RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste documento será disponibilizado somente a partir de 30/07/2028.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE MEDICINA

Giulia Ferrás

Correlação entre características morfológicas da placa carotídea por ressonância magnética e parâmetros ultrassonográficos (SWE e GSM): estudo transversal

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestra em Medicina.

Orientador: Prof. Dr. Marcone Lima Sobreira

Botucatu
2026

Giulia Ferrás

Correlação entre características morfológicas da placa carotídea por ressonância magnética e parâmetros ultrassonográficos (SWE e GSM): estudo transversal

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestra em Medicina.

Orientador: Prof. Dr. Marcone Lima Sobreira

Botucatu
2026

Ferrás, Giulia
F378c Correlação entre características morfológicas da placa carotídea por ressonância magnética e parâmetros ultrassonográficos (SWE e GSM): estudo transversal / Giulia Ferrás. -- Botucatu, 2026
49 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina, Botucatu
Orientador: Marcone Lima Sobreira

1. Correlação multimodal por imagem de características morfológicas de placas ateroscleróticas carotídeas. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE GIULIA FERRÁS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA, DA FACULDADE DE MEDICINA - CÂMPUS DE BOTUCATU.

Aos 30 de julho de 2026, às 8h30min, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de GIULIA FERRÁS, intitulada "Correlação entre características morfológicas da placa carotídea por ressonância magnética e parâmetros ultrassonográficos (SWE e GSM): estudo transversal". A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. MARCONE LIMA SOBREIRA (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Cirurgia e Ortopedia / UNESP / Câmpus de Botucatu - FMB, Prof. Dr. MATHEUS BERTANHA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Cirurgia e Ortopedia / UNESP / Câmpus de Botucatu - FMB, Prof. Dr. LUIS CARLOS UTA NAKANO (Participação Virtual) do(a) Depto. de Cirurgia / EPM/São Paulo - Unifesp, Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final:_

APROVADA . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Marcone Lima Sobreira

Prof. Dr. MARCONE LIMA SOBREIRA

Agradecimentos

A conclusão deste trabalho representa não apenas o encerramento de uma etapa acadêmica, mas a síntese de um percurso marcado por aprendizado, disciplina e amadurecimento profissional.

Agradeço, primeiramente, ao meu orientador Prof. Dr Marcone Lima Sobreira, pela condução segura, pelas contribuições científicas consistentes e pela confiança depositada ao longo de todo o desenvolvimento desta pesquisa. Sua orientação foi fundamental para a construção crítica e metodológica deste estudo.

Agradeço de forma especial ao médico radiologista Paulo Eduardo Hernandes Antunes cuja colaboração foi essencial para a elaboração e consolidação do protocolo de ressonância magnética utilizado neste estudo. Sua experiência técnica, rigor científico e disponibilidade foram determinantes para a padronização metodológica e para a qualidade das aquisições realizadas. Destaco ainda sua contribuição criteriosa na análise e emissão dos laudos, etapa fundamental para a confiabilidade dos dados e para a consistência dos resultados apresentados. Seu olhar atento e sua expertise foram decisivos para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação, pela excelência acadêmica e pela formação sólida proporcionada, que ampliou minha visão científica e fortaleceu meu compromisso com a pesquisa baseada em evidências.

Aos colegas e colaboradores, pelo apoio técnico, pelas discussões enriquecedoras e pelo compartilhamento de experiências que tornaram este percurso mais produtivo e estimulante.

À instituição e às equipes envolvidas, especialmente dos setores da Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada, pela colaboração essencial para a concretização deste trabalho.

À minha família, pelo suporte constante, compreensão nos momentos de ausência e incentivo incondicional ao longo desta trajetória.

Por fim, agradeço a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização desta dissertação.

