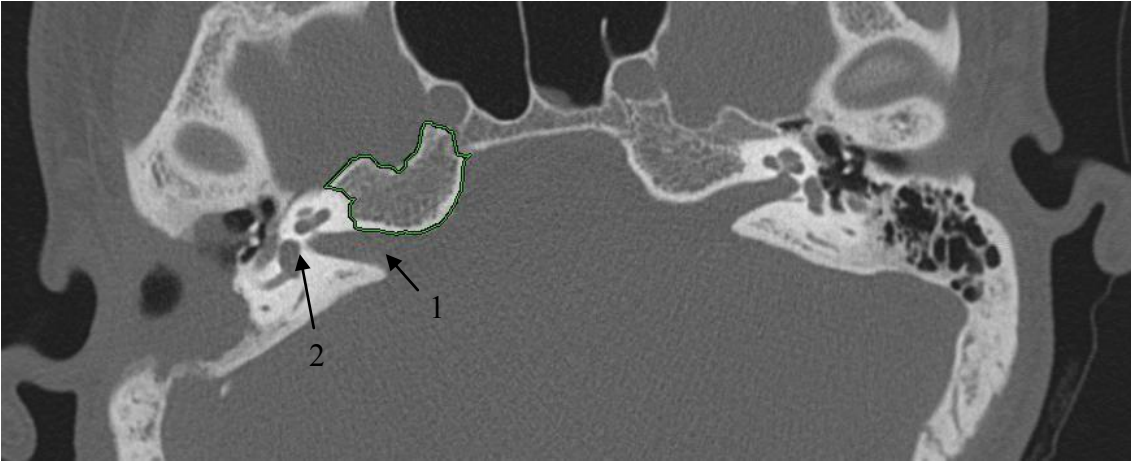


Fig 2: 1- Internal auditory canal. 2- Cochlea and semicircular canals

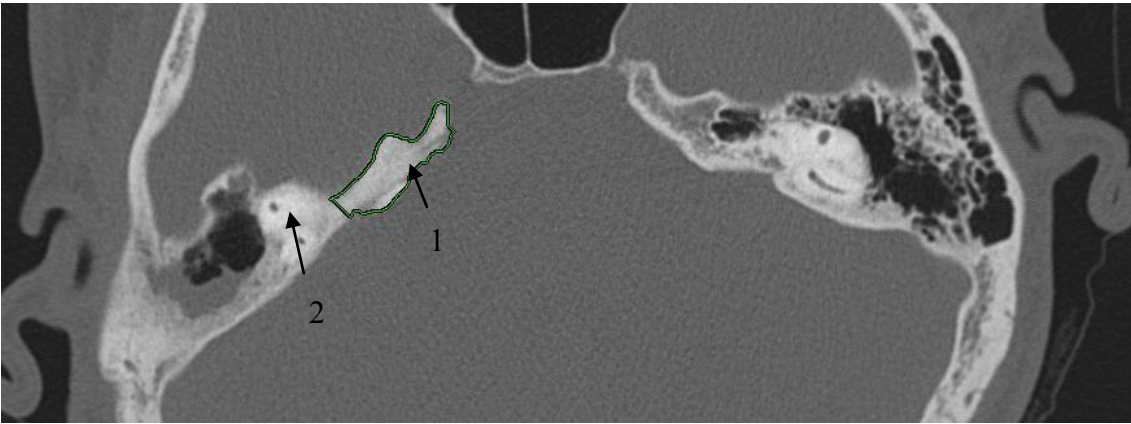


Fig 3: 1- Superior portion of the petrous apex. 2- Superior semicircular canal.

