

BIOPSI ASPIRASI JARUM HALUS

Pendekatan Komprehensif
dengan USG, CT, MRI, dan EUS

Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) adalah teknik biopsi minimal invasif yang telah menjadi alat diagnostik penting dalam bidang medis, khususnya patologi dan radiologi. FNAB memungkinkan pengambilan sampel sel dari lesi atau massa yang mencurigakan di tubuh dengan menggunakan jarum halus (biasanya berukuran 22 hingga 27 gauge). FNAB pertama kali diperkenalkan pada pertengahan abad ke-20 dan awalnya digunakan untuk mendiagnosis berbagai jenis tumor, terutama pada kelenjar tiroid dan kelenjar getah bening. Keunggulan FNAB terletak pada sifatnya yang minim risiko, biaya yang relatif rendah, serta kemampuan untuk memberikan diagnosis yang cepat dan akurat. Seiring waktu, prosedur ini berkembang pesat, terutama dengan kemajuan teknologi *imaging* yang memungkinkan panduan lebih presisi dalam pengambilan sampel dari organ-organ dalam yang sulit diakses. FNAB yang dilakukan dengan panduan *imaging* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode konvensional, terutama dalam hal akurasi dan keamanan. Setiap modalitas *imaging* yang digunakan dalam FNAB memiliki karakteristik unik yang membuatnya ideal untuk jenis lesi atau organ tertentu.

Buku yang ada di tangan pembaca ini secara fokus membahas tentang FNAB dengan panduan USG, CT, MRI, dan EUS. Buku semacam ini masih lumayan langka sehingga kami memandang pentingnya penulisan literatur medis tentang hal tersebut. Untuk itulah buku ini ditulis, yaitu untuk memudahkan pembaca mendapatkan materi-materi tersebut sehingga pengembangannya akan lebih mudah untuk diterima.

Marjinal

PENERBIT MARJINAL
Widyadarmas Widyadarmas, Jl. Gajah Mada No. 100A
Widyadarmas, Widyadarmas, Yogyakarta
Telp: 0271-859 2015, 842
Email: penerbit.marjinal@penerbit.marjinal.com
Website: www.marjinal.com



Marjinal

BIOPSI ASPIRASI
JARUM HALUS

Pendekatan Komprehensif
dengan USG, CT, MRI, dan EUS

Marjinal



Dr. dr. Reza A. Digambiro, M.Kes., M.Ked.(PA), Sp.PA.

Dr. Mulia Rahmansyah, Sp.Rad.

dr. Dian Cahyanti, Sp.PA., M.Epid.

BIOPSI ASPIRASI JARUM HALUS

Pendekatan Komprehensif
dengan USG, CT, MRI, dan EUS

Editor:

Prof. Dr. dr. Ikhwan Rinaldi, Sp.PD-KHOM, M.Epid., M.Pd.Ked., FINASIM., FACP., FISQua.

BIOPSI ASPIRASI JARUM HALUS

**Pendekatan Komprehensif
dengan USG, CT, MRI, dan EUS**

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta
Pasal 1:

1. Hak Cipta adalah hak eksklusif pencipta yang timbul secara otomatis berdasarkan prinsip deklaratif setelah suatu ciptaan diwujudkan dalam bentuk nyata tanpa mengurangi pembatasan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang undangan.

Pasal 9:

2. Pencipta atau Pengarang Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 8 memiliki hak ekonomi untuk melakukan a. Penerbitan Ciptaan; b. Penggandaan Ciptaan dalam segala bentuknya; c. Penerjemahan Ciptaan; d. Pengadaptasian, pengaransemen, atau pentransformasian Ciptaan; e. Pendistribusian Ciptaan atau salinan; f. Pertunjukan Ciptaan; g. Pengumuman Ciptaan; h. Komunikasi Ciptaan; dan i. Penyewaan Ciptaan.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000,00 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

BIOPSI ASPIRASI JARUM HALUS

**Pendekatan Komprehensif
dengan USG, CT, MRI, dan EUS**

Dr. dr. Reza A. Digambiro, M.Kes., M.Ked (PA), Sp.PA.
(Dep. Patologi Anatomi FK- USAKTI)

dr. Mulia Rahmansyah, Sp.Rad.
(Dep. Radiologi FK-USAKTI)

dr. Dian Cahyanti, Sp.PA., M.Epid.
(Instalasi Patologi Anatomi RS. Kanker Dharmais)

**Prof. Dr. Dr. dr. Ikhwan Rinaldi, Sp.PD-KHOM, M.Epid.,
M.Pd.Ked, FINASIM, FACP, FISQua.**
(Dep. Ilmu Penyakit Dalam FK UI)

BIOPSI ASPIRASI JARUM HARUS
Pendekatan Komprehensif dengan USG, CT,
MRI, dan EUS

Dr. dr. Reza A. Digambiro, M.Kes., M.Ked (PA), Sp.PA.
(Dep. Patologi Anatomi FK- USAKTI)

dr. Mulia Rahmansyah, Sp.Rad.
(Dep. Radiologi FK-USAKTI)

dr. Dian Cahyanti, Sp.PA., M.Epid.
(Instalasi Patologi Anatomi RS. Kanker Dharmais)

Prof. Dr. Dr. dr. Ikhwan Rinaldi, Sp.PD-KHOM, M.Epid.,
M.Pd.Ked, FINASIM, FACP, FISQua.
(Dep. Ilmu Penyakit Dalam FK UI)

Editor:

Prof. Dr. dr. Ikhwan Rinaldi, Sp.PD-KHOM, M.Epid., M.Pd.Ked., FINASIM,
FACP, FISQua.

Tata Letak:

Yusuf Deni kristanto, S.Pd.

Desain Sampul:

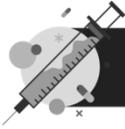
Tim Marjinal

Edisi Pertama ©2025
15,5 cm × 23 cm, 166 Halaman
Cetak Ke-1 Maret 2025
ISBN: 978-623-10-8840-6



Anggota IKAPI No. 204/DIY/2025
Wirobrajan WB II/24, Rt.022, Rw.005, Wirobrajan,
Wirobrajan, Yogyakarta
Hp: +62895-2032-8216
Email: penerbit_marjinal@yahoo.com
Website: penerbitmarjinal.com
Distributor: CV. Penerbit Lakeisha

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.



KATA PENGANTAR

Pembaca yang budiman...

Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) adalah teknik biopsi minimal invasif yang telah menjadi alat diagnostik penting dalam bidang medis, khususnya patologi dan radiologi. FNAB memungkinkan pengambilan sampel sel dari lesi atau massa yang mencurigakan di tubuh dengan menggunakan jarum halus (biasanya berukuran 22 hingga 27 gauge). FNAB pertama kali diperkenalkan pada pertengahan abad ke-20 dan awalnya digunakan untuk mendiagnosis berbagai jenis tumor, terutama pada kelenjar tiroid dan kelenjar getah bening. Keunggulan FNAB terletak pada sifatnya yang minim risiko, biaya yang relatif rendah, serta kemampuan untuk memberikan diagnosis yang cepat dan akurat. Seiring waktu, prosedur ini berkembang pesat, terutama dengan kemajuan teknologi imaging yang memungkinkan panduan lebih presisi dalam pengambilan sampel dari organ-organ dalam yang sulit diakses. FNAB yang dilakukan dengan panduan imaging memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode konvensional, terutama dalam hal akurasi dan keamanan. Setiap modalitas imaging yang digunakan dalam FNAB memiliki karakteristik unik yang membuatnya ideal untuk jenis lesi atau organ tertentu.

Buku yang ada di tangan pembaca ini secara fokus membahas tentang FNAB dengan panduan USG, CT, MRI, dan EUS. Buku semacam ini masih lumayan langka sehingga kami memandang pentingnya penulisan literatur medis tentang hal

tersebut. Untuk itulah buku ini ditulis, yaitu untuk memudahkan pembaca mendapatkan materi-materi tersebut sehingga pengembangannya akan lebih mudah untuk diterima.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Penerbit Marjinal yang telah bersedia menerbitkan karya ini. Semoga buku ini bisa memberikan manfaat bagi seluruh rekan-rekan medis di seluruh Indonesia.

Jakarta, Februari 2025
Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
BAB 1	
PENDAHULUAN.....	1
BAB 2	
DASAR TEORI FNAB.....	13
BAB 3	
PANDUAN USG (ULTRASONOGRAFI) UNTUK FNAB.....	28
BAB 4	
PANDUAN CT SCAN UNTUK FNAB	49
BAB 5	
PANDUAN MRI UNTUK FNAB.....	67
BAB 6	
PANDUAN EUS (ENDOSCOPIC ULTRASOUND) UNTUK FNAB.....	85
BAB 7	
PANDUAN STEREOTACTIC UNTUK FNAB.....	100
BAB 8	
PANDUAN FLUOROSKOPI UNTUK FNAB	117
REFERENSI	157



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) adalah teknik biopsi minimal invasif yang telah menjadi alat diagnostik penting dalam bidang medis, khususnya patologi dan radiologi. FNAB memungkinkan pengambilan sampel sel dari lesi atau massa yang mencurigakan di tubuh dengan menggunakan jarum halus (biasanya berukuran 22 hingga 27 gauge). (Tambunan Gani W, 1990)

Sampel tersebut kemudian diperiksa di bawah mikroskop oleh ahli patologi untuk menentukan sifat lesi, baik itu jinak, ganas, atau inflamasi. Seiring perkembangan teknologi dan kebutuhan diagnostik yang semakin meningkat, FNAB telah mengalami berbagai inovasi, termasuk kombinasi dengan modalitas imaging seperti ultrasonografi (USG), computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), endoscopic ultrasound (EUS), stereotactic guidance, dan fluoroscopy. (Dwianingsih et al., 2020)

Perkembangan Teknik FNAB

FNAB pertama kali diperkenalkan pada pertengahan abad ke-20 dan awalnya digunakan untuk mendiagnosis berbagai jenis tumor, terutama pada kelenjar tiroid dan kelenjar getah bening. Keunggulan FNAB terletak pada sifatnya yang minim risiko, biaya

yang relatif rendah, serta kemampuan untuk memberikan diagnosis yang cepat dan akurat. Seiring waktu, prosedur ini berkembang pesat, terutama dengan kemajuan teknologi imaging yang memungkinkan panduan lebih presisi dalam pengambilan sampel dari organ-organ dalam yang sulit diakses.(Diamantis et al., 2009)

Penggunaan FNAB tanpa panduan imaging masih efektif untuk lesi yang terletak di permukaan atau yang mudah diraba, seperti lesi kulit atau massa pada payudara. Namun, untuk lesi yang lebih dalam atau yang tidak dapat diidentifikasi secara klinis, panduan imaging menjadi sangat penting. Modalitas imaging modern seperti USG, CT, MRI, EUS, stereotactic, dan fluoroscopy telah meningkatkan ketepatan, keamanan, dan akurasi dari FNAB. Penggabungan teknik-teknik ini dengan FNAB membantu meminimalisir kesalahan sampel dan meningkatkan keakuratan diagnosis.(Fueger et al., 2021)

Kebutuhan Akan Panduan Imaging

Pada masa lalu, FNAB sering kali dilakukan secara membabi buta (blind biopsy) di mana jarum diarahkan berdasarkan palpasi atau perkiraan. Pendekatan ini memiliki keterbatasan, terutama ketika lesi tidak dapat diraba atau berada di area yang sulit dijangkau, seperti paru-paru, pankreas, atau kelenjar adrenal. Dalam situasi ini, kesalahan pengambilan sampel bisa terjadi, yang dapat mengakibatkan diagnosis yang tidak akurat dan mengulang prosedur, serta meningkatkan risiko komplikasi.(Pongsittisak et al., 2019)

Penggunaan imaging sebagai panduan dalam FNAB mengatasi masalah ini dengan memberikan visualisasi yang jelas tentang lokasi dan karakteristik lesi. Panduan imaging seperti USG dan CT memungkinkan dokter melihat secara langsung jalur jarum menuju target lesi, sehingga meminimalkan risiko cedera pada jaringan sekitarnya. Hal ini sangat penting dalam situasi di

mana lesi berada di dekat struktur vital, seperti pembuluh darah besar atau organ dalam yang sensitif. (Boy, 2022)

Keuntungan FNAB dengan Panduan Imaging

FNAB yang dilakukan dengan panduan imaging memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode konvensional, terutama dalam hal akurasi dan keamanan. Setiap modalitas imaging yang digunakan dalam FNAB memiliki karakteristik unik yang membuatnya ideal untuk jenis lesi atau organ tertentu. Berikut adalah beberapa keuntungan penggunaan FNAB dengan panduan imaging:

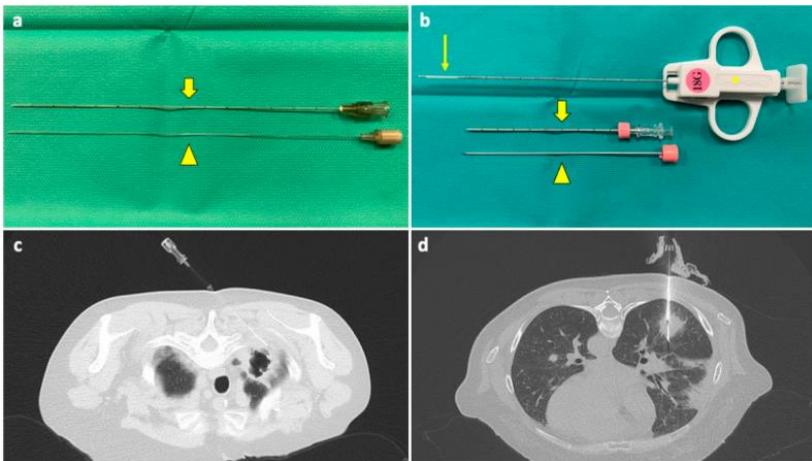
Ultrasonografi (USG): USG adalah salah satu teknik panduan imaging yang paling sering digunakan dalam FNAB. USG memberikan visualisasi real-time, memungkinkan dokter memandu jarum secara langsung ke lokasi lesi. USG sangat berguna untuk lesi superfisial dan organ seperti kelenjar tiroid, payudara, dan kelenjar getah bening. Keunggulan USG adalah tidak menggunakan radiasi ionisasi, menjadikannya aman untuk pasien dan operator.



Gambar 1. (a) Unit ultrasonografi standar dengan probe abdomen frekuensi rendah, digunakan untuk pemeriksaan resolusi rendah

pada struktur dalam, seperti efusi pleura besar. Alat ini adalah FujiFilm SonoSite SII dengan probe curvilinear C60 (2-5 MHz) (FujiFilm Corp., Tokyo, Jepang). (b) Probe linear frekuensi tinggi, digunakan untuk pemeriksaan resolusi tinggi pada antarmuka paru-pleura, ideal untuk mendeteksi pneumotoraks dan mengidentifikasi pembuluh interkostal dalam mode Doppler warna. Transduser ini adalah FujiFilm HFL38 (6-13 MHz) (FujiFilm Corp., Tokyo, Jepang). (Boy, 2022)

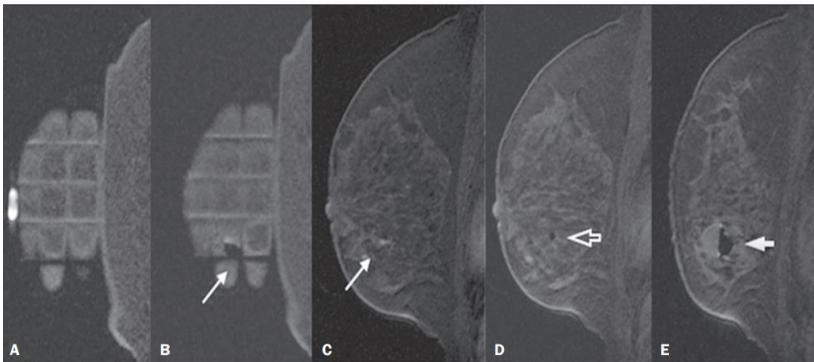
Computed Tomography (CT): CT scan memberikan gambaran tiga dimensi dari struktur tubuh dan sangat berguna untuk lesi yang berada di dalam organ-organ seperti paru-paru, hati, atau pankreas. CT memungkinkan identifikasi yang tepat dari lesi yang sulit dilihat dengan USG, terutama pada area yang dikelilingi oleh tulang atau udara. Meski melibatkan paparan radiasi, keunggulan CT dalam akurasi pengambilan sampel menjadikannya pilihan penting dalam situasi tertentu. (Saggiante et al., 2024)



Gambar 2. (a) Jarum FNA 22G terdiri dari kanula luar (panah tebal) dan stylet dalam (panah kecil); setelah jarum berada di lesi target, stylet dilepas, dan kanula dihubungkan ke syringe untuk aspirasi.

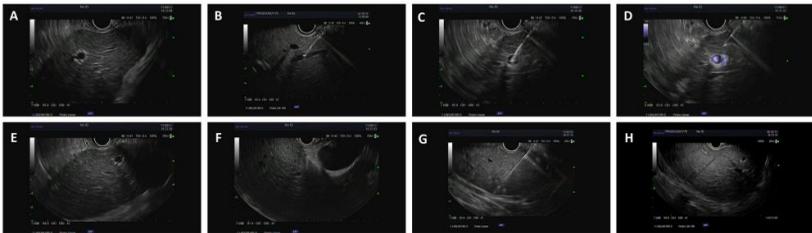
(b) Sistem CNB 18G terdiri dari jarum koaksial yang mencakup kanula luar (panah tebal), stylet dalam (panah kecil), dan jarum biopsi (asterisk) dengan takik sampel di ujungnya (panah tipis). Setelah jarum koaksial berada di tempat, stylet dilepas, dan jarum biopsi dimasukkan melalui kanula. Pistol biopsi menggerakkan kanula pemotong untuk memotong jaringan di takik sampel dan mengumpulkannya. (c) Ujung jarum FNA diposisikan di bawah panduan CT ke bagian solid perifer dari lesi di lobus atas kanan pada wanita 60 tahun neutropenia dengan riwayat kanker payudara dan hasil BAL negatif sebelumnya. (d) Takik sampel jarum CNB diposisikan di bawah panduan CT ke massa solid di lobus bawah kanan pada pria 53 tahun neutropenia dengan pneumonia multifokal yang tidak merespons terapi medis dan hasil BAL negatif sebelumnya. Singkatan: BAL = bronchoalveolar lavage; CNB = core needle biopsy; CT = computed tomography; G = gauge. (Saggiante et al., 2024)

Magnetic Resonance Imaging (MRI): MRI menyediakan visualisasi jaringan lunak yang lebih baik dibandingkan dengan CT atau USG, menjadikannya ideal untuk biopsi pada sistem saraf pusat dan organ dalam lainnya. MRI sangat berguna dalam kasus lesi yang sulit dideteksi dengan teknik lain, seperti pada otak atau medula spinalis. (Haj-Mirzaian et al., 2024; Jeong, 2023)



Gambar 3. MRI T1-weighted sagittal dengan supresi lemak pada wanita 53 tahun yang menjalani biopsi berbantu vakum (pendekatan: payudara kiri, lateral). A: Gambar kapsul vitamin dan grid; B: Grid dan jarum yang diposisikan untuk prosedur (panah); C: Gambar lesi (panah); D: Obturator di dalam lesi (panah); E: Pemindaian pasca-biopsi menunjukkan hematoma (panah).(Carneiro et al., 2018)

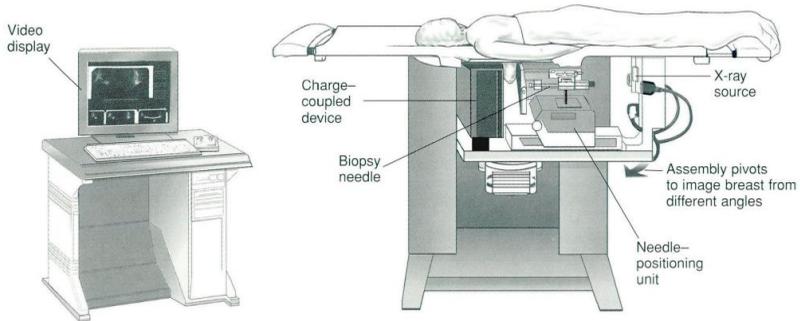
Endoscopic Ultrasound (EUS): EUS adalah teknik yang menggabungkan endoskopi dengan ultrasonografi. Metode ini digunakan untuk mengakses lesi yang berada di dekat saluran pencernaan, seperti pankreas, hati, dan mediastinum. EUS memungkinkan biopsi pada area yang tidak dapat dijangkau oleh USG atau CT eksternal.(Sarkar et al., 2022)



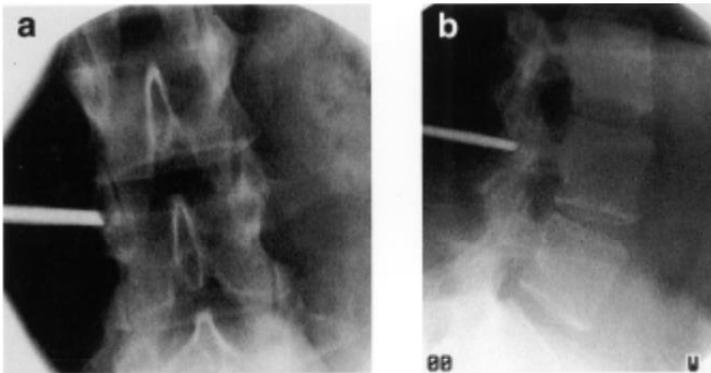
Gambar 4. Biopsi hati berbantu EUS secara real-time. (A) Lobus kiri hati terlihat dari GEJ. (B) Jarum EUS diarahkan ke vena hepatic kiri. (C) Jarum EUS diarahkan ke bagian umbilikal vena porta kiri. (D) Evaluasi Doppler pada bagian umbilikal vena porta kiri. (E) Lobus kiri hati terlihat dari kardia. (F) Lobus kanan hati terlihat dari bulbus duodenum. (G) Biopsi hati lobus kiri dengan panduan EUS. (H) Gambar EUS dari jalur biopsi di lobus kiri hati setelah biopsi dengan jarum 19-gauge.(Sarkar et al., 2022)

Stereotactic Guidance: Digunakan terutama dalam biopsi payudara, panduan stereotactic menggunakan mammografi atau tomosintesis untuk memastikan akurasi pengambilan sampel dari

lesi kecil atau yang tidak teraba. Teknik ini sangat berguna dalam skrining kanker payudara, memungkinkan deteksi dini yang lebih akurat.(Chilcote & Quinn, n.d.)



Gambar 5. Unit biopsi stereotaktik posisi pronasi, menggunakan triangulasi terkomputerisasi untuk menentukan lokasi dan mengambil sampel kelainan payudara yang tidak teraba.(Chilcote & Quinn, n.d.)



Gambar 6. biopsi transpedikular perkutan pada L3. (a) Tampilan anteroposterior sempurna pada langkah pertama, dengan trocar diposisikan di dasar prosesus transversus. (b) Pada tampilan lateral, trocar disesuaikan dalam bidang sagital.(Moller S et al., 2001)

Fluoroscopy: Fluoroscopy memberikan panduan real-time dalam prosedur FNAB, terutama pada lesi yang terletak di paru-paru, tulang, atau jaringan yang bergerak, seperti jantung. Fluoroscopy memberikan gambaran yang terus-menerus selama prosedur, memungkinkan operator menyesuaikan arah jarum sesuai kebutuhan. (Nunes et al., 2023)

Aplikasi Klinis FNAB dengan Panduan Imaging

FNAB dengan panduan imaging telah menjadi bagian integral dalam diagnostik berbagai kondisi klinis, terutama kanker. Prosedur ini dapat digunakan untuk mendiagnosis berbagai tumor, termasuk kanker tiroid, payudara, paru-paru, hati, pankreas, kelenjar getah bening, dan banyak lagi. Dalam praktik klinis sehari-hari, FNAB sering kali menjadi pilihan pertama untuk evaluasi massa yang tidak diketahui karena sifatnya yang non-invasif dan waktu pemulihan yang cepat bagi pasien.

Selain itu, FNAB juga digunakan untuk mengevaluasi kondisi non-neoplastik, seperti peradangan, infeksi, dan perubahan jaringan karena penyakit autoimun. Panduan imaging memastikan bahwa sampel yang diambil berasal dari area yang tepat, yang sangat penting dalam kasus-kasus seperti abses yang tersembunyi atau granuloma.

Tantangan dan Keterbatasan FNAB

Meskipun FNAB memiliki banyak keuntungan, ada beberapa tantangan dan keterbatasan yang perlu diperhatikan. Salah satu tantangan utama adalah kebutuhan akan keahlian teknis yang tinggi dari operator, baik dalam mengendalikan jarum maupun dalam menginterpretasikan hasil imaging. FNAB juga memiliki keterbatasan dalam hal volume sampel yang diambil, yang dapat mempengaruhi kemampuan untuk melakukan analisis tambahan, seperti imunohistokimia atau molekular.

Selain itu, tidak semua lesi cocok untuk FNAB. Lesi yang sangat kecil atau terletak di area yang sulit diakses mungkin memerlukan metode biopsi yang lebih invasif untuk mendapatkan hasil yang akurat. Keterbatasan lain termasuk potensi risiko infeksi, perdarahan, atau pneumotoraks, terutama pada biopsi yang melibatkan paru-paru atau rongga dada.

Peran FNAB dalam Diagnostik Modern

Prosedur Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) memanfaatkan jarum halus (biasanya 22 hingga 27 gauge) untuk mengekstraksi sel atau cairan dari massa yang kemudian dianalisis di bawah mikroskop. Melalui FNAB, diagnosis kanker, infeksi, serta penyakit inflamasi dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan teknik biopsi yang lebih invasif. (Felisha et al., 2019; Marhana et al., 2022)

Salah satu alasan mengapa FNAB menonjol dalam diagnostik modern adalah sifatnya yang non-invasif dan rendah risiko. Dibandingkan dengan biopsi eksisional atau bedah, FNAB tidak memerlukan sayatan besar, yang mengurangi risiko komplikasi seperti infeksi atau perdarahan. FNAB juga meminimalkan waktu pemulihan pasien, membuatnya lebih nyaman dan praktis dalam konteks klinis.

Dalam era kedokteran modern, peran FNAB semakin diperkuat dengan kemajuan teknologi imaging, seperti ultrasonografi (USG), computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), dan endoscopic ultrasound (EUS). Modalitas imaging ini memungkinkan panduan yang lebih akurat dalam pengambilan sampel, terutama untuk lesi yang sulit dijangkau atau yang tidak dapat diraba, seperti di organ dalam atau dekat struktur vital. Panduan imaging memastikan bahwa jarum FNAB diarahkan langsung ke lesi target, mengurangi kemungkinan pengambilan sampel yang salah dan meningkatkan

akurasi diagnostik.(Boy, 2022; Carneiro et al., 2018; Haj-Mirzaian et al., 2024; Sarkar et al., 2022)

FNAB efektif dalam mendiagnosis berbagai jenis kanker, termasuk kanker payudara, tiroid, paru-paru, pankreas, dan kelenjar getah bening. Dalam konteks kanker tiroid, misalnya, FNAB dengan panduan USG adalah standar emas untuk evaluasi nodul tiroid, yang sering kali menjadi langkah awal untuk menentukan apakah sebuah massa bersifat jinak atau ganas. Dalam kasus kanker paru-paru atau pankreas, CT-guided FNAB memungkinkan pengambilan sampel dari lesi yang dalam atau sulit diakses, memberikan diagnosis yang lebih cepat dan lebih akurat.(Nunes et al., 2023; Saggiante et al., 2024)

Selain itu, FNAB juga memiliki peran penting dalam diagnosis kondisi non-neoplastik, seperti abses, granuloma, atau penyakit autoimun. Dengan kemampuan untuk memperoleh sampel tanpa memerlukan operasi besar, FNAB memfasilitasi diagnosis cepat yang penting untuk pengelolaan penyakit secara efektif.(Dwianingsih et al., 2020)

FNAB juga berperan dalam pengobatan presisi atau precision medicine. Dalam beberapa kasus, hasil FNAB tidak hanya digunakan untuk menentukan sifat lesi, tetapi juga untuk melakukan tes molekuler yang dapat mengarahkan pengobatan yang dipersonalisasi, seperti pada kanker paru-paru yang memerlukan analisis mutasi gen.(Marhana et al., 2022; Saggiante et al., 2024)

Pentingnya Panduan Imaging dalam FNAB

Panduan imaging dalam Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) telah menjadi elemen esensial dalam praktik klinis modern. FNAB adalah prosedur biopsi minimal invasif yang menggunakan jarum halus untuk mengekstraksi sampel sel dari lesi atau massa di tubuh. Namun, meskipun sederhana, FNAB menghadapi tantangan dalam hal akurasi, terutama ketika lesi

terletak di tempat yang sulit diakses atau tidak terlihat dengan mata telanjang. Inilah alasan utama mengapa panduan imaging, seperti ultrasonografi (USG), computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), dan modalitas lain, sangat penting dalam FNAB.(Boy, 2022; Jeong, 2023; Nunes et al., 2023)

Meningkatkan Akurasi Diagnostik

Salah satu peran utama panduan imaging dalam FNAB adalah meningkatkan akurasi diagnostik. Pada beberapa kasus, terutama untuk lesi yang terletak di organ dalam seperti paru-paru, hati, pankreas, atau kelenjar adrenal, lesi mungkin tidak terlihat atau tidak dapat diraba secara fisik. Tanpa panduan imaging, operator berisiko melakukan pengambilan sampel dari jaringan yang salah, yang dapat menghasilkan diagnosis yang tidak akurat. Imaging memungkinkan visualisasi yang tepat dari lesi target dan jalur jarum, sehingga memastikan bahwa sampel diambil dari lokasi yang benar dan mengurangi risiko kesalahan.

Mengurangi Risiko Komplikasi

FNAB tanpa panduan imaging, terutama untuk lesi yang dalam atau dekat struktur vital, berpotensi meningkatkan risiko komplikasi seperti perdarahan, cedera organ, atau bahkan pneumotoraks pada biopsi paru-paru. Dengan panduan imaging, dokter dapat melihat secara real-time posisi jarum FNAB dan struktur di sekitarnya, sehingga meminimalkan risiko kerusakan pada pembuluh darah besar atau organ penting lainnya. Sebagai contoh, dalam FNAB pada kelenjar tiroid atau payudara dengan USG, dokter dapat menghindari pembuluh darah atau saraf penting yang mungkin tidak terdeteksi secara manual.