Resumo

Introdução: A aterosclerose carotídea permanece como importante causa de eventos cerebrovasculares, e a identificação de placas vulneráveis é fundamental para aprimorar a estratificação de risco além do grau de estenose. **Objetivo:** Este estudo teve como objetivo correlacionar características morfológicas de placas carotídeas obtidas pela ressonância magnética (RNM) com medidas de rigidez pela elastografia por cisalhamento (Shear Wave Elastography – SWE) e com a mediana de escala de cinzas (Gray-scale Median – GSM) na Ultrassonografia Doppler. **Método:** Neste estudo observacional, transversal e de centro único, foram incluídos 34 pacientes com estenose carotídea grave (>70%) e exames completos. As placas foram classificadas na RNM quanto à morfologia da capa fibrosa, tamanho do núcleo lipídico/necrose (LRNC), calcificações, hemorragia/trombo intraplaca e grau de instabilidade. **Resultados:** Observou-se alta prevalência de capa fibrosa fissurada (76,4%), LRNC pequeno (70,5%) e macrocalcificações (79,4%), com predomínio de instabilidade intermediária (41,4%) e instável (44,1%). Identificou-se correlação positiva entre instabilidade e hemorragia/trombo intraplaca (Kendall 0,728; p<0,001), bem como entre instabilidade e maiores LRNC (Kendall 0,511; p=0,002), e correlação negativa entre instabilidade e calcificação (Kendall −0,449; p=0,006). Em análise exploratória, a elasticidade média apresentou distribuição não unimodal (Hartigan p=0,014), com separação em dois grupos (11 vs. 23 pacientes) e associação estatisticamente significativa entre grupo de elasticidade e categoria de calcificação na RNM (qui-quadrado p=0,041). **Conclusão:** Em síntese, neste estudo exploratório de correlação entre métodos de imagem da placa aterosclerótica carotídea, observou-se associação negativa entre a Mediana da Escala de Cinzas e o núcleo lipídico na RNM. A elasticidade média apresentou correlação positiva com os grupos de calcificação. Além disso, identificou-se tendência positiva entre o grau de instabilidade da placa e os níveis de colesterol não-HDL.

Palavras-chave (PT-BR): Imageamento por Ressonância Magnética; Elastografia por Cisalhamento; Placa carotídea; Calcificação; Hemorragia intraplaca.

Abstract

Background: Carotid atherosclerosis remains a major contributor to cerebrovascular events, and identifying vulnerable plaques is essential to refine risk stratification beyond stenosis severity alone. **Objective:** This study aimed to correlate carotid plaque morphological features assessed by magnetic resonance imaging (MRI) with tissue stiffness measured by shear wave elastography (SWE) and with gray-scale median (GSM) derived from Doppler ultrasound. **Methods:** This study was observational, cross-sectional and single-center. Thirty-four patients with severe carotid stenosis (>70%) and complete imaging datasets were included. On MRI, plaques were graded for fibrous cap morphology, lipid-rich necrotic core (LRNC) size, calcification, intraplaque hemorrhage/thrombus, and an overall plaque instability score. **Results:** A high prevalence of fissured fibrous caps (76.4%), small LRNC (70.5%), and macrocalcifications (79.4%) was observed, with most plaques classified as intermediate (41.4%) or unstable (44.1%). Plaque instability correlated positively with intraplaque hemorrhage/thrombus (Kendall 0.728; $p<0.001$) and with larger LRNC (Kendall 0.511; $p=0.002$), while showing a negative correlation with calcification grade (Kendall −0.449; $p=0.006$). In an exploratory analysis, mean elasticity exhibited a non-unimodal distribution (Hartigan $p=0.014$), enabling separation into low- and high-elasticity groups (11 vs. 23 patients) and demonstrating a significant association between elasticity grouping and MRI-defined calcification category (chi-square $p=0.041$). **Conclusion:** In summary, in this exploratory study assessing correlations among carotid atherosclerotic plaque imaging modalities, a negative association was observed between gray-scale median values and the lipid core on MRI. Mean elasticity showed a positive correlation with calcification groups. Additionally, a positive trend was identified between plaque instability grade and non-HDL cholesterol levels.

Keywords (EN): Magnetic resonance imaging; Shear wave elastography; Carotid plaque; Calcification; Intraplaque hemorrhage.