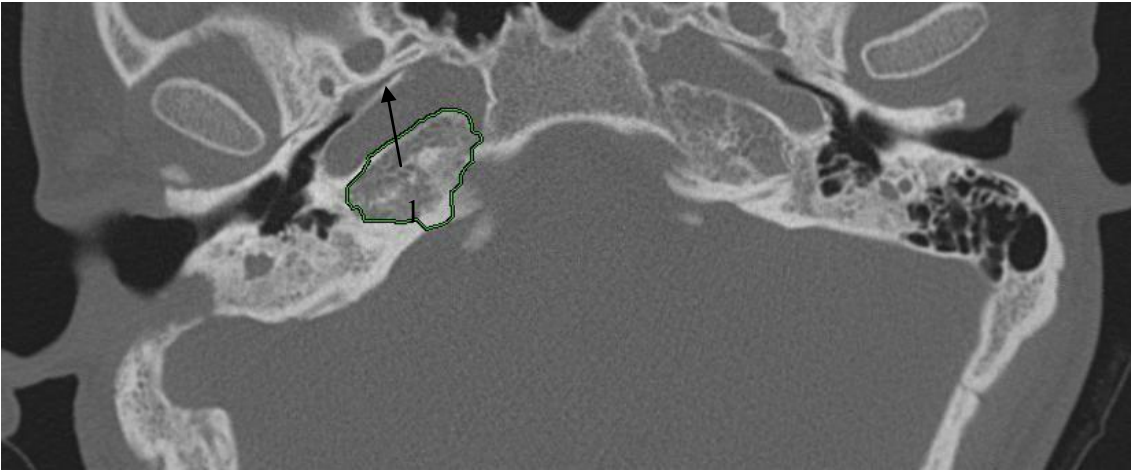


Fig 4: 1- Intrapetrous internal carotid artery.