Memperluas Aplikasi FNAB

Dengan bantuan teknologi imaging, FNAB kini dapat diterapkan pada berbagai jenis lesi yang sebelumnya sulit atau tidak mungkin dijangkau dengan metode konvensional. CT-guided FNAB, misalnya, memungkinkan biopsi pada lesi paru-

paru atau massa dalam perut yang sulit diakses dengan USG. MRI-guided FNAB juga sangat bermanfaat dalam biopsi jaringan lunak, seperti otak atau medula spinalis, di mana presisi tinggi sangat diperlukan.(Saggiante et al., 2024)

Endoscopic ultrasound (EUS)-guided FNAB adalah contoh lain dari pentingnya imaging dalam biopsi organ dalam. EUS memungkinkan visualisasi langsung dari organ seperti pankreas, hati, atau kelenjar getah bening di sekitar saluran pencernaan, yang sulit dijangkau dengan imaging eksternal. Ini memungkinkan pengambilan sampel yang lebih akurat dari lokasi yang sulit diakses.(Boy, 2022)

Real-Time Guidance

Modalitas imaging seperti USG dan fluoroscopy memberikan panduan real-time, di mana operator dapat memantau secara langsung perjalanan jarum menuju target lesi. Ini sangat penting dalam memastikan jalur jarum yang aman dan memverifikasi bahwa jarum benar-benar masuk ke area yang ditargetkan. Panduan real-time ini membantu mengurangi waktu prosedur dan meningkatkan kepercayaan diri operator.(Moller S et al., 2001; Nunes et al., 2023)

Meningkatkan Keamanan Pasien

Dengan akurasi yang lebih tinggi dan kemampuan untuk menghindari komplikasi, panduan imaging dalam FNAB juga meningkatkan keamanan pasien. Ini sangat penting bagi pasien yang memiliki kondisi kesehatan yang rumit, seperti penyakit kronis atau lesi yang berada di lokasi kritis. Dengan menggunakan imaging, dokter dapat merencanakan prosedur dengan lebih hati-hati dan memastikan bahwa risiko terhadap pasien diminimalkan.



DASAR TEORI FNAB

Definisi dan Prinsip FNAB

FNAB adalah prosedur biopsi di mana sampel sel atau jaringan kecil diambil dari lesi yang mencurigakan menggunakan jarum halus. Prosedur ini dapat dilakukan dengan atau tanpa panduan imaging tergantung pada lokasi lesi. FNAB sering digunakan sebagai langkah awal untuk diagnosis berbagai kondisi, termasuk kanker, infeksi, atau peradangan.

FNAB umumnya dilakukan dalam lingkungan rawat jalan dan tidak memerlukan anestesi umum, sehingga lebih nyaman bagi pasien. Prosedur ini biasanya selesai dalam waktu singkat, dengan sedikit rasa sakit atau ketidaknyamanan yang dialami oleh pasien. Sampel yang diambil kemudian diperiksa oleh ahli patologi untuk menentukan apakah tindakan lebih lanjut, seperti biopsi bedah atau pengobatan, diperlukan.

Prinsip FNAB

Prinsip dasar FNAB adalah penggunaan jarum tipis untuk mendapatkan sampel sel tanpa menyebabkan kerusakan yang signifikan pada jaringan di sekitarnya. Ada beberapa prinsip penting yang mendasari prosedur FNAB:

Minimal Invasif: FNAB dirancang untuk meminimalkan trauma pada jaringan tubuh. Dengan hanya menggunakan jarum kecil, FNAB mengurangi risiko komplikasi seperti perdarahan, infeksi, atau cedera pada struktur vital di sekitar lesi.

Cepat dan Efisien: Salah satu keunggulan FNAB adalah kecepatan pelaksanaannya. Prosedur ini sering selesai dalam waktu kurang dari 30 menit, dan hasil awal biasanya dapat diperoleh dalam beberapa jam hingga beberapa hari setelah pengambilan sampel. Ini membuat FNAB menjadi pilihan yang sangat baik untuk diagnosa cepat pada kondisi yang mendesak.

Panduan Imaging: Untuk lesi yang sulit dijangkau atau tidak dapat diraba, FNAB sering dilakukan dengan panduan imaging seperti ultrasonografi (USG), computed tomography (CT), atau magnetic resonance imaging (MRI). Panduan ini memungkinkan operator untuk melihat lesi secara real-time dan memastikan bahwa jarum diarahkan ke lokasi yang tepat, meningkatkan akurasi dan keamanan prosedur.

Seluler, Bukan Jaringan: Tidak seperti biopsi bedah, yang menghilangkan bagian jaringan utuh, FNAB mengambil sampel seluler kecil. Meskipun ini memadai untuk sebagian besar diagnosis, ada batasan dalam hal analisis struktur jaringan secara keseluruhan. Jika diperlukan, biopsi jaringan tambahan mungkin dilakukan setelah FNAB.

Analisis Sitologi: Sampel yang diambil melalui FNAB dianalisis dengan metode sitologi, yang berarti ahli patologi memeriksa struktur dan karakteristik sel-sel individu. Ini berbeda dari histopatologi, yang melibatkan analisis potongan jaringan yang lebih besar. FNAB sering kali memadai untuk menentukan apakah massa tersebut jinak atau ganas, serta mengidentifikasi jenis sel kanker jika ada.

Keuntungan dan Keterbatasan

Keuntungan utama FNAB adalah sifatnya yang sederhana, minimal invasif, dan cepat, dengan hasil yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan klinis yang lebih cepat. Namun, keterbatasan FNAB termasuk kemungkinan pengambilan sampel yang tidak representatif dan ketidakmampuan untuk mengevaluasi struktur jaringan utuh, yang dapat mempengaruhi hasil diagnosis dalam beberapa kasus.

Indikasi dan Kontraindikasi FNAB

Indikasi FNAB: FNAB digunakan secara luas untuk diagnosis berbagai kondisi, terutama yang melibatkan massa atau lesi yang mencurigakan.(Felisha et al., 2019) Berikut beberapa indikasi utama:

1. Evaluasi Tumor atau Massa: FNAB sering digunakan untuk menentukan apakah massa atau lesi di berbagai organ bersifat jinak atau ganas, termasuk pada kelenjar tiroid, payudara, paru-paru, kelenjar getah bening, dan organ-organ dalam seperti hati dan pankreas.
2. Diagnosis Kanker: FNAB dapat membantu mendiagnosis berbagai jenis kanker, terutama jika massa tidak mudah dijangkau oleh biopsi bedah.
3. Evaluasi Pembesaran Kelenjar Getah Bening: FNAB digunakan untuk mengidentifikasi penyebab pembesaran kelenjar getah bening, seperti infeksi, limfoma, atau metastasis.
4. Evaluasi Lesi Kistik: Prosedur ini bermanfaat untuk memeriksa kista yang mencurigakan di payudara, tiroid, atau organ lainnya.
5. Abses atau Infeksi: FNAB dapat digunakan untuk mendapatkan sampel dari abses atau infeksi yang tidak responsif terhadap pengobatan untuk mengidentifikasi mikroorganisme penyebab.

Kontraindikasi FNAB:

Meskipun FNAB adalah prosedur yang relatif aman, ada beberapa kontraindikasi yang perlu diperhatikan:

1. Gangguan Pembekuan Darah: Pasien dengan koagulopati atau yang menggunakan antikoagulan mungkin memiliki risiko perdarahan yang lebih tinggi setelah FNAB, sehingga harus dievaluasi terlebih dahulu.
2. Infeksi di Area Biopsi: Jika terdapat infeksi aktif di area yang akan dilakukan FNAB, prosedur ini harus ditunda atau dilakukan dengan hati-hati untuk mencegah penyebaran infeksi.
3. Lesi Vaskular: Pada massa yang diduga terkait dengan pembuluh darah besar atau aneurisma, FNAB dapat meningkatkan risiko perdarahan dan cedera pada pembuluh darah.

Peralatan dan Teknik Dasar FNAB (Fine Needle Aspiration Biopsy)

Di bawah ini adalah penjelasan mengenai peralatan dan teknik dasar yang digunakan dalam prosedur FNAB.

Peralatan FNAB

1. Jarum (Needle)

Ukuran Jarum: FNAB menggunakan jarum yang sangat halus, biasanya dengan ukuran 22 hingga 27 gauge. Ukuran jarum yang lebih kecil (nomor gauge lebih besar) mengurangi trauma pada jaringan dan mengurangi rasa sakit bagi pasien. Namun, jarum dengan ukuran lebih besar (misalnya, 21 atau 22 gauge) kadang-kadang digunakan untuk memperoleh volume sel yang lebih besar.

Jenis Jarum: Ada beberapa jenis jarum yang digunakan dalam FNAB, termasuk jarum dengan ujung bevel yang tajam untuk memudahkan penetrasi ke jaringan. Jarum biasanya dipilih

berdasarkan lokasi lesi, ukuran lesi, serta organ yang ditargetkan.

2. Syringe (Sputit)

Syringe dengan kapasitas 10 hingga 20 mL umumnya digunakan dalam FNAB. Syringe ini diperlukan untuk memberikan tekanan negatif saat menyedot sampel. Beberapa prosedur menggunakan syringe holder khusus (seperti "Cameco syringe holder") yang memungkinkan operator menggunakan satu tangan untuk memegang syringe dan tangan lain untuk memandu jarum.

3. Syringe Holder (Pemegang Syringe)

Pemegang syringe, seperti Cameco syringe holder, dirancang untuk memudahkan operator dalam melakukan aspirasi dengan kontrol yang lebih baik. Alat ini membantu menstabilkan syringe selama prosedur, memungkinkan operator melakukan aspirasi dengan satu tangan, sementara tangan lain memegang jarum dan mengarahkan ke target.

4. Glas Objek (Glass Slides)

Setelah aspirasi selesai, sampel sel yang diperoleh ditempatkan di glas objek untuk pemeriksaan sitologi. Glas objek ini biasanya diberi label dengan identitas pasien sebelum digunakan untuk menghindari kesalahan identifikasi.

5. Alkohol atau Fiksatif

Setelah sel ditempatkan di glas objek, mereka perlu difiksasi untuk mencegah degradasi. Fiksasi dapat dilakukan dengan menggunakan alkohol 95%, yang membantu menjaga morfologi sel sebelum diperiksa di laboratorium sitologi.

6. Imaging Guidance (Panduan Imaging)

Dalam banyak kasus, FNAB dilakukan dengan bantuan modalitas imaging seperti ultrasonografi (USG), computed

tomography (CT), atau magnetic resonance imaging (MRI) untuk memastikan akurasi jarum mencapai lesi yang ditargetkan. Peralatan imaging ini sangat penting terutama untuk lesi yang terletak di area yang sulit dijangkau atau tidak dapat diraba secara manual.

7. Fasilitas Sterilisasi

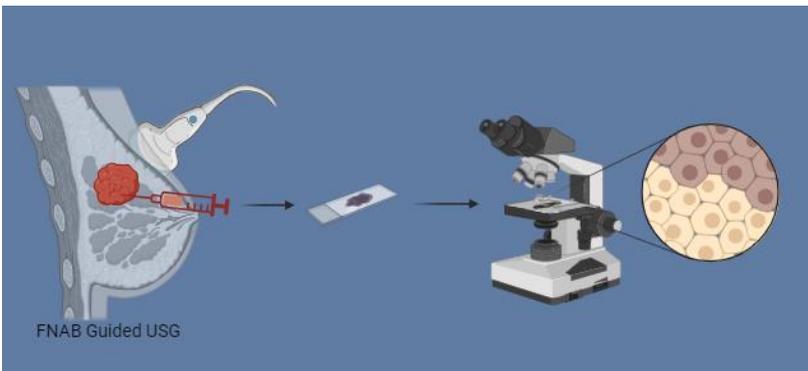
Karena FNAB adalah prosedur invasif meskipun minimal, penting untuk menjaga sterilitas selama seluruh prosedur. Sarung tangan steril, jarum steril, dan antiseptik kulit digunakan untuk mengurangi risiko infeksi.

8. Penyedot Vakum (Vacuum Aspiration Device, jika diperlukan)

Dalam beberapa kasus, perangkat penyedot vakum dapat digunakan untuk membantu mengeluarkan jumlah sampel yang lebih besar atau untuk aspirasi lesi yang lebih padat.



Gambar 7. Pistol Biopsi dan spuit 10cc



Gambar 8. Prosedur FNAB

Teknik Dasar FNAB

Berikut adalah langkah-langkah teknik dasar FNAB:

1. Persiapan Pasien

Informasi dan Informed Consent: Sebelum prosedur dimulai, dokter harus menjelaskan prosedur secara rinci kepada pasien, termasuk tujuan FNAB, risiko, dan manfaat yang diharapkan. Setelah penjelasan, pasien harus menandatangani informed consent.

Evaluasi Medis: Penting untuk memastikan bahwa pasien dalam kondisi medis yang stabil. Riwayat penggunaan obat pengencer darah, seperti aspirin atau antikoagulan, harus diperiksa karena obat-obatan ini dapat meningkatkan risiko perdarahan. Pasien juga diperiksa untuk kemungkinan gangguan pembekuan darah.

Posisi Pasien: Posisi pasien disesuaikan dengan lokasi lesi. Misalnya, untuk biopsi tiroid, pasien biasanya dalam posisi supine dengan leher sedikit terekspose untuk memudahkan akses ke kelenjar tiroid. Jika lesi terletak di dalam rongga perut, pasien mungkin diminta berbaring tengkurap atau miring.

2. Sterilisasi dan Penyiapan Area

Area kulit di mana jarum akan dimasukkan dibersihkan menggunakan antiseptik (seperti povidone-iodine atau klorheksidin) untuk mengurangi risiko infeksi. Setelah itu, area tersebut ditutupi dengan kain steril untuk mempertahankan sterilitas selama prosedur.

3. Pemilihan dan Pemasangan Jarum

Operator memilih jarum dengan ukuran yang sesuai berdasarkan lesi yang akan diambil. Syringe kemudian dipasang pada jarum, dan jika diperlukan, syringe holder digunakan untuk memudahkan kontrol.

4. Penggunaan Panduan Imaging

Jika diperlukan, modalitas imaging seperti USG, CT, atau MRI digunakan untuk memandu jarum menuju lesi yang ditargetkan. Misalnya, dalam FNAB berpanduan USG, operator akan memvisualisasikan lesi di layar USG dan memastikan bahwa jarum berada dalam jalur yang benar untuk mencapai massa atau lesi.

5. Aspirasi

Setelah jarum mencapai lesi, operator akan menarik plunger syringe untuk menciptakan tekanan negatif yang akan menarik sel atau cairan dari lesi ke dalam jarum. Gerakan maju-mundur jarum yang lembut sering dilakukan untuk memaksimalkan jumlah sampel yang diambil. Namun, operator harus berhati-hati untuk tidak melakukan aspirasi berlebihan yang dapat merusak sel atau menyebabkan artefak pada sampel.

Selama prosedur, jarum harus tetap stabil untuk menghindari trauma tambahan pada jaringan sekitarnya.



Gambar 9. Aspirasi pada tumor payudara



Gambar 10. Aspirasi pada tumor di leher

6. Pengangkatan Jarum dan Persiapan Sampel
Setelah aspirasi selesai, jarum segera ditarik dari tubuh pasien. Sel yang diambil dari jarum segera ditempatkan di atas glas objek, dioleskan tipis, dan difiksasi menggunakan alkohol atau spray fiksatif. Teknik ini penting untuk menjaga kualitas sel agar tetap utuh dan mudah dianalisis di bawah mikroskop.
7. Pemrosesan Sampel
Sampel yang telah difiksasi akan dikirim ke laboratorium sitologi untuk diperiksa oleh ahli patologi. Mereka akan memeriksa karakteristik morfologi sel untuk menentukan apakah lesi tersebut jinak, ganas, atau bersifat inflamasi.
8. Penanganan Pasca-Prosedur
Setelah FNAB, area tusukan jarum mungkin memerlukan penekanan dengan kasa steril untuk menghentikan perdarahan kecil. Plester kemudian dipasang, dan pasien

dipantau untuk memastikan tidak ada komplikasi, seperti perdarahan atau reaksi vasovagal (pingsan akibat respons terhadap jarum).

Pasien biasanya dapat pulang setelah prosedur selesai, kecuali jika biopsi dilakukan pada area yang berisiko tinggi, seperti paru-paru atau hati, yang mungkin memerlukan observasi lebih lanjut.

9. Interpretasi Hasil

Hasil FNAB biasanya tersedia dalam waktu beberapa hari, tergantung pada metode analisis yang digunakan. Pada kasus tertentu, analisis tambahan seperti imunositokimia atau pemeriksaan molekuler mungkin diperlukan untuk mengkonfirmasi diagnosis.

Komplikasi yang Mungkin Terjadi

Perdarahan: Komplikasi yang paling umum adalah perdarahan ringan di area tusukan jarum. Hal ini biasanya dapat diatasi dengan tekanan langsung.

Infeksi: Meskipun jarang, ada risiko kecil terjadinya infeksi pada area biopsi.

Pneumotoraks: Ini adalah komplikasi yang lebih serius, yang dapat terjadi ketika biopsi dilakukan pada paru-paru, di mana udara masuk ke dalam rongga pleura akibat cedera pada paru-paru.

Prosedur Standar FNAB (Fine Needle Aspiration Biopsy)

Berikut adalah langkah-langkah prosedur standar FNAB.

1. Persiapan Pasien

Penjelasan Prosedur: Sebelum FNAB dilakukan, dokter akan menjelaskan tujuan, manfaat, dan risiko prosedur kepada pasien. Setelah penjelasan yang memadai, pasien harus memberikan informed consent.

Evaluasi Riwayat Kesehatan: Riwayat medis pasien, termasuk penggunaan obat pengencer darah seperti aspirin atau antikoagulan, harus diperiksa karena dapat meningkatkan risiko perdarahan. Pasien dengan gangguan pembekuan darah mungkin perlu mendapatkan evaluasi atau penyesuaian dosis obat.

Posisi Pasien: Posisi pasien diatur tergantung pada lokasi lesi. Misalnya, untuk biopsi tiroid, pasien biasanya berbaring dengan kepala sedikit direbahkan untuk memudahkan akses ke leher.

2. Sterilisasi dan Penyiapan Area

Area di mana jarum akan dimasukkan dibersihkan dengan antiseptik, seperti povidone-iodine atau klorheksidin, untuk mengurangi risiko infeksi. Sterilisasi ini penting untuk menjaga kebersihan selama prosedur.

Setelah disterilkan, area sekitar lesi ditutupi dengan kain steril untuk mempertahankan lingkungan yang bersih.

3. Penggunaan Panduan Imaging (Jika Diperlukan)

Jika lesi tidak dapat diraba secara manual, panduan imaging seperti ultrasonografi (USG), computed tomography (CT), atau magnetic resonance imaging (MRI) dapat digunakan. Modalitas ini membantu memastikan bahwa jarum diarahkan ke lokasi yang tepat untuk mendapatkan sampel yang akurat.

Imaging digunakan untuk melihat jalur jarum secara real-time, meminimalkan risiko salah sasaran atau cedera pada jaringan di sekitar lesi.

4. Aspirasi

Setelah jarum halus dimasukkan ke dalam lesi, tekanan negatif diberikan dengan menarik plunger pada syringe. Tekanan ini membantu menghisap sel atau cairan dari lesi ke dalam jarum. Jarum mungkin digerakkan dengan lembut maju-mundur untuk memaksimalkan jumlah sel yang diambil, sambil tetap menjaga kestabilan jarum agar tidak merusak jaringan di sekitarnya.

Proses aspirasi biasanya memakan waktu beberapa detik hingga satu menit, tergantung pada ukuran lesi dan jenis sel yang diambil.

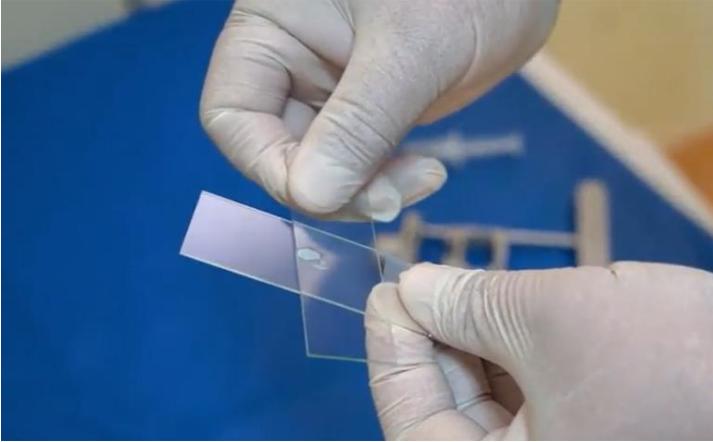
5. Pengangkatan Jarum dan Pemrosesan Sampel

Setelah aspirasi selesai, jarum ditarik dengan hati-hati dari tubuh pasien. Sampel yang diambil kemudian ditempatkan di atas glas objek, dioleskan tipis, dan difiksasi menggunakan alkohol atau spray fiksatif untuk mencegah kerusakan sel sebelum dianalisis di laboratorium sitologi.

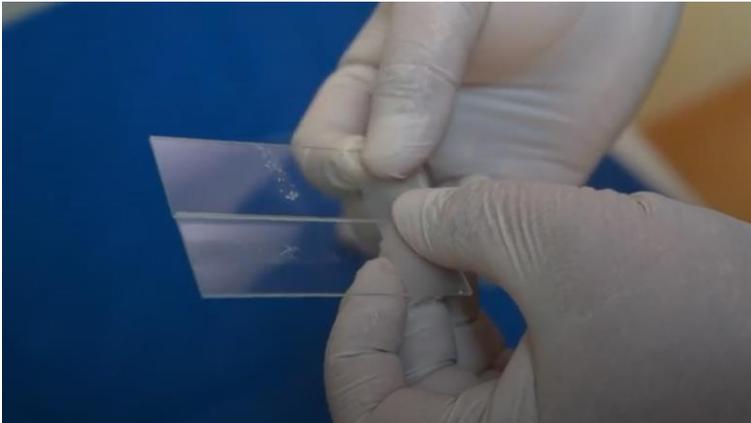


Gambar 11. Sampel diletakkan diatas object glass

Beberapa kali aspirasi mungkin dilakukan, terutama jika lebih banyak sampel diperlukan atau jika lesi memiliki area yang heterogen.



Gambar 12. Sampel diratakan dengan object glass lainnya selanjutnya difiksasi dengan alcohol



Gambar 13. Sampel sebelum dilakukan fiksasi

6. Penanganan Pasca-Prosedur

Setelah prosedur, tekanan ringan diterapkan pada area biopsi untuk menghentikan perdarahan. Sebuah plester steril kemudian dipasang pada area tersebut.

Pasien biasanya diperbolehkan pulang setelah prosedur, kecuali biopsi dilakukan di area yang memerlukan pengawasan lebih lanjut, seperti paru-paru atau perut.

7. Evaluasi dan Analisis Sampel

Sampel yang diperoleh melalui FNAB dikirim ke laboratorium untuk diperiksa di bawah mikroskop oleh ahli patologi. Analisis ini memungkinkan identifikasi sifat lesi, apakah jinak, ganas, atau bersifat inflamasi.

Hasil FNAB biasanya tersedia dalam beberapa hari, tergantung pada kompleksitas kasus dan teknik analisis yang digunakan.

8. Komplikasi dan Pemantauan

Komplikasi FNAB sangat jarang, tetapi bisa termasuk perdarahan kecil, infeksi, atau pembengkakan di area biopsi. Pasien dipantau untuk memastikan tidak ada komplikasi serius setelah prosedur.



PANDUAN USG (ULTRASONOGRAFI) UNTUK FNAB

Prinsip Dasar Ultrasonografi

Ultrasonografi (USG) adalah modalitas pencitraan medis yang menggunakan gelombang suara frekuensi tinggi untuk menghasilkan gambar dari struktur dalam tubuh. USG merupakan teknik non-invasif yang banyak digunakan dalam berbagai bidang medis, termasuk radiologi, kebidanan, kardiologi, dan intervensi biopsi, seperti Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB). (Boy, 2022; Marhana et al., 2022) Prinsip dasar ultrasonografi melibatkan transmisi gelombang suara, interaksi gelombang tersebut dengan jaringan tubuh, dan interpretasi gelombang yang dipantulkan untuk menghasilkan gambar.

Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik adalah gelombang suara dengan frekuensi di atas ambang pendengaran manusia, biasanya lebih dari 20.000 Hertz (Hz). Dalam aplikasi medis, USG menggunakan gelombang dengan frekuensi yang berkisar antara 2 hingga 18 Megahertz (MHz), tergantung pada kedalaman dan resolusi yang diperlukan untuk pencitraan. Frekuensi yang lebih tinggi menghasilkan gambar dengan resolusi lebih baik tetapi penetrasi jaringan yang lebih dangkal, sementara frekuensi yang lebih

rendah memungkinkan penetrasi yang lebih dalam tetapi dengan resolusi yang lebih rendah.(Sarkar et al., 2022)

Prinsip Transmisi dan Refleksi Gelombang Suara

Proses USG dimulai ketika gelombang ultrasonik dipancarkan dari transduser, sebuah perangkat yang mengubah energi listrik menjadi gelombang suara. Gelombang suara ini merambat melalui jaringan tubuh dan berinteraksi dengan berbagai jenis jaringan seperti otot, tulang, atau cairan.(Tambunan Gani W, 1990)

Ketika gelombang suara bertemu dengan batas antara dua jenis jaringan yang berbeda, seperti antara jaringan lunak dan cairan, sebagian gelombang tersebut dipantulkan kembali ke transduser. Gelombang yang dipantulkan ini dikenal sebagai echo. Transduser kemudian menerima echo tersebut dan mengubahnya kembali menjadi sinyal listrik yang dapat diinterpretasikan oleh perangkat USG untuk menghasilkan gambar.(Felisha et al., 2019; Sarkar et al., 2022)

Tingkat pantulan gelombang suara bergantung pada perbedaan impedansi akustik antara dua jenis jaringan. Jaringan yang memiliki perbedaan impedansi yang signifikan akan memantulkan lebih banyak gelombang suara, menghasilkan gambar yang lebih jelas. Sebagai contoh, perbatasan antara tulang dan jaringan lunak akan menghasilkan echo yang kuat, sedangkan perbatasan antara dua jaringan lunak yang serupa akan menghasilkan echo yang lebih lemah.

Mode Pencitraan

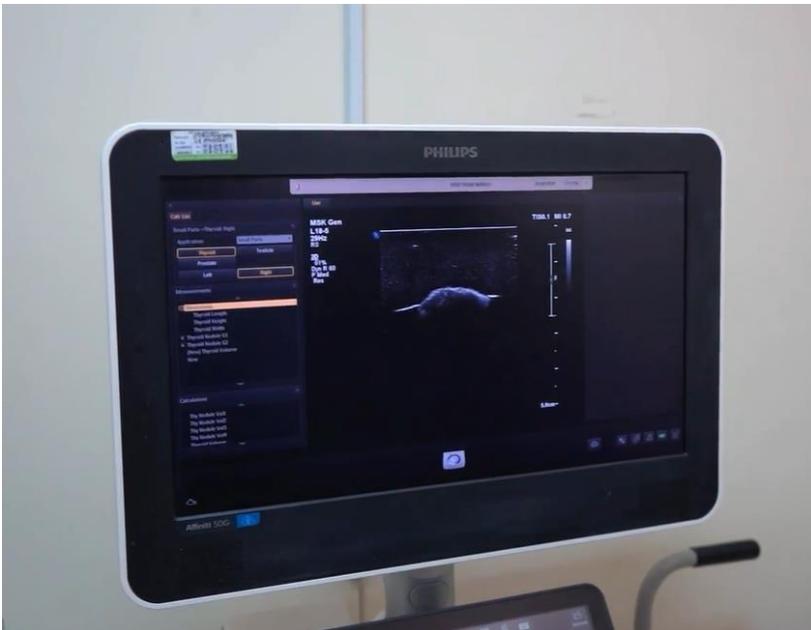
Ultrasonografi memiliki beberapa mode pencitraan yang digunakan untuk tujuan yang berbeda, di antaranya:

Mode B (Brightness): Mode B adalah mode pencitraan paling umum dalam USG. Ini menghasilkan gambar dua dimensi dari struktur anatomi berdasarkan intensitas echo yang dipantulkan. Setiap echo diubah menjadi titik cahaya dengan

intensitas yang sesuai, dan ribuan titik ini bersama-sama membentuk gambar.

Mode M (Motion): Mode ini digunakan terutama untuk melihat gerakan, seperti denyut jantung janin atau katup jantung. Ini merekam pergerakan struktur internal dalam bentuk grafik.

Doppler Ultrasound: Mode ini mengukur perubahan frekuensi gelombang suara yang dipantulkan oleh benda yang bergerak, seperti aliran darah. Doppler USG digunakan untuk menilai kecepatan dan arah aliran darah, serta untuk mendeteksi gangguan seperti penyempitan pembuluh darah atau adanya trombus.



Gambar 14. Massa yang terlihat pada ultrasonografi

Interaksi dengan Berbagai Jaringan

Gelombang ultrasonik berinteraksi dengan jaringan tubuh dalam beberapa cara, tergantung pada sifat akustik jaringan tersebut:

Gelombang dipantulkan kembali ke transduser ketika bertemu dengan batas antara jaringan yang berbeda, hal ini disebut refleksi.

Refraksi, yaitu gelombang dapat berubah arah saat melewati batas antara dua jaringan dengan indeks bias berbeda.

Transmisi Dimana sebagian gelombang dapat terus merambat melalui jaringan yang tidak memiliki perbedaan impedansi yang signifikan.

Absorpsi adalah sebagian energi gelombang ultrasonik diserap oleh jaringan, yang kemudian diubah menjadi panas.



Gambar 15. Syringe terlihat saat pengambilan sampel dari massa

Penggunaan Media Penghubung (Gel)

Untuk memfasilitasi transmisi gelombang suara dari transduser ke tubuh pasien, digunakan gel berbasis air sebagai media penghubung. Gel ini mencegah terbentuknya udara antara transduser dan kulit, yang dapat menghambat transmisi gelombang suara karena udara memiliki impedansi akustik yang sangat berbeda dibandingkan jaringan tubuh.



Gambar 16. Pemberian gel pada probe USG

Keunggulan dan Keterbatasan USG

Ultrasonografi menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan modalitas pencitraan lain, seperti sinar-X atau CT scan. USG tidak menggunakan radiasi ionisasi, sehingga aman untuk digunakan pada pasien hamil dan anak-anak. Prosesnya juga cepat, non-invasif, dan dapat dilakukan di berbagai lokasi tubuh.

Namun, USG memiliki keterbatasan, terutama dalam mencitrakan struktur yang berada di belakang tulang atau yang mengandung gas (seperti usus), karena gelombang ultrasonik tidak dapat menembus dengan baik melalui tulang atau gas. Selain itu, resolusi gambar bergantung pada pengalaman operator dan kualitas peralatan.

Aplikasi USG pada FNAB

Ultrasonografi (USG) telah menjadi alat yang sangat penting dalam prosedur Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) karena kemampuannya untuk memberikan panduan visual yang real-time selama proses biopsi. Dengan bantuan USG, dokter dapat dengan presisi menentukan lokasi lesi atau massa yang akan diambil sampelnya, meminimalkan risiko pengambilan sampel yang tidak representatif, dan mengurangi komplikasi. USG digunakan dalam FNAB untuk berbagai organ dan struktur, seperti tiroid, payudara, kelenjar getah bening, dan organ dalam lainnya.(Boy, 2022; Pongsittisak et al., 2019; Sarkar et al., 2022) Berikut penjelasan mengenai aplikasi USG dalam FNAB dan organ-organ yang sering menjadi target biopsi dengan panduan USG.