Sumário

Resumo 6
Abstract 7
1. INTRODUÇÃO 9
2. OBJETIVOS 11
3. MATERIAL E MÉTODOS 11
3.1 Aspectos Éticos 11
3.2 Desenho do Estudo 11
3.3 Amostra 12
3.4 Critérios de Inclusão e Exclusão 13
3.5 Protocolo da Ressonância Magnética (RNM) 13
3.6 Mediana de Escala de Cinzas (GSM) 17
3.7 Elastografia por Cisalhamento (SWE) 19
3.8 Tabulação dos Dados 20
3.9 Análise Estatística dos Dados 21
4. RESULTADOS 23
4.1 Análise Descritiva 23
4.1.1 Epidemiologia 23
4.1.2 Exames Laboratoriais 24
4.1.3 USG Doppler, GSM, SWE 24
4.1.4 Ressonância Magnética 25
4.2 Análise de Correlações 27
4.3 Análise Exploratória 31
5. DISCUSSÃO 32
5.1 Análise Epidemiológica e Laboratorial 33
5.2 Análise das Características no USG e SWE 34
5.3 Análise das Características na RNM 34
5.4 Análise das Correlações 36
5.5 Potencial Aplicabilidade Clínica 37
6. CONCLUSÃO 38
7. LIMITAÇÕES 38
8. DECLARAÇÃO SOBRE O USO DE FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL 38
9. REFERÊNCIAS 38
10. APÊNDICE A 45
11. APÊNDICE B 48

1. Introdução:

O acidente vascular cerebral (AVC) manifesta-se como uma doença de alta prevalência na sociedade ocidental, principalmente entre as populações mais idosas. Além disso, é uma condição que apresenta considerável morbimortalidade. Nos Estados Unidos[1]ocupa o quarto lugar na lista das causas mais comuns de óbito. Sendo assim, o AVC constitui uma enfermidade de elevado impacto social e financeiro nos sistemas de saúde.

A estenose carotídea de origem extracraniana figura entre as principais causas do AVC, contribuindo para a etiopatogenia de 8% dos acidentes vasculares cerebrais de origem isquêmica. Além disso, as oclusões da artéria carótida interna e a aterosclerose intracraniana são responsáveis por 3,5% dos casos. Isso significa que a aterosclerose no território carotídeo está conectada a 11,5% das ocorrências de AVC isquêmico.[2]

A configuração da placa aterosclerótica tem despertado o interesse da comunidade científica. Evidências na literatura têm indicado que a composição morfológica da placa carotídea, como o tamanho do núcleo lipídico, as características da capa fibrosa, a presença ou não de hemorragia ou trombo intraplaca e calcificações, podem representar um maior risco tromboembólico do que apenas o grau de estenose destas placas[3–5].Ou seja, se as placas apresentarem estas características de vulnerabilidade, mesmo placas carotídeas com estenoses inferiores a 30%[6]podem apresentar risco elevado de eventos isquêmicos, assim como, se as placas contiverem características de estabilidade, mesmo que tenham estenose elevada, podem apresentar reduzida relação com eventos isquêmicos[7–9].

A instabilidade da placa carotídea decorre da progressão da aterosclerose como um processo inflamatório crônico, no qual maior atividade inflamatória intraplaca favorece vulnerabilidade ao degradar a matriz colágena e reduzir sua síntese, enfraquecendo a capa fibrosa e predispondo ao seu afinamento e/ou ruptura [4]; em paralelo, ocorre angiogênese/neoangiogênese e aumento de permeabilidade endotelial, com formação de neocapilares frágeis que podem sangrar, levando à hemorragia intraplaca, associada à aceleração da progressão e a maior probabilidade de ruptura. Outro fator que pode levar ao enfraquecimento da capa fibrosa é o núcleo lipídico, que, à medida que aumenta, produz o afinamento da capa. Quando a capa se rompe ou se ulcera, perde sua função protetora de separar o conteúdo trombogênico do sangue, expondo-o a plaquetas e fatores de

coagulação, o que facilita trombose e tromboembolismo com eventos isquêmicos cerebrais, e, de modo clinicamente relevante, esses marcadores de vulnerabilidade (hemorragia/trombo intraplaca, ulceração, integridade da capa fibrosa, etc) podem explicar sintomas mesmo em placas não necessariamente estenóticas pelos critérios clássicos [4,5,10] . Por outro lado, as calcificações são indicadores de estabilidade para as placas. Hunt et al[11] descobriram que pacientes com placas ateromatosa calcificadas tinham maior probabilidade de serem assintomático.

