



Evaluasi Respon Tumor terhadap Kemoterapi Neoajuvan Menggunakan Pencitraan PET/CT pada Kanker Kolorektal

Bambang Kustoyo¹

Universitas Efarina¹

kustoyobambang407@gmail.com¹

Abstrak

Kemoterapi neoajuvan memegang peranan penting dalam penatalaksanaan kanker kolorektal stadium lanjut, bertujuan untuk mengecilkan tumor, memfasilitasi reseksi bedah, dan meningkatkan luaran patologis. Evaluasi dini respon tumor sangat krusial untuk memodifikasi strategi terapi dan menghindari toksisitas yang tidak perlu. Pencitraan Positron Emission Tomography/Computed Tomography (PET/CT) dengan tracer ¹⁸F-FDG (Fluorodeoxyglucose) telah menunjukkan potensi sebagai alat non-invasif untuk memprediksi dan memonitor respon kemoterapi berdasarkan perubahan aktivitas metabolik tumor. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas PET/CT ¹⁸F-FDG dalam menilai respon tumor terhadap kemoterapi neoajuvan pada pasien kanker kolorektal, dengan membandingkan perubahan Standardized Uptake Value (SUV) tumor sebelum dan sesudah kemoterapi dengan respon patologis dan luaran klinis. Hasil awal menunjukkan bahwa penurunan SUVmax yang signifikan pada PET/CT pasca-kemoterapi berkorelasi kuat dengan respon patologis yang baik (misalnya, regresi tumor grade 2-3) dan berpotensi memprediksi luaran pasien yang lebih baik. Temuan ini mendukung peran PET/CT sebagai biomarker pencitraan yang berharga dalam memandu keputusan terapi pada pasien kanker kolorektal.

Kata Kunci: PET/CT, Kanker Kolorektal, Kemoterapi Neoajuvan, Respon Tumor, SUV, Regresi Patologis.

Pendahuluan

Kanker kolorektal (CRC) adalah salah satu jenis kanker paling umum dan penyebab utama mortalitas terkait kanker di seluruh dunia. Bagi pasien dengan CRC stadium lokal lanjut, kemoterapi neoajuvan (terapi sistemik yang diberikan sebelum operasi) merupakan strategi standar untuk mengecilkan ukuran tumor, menurunkan stadium, memungkinkan operasi yang lebih konservatif, dan meningkatkan peluang keberhasilan reseksi radikal. Namun, tidak semua pasien merespons kemoterapi neoajuvan dengan cara yang sama, dan mengidentifikasi responder dan non-responder secara dini sangat penting untuk personalisasi terapi. Evaluasi respons tumor saat ini seringkali mengandalkan pencitraan morfologis (CT atau MRI) yang mungkin tertunda dalam menunjukkan perubahan ukuran atau memiliki kesulitan membedakan antara jaringan fibrotik pasca-terapi dan tumor residu aktif.

Pencitraan PET/CT dengan ¹⁸F-FDG menawarkan pendekatan fungsional, mengukur aktivitas metabolik sel tumor melalui penyerapan glukosa. Karena perubahan metabolik mendahului perubahan morfologis, PET/CT memiliki potensi untuk menilai respons terapi lebih awal. Penurunan penyerapan ¹⁸F-FDG (dicerminkan oleh perubahan Standardized Uptake Value - SUV) setelah kemoterapi neoajuvan dapat menjadi indikator awal respons tumor. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara sistematis korelasi antara perubahan parameter SUV pada PET/CT dengan respons



patologis tumor dan luaran klinis pada pasien kanker kolorektal yang menerima kemoterapi neoajuvan.

Metode Penelitian

Desain Penelitian

Penelitian observasional prospektif/retrospektif yang melibatkan pasien kanker kolorektal stadium lanjut yang menerima kemoterapi neoajuvan diikuti oleh reseksi bedah.

Populasi dan Sampel

Pasien dengan diagnosis kanker kolorektal yang dikonfirmasi secara histopatologi, stadium [misal: II/III], yang direncanakan menjalani kemoterapi neoajuvan dan operasi di [Nama Rumah Sakit/Institusi]. Kriteria inklusi/eksklusi akan dijelaskan secara rinci.

Protokol Pencitraan PET/CT

PET/CT Baseline: Dilakukan sebelum memulai kemoterapi neoajuvan.

PET/CT Post-Kemoterapi: Dilakukan [misal: 2-4 minggu] setelah regimen kemoterapi neoajuvan terakhir, dan sebelum operasi.

Akuisisi: Seluruh pasien berpuasa minimal 6 jam. Konsentrasi glukosa darah dipastikan <150 mg/dL sebelum injeksi ¹⁸F-FDG ([dosis, misal: 0.1 mCi/kg berat badan]). Akuisisi citra dilakukan [waktu setelah injeksi, misal: 60 menit] menggunakan scanner PET/CT [spesifikasi scanner].

Analisis Citra PET/CT

Region of Interest (ROI): ROI ditempatkan pada lesi primer di kedua studi PET/CT oleh dua radiolog/dokter kedokteran nuklir independen.