1. Keunggulan USG dalam FNAB

Panduan USG dalam FNAB memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya menjadi pilihan utama dalam biopsi berbasis jarum halus, di antaranya:

USG memberikan gambar langsung selama prosedur, memungkinkan dokter memantau jalur jarum menuju target lesi, sehingga menghindari struktur vital seperti pembuluh darah atau saraf. USG menggunakan gelombang suara frekuensi tinggi dan tidak melibatkan radiasi ionisasi, menjadikannya aman, terutama untuk pasien hamil atau anak-anak. Dibandingkan dengan modalitas imaging lainnya, seperti CT scan atau MRI, USG memiliki biaya yang lebih rendah dan mudah diakses di banyak

klinik dan rumah sakit. USG sangat efektif untuk memandu FNAB pada lesi yang terletak di dekat permukaan tubuh atau pada organ lunak, seperti tiroid, payudara, dan kelenjar getah bening.(Boy, 2022; Pongsittisak et al., 2019)

2. Organ yang Dapat Ditargetkan dengan USG dalam FNAB

a. Tiroid

Salah satu aplikasi USG yang paling umum dalam FNAB adalah untuk biopsi nodul tiroid. Nodul tiroid sering ditemukan pada pemeriksaan fisik rutin atau melalui imaging lainnya. Sebagian besar nodul tiroid bersifat jinak, namun FNAB digunakan untuk memastikan apakah nodul tersebut mengandung sel-sel ganas (kanker tiroid) atau tidak.(Smith & Kaufman, 2021)

Dengan USG, dokter dapat melihat ukuran, bentuk, dan lokasi nodul tiroid secara real-time. USG membantu memandu jarum dengan tepat ke dalam nodul, terutama pada nodul kecil atau yang terletak di dekat pembuluh darah. Dengan panduan visual ini, dokter dapat mengambil sampel sel yang representatif dari berbagai bagian nodul untuk memastikan hasil yang akurat.(Smith & Kaufman, 2021)

USG memungkinkan identifikasi nodul yang tidak teraba, terutama pada pasien dengan leher yang besar atau nodul yang sangat kecil. USG juga membantu mengidentifikasi karakteristik mencurigakan dari nodul, seperti kalsifikasi mikrokistik atau pembuluh darah abnormal, yang mungkin menunjukkan risiko lebih tinggi untuk keganasan.

b. Payudara

USG juga digunakan secara luas dalam FNAB untuk biopsi lesi payudara. Meskipun mammografi adalah modalitas pencitraan utama untuk deteksi awal kanker payudara, USG sangat membantu dalam biopsi, terutama untuk lesi yang

tidak terlihat jelas pada mammografi, seperti pada payudara dengan jaringan padat.(Eren et al., 2022)

USG digunakan untuk memvisualisasikan lesi payudara, seperti kista, massa padat, atau benjolan yang teraba, yang mungkin memerlukan biopsi untuk menyingkirkan kanker. USG membantu memastikan bahwa jarum memasuki lesi dengan tepat, sehingga sampel yang diambil representatif. (Eren et al., 2022)

USG sangat berguna untuk biopsi pada wanita muda dengan jaringan payudara padat yang mungkin tidak terlihat dengan baik pada mammografi. USG juga digunakan untuk memandu biopsi pada kista payudara yang memerlukan drainase atau lesi yang terletak di dekat kulit atau dinding dada.

c. Kelenjar Getah Bening (Lymph Nodes)

FNAB pada kelenjar getah bening dilakukan untuk mendiagnosis berbagai kondisi, seperti limfoma, metastasis kanker, atau infeksi seperti tuberkulosis. Kelenjar getah bening yang membesar dapat ditemukan di berbagai bagian tubuh, seperti leher, aksila (ketiak), dan pangkal paha.(Farrukh et al., 2022)

USG memungkinkan visualisasi langsung kelenjar getah bening yang membesar dan memandu jarum untuk mendapatkan sampel dari area yang tepat. Ini sangat penting, terutama jika kelenjar getah bening terletak dalam atau dekat struktur penting seperti pembuluh darah besar.(Farrukh et al., 2022)

USG membantu membedakan antara kelenjar getah bening yang normal, reaktif, atau yang mengandung metastasis. Kelenjar getah bening yang tampak abnormal pada USG, misalnya, yang memiliki hilus yang hilang atau korteks yang tebal, dapat langsung ditargetkan untuk FNAB.

d. Parotis dan Kelenjar Ludah

USG digunakan untuk memandu FNAB pada lesi di kelenjar parotis atau kelenjar ludah lainnya, yang dapat terjadi akibat tumor, infeksi, atau kondisi autoimun seperti sindrom Sjögren. Tumor pada kelenjar ludah dapat bersifat jinak atau ganas, sehingga FNAB sering kali diperlukan untuk evaluasi lebih lanjut.(Wan et al., 2004)

USG memungkinkan pengambilan sampel yang lebih akurat dari massa parotis atau kelenjar ludah, terutama jika lesi terletak di dekat saraf wajah atau struktur lainnya yang sensitif. USG membantu dalam mengidentifikasi lokasi dan sifat lesi, serta memandu jarum agar tidak mengenai pembuluh darah atau saraf penting di sekitar kelenjar ludah.(Wan et al., 2004)

e. Hati (Liver)

FNAB dengan panduan USG juga sering digunakan untuk biopsi pada lesi hati, seperti tumor hati primer (hepatocellular carcinoma) atau metastasis kanker dari organ lain. FNAB hati dapat dilakukan ketika terdapat lesi fokal pada hati yang memerlukan evaluasi lebih lanjut.(Sarkar et al., 2022)

USG memungkinkan dokter untuk melihat lesi di hati dan memandu jarum dengan tepat ke lokasi lesi. Prosedur ini berguna untuk lesi superfisial maupun yang lebih dalam di dalam parenkim hati. USG memberikan panduan visual yang jelas selama biopsi dan membantu menghindari struktur penting seperti pembuluh darah hati. Ini mengurangi risiko komplikasi seperti perdarahan atau cedera organ.(Sarkar et al., 2022)

f. Paru-Paru

USG dapat digunakan untuk memandu FNAB pada lesi di paru-paru, terutama yang terletak di dekat pleura atau di permukaan paru-paru. Meskipun CT scan lebih umum

digunakan untuk biopsi paru-paru, USG memiliki keuntungan karena dapat digunakan secara real-time dan tanpa radiasi.(Marhana et al., 2022)

USG digunakan untuk memandu jarum ke lesi paru yang terlihat pada permukaan atau dekat pleura. Ini memungkinkan pengambilan sampel dari massa atau nodul yang memerlukan evaluasi sitologis. USG mengurangi risiko pneumotoraks dibandingkan dengan metode lain seperti CT-guided FNAB. USG juga memberikan visualisasi langsung dari dinding toraks dan lesi paru, memungkinkan pengambilan sampel yang lebih aman.(Marhana et al., 2022)

g. Organ Reproduksi

USG juga digunakan untuk FNAB pada massa di ovarium, testis, atau prostat. Lesi atau massa di organ reproduksi ini sering kali memerlukan evaluasi lebih lanjut untuk menentukan apakah bersifat jinak atau ganas. USG memungkinkan biopsi pada kista ovarium atau massa testis dengan memandu jarum secara presisi ke lesi tanpa merusak jaringan sehat di sekitarnya. USG memberikan panduan yang aman, khususnya untuk biopsi massa yang berada di dekat struktur vital dalam organ reproduksi, seperti pembuluh darah besar atau saraf.(Aerts et al., 2004; D'Angelo et al., 2019)

Teknik dan Protokol FNAB dengan USG

Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) dengan panduan ultrasonografi (USG) adalah prosedur yang umum digunakan untuk mendiagnosis berbagai kondisi medis, termasuk kanker, infeksi, dan penyakit inflamasi, dengan pengambilan sampel jaringan dari lesi yang mencurigakan. Panduan USG memberikan visualisasi real-time yang membantu memastikan jarum FNAB diarahkan dengan tepat ke target lesi, meminimalkan risiko komplikasi dan memastikan hasil biopsi yang akurat. Berikut

adalah langkah-langkah teknik dan protokol standar FNAB dengan panduan USG.(Kim & Shin, 2017)

Persiapan Pasien

Sebelum prosedur FNAB dilakukan, persiapan yang tepat diperlukan untuk memastikan keamanan dan efektivitasnya:

Sebelumnya dokter menjelaskan prosedur FNAB dan peran USG sebagai panduan kepada pasien. Risiko, manfaat, dan tujuan FNAB dibahas, dan pasien diminta menandatangani informed consent.

Dokter memeriksa riwayat medis pasien, termasuk penggunaan obat pengencer darah atau adanya gangguan pembekuan darah, yang dapat meningkatkan risiko perdarahan. Pasien mungkin diminta menghentikan obat tertentu sebelum prosedur.

Posisi pasien disesuaikan dengan lokasi lesi yang akan diambil sampelnya. Misalnya, untuk biopsi tiroid, pasien biasanya berbaring dengan kepala sedikit terekspos dan leher dilengkungkan ke belakang, sementara untuk lesi payudara, pasien mungkin diminta berbaring atau setengah duduk tergantung pada lokasi massa.

Sterilisasi dan Persiapan Alat

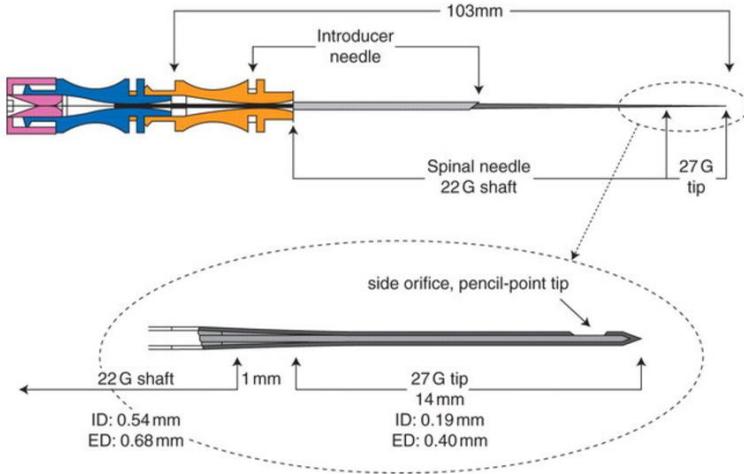
Area kulit tempat biopsi akan dilakukan dibersihkan dengan antiseptik (povidone-iodine atau klorheksidin) untuk mengurangi risiko infeksi. Seluruh prosedur dilakukan dalam kondisi steril untuk menjaga kebersihan.

Peralatan yang Dibutuhkan:

- a) Jarum tipis (22-27 gauge)
- b) Syringe 10-20 mL
- c) Glas objek untuk menempatkan sampel sel
- d) Gel steril untuk USG
- e) Fiksatif untuk pengawetan sampel (biasanya alkohol 95%)

Pemilihan Jarum dan Lokasi Aspirasi

Jarum halus (fine needle) dengan ukuran antara 22 hingga 27 gauge dipilih berdasarkan ukuran lesi dan kedalaman target. Jarum yang lebih besar mungkin diperlukan untuk lesi yang lebih dalam atau padat, tetapi jarum yang lebih kecil mengurangi risiko kerusakan jaringan.



Gambar 17. Desain jarum spinal ukuran 22/27 G (Ginosar et al., 2012)

USG digunakan untuk memvisualisasikan lesi dan menentukan titik masuk yang ideal untuk jarum. USG juga membantu mengidentifikasi struktur vital di sekitar lesi, seperti pembuluh darah atau saraf, yang harus dihindari selama prosedur.

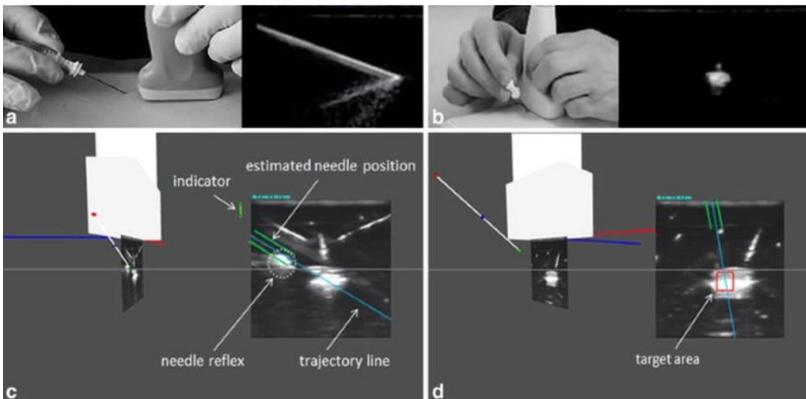
Penggunaan Panduan USG

USG menghasilkan gambar real-time dari lesi dan jarum biopsi. Operator menggunakan transduser USG untuk mengarahkan jarum secara langsung ke lesi. Ini sangat penting

untuk lesi yang terletak di dalam atau dekat struktur vital, seperti tiroid, kelenjar getah bening, dan payudara.

Terdapat dua teknik utama yang digunakan dalam panduan USG : (Meiser et al., 2016)

- a) In-Plane: Dalam teknik ini, jarum dimasukkan sejajar dengan bidang gambar USG, sehingga seluruh panjang jarum dapat dilihat di layar. Ini adalah teknik yang paling umum karena memungkinkan visualisasi yang lebih baik dari ujung jarum saat mendekati lesi.
- b) Out-of-Plane: Dalam teknik ini, jarum dimasukkan pada sudut tertentu terhadap bidang gambar, dan hanya bagian ujung jarum yang terlihat di layar USG. Teknik ini digunakan jika sudut tertentu diperlukan untuk mengakses lesi.



Gambar 18. Teknik In-Plane (a dan c) dan Out-Of-Plane (b dan d). (Meiser et al., 2016)

Aspirasi dengan FNAB

Setelah jarum ditempatkan di dalam lesi yang dicurigai, operator melakukan aspirasi dengan menarik plunger syringe, menciptakan tekanan negatif untuk menghisap sampel seluler dari lesi ke dalam jarum. Selama proses ini, jarum dapat

digerakkan dengan lembut maju-mundur untuk memastikan pengambilan sampel yang cukup. Dalam beberapa kasus, terutama jika lesi heterogen (tidak seragam), beberapa aspirasi mungkin diperlukan untuk mendapatkan sampel dari berbagai bagian lesi.

Penyiapan dan Fiksasi Sampel

Setelah aspirasi selesai, sel-sel yang diambil segera ditempatkan di atas glas objek:

Sampel sel segera dioleskan tipis di atas glas objek untuk analisis sitologi. Penting untuk memastikan bahwa olesan ini tidak terlalu tebal untuk memudahkan pemeriksaan mikroskopik. Sampel difiksasi menggunakan alkohol atau spray fiksatif untuk mencegah degradasi sel sebelum dianalisis di laboratorium. Fiksasi memastikan bahwa struktur sel tetap utuh selama pemeriksaan sitologi.

Penanganan Pasca-Prosedur

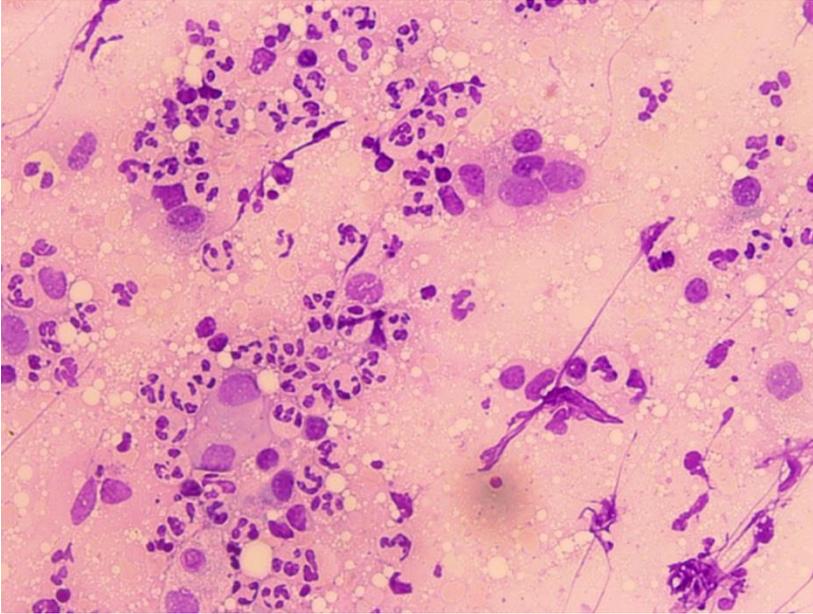
Setelah aspirasi selesai dan jarum dilepaskan, tekanan lembut diterapkan pada area biopsi untuk mencegah perdarahan. Sebuah plester steril kemudian ditempatkan di area tersebut.

Pasien dipantau untuk komplikasi, seperti perdarahan, pembengkakan, atau nyeri di area biopsi. Namun, komplikasi pada FNAB dengan panduan USG jarang terjadi karena teknik ini minimal invasif. Pasien biasanya dapat melanjutkan aktivitas normal segera setelah prosedur. Mereka mungkin diberikan instruksi untuk menghindari aktivitas berat selama beberapa jam setelah FNAB.

Evaluasi Sampel

Sampel yang diambil selama FNAB dikirim ke laboratorium sitologi untuk diperiksa di bawah mikroskop. Ahli patologi akan mengevaluasi karakteristik sel yang diambil, seperti ukuran, bentuk, dan organisasi sel untuk menentukan apakah massa tersebut jinak, ganas, atau inflamasi. Hasil FNAB biasanya

tersedia dalam beberapa hari, tergantung pada jenis lesi dan tes tambahan yang diperlukan (seperti imunositokimia atau pemeriksaan molekuler).



Gambar 19. Hasil FNAB pada payudara yang menunjukkan gambaran sel-sel atipik dan pleomorfik.

Manfaat dan Keterbatasan USG

Ultrasonografi (USG) juga memiliki beberapa keterbatasan yang harus dipertimbangkan dalam penggunaannya. (Eren et al., 2022)

Manfaat USG

1. Non-Invasif dan Aman USG adalah modalitas pencitraan yang non-invasif, tidak menggunakan radiasi ionisasi, sehingga aman digunakan pada berbagai populasi pasien, termasuk wanita hamil dan anak-anak. Ini membuat USG

pilihan utama untuk pemeriksaan berkala atau pemantauan kondisi yang memerlukan pencitraan berulang.

2. Visualisasi Real-Time Salah satu keunggulan utama USG adalah kemampuannya untuk menyediakan visualisasi real-time. Ini sangat penting dalam prosedur intervensi seperti FNAB, di mana dokter perlu melihat jarum bergerak menuju target lesi secara langsung. Dengan panduan USG, biopsi dapat dilakukan dengan akurasi yang lebih tinggi, mengurangi risiko komplikasi dan memastikan sampel yang diambil berasal dari lokasi yang benar.
3. Aksesibilitas dan Biaya Rendah USG merupakan salah satu modalitas pencitraan yang paling mudah diakses dan relatif murah dibandingkan dengan computed tomography (CT) atau magnetic resonance imaging (MRI). Mesin USG portabel juga memungkinkan penggunaannya di tempat-tempat yang kurang memiliki fasilitas medis canggih, seperti klinik atau lokasi rural.
4. Multifungsi dan Fleksibilitas USG dapat digunakan untuk berbagai aplikasi klinis, mulai dari pencitraan jaringan lunak seperti tiroid, payudara, dan organ perut, hingga pemeriksaan jantung dan pembuluh darah (USG Doppler). Fleksibilitas ini membuatnya sangat berguna dalam evaluasi cepat berbagai kondisi medis.
5. Tidak Memerlukan Persiapan Khusus Sebagian besar pemeriksaan USG tidak memerlukan persiapan khusus dari pasien, seperti puasa atau penggunaan kontras. Ini memudahkan proses pemeriksaan dan memungkinkan pemeriksaan dilakukan dengan cepat, terutama dalam keadaan darurat.

Keterbatasan USG

1. Resolusi Gambar yang Terbatas Meskipun USG memberikan visualisasi real-time, resolusi gambar USG lebih rendah dibandingkan dengan modalitas pencitraan lain seperti CT atau MRI. Ini terutama berlaku pada struktur yang lebih kecil atau area yang lebih kompleks, di mana detail halus mungkin tidak terlihat dengan jelas pada gambar USG.
2. Dibatasi oleh Gas dan Tulang USG tidak dapat menembus gas atau tulang dengan baik, sehingga penggunaannya terbatas pada organ atau jaringan yang tidak tertutupi oleh struktur ini. Misalnya, pencitraan USG pada paru-paru kurang efektif karena adanya udara dalam rongga paru-paru yang menghalangi gelombang suara. Demikian pula, pencitraan organ yang berada di belakang tulang, seperti otak atau sumsum tulang belakang, tidak dapat dilakukan dengan USG.
3. Operator-Dependent Kualitas hasil USG sangat bergantung pada keterampilan operator. Pengalaman dan keahlian operator dalam mengarahkan transduser dan menginterpretasikan gambar sangat penting dalam mendapatkan hasil yang akurat. Perbedaan antaroperator dapat menyebabkan variasi dalam kualitas dan keandalan hasil pemeriksaan.
4. Keterbatasan Pencitraan Jaringan Dalam Untuk organ yang berada dalam atau jauh dari permukaan tubuh, seperti pankreas atau kelenjar adrenal, pencitraan USG mungkin kurang akurat karena penurunan penetrasi gelombang suara pada jaringan yang lebih dalam. Untuk kondisi ini, modalitas pencitraan lain seperti CT atau MRI mungkin lebih disarankan.
5. Tidak Menyediakan Gambar Tiga Dimensi Rinci USG tradisional menghasilkan gambar dua dimensi. Meskipun teknologi USG 3D dan 4D telah berkembang, mereka tidak

sekomprehensif CT atau MRI dalam memberikan detail anatomi yang kompleks.

Contoh Kasus Klinis dengan Panduan USG

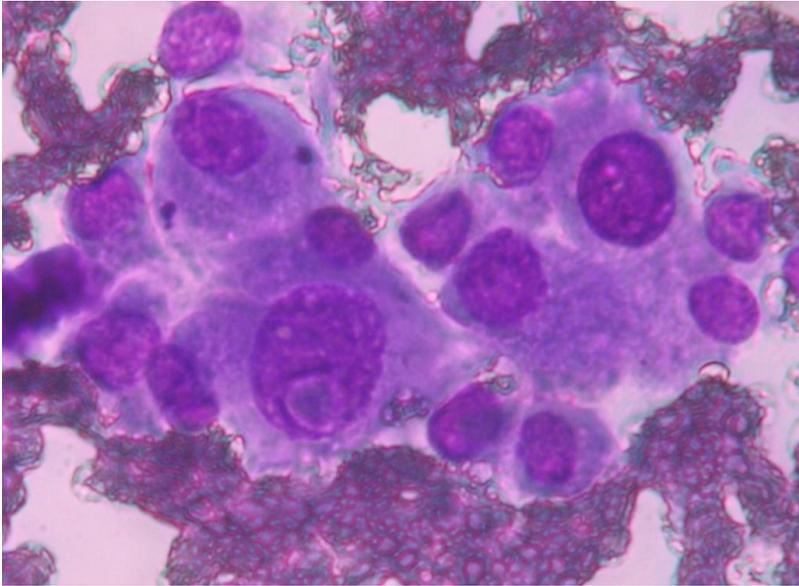
Berikut adalah contoh kasus klinis yang melibatkan penggunaan USG sebagai panduan dalam FNAB:

Kasus 1: Nodul Tiroid

Seorang wanita berusia 45 tahun datang ke klinik dengan keluhan adanya benjolan yang tidak nyeri di leher bagian depan yang ditemukan saat mandi. Pemeriksaan fisik menunjukkan nodul berukuran sekitar 2 cm pada kelenjar tiroid. Pasien tidak memiliki riwayat keluarga kanker tiroid dan tidak mengalami gejala hipertiroid atau hipotiroid.

Pemeriksaan USG pada kelenjar tiroid menunjukkan adanya nodul padat di lobus kanan tiroid, dengan margin yang tidak teratur dan mikro-kalsifikasi—dua temuan yang mencurigakan untuk keganasan. Berdasarkan temuan ini, FNAB dianjurkan untuk mengevaluasi apakah nodul tersebut bersifat jinak atau ganas.

Pasien berbaring dalam posisi terlentang dengan leher terekspos untuk prosedur FNAB. Setelah area disterilkan, USG digunakan untuk memandu jarum biopsi menuju nodul tiroid. Dengan panduan visual real-time, jarum halus (22 gauge) diarahkan tepat ke dalam nodul, dan sampel seluler diambil melalui aspirasi.



Gambar 20. Gambaran Sitologi Papillary carcinoma Thyroid

Sampel yang diperoleh dianalisis di laboratorium sitologi. Hasil sitologi menunjukkan bahwa nodul tersebut adalah karsinoma papiler tiroid, sejenis kanker tiroid yang paling umum. Berdasarkan hasil ini, pasien dirujuk untuk evaluasi lebih lanjut dan penatalaksanaan bedah.

USG memungkinkan visualisasi langsung dari nodul tiroid dan memberikan panduan akurat untuk memastikan bahwa sampel diambil dari area yang mencurigakan. Ini mengurangi risiko pengambilan sampel yang tidak tepat dan memastikan diagnosis yang akurat. Dengan karakteristik nodul yang terlihat pada USG (seperti mikro-kalsifikasi dan margin tidak teratur), FNAB dapat dilakukan secara tepat.

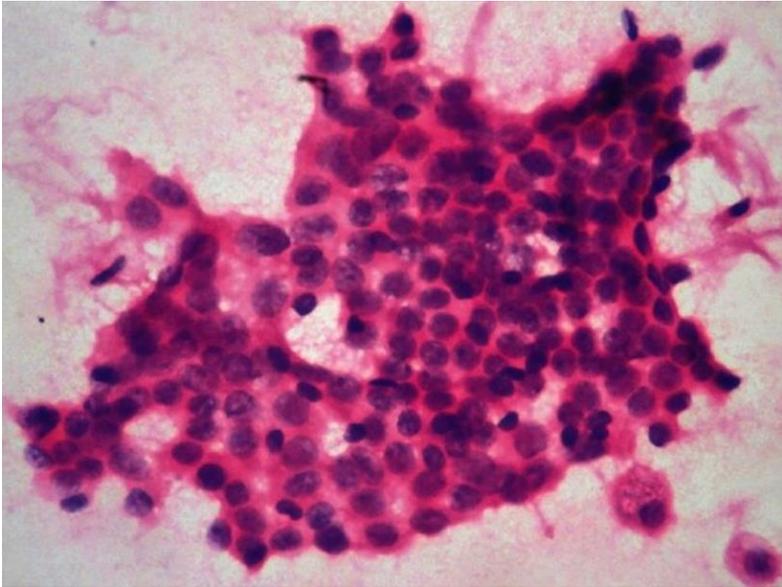
Kasus 2: Lesi Kistik pada Payudara

Seorang wanita berusia 38 tahun datang dengan keluhan adanya benjolan lunak di payudara kiri yang teraba selama beberapa bulan. Pasien khawatir akan risiko kanker payudara meskipun tidak ada riwayat keluarga dengan kondisi serupa.

Pemeriksaan USG payudara menunjukkan adanya lesi kistik yang tampak hypoechoic (berisi cairan) di kuadran luar payudara kiri. Ukuran kista tersebut sekitar 2,5 cm dan tidak memiliki tanda-tanda solid yang mengindikasikan keganasan. Namun, untuk memastikan bahwa tidak ada komponen padat di dalam kista, FNAB dianjurkan untuk aspirasi cairan dan evaluasi lebih lanjut.

Pasien ditempatkan dalam posisi setengah duduk, dan USG digunakan untuk memandu jarum FNAB ke dalam kista. Setelah jarum mencapai lesi, aspirasi dilakukan untuk mengeluarkan cairan dari kista. Cairan tersebut kemudian dikirim ke laboratorium untuk evaluasi sitologi.

Hasil sitologi dari cairan menunjukkan bahwa kista tersebut bersifat jinak tanpa tanda-tanda sel ganas. Tidak diperlukan intervensi lebih lanjut, dan pasien diminta untuk melakukan pemantauan rutin.



Gambar 21. Sel epitel duktus yang tampak jinak dan makrofag kista pada Fibrocystic Disease 40x.(Narasimha et al., 2013)

USG memungkinkan visualisasi jelas dari lesi kistik, memastikan bahwa jarum diarahkan tepat ke dalam kista. Ini membantu memastikan bahwa cairan diaspirasi sepenuhnya dan bahwa tidak ada komponen solid yang berisiko keganasan di dalam kista.



BAB 4

PANDUAN CT SCAN UNTUK FNAB

Prinsip Dasar CT Scan

Computed Tomography (CT) scan adalah teknologi pencitraan medis yang memanfaatkan sinar-X dan komputasi untuk menghasilkan gambar penampang (slice) dari bagian tubuh. CT scan mampu memberikan gambar yang sangat detail dari struktur tubuh, termasuk tulang, jaringan lunak, dan pembuluh darah, dengan menggunakan data dari berbagai sudut untuk menciptakan citra tiga dimensi. Ini memungkinkan dokter untuk mendiagnosis berbagai kondisi dengan lebih akurat dan terperinci dibandingkan dengan sinar-X konvensional. (Knott et al., 2021; Zlevor et al., 2021)

Prinsip Kerja CT Scan

CT scan bekerja dengan menggunakan sumber sinar-X yang berputar di sekitar tubuh pasien. Sinar-X ini melewati tubuh dan ditangkap oleh detektor yang terletak di sisi berlawanan dari sumber sinar-X. Detektor mengukur intensitas sinar-X yang menembus tubuh, yang bervariasi tergantung pada densitas jaringan yang dilaluinya. (Zlevor et al., 2023)

Sinar-X yang digunakan pada CT scan mirip dengan sinar-X biasa, namun pada CT scan, sinar ini dipancarkan dalam bentuk balok tipis yang berputar mengelilingi tubuh pasien, mengambil gambar dari berbagai sudut.

Setelah sinar-X melewati tubuh, detektor pada CT scan menangkap sinyal yang ditransmisikan. Jaringan tubuh yang lebih padat, seperti tulang, akan menyerap lebih banyak sinar-X, sementara jaringan yang lebih lunak, seperti otot atau lemak, akan menyerap lebih sedikit.

Komputer memproses data dari detektor ini dan menghasilkan gambar penampang tubuh dalam bentuk potongan atau "slice." Setiap slice memberikan pandangan detail dari bagian tubuh tertentu pada satu lapisan, dan gambar slice ini dapat disusun menjadi citra tiga dimensi dari area yang dipindai.