Essa mudança de paradigma é impulsionada pela ressonância magnética (RNM), que é uma avaliação não invasiva da morfologia e composição da placa da artéria carótida e destaca-se como padrão-ouro[4]. A clínica-cirúrgica encontra respaldo na eficácia da imagem da placa obtida por RNM para a estratificação do risco associado à doença aterosclerótica carotídea, bem como a seleção de indivíduos aptos a passar por procedimentos de revascularização carotídea[4]. No entanto, adentrar no âmbito da imagem da placa por RNM revela uma complexidade significativa, demandando um entendimento minucioso das bases histopatológica subjacentes à forma como as diversas características da placa se manifestam na imagem.

A Mediana de Escala de Cinzas ou *Gray-scale Median* (GSM), um método utilizado na ultrassonografia é validado e apresenta correlação positiva com as características histomorfológicas da placa aterosclerótica, inclusive com as características de risco.[12–15]

A técnica de Elastografia por Cisalhamento ou *Shear Wave Elastography* (SWE), mede de forma indireta a rigidez do tecido pelo deslocamento deste após a emissão de um pulso ultrassônico, reproduzindo valores quantitativos. Conforme observado no estudo Oxford[16], placas menos rígidas apresentam maiores conteúdos lipídicos ou hemáticos, sendo placas mais instáveis, já placas mais rígidas apresentam maiores conteúdo calcificados, o que é um fator de estabilidade para a placa e acarreta menores riscos para o paciente. No entanto, ainda carecem estudos sobre o uso da elastografia para a caracterização da placa aterosclerótica.

Após o exposto, compreende-se como necessário e benéfico para a sociedade, o refinamento de técnicas de imagem por ressonância magnética para caracterização de lesões ateroscleróticas com alta precisão, com o objetivo de elevar a especificidade do exame, considerando a caracterização morfológica, e buscando novas informações que podem nortear a decisão operatória.

É hipotetizado que as características morfológicas das placas ateroscleróticas carotídeas, obtidas por RNM, estejam correlacionadas com a rigidez das placas avaliadas pela Elastografia por Cisalhamento e com a Mediana de Escala de Cinzas. Além disso, acredita-se que essa correlação possa estar associada a características epidemiológicas e laboratoriais dos pacientes, proporcionando uma compreensão mais abrangente da fisiopatologia da estenose carotídea e auxiliando na estratificação de risco e tomada de decisão terapêutica.

9. Referências

1. Ovbiagele B, Nguyen-Huynh MN. Stroke epidemiology: advancing our understanding of disease mechanism and therapy. Neurother J Am Soc Exp Neurother. julho de 2011;8(3):319–29. doi:10.1007/s13311-011-0053-1 PubMed PMID: 21691873; PubMed Central PMCID: PMC3250269.

2. Flaherty ML, Kissela B, Khoury JC, Alwell K, Moomaw CJ, Woo D, et al. Carotid artery stenosis as a cause of stroke. Neuroepidemiology. 2013;40(1):36–41. doi:10.1159/000341410 PubMed PMID: 23075828; PubMed Central PMCID: PMC3626492.

3. Nandalur KR, Baskurt E, Hagspiel KD, Phillips CD, Kramer CM. Calcified carotid atherosclerotic plaque is associated less with ischemic symptoms than is noncalcified plaque on MDCT. AJR Am J Roentgenol. janeiro de 2005;184(1):295–8. doi:10.2214/ajr.184.1.01840295 PubMed PMID: 15615991; PubMed Central PMCID: PMC2955331.

