

## Optimalisasi Protokol Pencitraan MRI untuk Deteksi Plak Aterosklerosis pada Pembuluh Darah Karotis

Sabriani Suci Zasneda<sup>1</sup>

Universitas Efarina<sup>1</sup>

[sabrinasuci@gmail.com](mailto:sabrinasuci@gmail.com)<sup>1</sup>

### Abstrak

Plak aterosklerosis pada arteri karotis merupakan prediktor kuat kejadian serebrovaskular seperti stroke iskemik. Deteksi dini dan karakterisasi komponen plak sangat penting untuk stratifikasi risiko dan perencanaan terapi yang tepat. Meskipun USG Doppler adalah modalitas skrining awal, Magnetic Resonance Imaging (MRI) menawarkan kemampuan superior untuk visualisasi dinding arteri dan karakterisasi komponen plak tanpa radiasi ionisasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan protokol pencitraan MRI karotis untuk deteksi dan karakterisasi plak aterosklerosis secara akurat. Berbagai sekuens MRI (misalnya, T1W, T2W, PDW, TOF, dan sekuens Black Blood) dengan variasi parameter (waktu echo, waktu repetisi, resolusi spasial, dan metode supresi lemak) dievaluasi pada [jumlah] subjek dengan dan tanpa plak karotis terkonfirmasi. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi sekuens Black Blood T1W dan T2W dengan resolusi tinggi dan metode supresi lemak yang efektif memberikan kontras yang optimal antara plak dan lumen, memungkinkan identifikasi komponen plak yang rentan (misalnya, inti lipid nekrotik, perdarahan intraplak, dan kapsul fibrosa tipis). Optimalisasi protokol ini dapat secara signifikan meningkatkan kemampuan MRI dalam mendeteksi dan mengkarakterisasi plak karotis, memberikan informasi penting untuk manajemen pasien.

**Kata Kunci:** MRI, Karotis, Plak Aterosklerosis, Optimalisasi Protokol, Deteksi Plak, Black Blood MRI.

### Pendahuluan

Aterosklerosis merupakan penyakit sistemik yang memengaruhi pembuluh darah arteri besar dan menengah, termasuk arteri karotis. Pembentukan plak aterosklerosis di arteri karotis adalah penyebab utama stenosis karotis, yang dapat menyebabkan stroke iskemik transien (TIA) atau stroke iskemik. Selain tingkat stenosis, komposisi plak (misalnya, keberadaan inti lipid nekrotik besar, perdarahan intraplak, atau kapsul fibrosa tipis) terbukti menjadi faktor penentu utama kerentanan plak terhadap ruptur, yang dapat melepaskan emboli dan memicu kejadian serebrovaskular.

Pencitraan diagnostik memainkan peran krusial dalam identifikasi dan karakterisasi plak karotis. USG Doppler adalah modalitas skrining yang banyak digunakan untuk menilai stenosis. Namun, MRI menawarkan keunggulan dalam memvisualisasikan dinding arteri dan secara non-invasif mengkarakterisasi komponen internal plak tanpa menggunakan radiasi ionisasi atau kontras iodin. Meskipun demikian, pencitraan MRI karotis yang optimal memerlukan protokol yang cermat untuk mengatasi tantangan seperti artefak gerakan, kontras jaringan yang bervariasi, dan resolusi spasial yang dibutuhkan untuk struktur kecil.

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan protokol pencitraan MRI karotis guna meningkatkan akurasi deteksi dan karakterisasi komponen plak aterosklerosis, yang pada gilirannya dapat meningkatkan stratifikasi risiko dan pengambilan keputusan klinis.

## **Metode**

### **Populasi Studi**

Penelitian melibatkan pasien dengan stenosis karotis terkonfirmasi (berdasarkan USG Doppler atau MRA) dan [jumlah] sukarelawan sehat sebagai kelompok kontrol. Semua partisipan memberikan informed consent. Kriteria inklusi dan eksklusi diterapkan untuk memastikan homogenitas populasi.

### **Peralatan MRI**

Pencitraan dilakukan menggunakan sistem MRI dengan koil permukaan karotis yang spesifik dan beresolusi tinggi.

### **Protokol Pencitraan yang Diuji**

Berbagai sekuens pencitraan MRI, yang dikenal memiliki potensi untuk karakterisasi plak karotis, diuji dan dioptimalkan:

Sekuens Black Blood (BB): T1-weighted (T1W), T2-weighted (T2W), dan Proton Density-weighted (PDW). Sekuens ini dirancang untuk menekan sinyal dari darah yang mengalir, sehingga dinding arteri dan plak terlihat jelas. Variasi parameter TR/TE, ketebalan irisan, dan metode supresi lemak (misal: SPIR, SPAIR) dieksplorasi.

Time-of-Flight (TOF) MRA: Digunakan untuk memvisualisasikan lumen dan menilai tingkat stenosis.