Pembuatan Gambar

Data yang dikumpulkan dari berbagai sudut kemudian diproses oleh komputer untuk membuat gambar dua dimensi dari penampang tubuh. Gambar-gambar ini dapat diatur dalam beberapa lapisan, memungkinkan dokter untuk melihat bagian tubuh dari berbagai sudut dan kedalaman. Jika diperlukan, citra ini dapat diolah menjadi gambar tiga dimensi untuk memberikan informasi lebih rinci tentang struktur tubuh atau lesi tertentu.(Knott et al., 2021)

Penggunaan Agen Kontras

Dalam beberapa kasus, agen kontras mungkin digunakan untuk meningkatkan visibilitas struktur tertentu, seperti pembuluh darah atau saluran pencernaan. Agen kontras biasanya berupa cairan yang mengandung iodine atau barium dan dapat diberikan melalui injeksi, diminum, atau dimasukkan melalui saluran tubuh lainnya.(Knott et al., 2021)

Agen kontras bekerja dengan memperkuat perbedaan antara struktur yang menyerap lebih banyak sinar-X dan yang menyerap lebih sedikit. Ini membantu dokter melihat detail yang mungkin sulit dibedakan pada pencitraan tanpa kontras, seperti tumor kecil atau peradangan.

Keunggulan CT Scan

CT scan menghasilkan gambar dengan resolusi yang sangat tinggi, memungkinkan visualisasi rinci dari struktur anatomi, termasuk organ dalam, jaringan lunak, dan tulang. Selain itu CT scan relatif cepat, biasanya hanya memerlukan beberapa menit, sehingga sangat berguna dalam situasi darurat seperti trauma atau stroke. CT scan juga sangat akurat dalam mendiagnosis berbagai kondisi seperti tumor, infeksi, kelainan tulang, dan penyakit vaskular.(Knott et al., 2021)

Keterbatasan dan Risiko

Salah satu keterbatasan utama CT scan adalah paparan radiasi. Meskipun dosisnya rendah, paparan radiasi berulang dapat meningkatkan risiko kanker, terutama pada anak-anak atau pasien yang memerlukan banyak pemindaian.(Knott et al., 2021)

CT scan lebih mahal dibandingkan dengan sinar-X konvensional, dan mungkin tidak tersedia di semua fasilitas kesehatan.

Aplikasi FNAB dengan Panduan CT

Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) dengan panduan CT memungkinkan dokter untuk mendapatkan visualisasi yang lebih rinci dan tiga dimensi dari lokasi lesi, sangat membantu untuk memandu jarum FNAB ke area yang tepat. Hal ini penting untuk lesi yang berada di area seperti paru-paru, abdomen, atau organ dalam lainnya yang tidak terjangkau oleh panduan USG atau pemeriksaan klinis biasa. Berikut adalah aplikasi FNAB dengan panduan CT untuk beberapa area tubuh yang sulit diakses.

FNAB dengan Panduan CT pada Paru-Paru

CT-guided FNAB sangat sering digunakan untuk lesi di paru-paru, terutama pada pasien dengan massa paru yang mencurigakan untuk kanker paru-paru. Massa di paru-paru sering tidak terlihat atau tidak dapat diraba secara manual dan sering kali tidak dapat divisualisasikan dengan baik melalui USG, karena udara di dalam paru-paru menghalangi gelombang suara

ultrasonik. CT scan memberikan gambar yang lebih jelas dari paru-paru dan memungkinkan dokter melihat lesi yang mungkin berada di lokasi yang sulit dijangkau.

Pasien diposisikan berbaring telentang, tengkurap, atau miring, tergantung pada lokasi lesi. Setelah lokasi biopsi ditentukan melalui pemindaian CT, area tersebut disterilkan, dan anestesi lokal diberikan. Dengan panduan CT, jarum dimasukkan melalui dinding dada menuju lesi paru. CT digunakan secara berkala selama prosedur untuk memantau kemajuan jarum dan memastikan bahwa jarum berada di lokasi yang tepat.

CT-guided FNAB sangat bermanfaat untuk mengevaluasi nodul atau massa paru-paru yang mungkin sulit diakses dengan teknik lain. Prosedur ini memungkinkan pengambilan sampel dari lesi yang terletak dalam paru-paru atau di dekat pleura, dengan risiko yang lebih rendah dibandingkan dengan biopsi bedah terbuka. CT juga memberikan panduan yang akurat dalam menghindari pembuluh darah besar atau struktur vital lainnya selama prosedur.

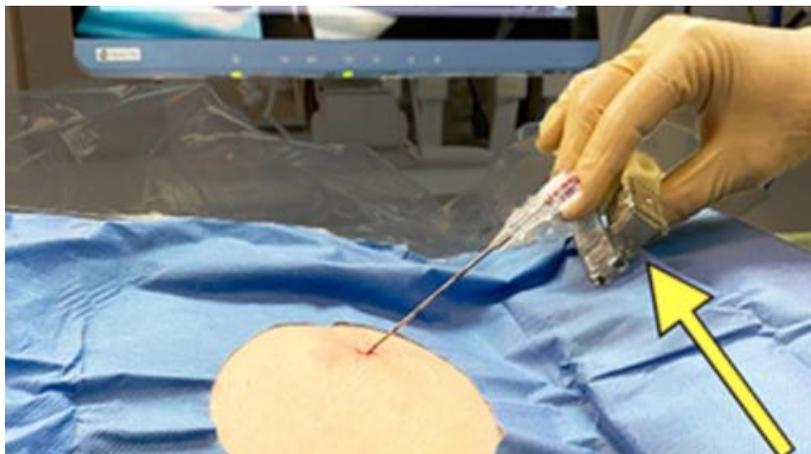
Salah satu komplikasi paling umum dari FNAB pada paru-paru adalah pneumotoraks, yang terjadi ketika udara masuk ke dalam rongga pleura selama prosedur. Namun, risiko ini relatif rendah dan dapat diatasi dengan tindakan medis yang tepat.

FNAB dengan Panduan CT pada Abdomen

FNAB dengan panduan CT juga sering digunakan untuk lesi yang terletak di dalam rongga perut (abdomen), seperti hati, pankreas, kelenjar adrenal, atau ginjal. Lesi pada organ-organ ini sering tidak teraba dan mungkin terletak terlalu dalam untuk divisualisasikan dengan USG, terutama jika lesi berada di belakang struktur tulang atau gas usus.

Selama FNAB di area abdomen, pasien berbaring dalam posisi terlentang atau miring, tergantung pada organ yang menjadi target biopsi. Seperti pada prosedur paru-paru, anestesi

lokal digunakan untuk mengurangi rasa sakit. Dengan bantuan CT, dokter dapat memvisualisasikan jalur jarum dan lesi yang akan diambil sampelnya. Prosedur ini dilakukan dengan pemindaian CT berulang kali untuk memastikan jarum FNAB berada di lokasi yang tepat.



Gambar 22. Aplikasi FNAB guided CT Scan pada abdomen.(Zlevor et al., 2023)

CT-guided FNAB sering digunakan untuk mengevaluasi lesi pada hati, termasuk kecurigaan tumor hati primer, metastasis, atau massa kistik yang mencurigakan. Prosedur ini sangat bermanfaat untuk mengambil sampel dari lesi yang terletak dalam atau dekat dengan pembuluh darah besar, seperti vena porta atau arteri hepatic, yang dapat berisiko tinggi jika tidak dilakukan dengan panduan visual yang tepat. CT memungkinkan visualisasi detail dari struktur hati dan lesi, membantu dokter mengambil sampel dengan akurasi tinggi tanpa merusak pembuluh darah besar atau struktur vital lainnya.

Meskipun relatif jarang, komplikasi seperti perdarahan atau cedera pada pembuluh darah hati dapat terjadi selama FNAB dengan panduan CT. Pengawasan dan pemantauan setelah prosedur penting untuk mendeteksi komplikasi dini.

Pankreas terletak jauh di dalam rongga perut dan berdekatan dengan banyak struktur penting seperti pembuluh darah besar dan saluran pencernaan. Lesi pada pankreas, seperti tumor atau kista, sulit diakses tanpa panduan visual yang tepat. FNAB dengan panduan CT memungkinkan pengambilan sampel dari lesi pankreas dengan akurasi tinggi.

CT memberikan visualisasi detail dari pankreas dan sekitarnya, memungkinkan dokter menghindari struktur vital seperti arteri mesenterika atau duktus pankreatikus. Ini membuat FNAB dengan panduan CT lebih aman dan efektif untuk lesi pankreas dibandingkan teknik lainnya.

FNAB dengan Panduan CT untuk Organ Dalam Lainnya

FNAB dengan panduan CT juga digunakan untuk mengevaluasi massa pada kelenjar adrenal. Kelenjar adrenal terletak di atas ginjal dan sulit dijangkau dengan teknik lain karena lokasinya yang dalam. Lesi pada kelenjar adrenal dapat berupa adenoma, metastasis, atau tumor primer, yang memerlukan evaluasi biopsi untuk menentukan sifatnya.

Dengan panduan CT, dokter dapat menempatkan jarum FNAB secara akurat ke dalam lesi adrenal, bahkan jika lesi terletak di belakang organ lain atau dekat dengan pembuluh darah besar seperti vena cava inferior.

FNAB dengan panduan CT juga digunakan untuk massa atau kista ginjal yang mencurigakan, terutama jika terletak di bagian yang tidak dapat dijangkau dengan mudah oleh USG. Massa ginjal mungkin memerlukan biopsi untuk memastikan apakah bersifat jinak atau ganas.

CT-guided FNAB memungkinkan pengambilan sampel yang lebih aman dari ginjal, terutama untuk lesi yang terletak di dekat pelvis ginjal atau pembuluh darah ginjal. Panduan CT membantu menghindari cedera pada pembuluh darah atau struktur ginjal yang penting.

Keuntungan FNAB dengan Panduan CT pada Lesi yang Sulit Diakses

CT-guided FNAB memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya sangat berguna dalam kasus-kasus klinis di mana lesi sulit dijangkau dengan teknik lain:

CT scan memberikan gambar tiga dimensi yang memungkinkan visualisasi rinci dari lokasi lesi dan struktur di sekitarnya. Ini sangat penting untuk area tubuh yang sulit dijangkau atau yang memiliki risiko tinggi, seperti paru-paru atau pankreas.

Dengan panduan CT, dokter dapat memposisikan jarum dengan sangat akurat, memastikan bahwa sampel diambil dari bagian lesi yang tepat, sehingga meningkatkan keakuratan diagnosis.

Panduan CT memungkinkan dokter untuk menghindari pembuluh darah besar, saraf, dan struktur penting lainnya selama prosedur, sehingga mengurangi risiko komplikasi seperti perdarahan atau cedera organ.

Keterbatasan dan Risiko FNAB dengan Panduan CT

Meskipun FNAB dengan panduan CT sangat efektif, ada beberapa keterbatasan dan risiko yang perlu diperhatikan:

Pasien yang menjalani FNAB dengan panduan CT terpapar radiasi lebih tinggi dibandingkan dengan prosedur yang menggunakan panduan USG. Meskipun paparan ini biasanya aman dalam dosis kecil, paparan radiasi kumulatif bisa menjadi perhatian, terutama bagi pasien yang membutuhkan prosedur berulang.

Seperti semua prosedur invasif, FNAB dengan panduan CT memiliki risiko komplikasi, termasuk perdarahan, infeksi, atau cedera pada organ dalam. Namun, risiko ini relatif rendah jika prosedur dilakukan oleh dokter yang berpengalaman. FNAB dengan panduan CT biasanya lebih mahal daripada FNAB yang dilakukan dengan panduan USG, dan tidak selalu tersedia di semua fasilitas kesehatan.

Teknik FNAB Berpanduan CT Scan

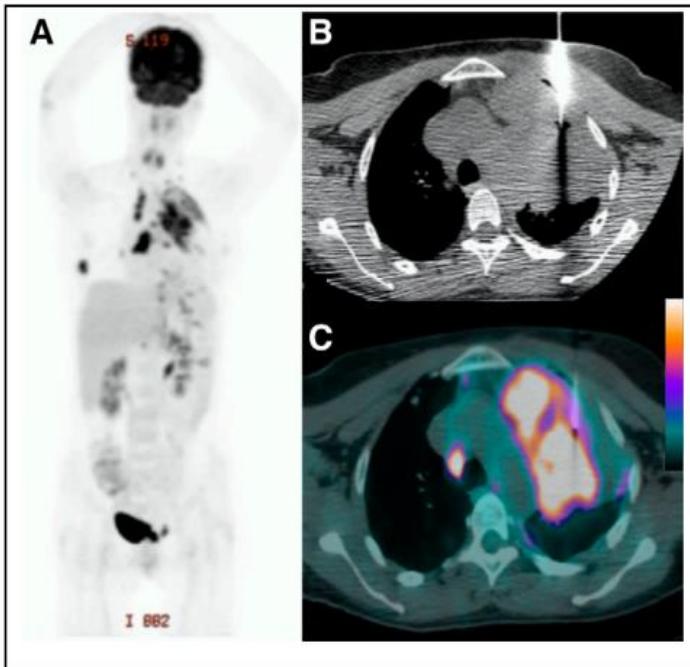
Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) adalah prosedur biopsi minimal invasif yang digunakan untuk mengambil sampel jaringan dari lesi atau massa yang mencurigakan di tubuh. FNAB sering digunakan untuk diagnosis kanker, infeksi, atau penyakit inflamasi. Ketika lesi berada di area yang sulit diakses atau tidak dapat divisualisasikan dengan baik menggunakan metode lain, seperti palpasi atau ultrasonografi (USG), computed tomography (CT) scan menjadi alat yang sangat efektif untuk memandu prosedur ini. CT scan memberikan visualisasi rinci dan tiga dimensi dari area tubuh, memastikan bahwa jarum biopsi diarahkan secara akurat ke target lesi. (Knott et al., 2021; Zlevor et al., 2023)

Berikut adalah penjelasan teknik FNAB dengan panduan CT scan, mulai dari persiapan pasien hingga langkah-langkah prosedur dan komplikasi potensial yang harus diperhatikan. (Cerci et al., 2021)

Persiapan Pasien

- a) Sebelum prosedur, dokter harus menjelaskan tujuan FNAB, manfaat, risiko, dan kemungkinan komplikasi kepada pasien. Pasien juga harus diberi kesempatan untuk mengajukan pertanyaan sebelum memberikan persetujuan tertulis (informed consent).

- b) Riwayat medis pasien dievaluasi, termasuk kondisi medis yang ada, alergi, dan penggunaan obat-obatan seperti antikoagulan (pengencer darah) yang dapat meningkatkan risiko perdarahan selama atau setelah prosedur. Pasien mungkin diminta menghentikan penggunaan obat pengencer darah beberapa hari sebelum prosedur.
- c) Posisi pasien selama prosedur bergantung pada lokasi lesi. Pasien bisa diposisikan telentang, tengkurap, atau miring. Misalnya, untuk lesi paru-paru, pasien biasanya ditempatkan dalam posisi miring atau tengkurap agar memudahkan akses ke dinding dada.
- d) Pada beberapa kasus, seperti biopsi perut atau organ dalam yang memerlukan penggunaan agen kontras, pasien mungkin diminta untuk berpuasa selama beberapa jam sebelum prosedur.



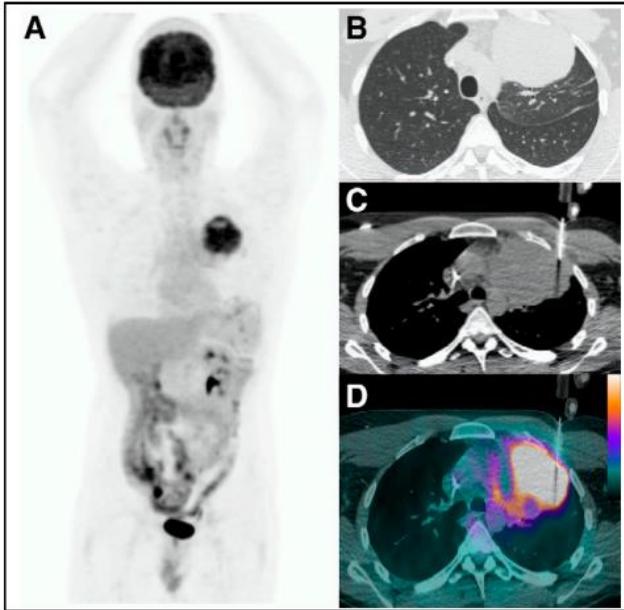
Gambar 23. (A) Gambar PET proyeksi intensitas maksimum menunjukkan banyak lesi di paru kiri, kelenjar getah bening, dan tulang. (B) Gambar CT aksial menunjukkan jarum panduan koaksial di lesi, tetapi tidak dapat membedakan atelektasis dari lesi paru aktif metabolik. (C) Gambar PET/CT aksial mengonfirmasi posisi jarum panduan koaksial di tepi metabolik lesi, memastikan pengambilan spesimen aktif metabolik dengan jarum semiotomatis yang dimasukkan 2 cm lebih dalam. (Cerci et al., 2021)

Persiapan Alat dan Penggunaan CT Scan

CT scan digunakan untuk memberikan gambar rinci dari area target sebelum dan selama prosedur FNAB. Berikut adalah peralatan dan teknik dasar yang digunakan:

- a) Mesin CT menghasilkan gambar penampang (slice) dari tubuh pasien, memungkinkan dokter untuk melihat lesi dari berbagai sudut dan kedalaman. Pemindaian awal digunakan untuk menentukan lokasi lesi secara tepat.
- b) FNAB menggunakan jarum halus dengan ukuran sekitar 22-27 gauge. Ukuran jarum dipilih berdasarkan lokasi lesi dan kedalaman jaringan. Jarum yang lebih besar mungkin digunakan pada lesi yang lebih padat atau terletak jauh di dalam organ.
- c) Syringe 10-20 mL digunakan untuk memberikan tekanan negatif saat menghisap sampel sel atau cairan dari lesi. Syringe holder seperti "Cameco syringe holder" dapat digunakan untuk memberikan stabilitas dan kontrol lebih baik.
- d) Jika diperlukan, agen kontras yang mengandung iodine dapat diberikan melalui injeksi untuk meningkatkan visibilitas lesi pada gambar CT. Ini terutama berguna untuk

mencitrakan pembuluh darah atau organ dengan peredaran darah yang rumit, seperti hati atau ginjal.



Gambar 24. (A) Gambar PET proyeksi intensitas maksimum. (B) Jendela CT aksial paru. (C) Jendela CT aksial mediastinum (saat prosedur).. (D) Gambar PET/CT aksial 18F-FDG (gambar CT intraprocedure digabungkan dengan gambar PET/CT sebelumnya). (Cerci et al., 2021)

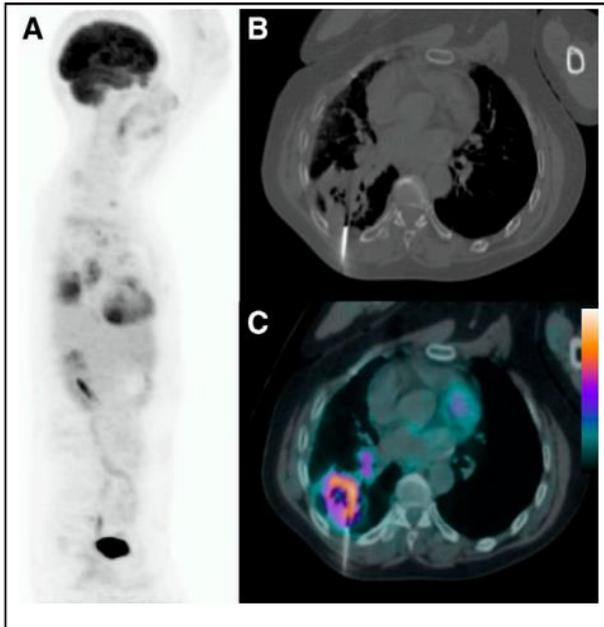
Prosedur FNAB dengan Panduan CT

Berikut langkah-langkah standar yang dilakukan selama prosedur FNAB dengan panduan CT:

A. Penentuan Lokasi Lesi

CT scan awal dilakukan untuk mendapatkan gambar rinci dari lesi dan menentukan lokasinya secara tepat. Gambar tiga dimensi dari lesi ini memungkinkan dokter untuk merencanakan

jalur yang paling aman dan efektif untuk memasukkan jarum. Setelah area target ditemukan, dokter memilih jalur masuk yang ideal untuk menghindari struktur penting seperti pembuluh darah besar, saraf, atau organ vital lainnya.



Gambar 25. (A) Gambar PET proyeksi intensitas maksimum. (B) Jendela CT aksial paru. (C) Jendela CT aksial mediastinum (saat prosedur). (D) Gambar PET/CT aksial ^{18}F -FDG (gambar CT intraprocedure digabungkan dengan gambar PET/CT sebelumnya). (Cerci et al., 2021)

B. Sterilisasi dan Anestesi

Area kulit di mana jarum akan dimasukkan disterilkan dengan antiseptik seperti povidone-iodine atau klorheksidin untuk mencegah infeksi. Area tersebut kemudian ditutupi dengan kain steril.

Anestesi lokal disuntikkan di sekitar area biopsi untuk meminimalkan rasa sakit selama prosedur. Pasien tetap sadar selama FNAB, tetapi mungkin akan merasa sedikit tekanan saat jarum dimasukkan.

C. Pemasukan Jarum dengan Panduan CT

Dengan bantuan gambar real-time dari CT, jarum halus dimasukkan secara perlahan ke dalam tubuh menuju lesi. CT scan diulang beberapa kali selama prosedur untuk memastikan jarum tetap pada jalur yang benar dan menghindari struktur berisiko.

Dokter memantau posisi jarum pada layar CT dan melakukan penyesuaian jika diperlukan untuk mencapai bagian lesi yang diinginkan. Pada tahap ini, penting untuk memastikan bahwa jarum mencapai inti lesi untuk mendapatkan sampel yang representatif.

D. Aspirasi Sampel

Setelah jarum berada di dalam lesi, dokter menarik plunger syringe untuk menciptakan tekanan negatif yang akan menghisap sel atau cairan dari lesi. Jika diperlukan, jarum dapat digerakkan maju-mundur secara lembut untuk memaksimalkan jumlah sampel yang diambil.

Pada beberapa kasus, beberapa aspirasi mungkin diperlukan untuk mendapatkan sampel dari berbagai bagian lesi, terutama jika lesi bersifat heterogen (tidak seragam).

E. Pengangkatan Jarum dan Penyiapan Sampel

Setelah aspirasi selesai, jarum dikeluarkan dengan hati-hati, dan area biopsi ditekan menggunakan kasa steril untuk menghentikan perdarahan.

Sampel yang diambil segera ditempatkan di glas objek dan difiksasi dengan alkohol untuk pemeriksaan sitologi di laboratorium. Hasil dari FNAB biasanya tersedia dalam beberapa

hari, tergantung pada jenis lesi dan tes tambahan yang diperlukan, seperti imunohistokimia atau analisis molekuler.

4. Pemantauan Pasca-Prosedur

Setelah FNAB selesai, pasien dipantau untuk komplikasi seperti perdarahan, pembengkakan, atau nyeri di area biopsi. CT scan juga dapat digunakan setelah prosedur untuk memastikan tidak ada komplikasi seperti pneumotoraks (pada biopsi paru) atau perdarahan dalam.

Sebagian besar pasien dapat kembali ke aktivitas normal beberapa jam setelah prosedur, tetapi mereka mungkin diberikan instruksi untuk menghindari aktivitas berat selama 24-48 jam.

5. Komplikasi Potensial dan Risiko

FNAB dengan panduan CT secara umum adalah prosedur yang aman, namun seperti semua prosedur invasif, ada beberapa risiko yang perlu dipertimbangkan:

Pneumotoraks adalah komplikasi umum pada FNAB paru, di mana udara masuk ke dalam rongga pleura, menyebabkan paru-paru kolaps sebagian. Pneumotoraks dapat diatasi dengan pemasangan selang dada (chest tube) jika diperlukan.

FNAB pada organ dalam, seperti hati atau ginjal, berisiko menyebabkan perdarahan, terutama jika jarum mengenai pembuluh darah besar. Perdarahan biasanya dapat diatasi dengan kompresi atau intervensi medis lebih lanjut jika diperlukan.

Meskipun jarang, infeksi dapat terjadi jika prosedur tidak dilakukan dalam kondisi steril yang tepat. Infeksi biasanya dapat dicegah dengan penggunaan antiseptik dan teknik steril.

Manfaat dan Keterbatasan CT Scan

Manfaat CT Scan

1. CT scan menghasilkan gambar penampang tubuh yang sangat rinci, memungkinkan dokter untuk melihat organ, tulang, dan jaringan lunak dari berbagai sudut. Gambar ini

dapat dikonversi menjadi citra tiga dimensi, memberikan pandangan yang lebih komprehensif dari area tubuh yang diperiksa. Ini sangat penting dalam diagnosis tumor, cedera trauma, dan masalah vaskular.

2. CT scan adalah prosedur yang relatif cepat, sering kali selesai dalam beberapa menit. Kecepatan ini menjadikannya pilihan yang ideal untuk situasi darurat, seperti stroke, cedera otak, atau trauma, di mana keputusan cepat sangat diperlukan.
3. Dengan agen kontras, CT scan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang pembuluh darah, jaringan lunak, dan organ, membantu mendeteksi kelainan seperti tumor, abses, atau penyakit vaskular dengan akurasi yang lebih baik.
4. CT scan dapat digunakan untuk berbagai tujuan diagnostik, mulai dari penyakit jantung, paru-paru, hingga penyakit gastrointestinal dan muskuloskeletal. Ini menjadikannya alat yang serbaguna dalam kedokteran modern.

Keterbatasan CT Scan

1. Salah satu kekurangan utama CT scan adalah paparan radiasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sinar-X biasa. Meskipun dosis radiasi pada setiap prosedur relatif kecil, paparan berulang dapat meningkatkan risiko kanker, terutama pada anak-anak dan pasien yang memerlukan pemeriksaan berulang.
2. CT scan biasanya lebih mahal daripada modalitas pencitraan lain seperti sinar-X atau USG. Selain itu, mesin CT mungkin tidak tersedia di semua fasilitas kesehatan, terutama di daerah terpencil.
3. Meskipun bermanfaat, agen kontras yang digunakan dalam CT scan dapat menyebabkan reaksi alergi pada beberapa pasien, dan tidak direkomendasikan bagi mereka yang memiliki masalah ginjal.

Contoh Kasus Klinis dengan Panduan CT Scan

Panduan CT scan dalam prosedur Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) merupakan alat diagnostik yang sangat berguna untuk lesi yang sulit dijangkau atau tidak dapat divisualisasikan dengan baik menggunakan metode lain seperti palpasi atau ultrasonografi (USG). CT scan memberikan panduan tiga dimensi yang rinci, memungkinkan penempatan jarum secara akurat ke dalam lesi, mengurangi risiko komplikasi, dan meningkatkan akurasi diagnosis. Berikut adalah contoh kasus klinis yang menggunakan panduan CT scan dalam prosedur FNAB:

Kasus 1: Massa Paru yang Mencurigakan

Seorang pria berusia 58 tahun dengan riwayat merokok lama datang dengan keluhan batuk kronis selama dua bulan, disertai dengan penurunan berat badan yang signifikan dan sesak napas. Tidak ada demam atau nyeri dada yang signifikan, namun pemeriksaan fisik mengungkapkan penurunan bunyi napas di area paru-paru kanan bawah.

Rontgen dada menunjukkan adanya nodul paru berukuran 2 cm di lobus bawah kanan. Karena lokasinya yang dalam dan tidak dapat diraba, USG tidak dapat memberikan visualisasi yang jelas. Oleh karena itu, diputuskan untuk melakukan FNAB dengan panduan CT scan guna mengevaluasi nodul ini dan menyingkirkan kecurigaan kanker paru-paru.

Pasien ditempatkan dalam posisi tengkurap untuk memudahkan akses ke nodul paru. Setelah pemindaian CT awal dilakukan, lesi terlihat jelas pada lobus bawah kanan paru-paru. Area sekitar dinding dada dibersihkan dengan antiseptik dan anestesi lokal diberikan untuk mengurangi rasa sakit. Dengan bantuan CT scan, dokter memandu jarum biopsi melalui dinding dada dan masuk ke dalam nodul paru.

CT scan diulang beberapa kali selama prosedur untuk memastikan bahwa jarum berada pada jalur yang benar dan tidak mengenai struktur penting seperti pembuluh darah besar atau pleura. Setelah jarum mencapai lesi, aspirasi dilakukan untuk mengambil sampel jaringan. Proses ini diulang untuk memastikan bahwa sampel yang cukup diambil untuk analisis sitologi.

Sampel yang diambil menunjukkan adanya sel-sel kanker, dan hasil sitologi mengonfirmasi diagnosis karsinoma sel kecil paru-paru. Pasien kemudian dirujuk ke ahli onkologi untuk manajemen lebih lanjut, yang mencakup evaluasi staging kanker dan perencanaan pengobatan dengan kemoterapi dan radiasi.

Kasus 2: Lesi pada Kelenjar Adrenal

Seorang wanita berusia 45 tahun datang dengan keluhan tekanan darah tinggi yang tidak terkontrol, meskipun telah mengonsumsi beberapa obat antihipertensi. Pemeriksaan lebih lanjut dengan USG perut mengungkapkan adanya massa pada kelenjar adrenal kiri. Lesi ini berukuran sekitar 3 cm dan tidak jelas apakah jinak atau ganas, sehingga diperlukan biopsi untuk diagnosis definitif.

Karena lokasi kelenjar adrenal yang dalam dan dekat dengan struktur vital seperti ginjal dan pembuluh darah besar (vena cava inferior), FNAB dengan panduan USG tidak dapat dilakukan. FNAB dengan panduan CT scan dipilih untuk memastikan bahwa jarum dapat mencapai lesi tanpa menimbulkan risiko cedera pada organ atau pembuluh darah di sekitarnya.

Pasien diposisikan dalam posisi lateral dengan sisi kiri tubuh menghadap ke atas untuk memudahkan akses ke kelenjar adrenal. CT scan awal dilakukan untuk menilai posisi lesi dan merencanakan jalur jarum yang aman. Setelah area steril, anestesi lokal diberikan untuk mengurangi rasa sakit.

Dengan panduan CT, jarum halus diarahkan menuju massa adrenal melalui dinding perut. CT scan diulang untuk memastikan jarum mencapai lesi dengan tepat. Setelah jarum berada di dalam lesi, aspirasi dilakukan untuk mengambil sampel jaringan. Proses ini diulang beberapa kali untuk memastikan bahwa sampel yang memadai diperoleh.

Sampel yang diambil menunjukkan bahwa lesi tersebut adalah adenoma adrenal, yang merupakan tumor jinak yang sering kali terkait dengan produksi hormon yang berlebihan, seperti aldosteron. Ini menjelaskan tekanan darah tinggi pasien yang tidak terkontrol. Pasien kemudian dirujuk untuk evaluasi lebih lanjut dan pertimbangan pembedahan untuk mengangkat tumor.