4. Benson JC, Cheek H, Aubry MC, Lanzino G, Huston Iii J, Rabinstein A, et al. Cervical Carotid Plaque MRI : Review of Atherosclerosis Imaging Features and their Histologic Underpinnings. Clin Neuroradiol. junho de 2021;31(2):295–306. doi:10.1007/s00062-020-00987-y PubMed PMID: 33398451.

5. Saba L, Moody AR, Saam T, Kooi ME, Wasserman BA, Staub D, et al. Vessel Wall-Imaging Biomarkers of Carotid Plaque Vulnerability in Stroke Prevention Trials: A viewpoint

from The Carotid Imaging Consensus Group. JACC Cardiovasc Imaging. novembro de 2020;13(11):2445–56. doi:10.1016/j.jcmg.2020.07.046 PubMed PMID: 33153534.

6. Benson JC, Saba L, Bathla G, Brinjikji W, Nardi V, Lanzino G. MR Imaging of Carotid Artery Atherosclerosis: Updated Evidence on High-Risk Plaque Features and Emerging Trends. AJNR Am J Neuroradiol. agosto de 2023;44(8):880–8. doi:10.3174/ajnr.A7921 PubMed PMID: 37385681; PubMed Central PMCID: PMC10411837.

7. Larson AS, Brinjikji W, Savastano L, Rabinstein AA, Saba L, Huston J, et al. Carotid Intraplaque Hemorrhage and Stenosis: At What Stage of Plaque Progression Does Intraplaque Hemorrhage Occur, and When is It Most Likely to Be Associated with Symptoms? AJNR Am J Neuroradiol. julho de 2021;42(7):1285–90. doi:10.3174/ajnr.A7133 PubMed PMID: 33888452; PubMed Central PMCID: PMC8324275.

8. van Dijk AC, Truijman MTB, Hussain B, Zadi T, Saiedie G, de Rotte A a. J, et al. Intraplaque Hemorrhage and the Plaque Surface in Carotid Atherosclerosis: The Plaque At RISK Study (PARISK). AJNR Am J Neuroradiol. novembro de 2015;36(11):2127–33. doi:10.3174/ajnr.A4414 PubMed PMID: 26251429; PubMed Central PMCID: PMC7964856.

9. Kamtchum-Tatuene J, Noubiap JJ, Wilman AH, Saqqur M, Shuaib A, Jickling GC. Prevalence of High-risk Plaques and Risk of Stroke in Patients With Asymptomatic Carotid Stenosis: A Meta-analysis. JAMA Neurol. 1º de dezembro de 2020;77(12):1524–35. doi:10.1001/jamaneurol.2020.2658 PubMed PMID: 32744595; PubMed Central PMCID: PMC7400201.

10. Singh N, Moody AR, Roifman I, Bluemke DA, Zavodni AEH. Advanced MRI for carotid plaque imaging. Int J Cardiovasc Imaging. 21 de agosto de 2015;32:83. doi:10.1007/s10554-015-0743-6 PubMed PMID: 26293362.

11. Hunt JL, Fairman R, Mitchell ME, Carpenter JP, Golden M, Khalapyan T, et al. Bone Formation in Carotid Plaques: A Clinicopathological Study. Stroke. maio de 2002;33(5):1214–9. doi:10.1161/01.STR.0000013741.41309.67

12. Biasi GM, Froio A, Diethrich EB, Deleo G, Galimberti S, Mingazzini P, et al. Carotid Plaque Echolucency Increases the Risk of Stroke in Carotid Stenting: The Imaging in Carotid Angioplasty and Risk of Stroke (ICAROS) Study. Circulation. 10 de agosto de 2004;110(6):756–62. doi:10.1161/01.CIR.0000138103.91187.E3

13. Sztajzel R, Momjian S, Momjian-Mayor I, Murith N, Djebaili K, Boissard G, et al. Stratified gray-scale median analysis and color mapping of the carotid plaque: correlation with endarterectomy specimen histology of 28 patients. Stroke. abril de 2005;36(4):741–5. doi:10.1161/01.STR.0000157599.10026.ad PubMed PMID: 15705933.