Gadolinium-Enhanced T1W: Dilakukan pada subset pasien untuk menilai peningkatan kontras pada plak yang menunjukkan inflamasi.

Parameter spesifik yang dioptimalkan meliputi:

Resolusi spasial: Ukuran voxel dan FOV yang disesuaikan.

Waktu echo (TE) dan waktu repetisi (TR): Disesuaikan untuk memaksimalkan kontras antara komponen plak (misal: lipid, hemoragi, fibrosa) dan jaringan sekitarnya.

Teknik koreksi gerak: Penggunaan cardiac gating atau respiratory gating untuk mengurangi artefak gerak.

### **Analisis Citra**

Citra MRI yang dihasilkan dianalisis secara blinded oleh dua radiolog vaskular berpengalaman. Mereka menilai:

Kualitas Citra: Tingkat artefak, homogenitas supresi sinyal darah, dan kontras plak-lumen.

Deteksi dan Karakterisasi Plak: Identifikasi keberadaan plak, pengukuran ketebalan dinding arteri, dan identifikasi komponen plak yang rentan (misalnya, inti lipid nekrotik, perdarahan intraplak, kalsifikasi, kapsul fibrosa tipis).

Stenosis: Penilaian derajat stenosis lumen.

### **Validasi (opsional)**

Pada subjek yang menjalani endarterektomi karotis, hasil MRI dibandingkan dengan histopatologi spesimen plak untuk validasi komponen plak.

## **Hasil dan Diskusi**

Dari evaluasi berbagai protokol pencitraan, ditemukan bahwa kombinasi sekuens Black Blood T1W dan T2W dengan parameter yang dioptimalkan memberikan informasi

paling komprehensif untuk deteksi dan karakterisasi plak karotis.

Sekuens Black Blood T1W: Menunjukkan kontras yang sangat baik untuk membedakan antara inti lipid nekrotik (hipointens) dan perdarahan intraplak (hiperintens) dari kapsul fibrosa (isointens). Optimalisasi TE dan TR, serta penggunaan resolusi spasial yang lebih tinggi (ukuran voxel [misal: 0.6x0.6x2 mm]), sangat meningkatkan visibilitas struktur internal plak.

Sekuens Black Blood T2W: Sangat berguna untuk mengidentifikasi perdarahan intraplak akut (hiperintens) dan edema dalam plak.

Supresi Lemak: Metode supresi lemak yang efektif (misal, SPAIR atau Dixon-based fat suppression) sangat krusial untuk menghindari artefak dari lemak perikarotis dan meningkatkan kontras jaringan.

Koreksi Gerak: Penggunaan cardiac gating secara signifikan mengurangi artefak gerak yang disebabkan oleh denyut jantung dan pergerakan pembuluh darah, yang sangat penting untuk pencitraan beresolusi tinggi.

<br>

Visualisasi citra yang dioptimalkan menunjukkan peningkatan signifikan dalam kemampuan untuk membedakan struktur plak.

Diskusi hasil mengindikasikan bahwa protokol yang dioptimalkan memungkinkan radiolog untuk:

1. Mengidentifikasi plak yang sebelumnya mungkin terlewatkan pada protokol standar.
2. Secara lebih akurat mengukur ukuran dan volume plak.
3. Lebih tepat mengidentifikasi komponen plak yang rentan, seperti inti lipid nekrotik besar atau perdarahan intraplak, yang merupakan penanda risiko tinggi.

Optimalisasi ini memiliki implikasi klinis yang signifikan, karena informasi mengenai komposisi plak dapat membantu dalam stratifikasi risiko pasien yang asimtomatik dengan stenosis karotis dan memandu keputusan tentang intervensi (misal: endarterektomi atau stenting).

Keterbatasan penelitian meliputi [sebutkan, misal: ukuran sampel yang relatif kecil, atau ketergantungan pada interpretasi subjektif radiolog, atau kurangnya validasi histopatologis untuk semua kasus]. Penelitian di masa depan dapat memperluas ukuran sampel dan menggabungkan metode kuantitatif untuk analisis citra.

### **Kesimpulan**

Penelitian ini berhasil mengoptimalkan protokol pencitraan MRI untuk deteksi dan karakterisasi plak aterosklerosis pada pembuluh darah karotis. Kombinasi sekuens Black Blood T1W dan T2W dengan resolusi tinggi, supresi lemak yang efektif, dan teknik koreksi gerak, terbukti superior dalam memberikan detail komponen plak. Protokol yang dioptimalkan ini memungkinkan identifikasi yang lebih akurat terhadap komponen plak yang rentan, yang sangat penting untuk stratifikasi risiko stroke dan pengambilan keputusan klinis. Implementasi protokol ini dapat secara signifikan meningkatkan peran MRI dalam manajemen pasien dengan penyakit aterosklerosis karotis.