PANDUAN MRI UNTUK FNAB

Prinsip Dasar MRI dalam Panduan FNAB

Magnetic Resonance Imaging (MRI) adalah teknik pencitraan medis non-invasif yang menggunakan medan magnet kuat dan gelombang radio untuk menghasilkan gambar detail dari organ dan jaringan tubuh. MRI sangat efektif dalam mencitrakan jaringan lunak seperti otak, otot, tulang rawan, dan organ dalam. Dalam konteks prosedur Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB), MRI digunakan sebagai panduan untuk memastikan bahwa jarum biopsi diarahkan dengan tepat ke lesi atau massa yang berada di area sulit diakses atau memerlukan visualisasi yang lebih rinci dibandingkan dengan modalitas pencitraan lainnya, seperti USG atau CT scan. (Carneiro et al., 2018; Haj-Mirzaian et al., 2024)

Prinsip Kerja MRI

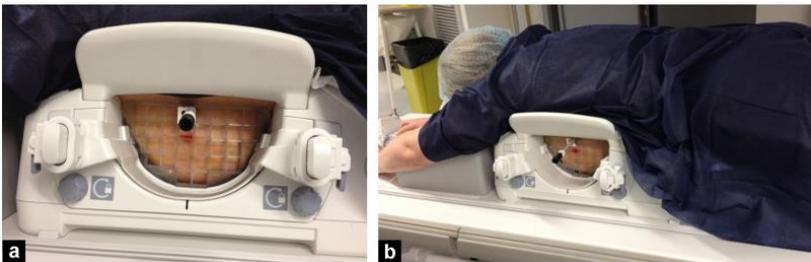
MRI bekerja berdasarkan fenomena fisika yang disebut resonansi magnetik nuklir. Berikut adalah beberapa konsep dasar yang memungkinkan MRI menghasilkan gambar:

MRI menggunakan medan magnet yang sangat kuat untuk mengarahkan proton dalam tubuh (terutama proton dalam molekul air) agar sejajar dengan medan magnet. Proton dalam jaringan tubuh berperan sebagai elemen yang menghasilkan sinyal pencitraan.

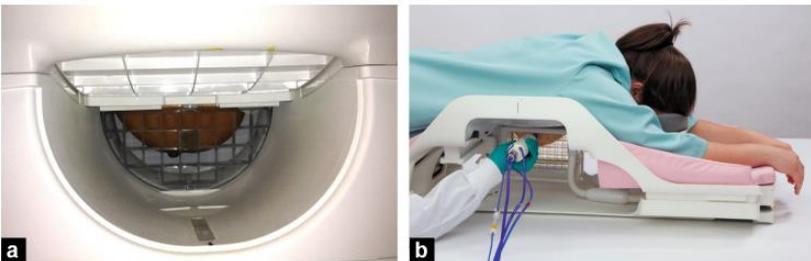
Setelah proton diatur oleh medan magnet, mesin MRI mengirimkan pulsa radiofrekuensi yang menyebabkan proton tersebut keluar dari kesejajaran dengan medan magnet. Ketika pulsa dihentikan, proton kembali ke posisi semula, dan saat ini terjadi, proton melepaskan energi yang dapat diukur.

Energi yang dilepaskan oleh proton ini ditangkap oleh detektor dan diterjemahkan menjadi sinyal yang kemudian diolah oleh komputer untuk membentuk gambar penampang tubuh.

Berbeda dengan CT scan yang menggunakan radiasi ionisasi, MRI menghasilkan gambar dengan kontras yang sangat baik antara berbagai jenis jaringan lunak. Hal ini membuat MRI sangat berguna untuk mencitrakan otak, sumsum tulang belakang, otot, ligamen, dan organ dalam seperti hati dan ginjal.



Gambar 26. (a, b): Pendekatan eksternal menggunakan koil GE®.(Plantade & Thomassin-Naggara, 2014)



Gambar 27. Pendekatan internal: Koil GE® (a), Koil Sentinelle (Hologic®) (b). (Plantade & Thomassin-Naggara, 2014)

Penggunaan MRI dalam FNAB

MRI digunakan sebagai panduan FNAB terutama untuk lesi yang terletak di jaringan lunak atau organ dalam yang tidak dapat divisualisasikan dengan baik menggunakan ultrasonografi (USG) atau CT scan. Penggunaan MRI sebagai panduan memberikan beberapa keunggulan, terutama dalam hal kontras jaringan dan kemampuan untuk mencitrakan area yang sulit dijangkau, seperti otak, medula spinalis, dan organ dalam yang dalam atau berdekatan dengan struktur kritis.(Carneiro et al., 2018; Haj-Mirzaian et al., 2024)

A. Keunggulan MRI dalam Panduan FNAB

MRI memiliki resolusi dan kontras yang sangat tinggi untuk jaringan lunak, menjadikannya ideal untuk mencitrakan lesi yang terletak di otak, sumsum tulang belakang, atau organ dalam seperti hati dan ginjal. Lesi kecil yang sulit dideteksi oleh CT scan atau USG dapat terlihat lebih jelas pada MRI.

MRI tidak menggunakan radiasi ionisasi, membuatnya lebih aman untuk pasien yang perlu menjalani biopsi berulang atau pada pasien yang sensitif terhadap radiasi, seperti anak-anak atau wanita hamil.

MRI menghasilkan gambar tiga dimensi yang memungkinkan visualisasi rinci dari lokasi, bentuk, dan ukuran lesi. Ini sangat membantu dokter dalam menentukan jalur jarum biopsi yang paling aman dan efektif.

B. Indikasi MRI-Guided FNAB

MRI-guided FNAB biasanya digunakan pada kasus-kasus berikut:

Lesi di otak atau medula spinalis memerlukan akurasi yang tinggi untuk menghindari kerusakan pada jaringan vital. MRI memberikan panduan yang sangat akurat dalam biopsi area tersebut, memungkinkan pengambilan sampel tanpa melukai jaringan penting di sekitarnya.

MRI digunakan untuk biopsi lesi pada organ seperti hati, ginjal, dan prostat yang terletak jauh di dalam tubuh dan tidak dapat dicitrakan dengan baik oleh USG atau CT scan.

Pada tumor yang melibatkan otot, jaringan ikat, atau ligamen, MRI membantu dalam mengarahkan jarum FNAB secara tepat, memastikan bahwa sampel yang diambil berasal dari area yang representatif dari lesi.

Teknik FNAB dengan Panduan MRI

Prosedur FNAB dengan panduan MRI mengikuti langkah-langkah berikut:

Sebelum prosedur, gambar MRI diambil untuk menentukan lokasi, ukuran, dan batas lesi secara detail. Gambar ini membantu dokter merencanakan jalur terbaik untuk memasukkan jarum biopsi.

Pasien ditempatkan dalam posisi yang sesuai untuk prosedur biopsi. MRI sering kali mengharuskan pasien berada dalam posisi tetap untuk waktu yang lebih lama, sehingga posisi yang nyaman sangat penting. Area yang akan dilakukan biopsi disterilkan, dan anestesi lokal diberikan untuk mengurangi rasa sakit.

- a) Setelah lokasi biopsi ditentukan, jarum halus dimasukkan ke dalam tubuh pasien dengan panduan MRI secara real-time. Gambar MRI diambil secara berkala selama prosedur untuk memastikan bahwa jarum berada di jalur yang benar menuju lesi. Teknik ini meminimalkan risiko cedera pada jaringan sehat di sekitar lesi.
- b) Setelah jarum mencapai lesi, aspirasi dilakukan untuk mengambil sampel jaringan atau sel dari massa. Setelah sampel diambil, jarum dikeluarkan, dan area biopsi ditutup.
- c) Sampel yang diambil dianalisis di laboratorium untuk menentukan apakah lesi tersebut bersifat jinak atau ganas. Hasil biopsi biasanya tersedia dalam beberapa hari.

4. Keterbatasan MRI dalam FNAB

Meskipun MRI memiliki banyak keunggulan, ada beberapa keterbatasan dalam penggunaannya sebagai panduan FNAB:

MRI lebih mahal dibandingkan dengan modalitas pencitraan lain seperti USG dan CT scan. Selain itu, tidak semua fasilitas medis memiliki akses ke teknologi MRI yang canggih.

MRI-guided FNAB biasanya memakan waktu lebih lama dibandingkan dengan prosedur yang dipandu oleh USG atau CT, karena pencitraan MRI memerlukan waktu lebih lama untuk memproses gambar.

MRI tidak cocok untuk pasien yang memiliki implan logam, alat pacu jantung, atau perangkat medis lain yang terbuat dari logam, karena medan magnet yang kuat dapat mengganggu atau merusak perangkat tersebut.

Aplikasi FNAB dengan MRI

Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) adalah prosedur minimal invasif yang digunakan untuk mengambil sampel jaringan atau sel dari lesi yang mencurigakan, yang kemudian dianalisis di laboratorium untuk mendiagnosis berbagai kondisi, termasuk kanker. Ketika lesi terletak di area yang sulit dijangkau atau berada di dekat struktur vital, panduan pencitraan seperti Magnetic Resonance Imaging (MRI) menjadi sangat penting untuk memastikan akurasi dan keamanan prosedur. FNAB dengan panduan MRI digunakan dalam kasus di mana modalitas pencitraan lain, seperti ultrasonografi (USG) atau computed tomography (CT), tidak memberikan visualisasi yang cukup jelas, terutama pada jaringan lunak atau organ dalam.

Keunggulan MRI dalam FNAB

MRI menawarkan beberapa keuntungan dibandingkan dengan modalitas pencitraan lainnya, terutama dalam hal kontras jaringan lunak dan kemampuan untuk menghasilkan gambar tiga dimensi. Berikut beberapa keunggulan utama MRI dalam FNAB:

MRI sangat efektif untuk mencitrakan jaringan lunak, seperti otak, otot, ligamen, sumsum tulang belakang, dan organ dalam seperti hati, ginjal, dan prostat. Lesi yang sulit divisualisasikan dengan USG atau CT dapat terlihat lebih jelas dengan MRI.

MRI tidak menggunakan radiasi ionisasi, sehingga lebih aman untuk pasien yang perlu menjalani biopsi berulang, wanita hamil, atau pasien muda yang lebih sensitif terhadap paparan radiasi.

MRI menghasilkan gambar tiga dimensi yang memungkinkan dokter untuk melihat lokasi, ukuran, dan batas lesi secara lebih rinci. Ini mempermudah penempatan jarum biopsi dengan akurasi tinggi dan menghindari struktur vital di sekitarnya.

Indikasi FNAB dengan Panduan MRI

MRI-guided FNAB biasanya digunakan pada kasus-kasus di mana lesi berada di lokasi yang sulit diakses atau membutuhkan visualisasi yang lebih detail. Beberapa indikasi untuk FNAB dengan panduan MRI meliputi:

MRI sangat berguna untuk memandu biopsi di area otak atau medula spinalis, di mana visualisasi yang akurat sangat penting untuk mencegah kerusakan pada jaringan vital. MRI dapat membantu dokter mengambil sampel dengan aman dari area ini tanpa risiko cedera yang signifikan.

MRI sering digunakan untuk memandu FNAB pada lesi yang terletak dalam organ lunak, seperti hati, ginjal, atau prostat. Lesi yang terletak dalam atau dikelilingi oleh jaringan padat mungkin sulit divisualisasikan dengan modalitas lain, tetapi MRI memberikan pandangan yang lebih rinci.

Pada tumor yang melibatkan jaringan lunak, seperti otot, ligamen, atau jaringan ikat, MRI memungkinkan pengambilan sampel biopsi dengan tepat tanpa merusak jaringan di sekitarnya.

Prosedur FNAB dengan Panduan MRI

Prosedur FNAB dengan panduan MRI dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

Sebelum biopsi, gambar MRI diambil untuk menentukan lokasi, ukuran, dan bentuk lesi. Gambar ini digunakan untuk merencanakan jalur yang aman bagi jarum biopsi.

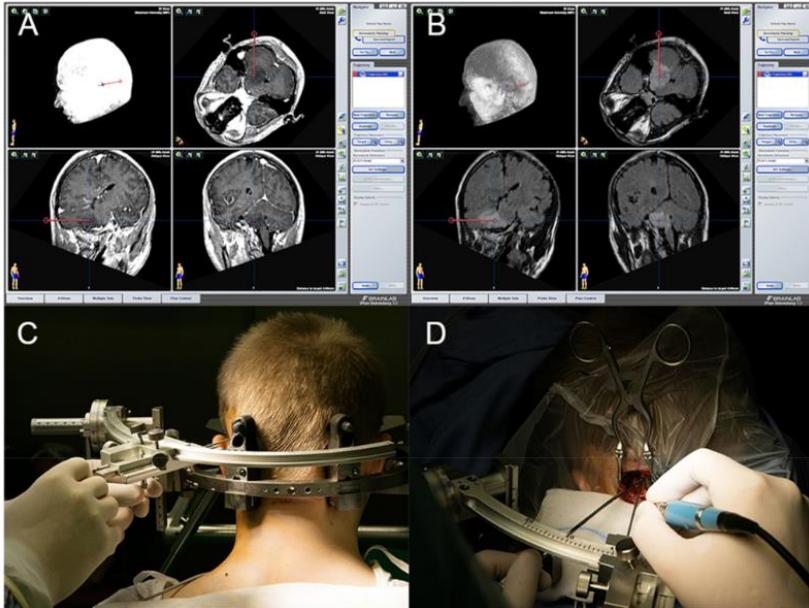
- a) Dengan panduan visual real-time dari MRI, jarum halus dimasukkan ke dalam tubuh pasien hingga mencapai lesi. MRI diulang secara berkala selama prosedur untuk memastikan bahwa jarum bergerak di jalur yang benar.
- b) Setelah jarum mencapai lesi, sampel sel atau jaringan diambil melalui aspirasi dan kemudian dikirim ke laboratorium untuk dianalisis.

4. Keterbatasan MRI dalam FNAB

Meskipun MRI sangat efektif, ada beberapa keterbatasan:

Prosedur dengan panduan MRI lebih mahal dan memakan waktu lebih lama dibandingkan dengan panduan USG atau CT. Tidak semua fasilitas medis memiliki akses ke MRI yang canggih untuk memandu prosedur biopsi.

Pasien dengan implan logam atau alat pacu jantung mungkin tidak bisa menjalani MRI karena medan magnet yang kuat dapat mengganggu perangkat medis.



Gambar 28. (A) Gambar T1-weighted dari tumor yang terletak di pons, peduncel serebelar, dan hemisfer serebelar. (B) Citra magnetic resonance imaging (MRI) FLAIR dari tumor yang terletak di pons, peduncel serebelar, dan hemisfer serebelar. (C) Pasien dengan kerangka stereotaktik. (D) Lubang burr suboksipital dibuat menggunakan bor berkecepatan tinggi. (Furtak et al., 2021)

Lesi di sistem saraf pusat (SSP), termasuk otak dan medula spinalis, sering kali sulit dideteksi dan diakses menggunakan teknik pencitraan konvensional seperti ultrasonografi (USG) atau bahkan computed tomography (CT) scan. Hal ini disebabkan oleh struktur SSP yang kompleks dan lokasi lesi yang sering kali berada di area yang sulit dijangkau, dikelilingi oleh jaringan otak yang sensitif. Pada kasus-kasus ini, Magnetic Resonance Imaging (MRI)

menjadi alat pencitraan yang sangat penting, terutama dalam prosedur diagnostik seperti Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB). Keunggulan MRI dalam Mendeteksi Lesi pada SSP

MRI unggul dalam mencitrakan jaringan lunak, termasuk otak dan medula spinalis, dengan detail yang sangat tinggi. Lesi kecil atau yang berada di dekat struktur penting di otak dapat divisualisasikan dengan jelas, sesuatu yang mungkin sulit dilakukan dengan modalitas lain. Ini memungkinkan dokter untuk mendeteksi tumor, peradangan, infeksi, atau kelainan vaskular yang tidak terlihat pada CT scan atau USG.

MRI menghasilkan gambar tiga dimensi dari otak atau medula spinalis, memberikan pandangan yang rinci tentang posisi, ukuran, dan batas lesi. Ini sangat penting dalam prosedur biopsi di SSP, di mana akurasi mutlak diperlukan untuk menghindari kerusakan pada jaringan otak yang sehat.

MRI tidak menggunakan radiasi ionisasi, sehingga aman untuk pasien yang perlu menjalani pencitraan berulang, terutama pasien dengan kondisi seperti tumor otak yang memerlukan pemantauan jangka panjang.

Teknik dan Protokol FNAB dengan MRI

Ketika lesi terletak di area yang sulit diakses atau memerlukan visualisasi yang detil, Magnetic Resonance Imaging (MRI) digunakan sebagai panduan untuk memastikan akurasi dan keamanan selama prosedur FNAB. MRI-guided FNAB cukup efektif dalam mencitrakan jaringan lunak, seperti otak, medula spinalis, dan organ-organ dalam, serta digunakan dalam kasus di mana modalitas lain, seperti ultrasonografi (USG) atau computed tomography (CT), tidak memberikan visualisasi yang cukup jelas.

Berikut adalah rincian teknik dan protokol FNAB dengan MRI.

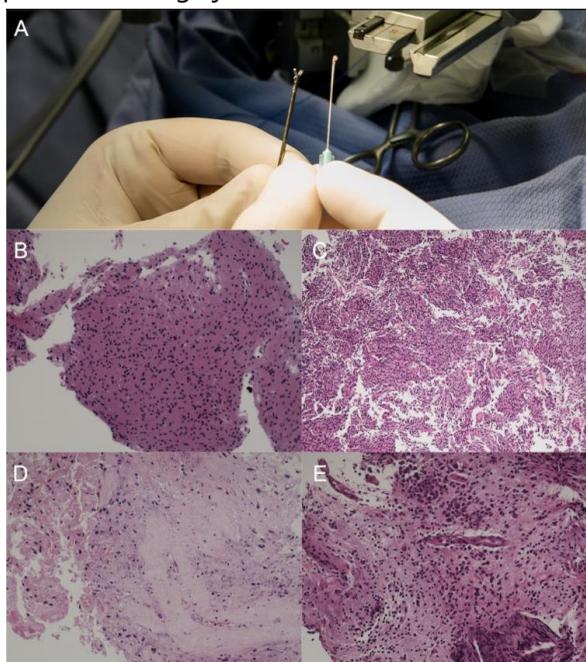
Persiapan Pasien

Evaluasi Klinis dan Persetujuan Informed Consent

Sebelum prosedur FNAB dengan MRI dilakukan, dokter harus melakukan evaluasi medis lengkap terhadap pasien, termasuk riwayat kesehatan dan penggunaan obat-obatan, terutama obat pengencer darah yang dapat meningkatkan risiko perdarahan. Pasien juga harus memahami manfaat, risiko, dan tujuan dari prosedur ini, dan memberikan persetujuan tertulis melalui informed consent.

Pemeriksaan MRI Awal

MRI dilakukan sebelum FNAB untuk menentukan lokasi, ukuran, dan batas lesi secara rinci. Gambar MRI ini membantu dalam merencanakan jalur terbaik untuk memasukkan jarum biopsi tanpa merusak jaringan penting di sekitar lesi. MRI memberikan gambaran tiga dimensi yang rinci, terutama untuk jaringan lunak seperti otak, sumsum tulang belakang, atau organ dalam seperti hati dan ginjal.



Gambar 29. (A) Material yang diperoleh selama biopsi stereotaktik. (B) Gambar mikroskopis dari A2 dengan pewarnaan H&E, pembesaran $\times 200$. (C) Gambar mikroskopis dari A3 dengan pewarnaan H&E, pembesaran $\times 100$. (D) Gambar mikroskopis glioblastoma dengan pewarnaan H&E, pembesaran $\times 200$. (E) Gambar mikroskopis diffuse large B-cell lymphoma (DLBCL) dengan pewarnaan H&E, pembesaran $\times 200$. (Furtak et al., 2021)

Penyiapan dan Posisi Pasien

Pasien ditempatkan dalam posisi yang tepat untuk prosedur FNAB, tergantung pada lokasi lesi. Pada biopsi otak atau medula spinalis, pasien harus berada dalam posisi yang stabil dan nyaman, karena mereka perlu tetap diam selama prosedur. Anestesi lokal biasanya diberikan di sekitar area biopsi untuk mengurangi rasa sakit selama prosedur.

Persiapan Alat dan Teknik MRI

MRI sebagai Panduan Visual Real-Time

Salah satu keuntungan utama dari penggunaan MRI dalam FNAB adalah kemampuannya untuk memberikan gambar tiga dimensi yang akurat selama prosedur. MRI memandu dokter dalam menempatkan jarum biopsi secara akurat ke dalam lesi yang ditargetkan. Gambar real-time ini memungkinkan operator untuk menghindari struktur penting seperti pembuluh darah, saraf, atau jaringan vital lainnya, yang mungkin terletak di dekat lesi.

Pemilihan Jarum Biopsi

Jarum yang digunakan untuk FNAB berukuran kecil, biasanya antara 22 hingga 27 gauge, tergantung pada ukuran dan jenis lesi. Pemilihan ukuran jarum yang tepat penting untuk mendapatkan sampel yang memadai tanpa merusak jaringan di sekitarnya. Pada lesi yang lebih besar atau padat, mungkin

diperlukan jarum yang lebih besar untuk mendapatkan sampel yang cukup representatif.

Sterilisasi dan Penggunaan Alat Bantu

Prosedur FNAB dilakukan dalam kondisi steril untuk mencegah infeksi. Area di sekitar lokasi biopsi dibersihkan dengan antiseptik, dan sarung tangan serta alat steril digunakan selama prosedur. MRI dilakukan secara bertahap selama biopsi untuk memastikan bahwa jarum tetap berada di jalur yang benar menuju lesi.

3. Prosedur FNAB dengan MRI

Penempatan Jarum Biopsi

Setelah persiapan awal dan anestesi lokal, jarum halus dimasukkan melalui kulit dan diarahkan menuju lesi menggunakan panduan MRI. Gambar MRI diambil secara berkala untuk memantau posisi jarum dan memastikan bahwa jalur yang diambil jarum aman dan tepat. Teknik ini memungkinkan dokter untuk mengarahkan jarum secara perlahan dan akurat ke lesi tanpa merusak jaringan sehat di sekitarnya.

Ada dua metode umum yang digunakan dalam panduan MRI:

- a) In-Plane Approach: Jarum dimasukkan sejajar dengan bidang gambar MRI sehingga seluruh panjang jarum dapat terlihat selama prosedur.
- b) Out-of-Plane Approach: Jarum dimasukkan pada sudut tertentu terhadap bidang gambar, di mana hanya bagian ujung jarum yang terlihat di layar. Teknik ini digunakan jika diperlukan sudut khusus untuk mengakses lesi.

Aspirasi Sampel

Setelah jarum mencapai lesi yang ditargetkan, dokter melakukan aspirasi dengan menarik plunger pada syringe untuk menciptakan tekanan negatif, yang akan menarik sel atau cairan dari lesi ke dalam jarum. Aspirasi dilakukan dengan hati-hati

untuk menghindari kerusakan pada jaringan sekitar dan untuk mendapatkan sampel yang representatif dari lesi. Jika lesi bersifat heterogen atau berukuran besar, beberapa aspirasi mungkin diperlukan untuk mendapatkan sampel dari berbagai bagian lesi.

Pemrosesan Sampel

Setelah sampel diambil, jarum dikeluarkan dengan hati-hati dan area biopsi ditutup dengan perban steril untuk mencegah infeksi. Sampel yang diambil segera ditempatkan pada glas objek dan difiksasi dengan alkohol atau spray fiksatif untuk mencegah kerusakan sel sebelum diperiksa di laboratorium sitologi. Sampel kemudian dianalisis oleh ahli patologi untuk menentukan apakah lesi bersifat jinak, ganas, atau memiliki karakteristik lain yang perlu diperhatikan. Hasil biasanya tersedia dalam beberapa hari.

Pemantauan Pasca-Prosedur

Pasien dipantau untuk memastikan tidak ada komplikasi seperti perdarahan atau infeksi di area biopsi. Pasien biasanya bisa pulang pada hari yang sama, tetapi mereka mungkin disarankan untuk menghindari aktivitas berat selama beberapa hari untuk mencegah komplikasi lebih lanjut.

Keterbatasan dan Risiko FNAB dengan MRI

Meskipun FNAB dengan panduan MRI adalah prosedur yang sangat aman dan efektif, ada beberapa keterbatasan:

MRI-guided FNAB lebih mahal daripada FNAB dengan panduan USG atau CT, dan tidak selalu tersedia di semua fasilitas medis. Prosedur FNAB dengan MRI memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan metode lain karena pencitraan MRI membutuhkan waktu lebih lama untuk memproses gambar. Pasien dengan implan logam atau alat pacu jantung mungkin tidak bisa menjalani MRI karena risiko gangguan akibat medan magnet yang kuat.

Manfaat dan Keterbatasan MRI

Magnetic Resonance Imaging (MRI) adalah salah satu modalitas pencitraan medis paling canggih dan efektif yang digunakan untuk menghasilkan gambar detail dari organ, jaringan lunak, tulang, dan struktur internal lainnya dalam tubuh. MRI menggunakan medan magnet kuat dan gelombang radio untuk menciptakan citra tanpa menggunakan radiasi ionisasi, yang membedakannya dari metode lain seperti sinar-X dan computed tomography (CT) scan. Meskipun memiliki banyak manfaat, MRI juga memiliki keterbatasan yang perlu dipertimbangkan dalam praktik klinis.

Manfaat MRI

MRI memberikan kualitas gambar yang sangat tinggi, terutama dalam pencitraan jaringan lunak, seperti otak, sumsum tulang belakang, otot, ligamen, dan organ-organ dalam seperti hati, ginjal, dan jantung. Ini menjadikannya alat yang sangat efektif untuk mendeteksi lesi kecil, tumor, cedera jaringan lunak, serta penyakit degeneratif yang mungkin tidak terlihat dengan baik pada CT atau USG.

Salah satu keunggulan utama MRI adalah tidak menggunakan radiasi ionisasi, yang membuatnya aman untuk digunakan pada pasien yang memerlukan pencitraan berulang atau yang sensitif terhadap radiasi, seperti anak-anak, wanita hamil, atau pasien dengan penyakit kronis. Hal ini membuat MRI menjadi pilihan yang lebih aman dibandingkan dengan CT scan, yang menggunakan radiasi.

MRI mampu menghasilkan gambar tiga dimensi dari area yang dipindai, memberikan dokter pandangan yang lebih rinci dan akurat tentang lokasi, ukuran, dan batas-batas lesi. Gambar tiga dimensi ini sangat bermanfaat dalam prosedur pembedahan atau biopsi, karena memungkinkan perencanaan yang lebih tepat.

MRI dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti memeriksa kondisi otak dan sistem saraf pusat, mendeteksi tumor, mengevaluasi kondisi jantung dan pembuluh darah, serta memonitor penyakit sendi dan tulang. MRI juga dapat digunakan untuk menggambarkan aliran darah (MR angiography) dan cairan tulang belakang (MR myelography), memberikan berbagai fungsi diagnostik.

Keterbatasan MRI

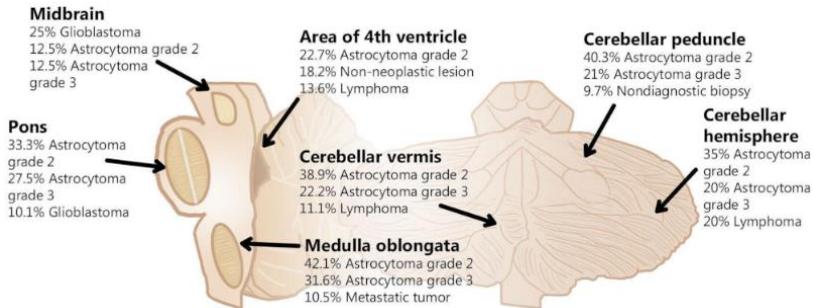
MRI adalah salah satu modalitas pencitraan yang paling mahal, baik dari segi peralatan maupun biaya prosedurnya. Ini bisa menjadi kendala bagi pasien yang tidak memiliki asuransi kesehatan atau untuk fasilitas medis dengan sumber daya terbatas. Biaya yang lebih tinggi ini sering kali menjadi alasan MRI hanya digunakan ketika benar-benar diperlukan.

MRI memakan waktu lebih lama dibandingkan dengan CT scan atau sinar-X, yang bisa berlangsung dari 30 menit hingga lebih dari satu jam tergantung pada area tubuh yang diperiksa. Durasi yang lama ini bisa membuat pasien merasa tidak nyaman, terutama mereka yang harus berbaring diam dalam waktu yang lama atau memiliki klaustrofobia.

Tidak semua rumah sakit atau klinik memiliki fasilitas MRI, terutama di daerah terpencil atau negara dengan sumber daya kesehatan yang terbatas. Ini membuat MRI kurang mudah diakses dibandingkan dengan modalitas pencitraan lain seperti USG atau sinar-X.

MRI menggunakan medan magnet yang sangat kuat, sehingga tidak cocok untuk pasien yang memiliki implan logam di dalam tubuh, seperti alat pacu jantung, implan koklea, atau sendi prostetik yang tidak kompatibel dengan MRI. Medan magnet dapat menyebabkan malfungsi alat-alat tersebut, sehingga MRI tidak dapat dilakukan pada pasien dengan kondisi ini.

Meskipun MRI sangat baik untuk mencitrakan jaringan lunak, MRI kurang optimal dalam mencitrakan struktur tulang dibandingkan dengan CT scan atau sinar-X. Ini membatasi penggunaan MRI dalam kasus yang memerlukan pencitraan detail dari tulang atau struktur keras lainnya.



Gambar 30. Frekuensi diagnosis berdasarkan lokasi lesi.(Furtak et al., 2021)

Contoh Kasus Klinis dengan Panduan MRI

Kasus: Tumor Otak yang Sulit Diakses

Seorang wanita berusia 42 tahun datang ke rumah sakit dengan keluhan sakit kepala berat yang tidak kunjung reda selama beberapa minggu, disertai dengan mual, muntah, dan penurunan penglihatan. Pasien juga melaporkan kesulitan dalam menggerakkan sisi kiri tubuhnya. Hasil pemeriksaan neurologis menunjukkan adanya kelemahan pada ekstremitas kiri dan refleks tendon yang meningkat.

MRI awal otak menunjukkan adanya massa yang mencurigakan di lobus parietal kanan, berdekatan dengan area sensorimotor yang berperan penting dalam gerakan dan sensasi tubuh. Lesi ini diduga sebagai tumor, namun diperlukan biopsi untuk mengonfirmasi diagnosis dan menentukan apakah tumor tersebut jinak atau ganas. Karena lokasinya yang dekat dengan

jaringan otak vital, diperlukan teknik biopsi yang sangat akurat dan minim risiko.