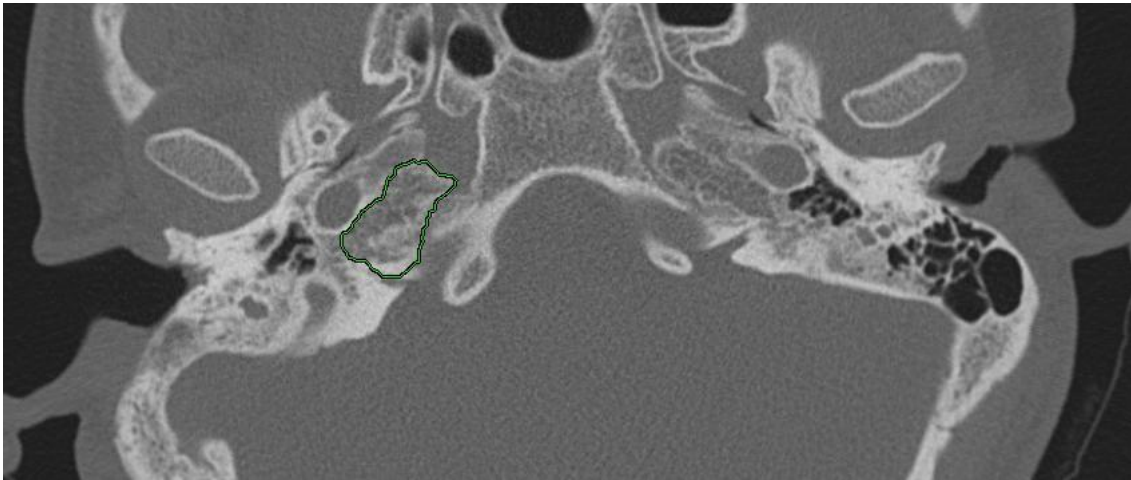


Fig 5: 1- Floor of intrapetrous internal carotid artery. 2-Petroclival fissure

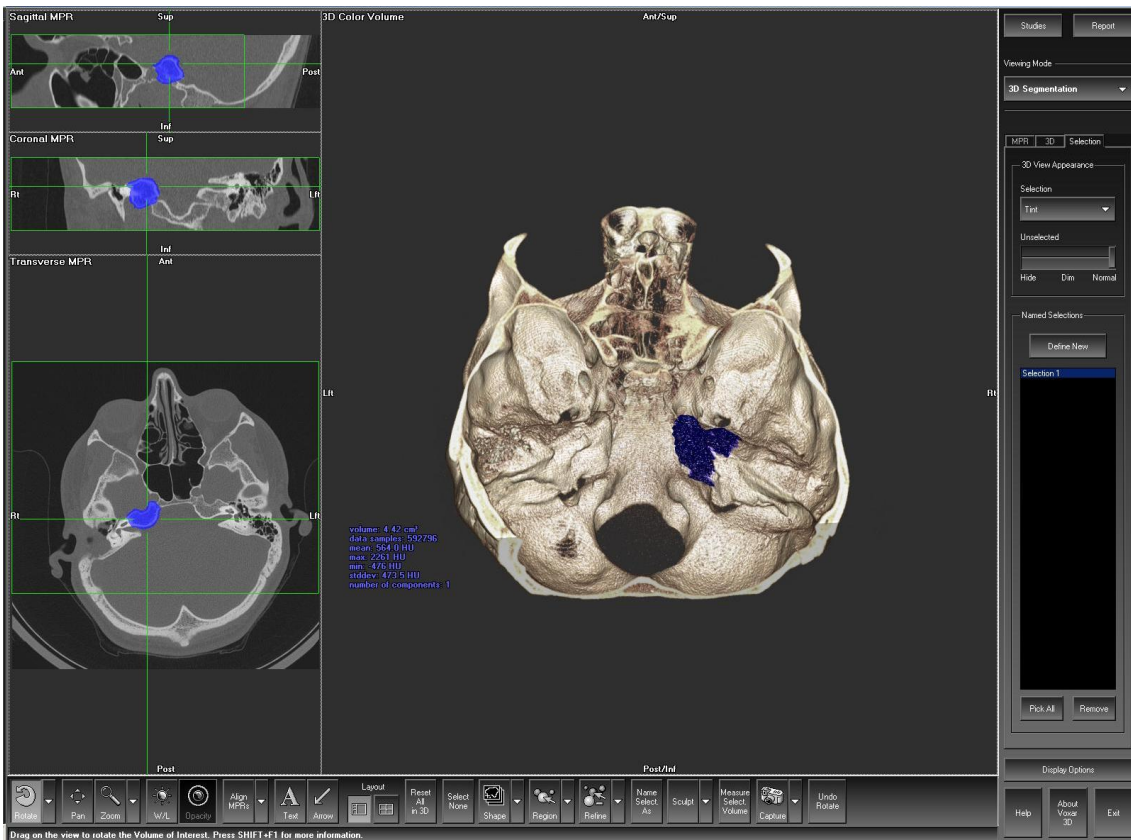


Fig 6: Volumetry of the whole structure.