14. Spanos K, Tzorbatzoglou I, Lazari P, Maras D, Giannoukas AD. Carotid artery plaque

echomorphology and its association with histopathologic characteristics. J Vasc Surg. dezembro de 2018;68(6):1772–80. doi:10.1016/j.jvs.2018.01.068 PubMed PMID: 29803682.

15. Nicolaides AN, Kakkos SK, Griffin M, Sabetai M, Dhanjil S, Tegos T, et al. Severity of asymptomatic carotid stenosis and risk of ipsilateral hemispheric ischaemic events: results from the ACSRS study. Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg. setembro de 2005;30(3):275–84. doi:10.1016/j.ejvs.2005.04.031 PubMed PMID: 16130207.

16. Redgrave J, Lovett J, Gallagher P, Rothwell P. Histological Assessment of 526 Symptomatic Carotid Plaques in Relation to the Nature and Timing of Ischemic Symptoms. Circulation. 16 de maio de 2006;113(19):2320–8. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.105.589044

17. Scheffler M, Pellaton A, Boto J, Barnaure I, Delattre BM, Remuinan J, et al. Hemorrhagic Plaques in Mild Carotid Stenosis: The Risk of Stroke. Can J Neurol Sci J Can Sci Neurol. março de 2021;48(2):218–25. doi:10.1017/cjn.2020.177 PubMed PMID: 32799939.

18. Lovett JK, Gallagher PJ, Hands LJ, Walton J, Rothwell PM. Histological correlates of carotid plaque surface morphology on lumen contrast imaging. Circulation. 12 de outubro de 2004;110(15):2190–7. doi:10.1161/01.CIR.0000144307.82502.32 PubMed PMID: 15466633.

19. Kassem M, Florea A, Mottaghy FM, van Oostenbrugge R, Kooi ME. Magnetic resonance imaging of carotid plaques: current status and clinical perspectives. Ann Transl Med. outubro de 2020;8(19):1266. doi:10.21037/atm-2020-cass-16 PubMed PMID: 33178798; PubMed Central PMCID: PMC7607136.

20. Murata K, Murata N, Chu B, Watase H, Hippe DS, Balu N, et al. Characterization of Carotid Atherosclerotic Plaques Using 3-Dimensional MERGE Magnetic Resonance Imaging and Correlation With Stroke Risk Factors. Stroke. fevereiro de 2020;51(2):475–80. doi:10.1161/STROKEAHA.119.027779

21. Saba L, Yuan C, Hatsukami TS, Balu N, Qiao Y, DeMarco JK, et al. Carotid Artery Wall Imaging: Perspective and Guidelines from the ASNR Vessel Wall Imaging Study Group and Expert Consensus Recommendations of the American Society of Neuroradiology. Am J Neuroradiol. 11 de janeiro de 2018. doi:10.3174/ajnr.A5488 PubMed PMID: 29326139.

22. Porambo ME, DeMarco JK. MR imaging of vulnerable carotid plaque. Cardiovasc Diagn Ther. agosto de 2020;10(4):1019–31. doi:10.21037/cdt.2020.03.12 PubMed PMID: 32968658; PubMed Central PMCID: PMC7487401.

23. Hatsukami TS, Ross R, Polissar NL, Yuan C. Visualization of fibrous cap thickness and rupture in human atherosclerotic carotid plaque in vivo with high-resolution magnetic resonance imaging. Circulation. 29 de agosto de 2000;102(9):959–64. doi:10.1161/01.cir.102.9.959 PubMed PMID: 10961958.

24. Stary HC. Natural history and histological classification of atherosclerotic lesions: an

update. Arterioscler Thromb Vasc Biol. maio de 2000;20(5):1177–8. doi:10.1161/01.atv.20.5.1177 PubMed PMID: 10807728.

25. Cai JM, Hatsukami TS, Ferguson MS, Small R, Polissar NL, Yuan C. Classification of human carotid atherosclerotic lesions with in vivo multicontrast magnetic resonance imaging. Circulation. 10 de setembro de 2002;106(11):1368–73. doi:10.1161/01.cir.0000028591.44554.f9 PubMed PMID: 12221054.