Untuk memastikan pengambilan sampel jaringan yang akurat dan aman, diputuskan untuk melakukan Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) dengan panduan MRI. MRI digunakan sebagai alat navigasi untuk memandu jarum biopsi langsung ke lokasi lesi tanpa merusak jaringan otak sehat di sekitarnya.

Langkah-Langkah Prosedur:

- a) Pasien ditempatkan dalam posisi berbaring telentang di dalam mesin MRI, dan area kepala yang akan dilakukan biopsi disterilkan. Anestesi lokal diberikan untuk mengurangi rasa sakit di tempat masuk jarum.
- b) Gambar MRI diambil untuk menentukan posisi, ukuran, dan batas tumor. Gambar tiga dimensi dari otak memungkinkan dokter merencanakan jalur yang paling aman untuk jarum biopsi, menghindari struktur penting seperti pembuluh darah dan area motorik.
- c) Jarum halus dimasukkan melalui kulit kepala dan diarahkan ke lokasi tumor dengan bantuan visual dari gambar MRI real-time. Gambar MRI diambil secara berkala selama prosedur untuk memastikan bahwa jarum tetap berada di jalur yang benar dan tidak merusak jaringan otak sehat.
- d) Setelah jarum mencapai lesi, aspirasi dilakukan untuk mengambil sampel jaringan dari tumor. Sampel ini kemudian dikirim ke laboratorium untuk analisis sitologi.
- e) Setelah pengambilan sampel selesai, jarum dikeluarkan dan area biopsi ditutup dengan perban steril. Pasien dipantau untuk memastikan tidak ada komplikasi, seperti perdarahan atau pembengkakan di area biopsi.

Hasil sitologi mengonfirmasi bahwa tumor tersebut adalah glioma derajat rendah, sejenis tumor otak yang berasal dari sel glial. Berdasarkan hasil biopsi, tim dokter merencanakan

tindakan lanjutan, termasuk pengawasan ketat dan kemungkinan terapi radiasi untuk mencegah pertumbuhan lebih lanjut.

MRI-guided FNAB memungkinkan dokter mengambil sampel dari lesi yang terletak di dekat area vital otak dengan presisi tinggi, meminimalkan risiko cedera pada jaringan otak yang sehat. Dengan menggunakan panduan MRI, dokter dapat menghindari struktur kritis seperti pembuluh darah besar atau saraf motorik, yang sangat penting dalam mempertahankan fungsi neurologis pasien.



BAB

6

PANDUAN EUS (ENDOSCOPIC ULTRASOUND) UNTUK FNAB

Prinsip Dasar Endoskopi dan Ultrasound Kombinasi (Endoscopic Ultrasound - EUS)

Endoscopic Ultrasound (EUS) adalah teknik diagnostik dan terapeutik yang menggabungkan endoskopi dan ultrasonografi untuk memberikan visualisasi yang sangat rinci dari saluran pencernaan dan struktur di sekitarnya, seperti pankreas, hati, kantung empedu, dan kelenjar getah bening. EUS menjadi alat yang sangat penting dalam pemeriksaan penyakit gastrointestinal, terutama dalam diagnosis dan staging kanker, serta intervensi terapeutik seperti biopsi dan drainase kista. (Ramai et al., 2023; Sarkar et al., 2022)

Prinsip Dasar Endoskopi

Endoskopi adalah prosedur di mana dokter menggunakan tabung fleksibel panjang yang disebut endoskop untuk melihat bagian dalam saluran pencernaan. Endoskop dilengkapi dengan kamera di ujungnya yang mentransmisikan gambar visual dari saluran pencernaan ke monitor. Endoskopi digunakan untuk mendeteksi kelainan struktural seperti polip, kanker, atau radang di saluran pencernaan.

Endoskopi memberikan pandangan langsung dari lumen gastrointestinal, tetapi terbatas pada dinding dalam (mukosa) dan tidak mampu memberikan informasi mengenai struktur yang lebih dalam atau di luar dinding saluran pencernaan. Keterbatasan ini yang diatasi oleh kombinasi dengan ultrasonografi. (Ramai et al., 2023; Sarkar et al., 2022)

Prinsip Dasar Ultrasonografi (USG)

Ultrasonografi menggunakan gelombang suara frekuensi tinggi untuk menghasilkan gambar dari jaringan tubuh. Gelombang suara ini dipancarkan dari transduser dan dipantulkan kembali ketika bertemu dengan batas antara jaringan yang berbeda, seperti cairan, otot, atau organ padat. Echo yang dihasilkan ditangkap oleh transduser dan diubah menjadi gambar yang dapat dilihat di monitor. USG sangat berguna dalam visualisasi jaringan lunak dan memberikan informasi tentang organ dalam dan struktur di luar jangkauan pandangan langsung endoskopi. (Sarkar et al., 2022)

Namun, USG dari permukaan kulit sering kali tidak dapat mencapai struktur yang dalam atau dikelilingi oleh tulang atau gas, seperti pankreas atau area di belakang lambung. Inilah mengapa USG internal melalui endoskopi menjadi inovasi penting.

Kombinasi Endoskopi dan Ultrasound (EUS)

EUS menggabungkan kemampuan endoskopi dan ultrasonografi dalam satu prosedur. Endoskop khusus yang digunakan dalam EUS dilengkapi dengan transduser ultrasonik di ujungnya, yang memungkinkan dokter melihat dinding saluran pencernaan serta organ dan jaringan di sekitarnya secara real-time.

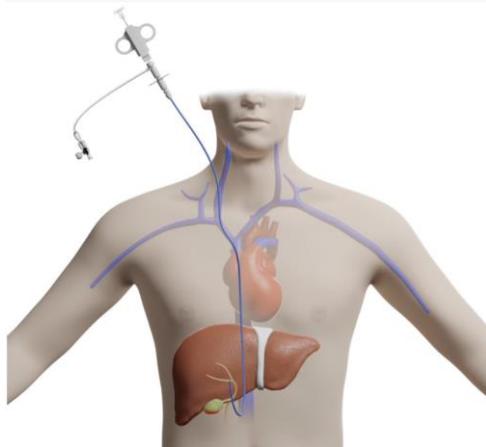
Berikut adalah beberapa langkah dasar dalam prosedur EUS:

- a) Endoskopi dilakukan terlebih dahulu untuk memasukkan tabung fleksibel ke dalam saluran pencernaan melalui mulut

(untuk pemeriksaan esofagus, lambung, atau pankreas) atau melalui anus (untuk pemeriksaan rektum atau bagian bawah usus besar). Dokter dapat memvisualisasikan bagian dalam saluran pencernaan, mendeteksi kelainan seperti tukak atau tumor, dan menentukan titik yang tepat untuk memulai pencitraan ultrasonografi.

- b) Setelah endoskop berada di posisi yang sesuai, transduser ultrasonografi yang terletak di ujung endoskopi mengeluarkan gelombang suara yang menembus dinding saluran pencernaan dan memantul kembali dari struktur di sekitarnya. Ini memungkinkan pencitraan organ-organ di luar saluran pencernaan, seperti pankreas, kelenjar getah bening, hati, dan kantung empedu.

Karena USG dilakukan dari dalam saluran pencernaan, jarak antara transduser dan organ target jauh lebih dekat daripada USG dari permukaan kulit, sehingga meningkatkan resolusi gambar dan memungkinkan visualisasi yang lebih rinci dari struktur yang sulit dijangkau.



Gambar 31. Ilustrasi pendekatan transjugular untuk biopsi hati.
(Ramai et al., 2023)

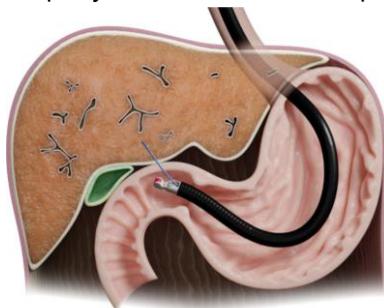
Aplikasi Klinis EUS

EUS digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi klinis, termasuk:

EUS sangat berguna dalam mendeteksi kanker pada saluran pencernaan, seperti kanker esofagus, lambung, pankreas, dan rektum. Dengan kemampuan untuk mencitrakan lapisan dinding saluran pencernaan dan kelenjar getah bening di sekitarnya, EUS dapat digunakan untuk menentukan sejauh mana penyebaran kanker (staging) dan apakah ada keterlibatan struktur lain, seperti pembuluh darah besar.

EUS sering digunakan untuk memandu biopsi jarum halus pada lesi atau kelenjar getah bening yang mencurigakan. Dengan panduan USG, jarum dapat diarahkan secara akurat ke dalam lesi atau massa untuk mengambil sampel jaringan yang kemudian dianalisis untuk mendeteksi kanker atau infeksi.

Pada pasien dengan kista pankreas atau abses di rongga perut, EUS memungkinkan dokter untuk menembus dinding saluran pencernaan dan mengalirkan cairan dari kista atau abses dengan aman dan tepat. Prosedur ini dapat menghindari pembedahan yang lebih invasif. EUS digunakan untuk mendeteksi batu empedu kecil yang tidak terlihat pada pencitraan biasa, serta untuk mengevaluasi penyumbatan saluran empedu.



Gambar 32. Ilustrasi biopsi hati dengan panduan endoskopi ultrasonografi. (Ramai et al., 2023)

Manfaat dan Keterbatasan EUS

Manfaat EUS:

Memberikan visualisasi rinci dari struktur di luar saluran pencernaan yang tidak terlihat dengan endoskopi biasa.

Memungkinkan biopsi yang aman dan tepat dari lesi atau massa yang mencurigakan.

Tidak menggunakan radiasi, berbeda dari CT scan atau sinar-X.

Dapat digunakan untuk tujuan diagnostik dan terapeutik.

Keterbatasan EUS:

Memerlukan keahlian khusus, karena prosedur ini lebih kompleks dibandingkan endoskopi atau USG konvensional.

Akses terhadap EUS terbatas pada pusat-pusat medis dengan fasilitas yang memadai.

Seperti prosedur invasif lainnya, ada risiko komplikasi seperti infeksi, perdarahan, atau perforasi dinding saluran pencernaan.

Aplikasi FNAB dengan EUS

Organ Dalam yang Dekat dengan Saluran Pencernaan (Pankreas, Hati, dan Mediastinum)

Endoscopic Ultrasound-Guided Fine Needle Aspiration (EUS-FNAB) memungkinkan dokter untuk melihat organ-organ dalam secara rinci dan melakukan biopsi dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi. Organ yang sering menjadi target FNAB dengan EUS termasuk pankreas, hati, kelenjar getah bening di mediastinum, dan struktur lain yang terletak dekat saluran pencernaan. (Ramai et al., 2023; Simons-Linares et al., 2020)

Berikut adalah aplikasi FNAB dengan EUS untuk masing-masing organ ini.

Pentingnya FNAB dengan EUS untuk Pankreas

Pankreas adalah organ yang terletak di belakang perut, dekat dengan duodenum, dan memiliki fungsi penting dalam sistem pencernaan serta regulasi glukosa darah. Karena posisinya yang mendalam di rongga perut, lesi pada pankreas sulit dideteksi atau dijangkau dengan metode pencitraan biasa seperti USG perut atau CT scan. Oleh karena itu, EUS sangat bermanfaat dalam mendeteksi dan mengevaluasi massa pankreas, terutama untuk kecurigaan kanker pankreas.

Indikasi FNAB Pankreas dengan EUS

FNAB dengan EUS digunakan untuk mengevaluasi massa atau kista pankreas yang ditemukan pada pencitraan awal, seperti CT scan. Tujuan utama dari FNAB ini adalah untuk mengambil sampel sel dari lesi yang mencurigakan guna menentukan apakah lesi tersebut jinak atau ganas. Kanker pankreas sering kali dideteksi terlambat, sehingga EUS-FNAB menjadi alat yang penting untuk deteksi dini dan diagnosis.

Prosedur FNAB Pankreas dengan EUS

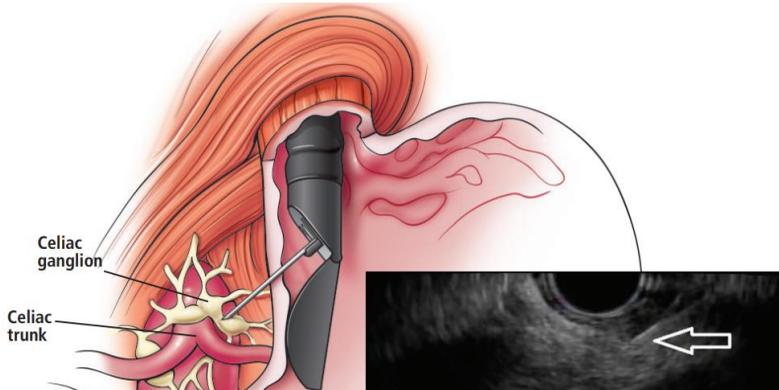
Dalam prosedur ini, endoskop yang dilengkapi dengan transduser ultrasonik dimasukkan melalui mulut pasien dan diarahkan ke duodenum, bagian dari usus kecil yang dekat dengan pankreas. Setelah transduser memberikan citra yang jelas dari pankreas, jarum biopsi halus dimasukkan melalui dinding saluran pencernaan untuk mengambil sampel dari lesi pankreas. EUS memungkinkan panduan real-time untuk memastikan jarum mencapai target yang tepat tanpa merusak struktur di sekitarnya. Sampel yang diambil kemudian dianalisis untuk menentukan sifat lesi, apakah itu kista jinak, adenoma, atau kanker pankreas.

Keuntungan EUS-FNAB pada Pankreas

Visualisasi yang jelas dari lesi kecil di pankreas yang mungkin terlewat oleh CT atau USG.

Panduan jarum biopsi yang aman, mengurangi risiko komplikasi seperti perdarahan atau cedera organ.

Mampu mendiagnosis dan menilai stadium kanker pankreas dengan akurasi tinggi.



Gambar 33. Blok pleksus celiac dengan panduan endoskopi ultrasonografi (EUS), yang dilakukan di bawah panduan echoendoskopik menggunakan jarum injeksi.(Simons-Linares et al., 2020)

Peran FNAB dengan EUS pada Lesi Hati

FNAB dengan EUS juga berguna untuk mengevaluasi lesi pada hati, terutama lesi yang terletak di dekat permukaan hati yang berdekatan dengan perut atau duodenum. Hati adalah organ vital yang sering menjadi target biopsi untuk mengidentifikasi massa yang mencurigakan, yang mungkin berhubungan dengan tumor primer hati, metastasis, atau penyakit hati lainnya.

Indikasi FNAB Hati dengan EUS

FNAB dengan EUS dilakukan jika ditemukan massa atau nodul di hati yang tidak dapat dijelaskan oleh pencitraan non-invasif, atau jika diperlukan konfirmasi histologis untuk diagnosis

penyakit hati tertentu, seperti tumor hati primer (hepatocellular carcinoma) atau metastasis dari kanker lain. Selain itu, EUS-FNAB dapat membantu dalam mengevaluasi kista hati atau lesi yang terletak dekat dengan struktur vital seperti pembuluh darah.

Prosedur FNAB Hati dengan EUS

Mirip dengan prosedur pankreas, endoskop dimasukkan melalui mulut hingga ke area yang berdekatan dengan hati, biasanya di bagian atas saluran pencernaan. Dengan bantuan gambar ultrasonografi yang dihasilkan oleh transduser, dokter dapat melihat lesi di hati dengan jelas. Jarum halus kemudian dimasukkan melalui dinding lambung atau duodenum untuk mengambil sampel jaringan dari lesi hati. Panduan visual real-time memastikan jarum diarahkan secara tepat, menghindari pembuluh darah besar atau struktur penting lainnya.

Keuntungan EUS-FNAB pada Hati

Kemampuan untuk mengambil sampel biopsi dari lesi hati yang tidak mudah dijangkau oleh metode biopsi konvensional.

Visualisasi yang jelas dari pembuluh darah di sekitar hati, sehingga meminimalkan risiko komplikasi.

Dapat digunakan untuk lesi yang terletak dekat permukaan hati atau di bagian tertentu yang sulit dijangkau oleh USG konvensional.

Mediastinum dan Pentingnya FNAB dengan EUS

Mediastinum adalah ruang di tengah dada yang berisi organ-organ penting seperti jantung, trakea, esofagus, dan kelenjar getah bening. Lesi atau pembesaran kelenjar getah bening di mediastinum sering kali dikaitkan dengan kanker paru-paru, limfoma, atau infeksi serius. Akses ke mediastinum dengan teknik biopsi konvensional sangat sulit, sehingga EUS menjadi alat yang sangat berguna.

Indikasi FNAB Mediastinum dengan EUS

FNAB dengan EUS pada mediastinum sering kali dilakukan untuk menilai kelenjar getah bening yang membesar atau massa yang terdeteksi pada pencitraan awal, seperti CT scan atau PET scan. Ini penting untuk staging kanker paru-paru, di mana keterlibatan kelenjar getah bening mediastinal menunjukkan penyebaran kanker. FNAB dengan EUS juga digunakan untuk biopsi limfoma atau untuk mengevaluasi penyebab pembesaran kelenjar getah bening yang tidak dapat dijelaskan.

Prosedur FNAB Mediastinum dengan EUS

Endoskop dimasukkan melalui mulut hingga ke esofagus, yang terletak berdekatan dengan mediastinum. Transduser ultrasonografi pada endoskop memberikan gambar kelenjar getah bening dan massa di mediastinum. Setelah target ditentukan, jarum halus dimasukkan melalui dinding esofagus untuk mengambil sampel jaringan dari kelenjar getah bening atau massa mediastinum. Prosedur ini dilakukan dengan visualisasi ultrasonografi real-time untuk memastikan jarum diarahkan dengan aman dan akurat.

Keuntungan EUS-FNAB pada Mediastinum

Memberikan akses biopsi ke kelenjar getah bening mediastinal tanpa harus melakukan pembedahan terbuka atau prosedur mediastinoskopi yang lebih invasif.

Meningkatkan akurasi staging kanker paru-paru, yang penting untuk merencanakan pengobatan.

Prosedur yang lebih aman dan minim komplikasi dibandingkan metode konvensional untuk biopsi mediastinum.

Teknik FNAB dengan EUS (Endoscopic Ultrasound-Guided Fine Needle Aspiration)

FNAB dengan Endoscopic Ultrasound (EUS) adalah prosedur yang digunakan untuk mengambil sampel jaringan dari organ dalam yang terletak dekat saluran pencernaan, seperti pankreas, hati, kelenjar getah bening mediastinal, atau saluran empedu. Prosedur ini menggabungkan teknik endoskopi dan ultrasonografi untuk memandu jarum biopsi secara tepat ke target yang sulit diakses, memungkinkan pengambilan sampel secara minimal invasif dengan risiko yang rendah. (Simons-Linares et al., 2020)

Persiapan Pasien

- a) Sebelum FNAB dengan EUS dilakukan, dokter akan mengevaluasi riwayat medis pasien, termasuk kondisi medis yang ada, alergi, dan obat yang diminum, terutama antikoagulan yang bisa meningkatkan risiko perdarahan.
- b) Pasien diberi penjelasan mengenai prosedur, risiko, manfaat, dan hasil yang diharapkan, kemudian diminta menandatangani persetujuan (informed consent).
- c) Pasien diminta berpuasa selama beberapa jam sebelum prosedur untuk mencegah aspirasi selama endoskopi.

Pengenalan Endoskopi dan Pencitraan Ultrasound

Prosedur dimulai dengan memasukkan endoskop fleksibel melalui mulut atau rektum pasien, tergantung pada organ yang akan dievaluasi. Endoskopi memungkinkan dokter melihat langsung bagian dalam saluran pencernaan, seperti esofagus, lambung, atau duodenum.

Endoskop yang digunakan dilengkapi dengan transduser ultrasonik di ujungnya. Transduser ini menghasilkan gelombang suara frekuensi tinggi yang memantul dari organ di sekitar saluran pencernaan, menciptakan gambar yang detail dari organ dalam seperti pankreas, hati, atau kelenjar getah bening.

Pencitraan ultrasound ini dilakukan dari jarak yang sangat dekat dengan organ target, meningkatkan resolusi dan akurasi visualisasi dibandingkan USG dari permukaan kulit.

Panduan Jarum Biopsi

Setelah lesi atau organ target divisualisasikan dengan ultrasonografi, jarum biopsi halus (biasanya 22 atau 25 gauge) dimasukkan melalui saluran kerja endoskopi. Prosedur ini dilakukan secara real-time, dengan dokter memantau jalur jarum di layar ultrasound untuk memastikan bahwa jarum diarahkan secara tepat ke lesi yang diinginkan tanpa merusak jaringan sekitarnya.

Aspirasi Sampel

Setelah jarum mencapai lesi atau kelenjar getah bening, dokter menarik plunger pada syringe untuk menciptakan tekanan negatif, yang akan menarik sel atau jaringan dari lesi ke dalam jarum. Jika diperlukan, jarum bisa digerakkan maju-mundur secara lembut untuk memastikan bahwa sampel yang diambil cukup representatif.

Dalam beberapa kasus, beberapa aspirasi dilakukan untuk memastikan bahwa sampel dari berbagai area lesi diambil, terutama jika lesi heterogen atau terletak di organ besar seperti pankreas.

Penutupan dan Pemantauan

Setelah aspirasi selesai, jarum dikeluarkan dengan hati-hati, dan endoskop diangkat. Area biopsi tidak memerlukan jahitan karena prosedur ini minimal invasif. Pasien dipantau selama beberapa jam setelah prosedur untuk mendeteksi tanda-tanda komplikasi seperti perdarahan atau infeksi.

Pengolahan Sampel

Sampel yang diambil segera diproses untuk pemeriksaan sitologi atau histologi di laboratorium. Hasil biopsi biasanya

tersedia dalam beberapa hari, tergantung pada jenis analisis yang diperlukan.

Keuntungan FNAB dengan EUS

EUS memberikan visualisasi real-time dari jarum dan organ target, memastikan pengambilan sampel yang akurat dari lesi yang sulit dijangkau. Karena panduan ultrasonografi dan teknik minimal invasif, risiko komplikasi seperti perdarahan atau cedera organ lain jauh lebih rendah dibandingkan biopsi bedah terbuka. EUS-FNAB sangat berguna untuk diagnosis dini kanker pankreas, limfoma, atau metastasis di kelenjar getah bening, membantu dalam perencanaan pengobatan yang tepat.

Manfaat dan Keterbatasan EUS

Manfaat EUS (Endoscopic Ultrasound)

- a) Visualisasi Detail dan Akurasi Tinggi
- b) EUS memberikan gambar dengan resolusi tinggi dari struktur yang terletak dekat dengan saluran pencernaan, seperti pankreas, hati, kelenjar getah bening, dan dinding saluran pencernaan. Ultrasonografi yang dilakukan dari dalam saluran pencernaan memungkinkan visualisasi detail yang tidak dapat dicapai dengan teknik lain, seperti USG eksternal atau CT scan.
- c) EUS sering digunakan untuk memandu prosedur Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB), yang memungkinkan pengambilan sampel jaringan dengan tepat dari lesi atau organ dalam yang mencurigakan. Ini sangat penting untuk diagnosis kanker dan penyakit lainnya, serta menentukan tahapan (staging) kanker.
- d) EUS adalah prosedur minimal invasif yang mengurangi risiko komplikasi seperti perdarahan dan cedera organ. Ini adalah alternatif yang lebih aman dibandingkan dengan biopsi bedah terbuka atau teknik invasif lainnya.

- e) EUS sangat berguna untuk deteksi dini kanker pankreas, esofagus, lambung, dan rektum. Dengan kemampuan untuk melihat lapisan dinding saluran pencernaan dan organ di sekitarnya, EUS membantu mendeteksi tumor kecil yang tidak terlihat pada pencitraan konvensional.

Keterbatasan EUS

- a) EUS memerlukan peralatan khusus dan operator yang terlatih, sehingga tidak semua rumah sakit atau klinik memiliki fasilitas ini. Akses ke EUS bisa terbatas di daerah tertentu.
- b) Meskipun minimal invasif, EUS adalah prosedur yang kompleks dan memerlukan keahlian tinggi dari dokter. Ini meningkatkan potensi risiko jika dilakukan oleh operator yang kurang berpengalaman.
- c) EUS terbatas pada area yang dapat dicapai melalui endoskopi, seperti organ di dekat saluran pencernaan. Untuk lesi yang lebih jauh dari saluran pencernaan, seperti paru-paru atau otak, EUS mungkin tidak efektif.

Contoh Kasus Klinis dengan Panduan EUS

Kasus: Kista Pankreas

Seorang pria berusia 55 tahun datang dengan keluhan sakit perut bagian atas yang berlangsung selama beberapa minggu. Pasien juga mengalami penurunan berat badan tanpa sebab yang jelas. Riwayat medis menunjukkan pasien memiliki faktor risiko untuk penyakit pankreas, termasuk riwayat pankreatitis dan konsumsi alkohol berlebih selama bertahun-tahun. Pemeriksaan awal dengan CT scan menunjukkan adanya kista pada pankreas, tetapi gambaran ini tidak cukup untuk menentukan apakah kista bersifat jinak atau ganas.

Untuk mengevaluasi lebih lanjut, dokter memutuskan untuk melakukan Endoscopic Ultrasound-Guided Fine Needle Aspiration (EUS-FNAB) untuk mendapatkan sampel dari kista

pankreas dan menentukan sifatnya. EUS dianggap sebagai modalitas yang paling tepat karena posisinya yang dekat dengan dinding lambung, dan panduan ultrasonografi memungkinkan biopsi yang akurat tanpa prosedur bedah yang lebih invasif.

Prosedur EUS-FNAB:

- a) **Persiapan Pasien:** Pasien dipersiapkan untuk prosedur dengan puasa beberapa jam sebelum EUS. Setelah pasien diberikan anestesi ringan untuk kenyamanan, dokter endoskopi mulai prosedur.
- b) **Pengenalan Endoskopi:** Endoskop fleksibel yang dilengkapi dengan transduser ultrasonografi dimasukkan melalui mulut pasien dan diarahkan ke lambung hingga mencapai daerah yang dekat dengan pankreas. Pada tahap ini, dokter menggunakan gambar visual dari endoskop untuk melihat bagian dalam saluran pencernaan.
- c) **Pencitraan Ultrasound:** Setelah endoskop berada di posisi yang tepat, ultrasonografi dilakukan untuk mendapatkan gambar real-time dari pankreas. Transduser ultrasonik yang terletak di ujung endoskopi memungkinkan visualisasi rinci dari kista, termasuk dinding kista, cairan di dalamnya, dan jaringan di sekitarnya.
- d) **Aspirasi Jarum Halus (FNAB):** Setelah kista terlihat jelas pada gambar ultrasound, jarum biopsi halus dimasukkan melalui endoskop, diarahkan ke dalam kista, dan sampel cairan di dalam kista diambil untuk dianalisis. Proses ini dilakukan dengan panduan real-time sehingga jarum diarahkan dengan akurat.

Sampel cairan yang diambil dari kista kemudian dianalisis di laboratorium. Hasil sitologi menunjukkan bahwa kista tersebut merupakan mucinous cystic neoplasm (MCN), sejenis tumor kistik pankreas yang memiliki potensi untuk berubah menjadi kanker jika tidak ditangani. Berdasarkan hasil ini, pasien dirujuk ke tim

bedah untuk evaluasi lebih lanjut dan perencanaan operasi pengangkatan kista sebelum berubah menjadi kanker ganas.

Manfaat EUS dalam Kasus Ini:

EUS memberikan gambar yang rinci dari kista pankreas dan jaringan sekitarnya, yang memungkinkan dokter untuk menilai karakteristik kista secara lebih baik daripada CT atau USG konvensional.



PANDUAN STEREOTACTIC UNTUK FNAB

Prinsip Dasar Stereotactic Guidance

Stereotactic Guidance adalah teknik pencitraan yang digunakan untuk menentukan lokasi yang sangat tepat di dalam tubuh, biasanya untuk melakukan biopsi, pembedahan, atau intervensi medis lainnya. Prinsip dasar stereotaktik adalah penggunaan koordinat tiga dimensi (3D) yang dibentuk oleh sistem pencitraan untuk menentukan lokasi yang tepat dari target, seperti tumor atau lesi, sehingga memungkinkan prosedur invasif minimal dilakukan dengan akurasi tinggi. Teknik ini sering digunakan dalam neurokirurgi, radiologi intervensional, dan biopsi payudara. (Chilcote & Quinn, n.d.; Furtak et al., 2021)



Gambar 34. Biopsi vakum dengan panduan mammografi (stereotaktik): Pasien duduk di kursi khusus. Setelah anestesi lokal, jarum diarahkan ke lesi oleh komputer berdasarkan gambar mammografi yang diambil secara khusus. (Bick et al., 2020)

Prinsip Kerja Stereotactic Guidance

Stereotactic guidance menggabungkan penggunaan koordinat spasial dan pencitraan medis (seperti CT, MRI, atau mammografi) untuk menentukan lokasi target di dalam tubuh. Sistem ini menggunakan kerangka referensi atau grid yang melekat pada tubuh pasien atau perangkat eksternal, yang memberikan titik acuan tetap. Dengan informasi yang diperoleh dari pencitraan, komputer dapat menghitung jalur paling aman dan akurat untuk memasukkan jarum atau instrumen bedah ke target.



Gambar 35. Biopsi vakum dengan panduan mammografi (stereotaktik): Pasien berada dalam posisi tengkurap di atas meja dengan payudara menggantung secara gravitasi (pasien tidak melihat prosedur). Setelah anestesi lokal, jarum diarahkan ke lesi oleh komputer berdasarkan gambar mammografi yang diambil secara khusus. (Bick et al., 2020)

Komponen utama dalam sistem stereotaktik meliputi:

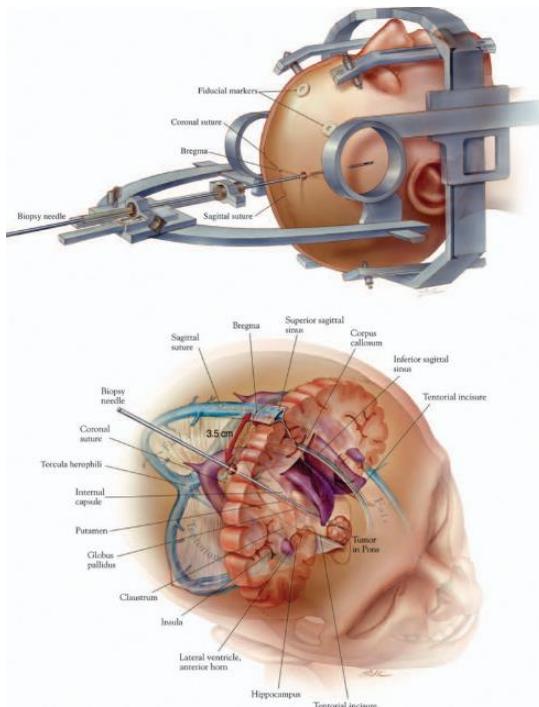
Sistem referensi ini ditempatkan pada tubuh pasien dan digunakan untuk memastikan bahwa koordinat tetap akurat selama prosedur. Dalam beberapa kasus, marker fiducial yang ditempatkan pada kulit atau di dalam tubuh bertindak sebagai titik acuan tetap.