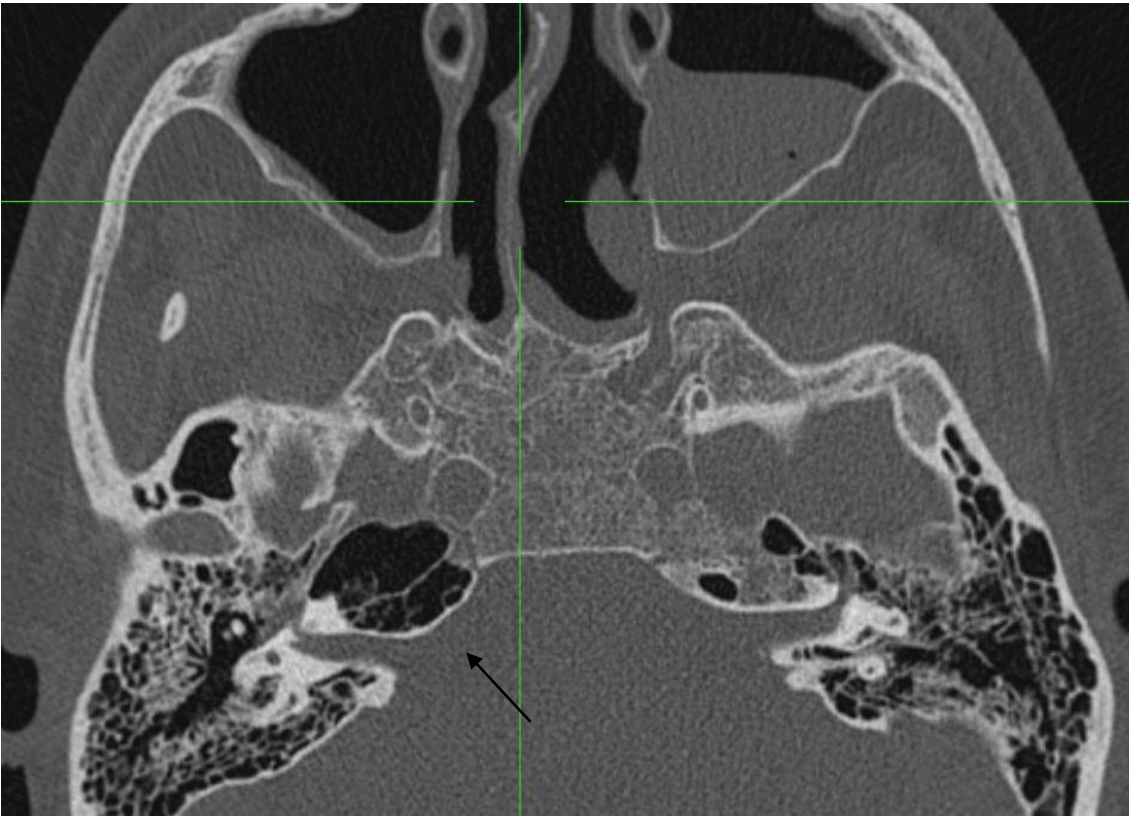