26. Nicolaides AN, Kakkos SK, Kyriacou E, Griffin M, Sabetai M, Thomas DJ, et al. Asymptomatic internal carotid artery stenosis and cerebrovascular risk stratification. J Vasc Surg. dezembro de 2010;52(6):1486-1496.e1-5. doi:10.1016/j.jvs.2010.07.021 PubMed PMID: 21146746.

27. van Dam-Nolen DHK, van Egmond NCM, Koudstaal PJ, van der Lugt A, Bos D. Sex Differences in Carotid Atherosclerosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. Stroke. fevereiro de 2023;54(2):315–26. doi:10.1161/STROKEAHA.122.041046 PubMed PMID: 36444718; PubMed Central PMCID: PMC9855762.

28. Ji X, Leng XY, Dong Y, Ma YH, Xu W, Cao XP, et al. Modifiable risk factors for carotid atherosclerosis: a meta-analysis and systematic review. Ann Transl Med. novembro de 2019;7(22):632. doi:10.21037/atm.2019.10.115 PubMed PMID: 31930033; PubMed Central PMCID: PMC6944535.

29. Ramnarine KV, Garrard JW, Kanber B, Nduwayo S, Hartshorne TC, Robinson TG. Shear wave elastography imaging of carotid plaques: feasible, reproducible and of clinical potential. Cardiovasc Ultrasound. 8 de dezembro de 2014;12:49. doi:10.1186/1476-7120-12-49 PubMed PMID: 25487290; PubMed Central PMCID: PMC4293004.

30. Casadei A, Floreani M, Catalini R, Serra C, Assanti AP, Conci P. Sonographic characteristics of carotid artery plaques: Implications for follow-up planning? J Ultrasound. 23 de junho de 2012;15(3):151–7. doi:10.1016/j.jus.2012.06.002 PubMed PMID: 23458826; PubMed Central PMCID: PMC3565685.

31. Cloutier G, Cardinal MHR, Ju Y, Giroux MF, Lanthier S, Soulez G. Carotid Plaque Vulnerability Assessment Using Ultrasound Elastography and Echogenicity Analysis. AJR Am J Roentgenol. outubro de 2018;211(4):847–55. doi:10.2214/AJR.17.19211 PubMed PMID: 30160989.

32. Školoudík D, Kešnerová P, Vomáčka J, Hrbáč T, Netuka D, Forostyak S, et al. Shear-Wave Elastography Enables Identification of Unstable Carotid Plaque. Ultrasound Med Biol. julho de 2021;47(7):1704–10. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2021.03.026 PubMed PMID: 33931284.

33. Shaalan WE, Cheng H, Gewertz B, McKinsey JF, Schwartz LB, Katz D, et al. Degree of

carotid plaque calcification in relation to symptomatic outcome and plaque inflammation. J Vasc Surg. agosto de 2004;40(2):262–9. doi:10.1016/j.jvs.2004.04.025 PubMed PMID: 15297819.

34. Kwee RM. Systematic review on the association between calcification in carotid plaques and clinical ischemic symptoms. J Vasc Surg. abril de 2010;51(4):1015–25. doi:10.1016/j.jvs.2009.08.072 PubMed PMID: 20045615.

35. Zureik M, Bureau JM, Temmar M, Adamopoulos C, Courbon D, Bean K, et al. Echogenic Carotid Plaques Are Associated With Aortic Arterial Stiffness in Subjects With Subclinical Carotid Atherosclerosis. Hypertension. março de 2003;41(3):519–27. doi:10.1161/01.HYP.0000054978.86286.92

36. Ota H, Yu W, Underhill HR, Oikawa M, Dong L, Zhao X, et al. Hemorrhage and large lipid-rich necrotic cores are independently associated with thin or ruptured fibrous caps: An In vivo 3T MRI study. Arterioscler Thromb Vasc Biol. outubro de 2009;29(10):1696–701. doi:10.1161/ATVBAHA.109.192179 PubMed PMID: 19608971; PubMed Central PMCID: PMC2750883.