Modalitas pencitraan seperti CT, MRI, atau mammografi digunakan untuk menghasilkan gambar tiga dimensi dari area tubuh yang akan diintervensi. Pencitraan ini digunakan untuk menentukan lokasi dan ukuran lesi atau target secara tepat.

Koordinat spasial dalam sumbu x , y , dan z digunakan untuk menggambarkan lokasi target dengan presisi. Sistem komputer menganalisis gambar pencitraan dan menghitung jalur yang aman dan efisien untuk memasukkan instrumen ke lokasi target.

Aplikasi Stereotactic Guidance Bedah Otak dan Neurokirurgi

Dalam neurokirurgi, stereotactic guidance sering digunakan untuk melakukan operasi pada otak, seperti biopsi tumor otak, ablasi, atau pengobatan penyakit neurologis seperti Parkinson. Karena otak adalah organ yang sangat sensitif, teknik ini sangat penting untuk memastikan bahwa instrumen bedah dapat mencapai target tanpa merusak jaringan sehat di sekitarnya. Penggunaan pencitraan MRI atau CT memungkinkan ahli bedah memvisualisasikan target dan merencanakan jalur yang tepat.



Gambar 39. Pendekatan kontralateral, transfrontal, ekstraventrikular untuk prosedur biopsi stereotaktik batang otak. (Amundson EW et al., 2005)

Biopsi Payudara Stereotaktik

Stereotactic guidance juga sering digunakan dalam biopsi payudara untuk mendeteksi dan mengonfirmasi tumor atau kista kecil yang tidak dapat teraba. Dalam biopsi payudara stereotaktik, mammografi digunakan untuk memberikan panduan visual dan menentukan lokasi tepat dari massa yang mencurigakan. Dokter kemudian menggunakan koordinat 3D untuk mengarahkan jarum biopsi dengan akurasi tinggi ke dalam target.

Radiologi Intervensional

Selain biopsi, stereotactic guidance digunakan dalam radiologi intervensional untuk prosedur seperti ablasi tumor atau pemberian radiasi terarah (stereotactic radiosurgery), di mana akurasi sangat penting untuk menghancurkan sel kanker tanpa merusak jaringan di sekitarnya.

Keunggulan Stereotactic Guidance

Stereotactic guidance menawarkan akurasi tinggi dalam menentukan lokasi target, sehingga mengurangi risiko cedera pada jaringan sehat selama prosedur invasif. Hal ini sangat penting dalam operasi otak dan biopsi di area yang sensitif.

Dengan panduan stereotaktik, prosedur yang biasanya membutuhkan pembedahan besar dapat dilakukan dengan metode minimal invasif, seperti biopsi jarum, yang mengurangi waktu pemulihan dan risiko komplikasi.

Koordinat 3D memungkinkan dokter merencanakan jalur paling aman untuk mencapai target, menghindari struktur vital seperti pembuluh darah besar atau saraf.

Keterbatasan Stereotactic Guidance

Meskipun stereotactic guidance sangat akurat, teknik ini bergantung pada kualitas pencitraan yang baik dan posisi pasien yang stabil selama prosedur. Pergerakan pasien yang tidak terduga dapat memengaruhi akurasi koordinat, sehingga

memerlukan alat-alat penstabil dan marker yang dapat diandalkan. Selain itu, tidak semua lesi atau tumor berada di lokasi yang mudah diakses dengan stereotaktik, dan dalam beberapa kasus, prosedur ini mungkin tidak memadai.

Aplikasi Stereotactic dalam FNAB (Fine Needle Aspiration Biopsy)

Stereotactic guidance dalam Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) adalah teknik yang digunakan untuk memandu jarum biopsi ke lokasi target dengan presisi tinggi menggunakan koordinat tiga dimensi (3D) yang diperoleh dari pencitraan, seperti CT, MRI, atau mammografi. Teknik ini sangat berguna dalam kasus di mana lesi atau massa yang dicurigai sulit dijangkau atau kecil, terutama pada organ yang sensitif seperti payudara dan otak. Berikut adalah penjelasan mengenai aplikasi stereotactic guidance dalam FNAB pada dua area klinis penting: payudara dan otak.

Aplikasi Stereotactic FNAB pada Payudara

FNAB adalah metode minimal invasif yang digunakan untuk mengambil sampel sel dari lesi atau massa di payudara yang dicurigai sebagai kanker atau kista jinak. FNAB sangat bermanfaat karena dapat memberikan diagnosis awal tanpa perlu melakukan operasi bedah. Namun, dalam beberapa kasus, lesi di payudara bisa terlalu kecil atau terletak di area yang sulit dijangkau oleh palpasi (perabaan manual), sehingga membutuhkan panduan pencitraan untuk memastikan bahwa jarum biopsi mencapai target yang tepat.

Stereotactic guidance digunakan dalam biopsi payudara untuk memberikan panduan yang akurat, terutama pada massa yang tidak terlihat jelas melalui USG atau lesi yang tidak dapat teraba. Stereotaktik dalam biopsi payudara umumnya menggunakan mammografi untuk menghasilkan gambar dua dimensi, yang kemudian dikombinasikan untuk menciptakan

model tiga dimensi dari payudara. Dari gambar ini, komputer menghitung koordinat x , y , dan z yang diperlukan untuk mengarahkan jarum biopsi dengan presisi ke lokasi lesi.

Prosedur FNAB dengan Stereotactic Guidance pada Payudara:

- a) Pasien ditempatkan dalam posisi tengkurap pada meja biopsi khusus dengan payudara dijepit antara pelat mammografi untuk menjaga posisi yang stabil.
- b) Mammografi dilakukan untuk mendapatkan gambar rinci dari lesi payudara. Gambar ini diambil dari berbagai sudut dan diproses oleh komputer untuk menghitung koordinat tiga dimensi dari target.
- c) Dengan panduan dari sistem stereotaktik, jarum halus (biasanya 22-27 gauge) diarahkan ke lokasi massa yang dicurigai. Proses ini dilakukan secara real-time untuk memastikan bahwa jarum mencapai lesi yang tepat tanpa merusak jaringan sehat di sekitarnya.
- d) Sampel jaringan atau sel diambil melalui jarum untuk dianalisis di laboratorium guna menentukan apakah massa bersifat jinak atau ganas.

Manfaat Stereotactic FNAB pada Payudara:

Stereotaktik memungkinkan biopsi yang sangat akurat dari lesi kecil atau lesi yang terletak di dalam jaringan payudara yang sulit diakses. Biopsi ini dilakukan tanpa pembedahan besar, yang mengurangi risiko komplikasi dan mempercepat pemulihan pasien. Biopsi stereotaktik penting dalam deteksi dini kanker payudara, terutama pada lesi yang tidak dapat dilihat atau dirasakan secara manual.

Aplikasi Stereotactic FNAB pada Otak

FNAB pada otak digunakan untuk mengambil sampel dari tumor atau lesi yang mencurigakan di otak, yang bisa bersifat jinak atau ganas. Karena otak merupakan organ yang sangat kompleks dan sensitif, akurasi dalam biopsi sangat penting untuk

menghindari kerusakan jaringan otak yang sehat. Stereotactic guidance dalam FNAB memungkinkan dokter untuk mengakses lesi dengan presisi tinggi dan meminimalkan risiko komplikasi neurologis.

Dalam biopsi otak, stereotactic guidance digunakan untuk menavigasi jarum biopsi ke dalam otak dengan akurasi sub-milimeter. Ini dilakukan dengan bantuan pencitraan CT atau MRI, yang menghasilkan gambar rinci dari otak. Sistem stereotaktik kemudian menganalisis gambar ini dan menghitung koordinat tiga dimensi dari lokasi target.

Prosedur FNAB dengan Stereotactic Guidance pada Otak:

- a) Sebelum prosedur, pasien akan menjalani pencitraan otak menggunakan MRI atau CT untuk menentukan lokasi pasti dari lesi yang akan diambil sampelnya. Pasien juga mungkin akan ditempatkan dalam kerangka stereotaktik yang dipasang di kepala untuk memastikan posisi yang stabil selama prosedur.
- b) Pencitraan ini digunakan untuk membuat koordinat tiga dimensi dari tumor atau lesi di otak. Komputer kemudian menghitung jalur paling aman untuk mencapai lesi tanpa merusak jaringan otak yang sehat.
- c) Dengan bantuan stereotaktik, jarum halus dimasukkan dengan sangat hati-hati ke dalam otak, langsung ke area lesi yang telah ditargetkan. Panduan ini dilakukan dengan gambar real-time dari pencitraan CT atau MRI.
- d) Setelah jarum mencapai lesi, sampel jaringan diambil untuk dianalisis lebih lanjut di laboratorium. Analisis ini akan menentukan apakah lesi tersebut merupakan tumor jinak atau ganas, serta jenis histologisnya.

Manfaat Stereotactic FNAB pada Otak:

Stereotactic guidance memberikan akurasi sub-milimeter dalam biopsi otak, yang sangat penting untuk menghindari kerusakan pada jaringan otak yang sehat. Dibandingkan dengan pembedahan terbuka, FNAB dengan stereotaktik jauh lebih aman dan cepat, dengan waktu pemulihan yang lebih singkat. Stereotaktik memungkinkan biopsi tumor otak yang sulit diakses tanpa harus melakukan pembedahan invasif besar, memungkinkan diagnosis lebih cepat dan perencanaan pengobatan yang lebih baik.

Teknik FNAB Berpanduan Stereotactic

Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) dengan panduan stereotaktik adalah prosedur minimal invasif yang digunakan untuk mengambil sampel sel atau jaringan dari massa atau lesi yang mencurigakan. Stereotactic guidance memungkinkan dokter untuk melakukan biopsi dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi menggunakan koordinat tiga dimensi (3D) yang dihasilkan dari modalitas pencitraan, seperti CT scan, MRI, atau mammografi. Teknik ini sering digunakan dalam kasus di mana lesi sulit dijangkau atau berukuran sangat kecil, seperti pada payudara, otak, dan organ lainnya.

Prinsip Kerja Stereotactic FNAB

Stereotactic guidance bekerja dengan menggabungkan pencitraan medis dan koordinat spasial untuk menentukan lokasi target yang sangat tepat di dalam tubuh. Dengan menggunakan gambar pencitraan yang dihasilkan dari berbagai sudut, sistem stereotaktik menghitung koordinat x , y , dan z dari target yang akan dibidik, memungkinkan jarum biopsi diarahkan secara akurat ke lokasi massa atau lesi yang dicurigai.

Teknik ini sangat penting dalam prosedur biopsi pada lesi yang tidak dapat diraba atau terletak di area sensitif yang membutuhkan navigasi yang cermat, seperti otak atau payudara.

Langkah-Langkah Prosedur FNAB dengan Panduan Stereotaktik

Persiapan Pasien

- a) Pasien ditempatkan dalam posisi yang sesuai tergantung pada lokasi lesi. Dalam biopsi payudara, pasien biasanya ditempatkan pada meja khusus dengan payudara dijepit untuk menjaga kestabilan posisi selama prosedur. Dalam biopsi otak, pasien mungkin menggunakan kerangka stereotaktik yang ditempelkan pada kepala untuk memastikan kepala tidak bergerak selama biopsi.
- b) Pencitraan awal menggunakan CT scan, MRI, atau mammografi dilakukan untuk memvisualisasikan lesi atau massa yang dicurigai. Gambar ini akan digunakan untuk menentukan lokasi target dan merencanakan jalur yang aman untuk memasukkan jarum biopsi.

Penentuan Koordinat Tiga Dimensi

Setelah pencitraan selesai, sistem stereotaktik menganalisis gambar untuk menghasilkan koordinat 3D dari target. Ini membantu dokter menentukan jalur paling aman dan efisien untuk mencapai massa, menghindari struktur vital seperti pembuluh darah atau saraf. Dengan koordinat ini, dokter merencanakan jalur masuk jarum biopsi, memastikan jarum mencapai lesi dengan presisi tanpa merusak jaringan sehat di sekitarnya.

Pemasukan Jarum Biopsi

Setelah koordinat ditentukan, jarum halus (biasanya 22-27 gauge) dimasukkan ke dalam tubuh pasien dengan panduan stereotaktik. Pencitraan real-time dari CT, MRI, atau mammografi digunakan untuk memonitor posisi jarum saat jarum diarahkan menuju target.

Jika diperlukan, jalur jarum dapat disesuaikan selama prosedur untuk memastikan jarum tetap berada pada jalur yang benar.

Aspirasi Sampel

Setelah jarum mencapai target, aspirasi dilakukan untuk mengambil sampel sel atau jaringan dari lesi. Dokter akan menarik plunger pada syringe untuk menciptakan tekanan negatif, yang akan menarik sampel ke dalam jarum. Jika massa besar atau heterogen, beberapa aspirasi dapat dilakukan untuk mendapatkan sampel dari berbagai bagian lesi.

Penutupan dan Pemantauan

Setelah sampel diambil, jarum dikeluarkan dengan hati-hati, dan area biopsi ditutup dengan plester steril. Pasien dipantau untuk tanda-tanda komplikasi seperti perdarahan atau infeksi.

Keuntungan Teknik FNAB dengan Panduan Stereotaktik

Stereotactic guidance memungkinkan dokter untuk melakukan biopsi pada lesi kecil atau dalam dengan akurasi sub-milimeter, yang sangat penting untuk lesi yang sulit dijangkau atau terletak di organ vital seperti otak.(Amundson EW et al., 2005; Chilcote & Quinn, n.d.)

Dibandingkan dengan biopsi bedah terbuka, FNAB dengan stereotaktik jauh lebih aman, tidak memerlukan sayatan besar, dan meminimalkan risiko komplikasi seperti perdarahan atau cedera jaringan sehat. Prosedur ini relatif cepat dan tidak memerlukan waktu pemulihan yang lama, sehingga pasien dapat kembali beraktivitas lebih cepat.

Manfaat dan Keterbatasan Teknik Stereotactic

Manfaat Teknik Stereotactic

Akurasi Tinggi

Teknik stereotaktik memungkinkan dokter untuk menentukan lokasi yang sangat tepat dari lesi atau target di

dalam tubuh dengan menggunakan koordinat tiga dimensi (3D). Ini memungkinkan prosedur seperti biopsi, pembedahan, atau pemberian terapi dilakukan dengan presisi tinggi, meminimalkan risiko kerusakan pada jaringan sehat di sekitarnya. Akurasi ini sangat penting dalam menangani organ-organ vital seperti otak, payudara, dan tulang belakang.(Furtak et al., 2021)

Prosedur Minim Invasif

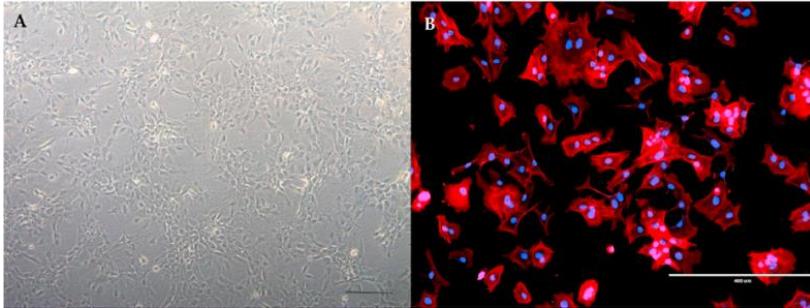
Dibandingkan dengan pembedahan konvensional, teknik stereotaktik bersifat minim invasif. Prosedur biopsi atau intervensi lain dapat dilakukan melalui sayatan kecil atau bahkan hanya menggunakan jarum, yang mengurangi risiko infeksi, perdarahan, dan komplikasi lain. Pasien juga dapat pulih lebih cepat dan mengalami lebih sedikit rasa sakit.

Panduan Visual Real-Time

Dengan menggunakan gambar real-time dari CT, MRI, atau mammografi, teknik stereotaktik memberikan visualisasi langsung dari jalur jarum atau instrumen bedah. Ini membantu dokter memastikan bahwa instrumen diarahkan ke target dengan tepat tanpa menyimpang dari jalur yang direncanakan.

Aplikasi Luas

Teknik ini dapat digunakan di berbagai bidang kedokteran, seperti neurokirurgi, biopsi payudara, radiologi intervensional, dan pengobatan tumor dengan radiasi terfokus. Ini menjadikan teknik stereotaktik sangat serbaguna dalam kedokteran modern.



Gambar 40. (A) Kultur primer astrosit dalam kultur densitas rendah. Sel-sel individual berbentuk polygonal terlihat jelas. Gambar diambil dengan pembesaran $\times 50$ menggunakan mikroskop inverted Zeiss Axiovert 40. Skala = 200 μm . (B) Karakterisasi imunositokimia astrosit Morfologi sel diamati menggunakan phalloidin fluoresen oranye yang terkonjugasi, yang secara selektif mengikat filamen aktin (merah). Dalam kultur densitas rendah, astrosit menunjukkan bentuk poligonal dengan filamen aktin di dekat membran sel. Nukleus diwarnai ulang dengan 4',6-diamidino-2-fenilindol (DAPI) biru. Gambar diambil dengan pembesaran $\times 10$ menggunakan mikroskop fluoresen EVOS FL. Skala = 400 μm .(Gradišnik et al., 2021)

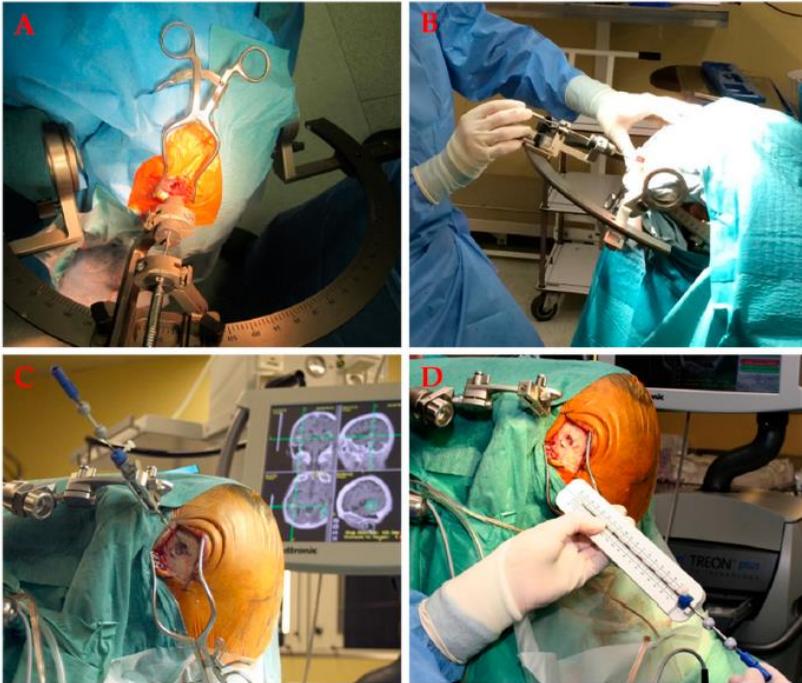
Keterbatasan Teknik Stereotactic

Teknik stereotaktik sangat bergantung pada kualitas pencitraan. Jika gambar yang dihasilkan oleh CT, MRI, atau mammografi tidak cukup jelas, akurasi stereotaktik dapat terganggu, yang dapat memengaruhi hasil prosedur.

Tidak semua fasilitas medis dilengkapi dengan teknologi stereotaktik, karena memerlukan peralatan canggih dan staf yang terlatih. Hal ini dapat membatasi akses bagi pasien di daerah dengan sumber daya medis terbatas.

Karena menggunakan teknologi pencitraan dan perangkat khusus, prosedur dengan teknik stereotaktik sering kali lebih mahal dibandingkan dengan prosedur biopsi atau pembedahan konvensional.

Gerakan pasien selama prosedur dapat memengaruhi akurasi koordinat tiga dimensi yang telah dihitung, sehingga teknik ini membutuhkan immobilisasi yang baik selama intervensi berlangsung.



Gambar 41. (A) Biopsi stereotaktik dengan bantuan kerangka untuk lesi otak yang dalam. Lengkungan stereotaktik dengan pengantar panduan biopsi terlihat. (B) Pemasangan jarum biopsi. (C) Biopsi stereotaktik tanpa kerangka. Jalur jarum disesuaikan selama prosedur menggunakan navigasi neuronavigasi. (D) Jarum

biopsi untuk biopsi stereotaktik tanpa kerangka dan penyesuaian panjang jarum. (Gradišnik et al., 2021)

Contoh Kasus Klinis dengan Panduan Stereotactic

Kasus: Biopsi Tumor Otak Menggunakan Panduan Stereotaktik

Seorang pria berusia 48 tahun datang ke rumah sakit dengan keluhan sakit kepala hebat yang berlangsung selama beberapa minggu, disertai dengan mual, muntah, dan kelemahan pada lengan kanan. Pasien juga mengalami kesulitan berbicara dan koordinasi motorik. Pemeriksaan neurologis menunjukkan adanya defisit neurologis yang konsisten dengan lesi di lobus frontal kiri. Pasien tidak memiliki riwayat penyakit serupa sebelumnya, dan dokter memutuskan untuk melakukan pencitraan otak untuk mencari penyebabnya.

Hasil MRI otak menunjukkan adanya massa di lobus frontal kiri, mencurigakan sebagai tumor otak. Karena lokasi massa yang mendalam dan dekat dengan area kritis otak yang mengontrol fungsi motorik dan bicara, operasi bedah langsung dianggap terlalu berisiko. Oleh karena itu, dokter merekomendasikan biopsi dengan panduan stereotaktik untuk mendapatkan sampel jaringan dari tumor dan menentukan sifat histologisnya (jinak atau ganas).

Prosedur Biopsi Stereotaktik:

- a) Pasien dipersiapkan dengan memasang kerangka stereotaktik pada kepala, yang berfungsi sebagai titik referensi untuk menghitung koordinat tiga dimensi tumor. Pasien menjalani CT scan dan MRI untuk memberikan gambaran rinci dari otak, termasuk lokasi, ukuran, dan batas massa.

- b) Sistem stereotaktik menganalisis gambar pencitraan dan menghitung koordinat x , y , dan z dari lokasi tumor. Koordinat ini akan digunakan untuk memandu jalur jarum biopsi dengan akurasi tinggi ke dalam lesi di lobus frontal.
- c) Setelah posisi tumor ditentukan, jarum biopsi halus dimasukkan melalui tengkorak dengan panduan stereotaktik. Selama prosedur, gambar MRI real-time digunakan untuk memastikan jarum bergerak di jalur yang benar dan mencapai massa dengan tepat tanpa merusak jaringan otak yang sehat.
- d) Setelah jarum mencapai tumor, sampel jaringan diambil melalui jarum biopsi. Prosedur ini dilakukan dengan sangat hati-hati untuk menghindari perdarahan atau cedera pada area otak yang vital. Setelah pengambilan sampel selesai, jarum dikeluarkan dengan hati-hati, dan area biopsi ditutup dengan plester steril.

Sampel jaringan dikirim ke laboratorium patologi untuk analisis histologis. Hasil biopsi menunjukkan bahwa massa tersebut adalah glioblastoma, sejenis tumor otak ganas yang agresif. Berdasarkan hasil ini, dokter merencanakan terapi lebih lanjut, termasuk radiasi dan kemoterapi, karena pembedahan penuh dianggap terlalu berisiko.

Manfaat Stereotactic Guidance dalam Kasus Ini:

Panduan stereotaktik memungkinkan dokter mengambil sampel dari tumor yang terletak dalam di otak tanpa merusak jaringan vital di sekitarnya. Akurasi sub-milimeter sangat penting dalam kasus ini, karena tumor terletak di dekat area yang mengontrol fungsi motorik dan bicara.

Dibandingkan dengan pembedahan otak terbuka, biopsi stereotaktik adalah prosedur minimal invasif yang mengurangi risiko komplikasi serius seperti perdarahan otak atau cedera jaringan otak yang sehat. Dalam kasus tumor otak, diagnosis yang

tepat dan cepat sangat penting untuk merencanakan pengobatan. Stereotactic FNAB memungkinkan dokter mendapatkan diagnosis dengan aman dan efisien.



PANDUAN FLUOROSKOPI UNTUK FNAB

Prinsip Dasar Fluoroskopi

Fluoroskopi adalah teknik pencitraan medis yang memungkinkan visualisasi real-time dari struktur tubuh internal dengan menggunakan sinar-X berkesinambungan. Tidak seperti radiografi konvensional, di mana sinar-X menghasilkan gambar statis, fluoroskopi memungkinkan dokter untuk melihat organ dan struktur tubuh dalam kondisi dinamis, seperti gerakan atau aliran cairan. Ini membuat fluoroskopi sangat berguna dalam prosedur intervensional dan diagnostik yang memerlukan panduan real-time, seperti kateterisasi jantung, pemasangan stent, atau biopsi. (Moller S et al., 2001; Nunes et al., 2023)

Prinsip Kerja Fluoroskopi

Fluoroskopi bekerja berdasarkan prinsip dasar sinar-X. Prosedurnya melibatkan penggunaan sumber sinar-X yang ditempatkan di luar tubuh pasien, yang memancarkan sinar-X melalui tubuh dan mengenai detektor gambar atau layar fluoroskopi di sisi yang berlawanan. (Moller S et al., 2001; Zlevor et al., 2023)

Sumber sinar-X menghasilkan sinar yang menembus tubuh pasien. Sinar ini melewati jaringan tubuh dengan tingkat penyerapan yang berbeda, tergantung pada densitas jaringan. Misalnya, tulang akan menyerap lebih banyak sinar-X dibandingkan dengan jaringan lunak atau udara dalam paru-paru.

Setelah sinar-X melewati tubuh, sinyal tersebut ditangkap oleh detektor, yang dapat berupa layar fluoresen atau panel digital. Detektor ini mengubah sinar-X menjadi gambar yang bisa dilihat secara real-time oleh dokter. Gambar ini kemudian ditampilkan pada monitor di ruang kontrol.(Knott et al., 2021)

Dalam banyak kasus, media kontras seperti barium atau iodine dapat digunakan untuk memperjelas visualisasi struktur tertentu, seperti pembuluh darah, saluran pencernaan, atau sistem urinari. Media kontras disuntikkan atau diberikan kepada pasien, dan ketika sinar-X melewati media ini, gambar yang dihasilkan lebih kontras dan lebih mudah dianalisis.

Aplikasi Klinis Fluoroscopi

Fluoroscopi digunakan dalam berbagai prosedur medis, termasuk: Fluoroscopi sangat berguna dalam berbagai prosedur invasif, seperti pemasangan kateter, pemasangan stent, atau biopsi, di mana dokter perlu melihat pergerakan instrumen medis di dalam tubuh secara real-time. Fluoroscopi juga sering digunakan dalam operasi ortopedi, terutama untuk memandu pemasangan pin atau sekrup pada tulang yang patah.(Zlevor et al., 2023)

Fluoroscopi digunakan dalam pemeriksaan seperti barium swallow, di mana pasien menelan cairan barium yang kontras untuk memvisualisasikan esofagus, lambung, dan usus kecil. Dokter dapat memeriksa pergerakan dan fungsi saluran pencernaan secara langsung.

Fluoroskopi digunakan dalam prosedur kateterisasi jantung untuk memandu kateter melalui pembuluh darah menuju jantung. Ini membantu dalam diagnosis penyakit jantung, seperti penyumbatan pembuluh koroner, atau dalam pemasangan stent. Fluoroskopi digunakan untuk memeriksa pergerakan sendi atau pemasangan implan pada tulang. Dalam operasi ortopedi, dokter dapat memastikan bahwa implan ditempatkan dengan benar.

Keunggulan Fluoroskopi

Salah satu keunggulan utama fluoroskopi adalah kemampuannya untuk memberikan visualisasi real-time, yang sangat penting dalam prosedur intervensi yang memerlukan kontrol langsung atas pergerakan instrumen medis.

Fluoroskopi memungkinkan dokter untuk melihat organ dan struktur tubuh dalam kondisi dinamis, seperti pergerakan usus atau aliran darah melalui pembuluh darah, yang tidak dapat dilihat dengan radiografi konvensional. Dengan bantuan media kontras, fluoroskopi dapat memberikan visualisasi yang lebih jelas dari organ yang sulit dilihat dengan sinar-X biasa.

Keterbatasan dan Risiko Fluoroskopi

Salah satu keterbatasan utama fluoroskopi adalah paparan radiasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sinar-X konvensional. Karena fluoroskopi melibatkan paparan sinar-X yang berkelanjutan selama prosedur, pasien dan staf medis perlu dilindungi dengan alat pelindung untuk meminimalkan paparan radiasi.

Gambar fluoroskopi biasanya memiliki resolusi yang lebih rendah dibandingkan dengan modalitas pencitraan lainnya seperti CT atau MRI. Namun, karena keunggulan real-time, fluoroskopi tetap penting dalam banyak prosedur intervensional. Meskipun media kontras membantu meningkatkan kualitas gambar, ada risiko reaksi alergi atau komplikasi pada pasien yang

memiliki gangguan ginjal atau sensitivitas terhadap media kontras.

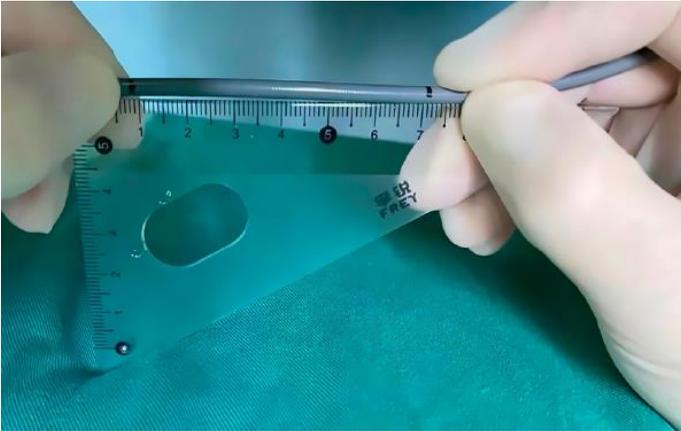
Aplikasi Fluoroskopi pada FNAB (Fine Needle Aspiration Biopsy)

Dalam beberapa kasus, seperti pada paru-paru, tulang, atau jaringan dalam lainnya, diperlukan panduan visual real-time untuk memastikan akurasi penempatan jarum biopsi. Fluoroskopi, dengan kemampuan visualisasinya yang real-time, sangat membantu dalam memandu prosedur FNAB pada lokasi yang sulit dijangkau atau memerlukan presisi tinggi.