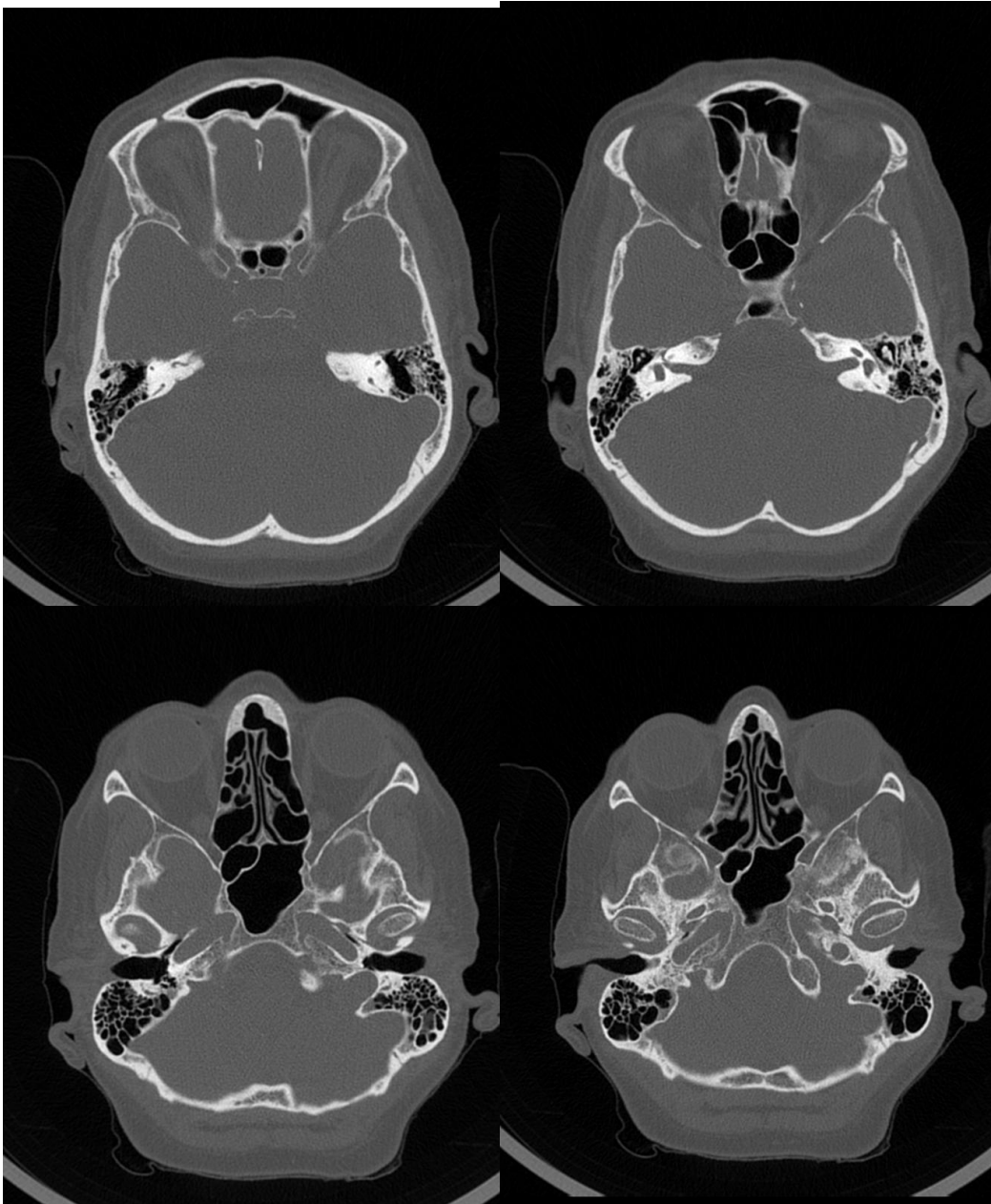