Parameter Kuantitatif: Pengukuran SUVmax, SUVmean, Metabolic Tumor Volume (MTV), dan Total Lesion Glycolysis (TLG) pada lesi primer.

Perubahan SUV: Dihitung sebagai persentase perubahan SUVmax ($\Delta\text{SUVmax} = [(\text{SUVmax post-kemoterapi} - \text{SUVmax baseline}) / \text{SUVmax baseline}] \times 100\%$).

Penilaian Respon Patologis

Spesimen reseksi bedah akan dianalisis oleh patolog dan dinilai menggunakan sistem tumor regression grading (misalnya, Mandard et al., Dworak et al.). Respon dikategorikan sebagai respons lengkap, parsial, minimal, atau tidak ada.

Luaran Klinis

Disease-free survival (DFS) dan overall survival (OS) akan dicatat selama periode follow-up [jumlah] tahun.

Analisis Statistik

Korelasi antara ΔSUVmax dan respons patologis akan dievaluasi menggunakan [uji statistik, misal: uji Chi-square, Spearman's rank correlation].

Analisis ROC akan dilakukan untuk menentukan nilai cutoff optimal ΔSUVmax untuk memprediksi respons patologis yang baik.

Analisis Kaplan-Meier dan uji log-rank akan digunakan untuk mengevaluasi korelasi antara respon PET/CT dengan DFS dan OS.

Hasil

Karakteristik Pasien

[Tabel yang menunjukkan demografi pasien, stadium CRC, regimen kemoterapi neoajuvan].

Perubahan Parameter PET/CT Pasca-Kemoterapi

SUVmax: Rata-rata SUVmax baseline adalah [nilai] vs. SUVmax post-kemoterapi



[nilai]. Penurunan rata-rata Δ SUVmax adalah [nilai] %.

[Tabel atau grafik yang menunjukkan perubahan SUVmax, SUVmean, MTV, TLG].

Contoh:

**Contoh visualisasi:

** (Dua citra PET/CT 18 F-FDG dari pasien CRC yang sama: 1) Baseline menunjukkan penyerapan tinggi di tumor. 2) Post-kemoterapi menunjukkan penurunan signifikan dalam penyerapan 18 F-FDG).

Korelasi antara PET/CT dan Respon Patologis

Ditemukan korelasi signifikan antara Δ SUVmax dan respons patologis. Pasien dengan penurunan Δ SUVmax > [nilai] % memiliki kemungkinan [nilai] kali lebih tinggi untuk mencapai respons patologis grade 2-3 ($p < 0.001$).

Nilai cutoff Δ SUVmax [nilai] % menunjukkan sensitivitas [nilai] % dan spesifisitas [nilai] % dalam memprediksi respons patologis yang baik.

Korelasi PET/CT dengan Luaran Klinis

Pasien yang menunjukkan penurunan Δ SUVmax > [nilai] % memiliki DFS dan OS yang secara signifikan lebih panjang dibandingkan dengan mereka yang tidak ($p < 0.05$).

[Kurva Kaplan-Meier yang membandingkan DFS/OS berdasarkan respon PET/CT].

Diskusi

Penelitian ini mengkonfirmasi peran penting pencitraan PET/CT 18 F-FDG dalam mengevaluasi respons tumor terhadap kemoterapi neoajuan pada kanker kolorektal. Penurunan signifikan pada SUVmax pasca-kemoterapi berkorelasi kuat dengan respons patologis yang baik dan juga berasosiasi dengan luaran klinis yang lebih positif. Temuan ini mendukung penggunaan PET/CT sebagai alat non-invasif yang sensitif dan spesifik untuk memonitor efikasi kemoterapi secara dini.

Implikasi Klinis

Evaluasi respons dini menggunakan PET/CT dapat memungkinkan modifikasi terapi (misalnya, penggantian regimen kemoterapi, penyesuaian dosis) bagi non-responder, sehingga menghindari toksisitas yang tidak perlu dan mengoptimalkan strategi pengobatan. Ini mendukung pendekatan kedokteran presisi.

Keterbatasan Penelitian

Keterbatasan dapat mencakup ukuran sampel yang terbatas, heterogenitas regimen kemoterapi, dan potensi variabilitas dalam pengukuran SUV akibat faktor teknis.

Rekomendasi untuk Penelitian Selanjutnya

Studi multi-sentris dengan ukuran sampel yang lebih besar, perbandingan dengan biomarker lain (misalnya, circulating tumor DNA), dan validasi kriteria PERCIST pada populasi CRC yang lebih besar.

Kesimpulan

Pencitraan PET/CT 18 F-FDG merupakan alat yang berharga untuk evaluasi respons tumor terhadap kemoterapi neoajuan pada pasien kanker kolorektal. Penurunan aktivitas metabolik tumor yang diukur dengan Δ SUVmax berkorelasi kuat dengan respons patologis dan luaran klinis yang baik. Integrasi PET/CT ke dalam alur kerja klinis dapat memfasilitasi pengambilan keputusan terapi yang lebih personal dan tepat waktu, pada akhirnya meningkatkan prognosis pasien kanker kolorektal.

Daftar Pustaka