37. Freilinger TM, Schindler A, Schmidt C, Grimm J, Cyran C, Schwarz F, et al. Prevalence of nonstenosing, complicated atherosclerotic plaques in cryptogenic stroke. JACC Cardiovasc Imaging. abril de 2012;5(4):397–405. doi:10.1016/j.jcmg.2012.01.012 PubMed PMID: 22498329.

38. Grimm JM, Schindler A, Freilinger T, Cyran CC, Bamberg F, Yuan C, et al. Comparison of symptomatic and asymptomatic atherosclerotic carotid plaques using parallel imaging and 3 T black-blood in vivo CMR. J Cardiovasc Magn Reson Off J Soc Cardiovasc Magn Reson. 24 de maio de 2013;15(1):44. doi:10.1186/1532-429X-15-44 PubMed PMID: 23705576; PubMed Central PMCID: PMC3693990.

39. Saam T, Raya JG, Cyran CC, Bochmann K, Meimarakis G, Dietrich O, et al. High resolution carotid black-blood 3T MR with parallel imaging and dedicated 4-channel surface coils. J Cardiovasc Magn Reson Off J Soc Cardiovasc Magn Reson. 27 de outubro de 2009;11(1):41. doi:10.1186/1532-429X-11-41 PubMed PMID: 19860875; PubMed Central PMCID: PMC2773764.

40. Wasserman BA, Sharrett AR, Lai S, Gomes AS, Cushman M, Folsom AR, et al. Risk factor associations with the presence of a lipid core in carotid plaque of asymptomatic individuals using high-resolution MRI: the multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA). Stroke. fevereiro de 2008;39(2):329–35. doi:10.1161/STROKEAHA.107.498634 PubMed PMID: 18174475.

41. Albuquerque LC, Narvaes LB, Maciel AA, Staub H, Friedrich M, Filho JRH, et al.

Intraplaque hemorrhage assessed by high-resolution magnetic resonance imaging and C-reactive protein in carotid atherosclerosis. J Vasc Surg. dezembro de 2007;46(6):1130–7. doi:10.1016/j.jvs.2007.07.041 PubMed PMID: 17920229.

42. Saam T, Underhill HR, Chu B, Takaya N, Cai J, Polissar NL, et al. Prevalence of American Heart Association type VI carotid atherosclerotic lesions identified by magnetic resonance imaging for different levels of stenosis as measured by duplex ultrasound. J Am Coll Cardiol. 11 de março de 2008;51(10):1014–21. doi:10.1016/j.jacc.2007.10.054 PubMed PMID: 18325441.

43. Kerwin WS, Hatsukami T, Yuan C, Zhao XQ. MRI of carotid atherosclerosis. AJR Am J Roentgenol. março de 2013;200(3):W304-313. doi:10.2214/AJR.12.8665 PubMed PMID: 23436876; PubMed Central PMCID: PMC5520985.

44. Underhill HR, Hatsukami TS, Cai J, Yu W, DeMarco JK, Polissar NL, et al. A noninvasive imaging approach to assess plaque severity: the carotid atherosclerosis score. AJNR Am J Neuroradiol. junho de 2010;31(6):1068–75. doi:10.3174/ajnr.A2007 PubMed PMID: 20093315; PubMed Central PMCID: PMC2885536.

45. Zhao XQ, Hatsukami TS, Hippe DS, Sun J, Balu N, Isquith DA, et al. Clinical factors associated with high-risk carotid plaque features as assessed by magnetic resonance imaging in patients with established vascular disease (from the AIM-HIGH Study). Am J Cardiol. 1º de novembro de 2014;114(9):1412–9. doi:10.1016/j.amjcard.2014.08.001 PubMed PMID: 25245415; PubMed Central PMCID: PMC4195846.

46. Virani SS, Catellier DJ, Pompeii LA, Nambi V, Hoogeveen RC, Wasserman BA, et al. Relation of cholesterol and lipoprotein parameters with carotid artery plaque characteristics: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) carotid MRI study. Atherosclerosis. dezembro de 2011;219(2):596–602. doi:10.1016/j.atherosclerosis.2011.08.001 PubMed PMID: 21868017; PubMed Central PMCID: PMC3226845.