Fig 7: Pneumatized petrous apex.



A
C

B
D

Fig 8: Vascular or nerve-like structure in the superior portion of the petrous apex (A), at the level of internal auditory canal (B), intrapetrous internal carotid artery (C) and directing to petroclival fissure (D).

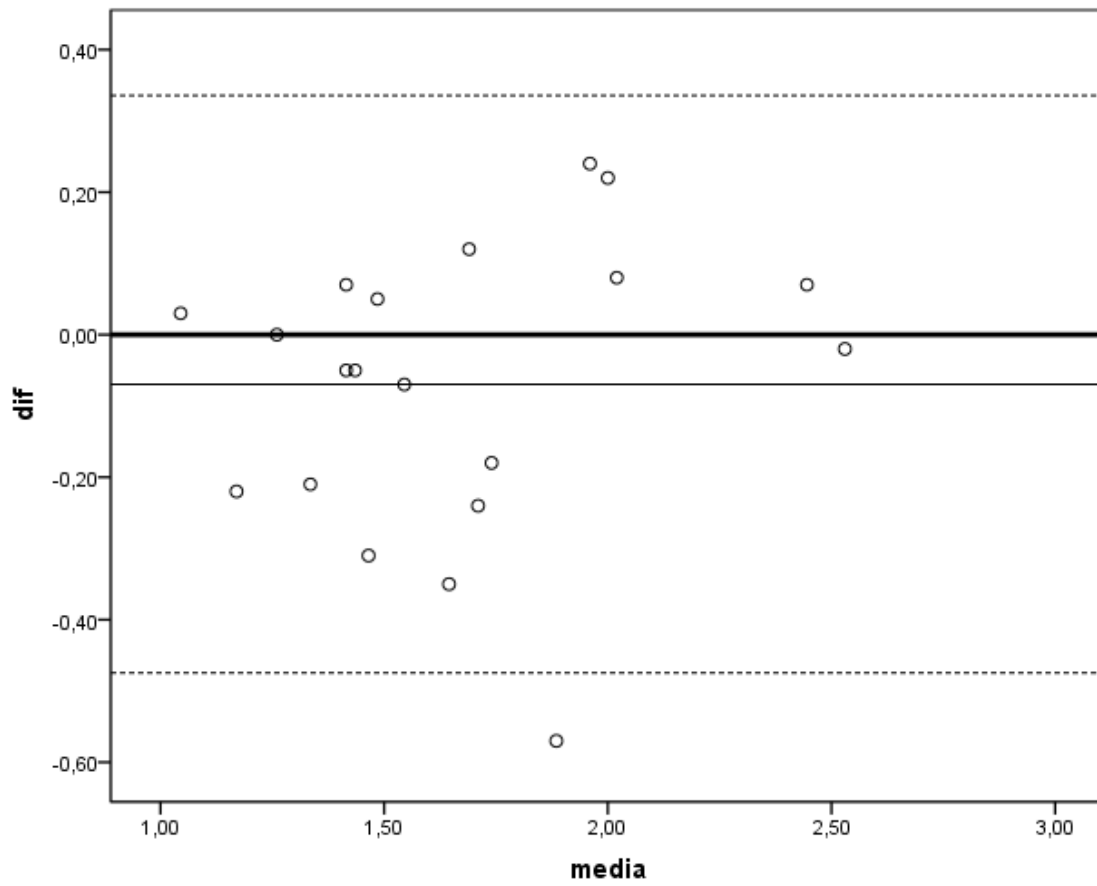


Table 1: Bland and Altman Plots. Intraobserver.

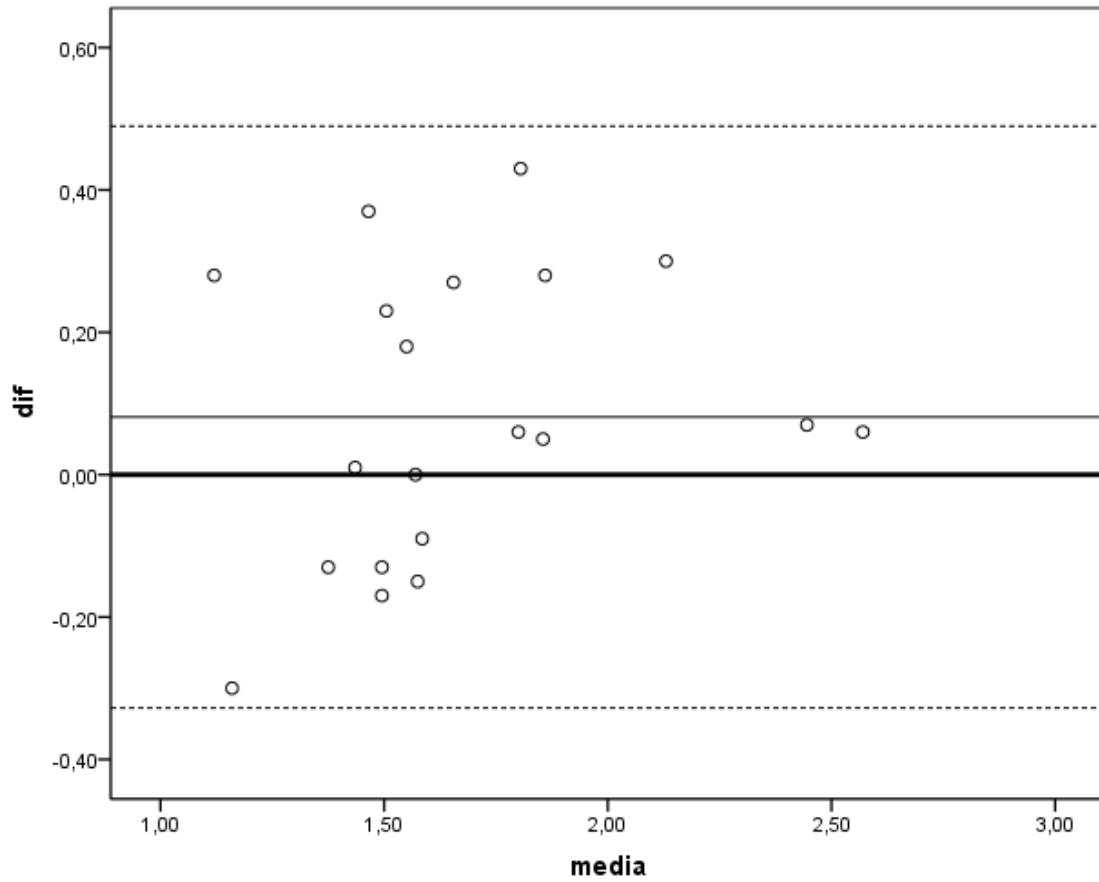


Table 2: Bland and Altman Plots. Interobserver.