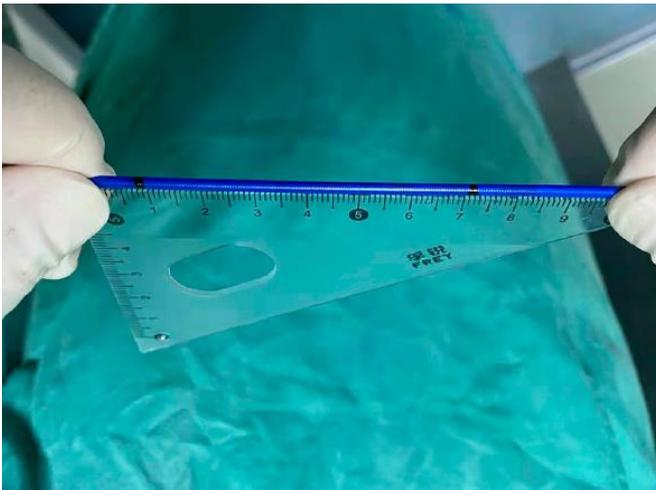
Prinsip Fluoroskopi dalam FNAB

Fluoroskopi menggunakan sinar-X berkelanjutan untuk menghasilkan gambar real-time dari bagian tubuh yang sedang diperiksa. Ini memungkinkan dokter untuk memantau posisi jarum biopsi secara langsung saat bergerak melalui jaringan tubuh menuju target, seperti massa atau lesi. Teknik ini sangat berguna untuk FNAB di area yang sulit dijangkau atau bergerak selama bernapas, seperti paru-paru.

Media kontras kadang-kadang digunakan selama fluoroskopi untuk memperjelas struktur tertentu. Sebagai contoh, kontras dapat disuntikkan ke pembuluh darah atau jaringan untuk memvisualisasikan lebih baik lesi yang sedang menjadi target biopsi.



Gambar 42. Panjang penarikan Digital Single-Operator Cholangiopancreatography (DSOC) diukur menggunakan penggaris pada saluran endoskopik. (Xiong et al., 2023)



Gambar 43. Ketika ujung forceps biopsi siku yang baru mendekati papilla duodenum, ukur jarak yang sama dengan panjang penarikan Digital Single-Operator Cholangiopancreatography (DSOC) untuk memastikan bahwa prosedur biopsi dilakukan di lokasi yang tepat. (Xiong et al., 2023)

Aplikasi Fluoroskopi dalam FNAB di Paru-paru

Tantangan FNAB pada Paru-paru

Biopsi paru-paru sering kali menjadi tantangan karena paru-paru terus bergerak selama bernapas, membuat jarum sulit diarahkan ke lesi dengan presisi. Selain itu, paru-paru dikelilingi oleh jaringan lunak yang sensitif, sehingga risiko cedera atau komplikasi, seperti pneumotoraks (kolaps paru), lebih tinggi.

Peran Fluoroskopi dalam FNAB Paru-paru

Fluoroskopi digunakan untuk memandu penempatan jarum selama FNAB paru-paru, memberikan visualisasi real-time dari pergerakan jarum dan posisi relatif terhadap struktur paru-paru. Ini memungkinkan dokter untuk menyesuaikan jalur jarum selama prosedur untuk menghindari komplikasi dan memastikan bahwa sampel diambil dari lokasi yang tepat.

Prosedur FNAB dengan Fluoroskopi pada Paru-paru:

- a) Pasien diminta untuk berbaring dalam posisi yang tepat, biasanya berbaring menyamping atau tengkurap tergantung pada lokasi lesi.
- b) Setelah jarum dimasukkan ke kulit, dokter memantau jarum saat bergerak melalui jaringan paru-paru menuju lesi dengan bantuan fluoroskopi. Dengan gambar real-time, dokter dapat memastikan jarum berada di posisi yang benar dan menghindari area berisiko, seperti pembuluh darah besar atau pleura.
- c) Setelah jarum mencapai lesi, sampel diambil dengan menarik plunger pada syringe untuk menghisap jaringan atau cairan dari massa tersebut.
- d) Setelah aspirasi, jarum dikeluarkan dan pasien dipantau untuk komplikasi, seperti pneumotoraks.

Manfaat Fluoroskopi pada FNAB Paru-paru:

Membantu dokter memandu jarum dengan tepat meskipun paru-paru bergerak selama bernapas.

Mengurangi risiko cedera paru atau pembuluh darah karena dokter dapat melihat pergerakan jarum secara langsung.

Aplikasi Fluoroskopi dalam FNAB pada Tulang

Tantangan FNAB pada Tulang

Tulang adalah struktur keras yang membutuhkan lebih banyak akurasi untuk menembus dibandingkan dengan jaringan lunak. Lesi tulang, seperti tumor atau metastasis, sering kali terletak di dalam tulang atau di permukaan tulang, yang membuat biopsi menjadi sulit. Dalam hal ini, fluoroskopi sangat membantu dalam memandu jarum melalui jaringan lunak menuju tulang dan memastikan penetrasi jarum yang tepat ke lesi.

Peran Fluoroskopi dalam FNAB Tulang

Fluoroskopi memberikan panduan visual yang jelas untuk FNAB pada tulang, terutama untuk memastikan bahwa jarum diarahkan ke lokasi yang tepat di dalam tulang atau di sekitar lesi tulang. Pada pasien dengan kondisi seperti tumor tulang primer, metastasis, atau infeksi tulang (osteomielitis), biopsi tulang dengan panduan fluoroskopi membantu menentukan diagnosis yang tepat. (Moller S et al., 2001)

Prosedur FNAB dengan Fluoroskopi pada Tulang:

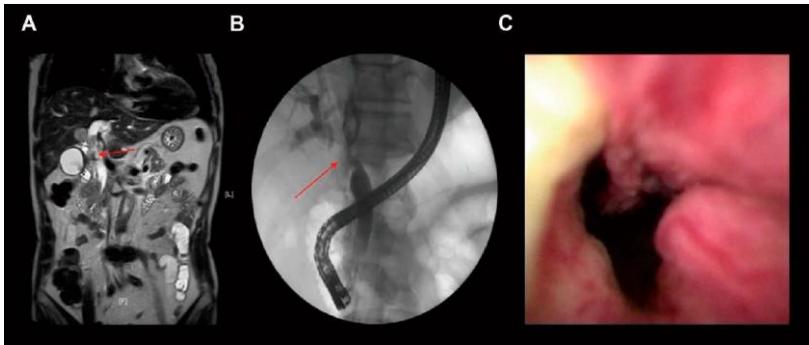
- a) Pasien ditempatkan dalam posisi yang memungkinkan akses terbaik ke tulang yang akan dibedah, seperti punggung untuk biopsi tulang belakang atau posisi menyamping untuk tulang panjang.
- b) Dokter memantau jarum saat bergerak melalui jaringan lunak dan memasuki tulang. Fluoroskopi memastikan bahwa jarum diarahkan ke lokasi yang benar di dalam atau di sekitar tulang.

- c) Setelah jarum mencapai lesi tulang, aspirasi dilakukan untuk mengambil sampel jaringan atau sumsum tulang yang mencurigakan.
- d) Pasien dipantau untuk kemungkinan komplikasi, seperti perdarahan atau infeksi.

Manfaat Fluoroskopi pada FNAB Tulang:

Fluoroskopi memungkinkan dokter memastikan bahwa jarum menembus tulang dengan aman dan mencapai lesi yang dicurigai tanpa kerusakan tambahan.(Moller S et al., 2001)

Teknik ini memungkinkan biopsi tulang dilakukan tanpa memerlukan pembedahan terbuka yang lebih invasif.



Gambar 44. (A) Multimodal Endoscopic Cholangiopancreatography (MECP) dari striktur bilier ganas dengan tanda panah menunjukkan lokasi striktur. (B) Kolangiografi dari striktur bilier ganas dengan panah menunjukkan lokasi striktur. (C) Gambar Digital Single-Operator Cholangiopancreatography (DSOC) dari striktur bilier ganas.(Xiong et al., 2023)

Aplikasi Fluoroskopi dalam FNAB pada Jaringan Dalam Lainnya
Tantangan FNAB pada Jaringan Dalam

Jaringan dalam, seperti hati, ginjal, atau pankreas, sering memerlukan biopsi untuk mendeteksi tumor atau penyakit lainnya. Karena organ ini berada jauh di dalam tubuh, fluoroskopi memberikan panduan yang diperlukan untuk mencapai target yang tepat.

Peran Fluoroskopi dalam FNAB pada Jaringan Dalam

Fluoroskopi digunakan untuk memandu jarum biopsi melalui lapisan jaringan lunak menuju lesi yang mencurigakan di dalam organ. Ini memungkinkan dokter memantau kemajuan jarum secara real-time dan memastikan bahwa jarum mencapai target dengan aman.

Prosedur FNAB dengan Fluoroskopi pada Jaringan Dalam:

- a) **Persiapan Pasien:** Pasien berbaring sesuai dengan lokasi organ yang akan dilakukan biopsi.
- b) **Panduan Fluoroskopi:** Dokter memantau jarum saat bergerak melalui tubuh dengan bantuan fluoroskopi, memastikan jarum diarahkan ke lokasi yang benar tanpa mengenai organ vital lainnya.
- c) **Aspirasi Sampel:** Sampel diambil dari lesi, dan jarum dikeluarkan dengan hati-hati.
- d) **Penutupan dan Pemantauan:** Pasien dipantau untuk komplikasi seperti perdarahan internal atau infeksi.

Manfaat Fluoroskopi pada FNAB Jaringan Dalam:

Fluoroskopi memberikan panduan penting dalam biopsi organ dalam yang tidak bisa dilihat atau dijangkau dengan metode lain. Fluoroskopi membantu mengurangi risiko kerusakan pada struktur vital selama prosedur biopsi.

Teknik FNAB Berpanduan Fluoroskopi

Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) adalah prosedur minimal invasif yang digunakan untuk mengambil sampel sel dari massa atau lesi yang mencurigakan di berbagai organ tubuh.

Ketika lesi terletak di daerah yang sulit dijangkau atau memerlukan presisi tinggi, seperti di paru-paru, tulang, atau organ dalam lainnya, fluoroskopi digunakan sebagai panduan visual real-time untuk memastikan akurasi penempatan jarum biopsi. Fluoroskopi membantu dokter melihat pergerakan jarum secara langsung, sehingga risiko komplikasi dapat diminimalkan dan hasil biopsi lebih akurat.

Prinsip Dasar Fluoroskopi dalam FNAB

Fluoroskopi adalah teknik pencitraan yang menggunakan sinar-X berkesinambungan untuk menghasilkan gambar real-time dari struktur tubuh. Dalam konteks FNAB, fluoroskopi memberikan panduan visual yang memungkinkan dokter untuk melihat dan mengarahkan jarum biopsi ke target lesi secara langsung. Sinar-X yang dipancarkan melalui tubuh pasien ditangkap oleh detektor di sisi yang berlawanan dan ditampilkan di monitor, memberikan gambar langsung dari lokasi target dan jarum biopsi.

Fluoroskopi sangat berguna dalam FNAB karena:

Fluoroskopi memberikan gambar langsung dari jalur jarum biopsi menuju target, memungkinkan penyesuaian posisi jarum secara akurat selama prosedur. Fluoroskopi sangat berguna untuk memandu biopsi pada organ dalam, tulang, atau jaringan yang sulit dijangkau tanpa panduan visual.

Langkah-Langkah Prosedur FNAB Berpanduan Fluoroskopi

Persiapan Pasien Sebelum FNAB dengan panduan fluoroskopi, pasien akan melalui langkah-langkah persiapan yang meliputi:

Dokter akan mengevaluasi kondisi kesehatan pasien dan menentukan lokasi lesi berdasarkan pencitraan sebelumnya, seperti CT scan atau MRI. Obat-obatan tertentu, seperti pengencer darah, mungkin perlu dihentikan sebelum prosedur untuk mengurangi risiko perdarahan.

Pasien ditempatkan dalam posisi yang optimal untuk akses ke area yang akan dilakukan biopsi. Posisi pasien bervariasi tergantung pada lokasi lesi. Misalnya, untuk FNAB paru-paru, pasien mungkin ditempatkan dalam posisi tengkurap atau menyamping.

Pengenalan Fluoroskopi Setelah posisi pasien optimal, sumber sinar-X ditempatkan di salah satu sisi tubuh, dan detektor di sisi lainnya. Sinar-X akan dipancarkan secara kontinu, memberikan gambar real-time dari bagian tubuh yang sedang dievaluasi. Gambar ini ditampilkan di layar monitor untuk memandu dokter selama prosedur FNAB.

Pemasukan Jarum Biopsi Dengan bantuan gambar real-time dari fluoroskopi, dokter mulai memasukkan jarum biopsi halus (biasanya 22 hingga 27 gauge) ke dalam tubuh pasien melalui kulit hingga mencapai target lesi. Fluoroskopi memastikan bahwa jarum diarahkan dengan aman dan tepat tanpa mengenai struktur vital seperti pembuluh darah atau organ lain yang tidak terkait. Jika diperlukan, dokter dapat menyesuaikan posisi jarum selama prosedur berdasarkan gambar fluoroskopi yang terlihat di monitor.

Fluoroskopi juga memberikan panduan tambahan dalam memantau pergerakan jarum selama prosedur pada organ yang bergerak, seperti paru-paru, yang terus bergerak akibat pernapasan.

Pengambilan Sampel Setelah jarum mencapai lesi yang ditargetkan, dokter melakukan aspirasi dengan menarik plunger pada syringe untuk menciptakan tekanan negatif. Ini memungkinkan pengambilan sel atau jaringan dari massa atau lesi tersebut. Jika diperlukan, beberapa aspirasi dilakukan untuk memastikan sampel yang diambil representatif dari seluruh area lesi, terutama jika lesi bersifat heterogen atau besar.

Penutupan Prosedur dan Pemantauan Pasca-Prosedur Setelah aspirasi selesai, jarum dikeluarkan dengan hati-hati, dan area biopsi ditutup dengan plester steril. Pasien kemudian dipantau untuk mendeteksi komplikasi, seperti perdarahan, pneumotoraks (pada FNAB paru-paru), atau infeksi. Pemantauan setelah prosedur biasanya dilakukan di ruang pemulihan hingga pasien dianggap stabil.

Keuntungan Teknik FNAB Berpanduan Fluoroskopi

Fluoroskopi memberikan panduan visual real-time selama prosedur FNAB, yang sangat penting untuk memastikan akurasi penempatan jarum, terutama pada organ-organ dalam yang sensitif atau terus bergerak, seperti paru-paru. Ini memungkinkan dokter untuk menyesuaikan posisi jarum saat prosedur berlangsung.

Pada organ yang terus bergerak seperti paru-paru, fluoroskopi membantu dokter menyesuaikan jarum biopsi secara tepat selama pernapasan pasien. Ini sangat penting untuk menghindari komplikasi seperti pneumotoraks atau cedera pada jaringan paru-paru yang sehat.

Keterbatasan dan Risiko Teknik FNAB Berpanduan Fluoroskopi

Salah satu keterbatasan utama fluoroskopi adalah paparan radiasi. Meskipun dosisnya biasanya kecil, pasien dan staf medis perlu dilindungi dengan alat pelindung radiasi, terutama jika prosedur berlangsung lama.

Meskipun fluoroskopi menyediakan panduan real-time yang sangat berguna, gambar yang dihasilkan memiliki resolusi yang lebih rendah dibandingkan dengan CT atau MRI. Dalam beberapa kasus, fluoroskopi mungkin tidak memberikan detail yang cukup untuk lesi yang sangat kecil atau dalam.

Pasien yang tidak dapat mempertahankan posisi yang stabil selama prosedur atau yang memiliki sensitivitas terhadap sinar-X mungkin tidak cocok untuk FNAB dengan panduan

fluoroskopi. Gerakan pasien yang berlebihan juga dapat mengganggu akurasi prosedur.

Manfaat dan Keterbatasan Fluoroskopi

Manfaat Fluoroskopi

Dalam prosedur seperti FNAB (Fine Needle Aspiration Biopsy), fluoroskopi memandu jarum dengan tepat ke lesi atau massa yang sulit dijangkau. Dengan panduan visual ini, dokter dapat menghindari struktur penting seperti pembuluh darah dan organ vital, mengurangi risiko komplikasi dan meningkatkan keberhasilan prosedur.

Fluoroskopi digunakan dalam berbagai prosedur diagnostik dan terapeutik, seperti kateterisasi jantung, pemasangan stent, evaluasi saluran pencernaan (misalnya, barium swallow), serta penempatan implan ortopedi. Kemampuan untuk melihat pergerakan dan struktur internal tubuh dalam kondisi dinamis menjadikannya alat yang sangat serbaguna.

Fluoroskopi sering digunakan bersamaan dengan media kontras untuk memperjelas visualisasi struktur tubuh, seperti pembuluh darah, saluran pencernaan, atau saluran kemih, sehingga mempermudah diagnosis.

Keterbatasan Fluoroskopi

Salah satu keterbatasan utama fluoroskopi adalah paparan radiasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sinar-X konvensional, karena prosedur ini melibatkan sinar-X yang berkelanjutan. Meskipun dosisnya umumnya aman, paparan jangka panjang atau sering dapat meningkatkan risiko komplikasi terkait radiasi.

Meskipun fluoroskopi memberikan visualisasi real-time, gambar yang dihasilkan memiliki resolusi yang lebih rendah dibandingkan dengan pencitraan lain, seperti CT atau MRI. Ini dapat membatasi kemampuan untuk mendeteksi detail kecil atau lesi tertentu.

Fluoroskopi memerlukan peralatan yang canggih dan staf medis yang terlatih, sehingga tidak selalu tersedia di semua fasilitas kesehatan, terutama di daerah dengan sumber daya terbatas. Selain itu, biaya peralatan dan prosedurnya bisa lebih tinggi dibandingkan dengan metode pencitraan konvensional.

Contoh Kasus Klinis dengan Panduan Fluoroskopi

Kasus: Biopsi Paru dengan Panduan Fluoroskopi

Seorang pria berusia 65 tahun datang ke rumah sakit dengan keluhan batuk kronis yang berlangsung selama dua bulan, disertai penurunan berat badan yang signifikan dan sesak napas. Pasien memiliki riwayat merokok berat selama 40 tahun. Pemeriksaan fisik menunjukkan adanya penurunan suara napas pada lobus bawah paru kanan. Berdasarkan gejala tersebut, dokter mencurigai adanya massa paru dan memutuskan untuk melakukan pencitraan.

Pasien menjalani pemeriksaan CT scan yang menunjukkan adanya nodul di lobus bawah paru kanan. Nodul tersebut memiliki ukuran 3 cm dan terletak cukup dalam, di dekat pleura. Karena lokasi nodul sulit dijangkau untuk biopsi dengan panduan ultrasonografi (USG), dokter memutuskan untuk menggunakan Fluoroskopi-Guided Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) untuk mengambil sampel jaringan dari nodul tersebut.

Prosedur Biopsi Paru dengan Panduan Fluoroskopi:

- a) Pasien diberi penjelasan tentang prosedur dan risiko yang mungkin terjadi, seperti perdarahan atau pneumotoraks (kolaps paru). Pasien diminta untuk berbaring dalam posisi tengkurap di atas meja fluoroskopi, dengan area paru kanan yang menjadi target terpapar secara jelas. Anestesi lokal diberikan pada area kulit di mana jarum biopsi akan dimasukkan, untuk mengurangi rasa sakit selama prosedur.

- b) Setelah anestesi diberikan, fluoroskopi digunakan untuk memberikan panduan real-time. Sinar-X kontinu dipancarkan melalui dada pasien, dan gambar dari paru-paru ditampilkan di layar monitor di ruang kendali. Dokter dapat melihat nodul paru yang mencurigakan dan memandu jarum biopsi menuju lesi tersebut. Dengan gambar real-time, dokter bisa memastikan bahwa jarum diarahkan tepat ke nodul, menghindari pleura dan jaringan sehat di sekitar paru.
- c) Dokter mulai memasukkan jarum biopsi halus melalui kulit di area yang telah dibius, menggunakan panduan fluoroskopi untuk mengarahkan jarum secara perlahan ke dalam paru menuju nodul. Gambar fluoroskopi yang terus diperbarui selama prosedur memungkinkan dokter untuk menyesuaikan jalur jarum dan memastikan jarum berada di posisi yang benar.
- d) Setelah jarum mencapai nodul, dokter melakukan aspirasi untuk mengambil sampel jaringan dari lesi. Proses ini melibatkan penarikan plunger pada syringe untuk menciptakan tekanan negatif, yang akan menarik sel-sel dari nodul paru ke dalam jarum. Jika perlu, beberapa aspirasi dapat dilakukan untuk mendapatkan sampel yang cukup.
- e) Setelah aspirasi selesai, jarum dikeluarkan dengan hati-hati, dan area biopsi ditutup dengan perban steril. Pasien kemudian dibawa ke ruang pemulihan dan dipantau untuk mendeteksi komplikasi seperti pneumotoraks, yang merupakan risiko umum pada biopsi paru. Pemeriksaan sinar-X dada dilakukan untuk memastikan bahwa tidak ada kebocoran udara di paru-paru setelah prosedur.

Sampel jaringan yang diambil dikirim ke laboratorium patologi untuk dianalisis. Hasil sitologi menunjukkan bahwa nodul tersebut adalah adenokarsinoma paru-paru, suatu jenis kanker paru-paru yang sering ditemukan pada perokok berat. Berdasarkan hasil biopsi, pasien kemudian dirujuk ke ahli

onkologi untuk manajemen lebih lanjut, termasuk evaluasi staging kanker dan diskusi mengenai pilihan pengobatan, seperti pembedahan, kemoterapi, atau radioterapi.

Manfaat Fluoroskopi dalam Kasus Ini:

- a) Fluoroskopi memungkinkan dokter melihat pergerakan jarum biopsi secara langsung saat jarum diarahkan ke nodul paru. Ini sangat penting karena paru-paru bergerak selama proses pernapasan, sehingga fluoroskopi membantu dokter menyesuaikan jalur jarum sesuai dengan gerakan paru-paru dan memastikan jarum tetap pada jalurnya.
- b) Dengan panduan fluoroskopi, biopsi paru dapat dilakukan tanpa perlu pembedahan terbuka. Ini mengurangi risiko komplikasi, mempercepat waktu pemulihan, dan mengurangi rasa sakit pasca-prosedur.
- c) Fluoroskopi membantu dokter memandu jarum biopsi dengan akurasi tinggi ke nodul yang terletak di area sulit dijangkau. Dalam kasus ini, nodul berada di lobus bawah paru dan terletak dekat dengan pleura, sehingga memerlukan navigasi yang cermat untuk menghindari komplikasi seperti pneumotoraks.
- d) Dengan gambar fluoroskopi real-time, dokter dapat memastikan bahwa jarum mencapai bagian nodul yang representatif, sehingga sampel yang diambil cukup memadai untuk analisis diagnostik.

Perbandingan Modalitas Imaging pada FNAB

Masing-masing modalitas memiliki kelebihan dan keterbatasan yang mempengaruhi pilihan penggunaannya dalam berbagai kasus klinis. Artikel ini akan membahas perbandingan modalitas imaging pada FNAB, termasuk kelebihan dan keterbatasan masing-masing modalitas.

Ultrasonografi (USG)

USG adalah modalitas imaging yang paling sering digunakan dalam FNAB. Teknik ini menggunakan gelombang suara frekuensi tinggi untuk menghasilkan gambar real-time dari struktur tubuh.

Kelebihan:

USG memberikan gambar secara langsung selama prosedur, memungkinkan operator untuk memandu jarum dengan presisi ke lokasi lesi. Ini sangat berguna untuk lesi superfisial seperti pada kelenjar tiroid, payudara, dan kelenjar getah bening.

USG tidak menggunakan radiasi ionisasi, sehingga aman untuk pasien dari berbagai kelompok usia termasuk wanita hamil dan anak-anak.

USG relatif murah dibandingkan modalitas lain seperti CT atau MRI, dan tersedia di hampir semua fasilitas medis.

Dapat digunakan untuk berbagai organ seperti tiroid, payudara, kelenjar getah bening, dan organ reproduksi. Fleksibilitas ini membuatnya sangat berguna dalam diagnostik klinis.

Keterbatasan:

USG memiliki keterbatasan penetrasi, sehingga tidak ideal untuk lesi yang terletak dalam atau di belakang struktur seperti tulang atau paru-paru yang dipenuhi udara.

Hasil USG sangat bergantung pada keahlian operator. Operator yang kurang berpengalaman mungkin kesulitan dalam mendapatkan visualisasi yang optimal.

USG tidak dapat menembus tulang atau gas dengan baik, sehingga kurang efektif untuk mencitrakan organ yang berada di belakang struktur ini.

Computed Tomography (CT)

CT scan menggunakan sinar-X untuk menghasilkan gambar penampang tubuh yang detail. Modalitas ini sering digunakan untuk memandu FNAB pada lesi yang berada dalam atau sulit dijangkau.

Kelebihan:

CT menghasilkan gambar tiga dimensi dari struktur tubuh, memungkinkan visualisasi rinci dari lokasi lesi dan hubungannya dengan organ sekitarnya. CT sangat berguna untuk lesi yang terletak dalam seperti paru-paru, hati, dan pankreas. Modalitas ini memberikan panduan yang sangat akurat, terutama ketika lesi terletak di dekat struktur vital. CT dapat memberikan informasi rinci tentang struktur kompleks seperti pembuluh darah, tulang, dan organ-organ dalam yang sulit dijangkau oleh USG.

Keterbatasan:

Salah satu kelemahan utama CT adalah paparan radiasi. Meskipun dosis radiasi dapat diminimalkan, paparan berulang dapat meningkatkan risiko kanker terutama pada pasien muda atau pasien yang membutuhkan banyak pemindaian.

CT scan lebih mahal dibandingkan USG dan tidak selalu tersedia di semua fasilitas kesehatan, terutama di daerah terpencil. CT tidak menyediakan visualisasi real-time secara kontinu seperti USG. Pemindaian dilakukan pada interval tertentu, sehingga jarum tidak dapat dipantau terus menerus selama prosedur.

3. Magnetic Resonance Imaging (MRI)

MRI menggunakan medan magnet dan gelombang radio untuk menghasilkan gambar jaringan lunak yang sangat detail. Modalitas ini sangat berguna dalam kasus-kasus di mana struktur jaringan halus perlu dievaluasi.

Kelebihan:

MRI memiliki kemampuan luar biasa untuk mencitrakan jaringan lunak seperti otak, medula spinalis, dan organ-organ dalam lainnya. Ini sangat berguna untuk biopsi lesi pada sistem saraf pusat atau jaringan yang tidak dapat dilihat dengan baik oleh CT atau USG.

Seperti USG, MRI tidak menggunakan radiasi ionisasi, menjadikannya pilihan yang aman untuk pasien yang membutuhkan pencitraan berulang.

MRI dapat memberikan gambar dalam berbagai bidang (sagital, koronal, aksial) tanpa perlu mengubah posisi pasien, sehingga memungkinkan visualisasi yang lebih baik dari anatomi kompleks.

Keterbatasan:

MRI adalah modalitas yang mahal dan mungkin tidak tersedia di semua fasilitas kesehatan. Prosedur ini juga memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan USG atau CT.

Pasien dengan implan logam tertentu seperti pacemaker atau klip aneurisma tidak dapat menjalani MRI karena medan magnet yang kuat dapat mempengaruhi perangkat tersebut.

MRI kurang efektif untuk mencitrakan lesi di organ yang mengandung udara seperti paru-paru, karena udara tidak memberikan kontras yang baik pada gambar MRI.

Endoscopic Ultrasound (EUS)

EUS adalah teknik yang menggabungkan endoskopi dengan ultrasonografi. EUS digunakan untuk lesi yang dekat dengan saluran pencernaan seperti pankreas, hati, dan mediastinum.

Kelebihan:

EUS memungkinkan biopsi pada lesi yang terletak di dekat saluran pencernaan yang tidak dapat dijangkau dengan USG eksternal atau CT.

EUS memberikan panduan visual yang sangat baik untuk FNAB pada lesi yang berada di pankreas, hati, atau mediastinum, memungkinkan pengambilan sampel yang lebih akurat.

Keterbatasan:

EUS lebih invasif dibandingkan USG atau CT karena memerlukan endoskopi, yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan atau risiko komplikasi seperti perforasi.

Meskipun EUS efektif untuk lesi di sekitar saluran pencernaan, teknik ini tidak dapat digunakan untuk lesi di luar jangkauan endoskop seperti paru-paru atau kelenjar adrenal.

Lokasi Lesi dan Modalitas yang Direkomendasikan

Tiroid

- a) Modalitas utama: USG.
- b) Lesi tiroid biasanya superfisial dan mudah diakses dengan USG, yang memberikan panduan real-time. Nodul kecil atau yang dekat pembuluh darah dapat ditargetkan dengan aman menggunakan USG.

Payudara

- a) Modalitas utama: USG atau stereotactic guidance.
- b) USG ideal untuk wanita muda dengan jaringan payudara padat atau untuk lesi superfisial. Panduan stereotactic digunakan untuk biopsi mikro-kalsifikasi yang terdeteksi pada mammografi.

Kelenjar Getah Bening

- a) Modalitas utama: USG.
- b) Membantu biopsi kelenjar getah bening superfisial di leher, aksila, atau pangkal paha. USG memastikan bahwa sampel diambil dari area yang tepat.

Paru-Paru

- a) Modalitas utama: CT scan.
- b) Karena paru-paru berisi udara, USG kurang efektif untuk biopsi lesi di dalam paru-paru. CT-guided FNAB digunakan untuk biopsi massa paru yang mencurigakan, terutama yang dalam.

Hati dan Pankreas

- a. Modalitas utama: USG, CT, atau EUS.
- b. Lesi superfisial di hati dapat diakses dengan USG. Lesi pankreas yang terletak dalam atau dekat saluran pencernaan biasanya menggunakan EUS.

Sistem Saraf Pusat (Otak dan Medula Spinalis)

- a) Modalitas utama: MRI.
- b) Untuk lesi otak atau medula spinalis, MRI memberikan visualisasi terbaik karena jaringan lunak terlihat lebih jelas dibandingkan modalitas lain.

Tulang

- a) Modalitas utama: Fluoroscopy atau CT.
- b) Fluoroscopy digunakan untuk lesi yang terletak pada tulang yang bergerak (misalnya, tulang rusuk). CT membantu untuk lesi tulang dalam yang kompleks.

Faktor Kondisi Pasien

Pemilihan modalitas juga harus mempertimbangkan kondisi klinis pasien, seperti:

- 1) Kehamilan
 - a) Modalitas pilihan: USG atau MRI.

- b) Modalitas yang melibatkan radiasi (CT dan fluoroscopy) harus dihindari untuk melindungi janin.
- 2) Pasien Anak-Anak
 - a) Modalitas pilihan: USG atau MRI.
 - b) Modalitas tanpa radiasi diprioritaskan untuk mengurangi risiko jangka panjang.
- 3) Pasien dengan Implan Logam
 - a) Modalitas yang harus dihindari: MRI.
 - b) Implan logam atau alat pacu jantung dapat terganggu oleh medan magnet MRI. Modalitas lain seperti CT atau USG lebih sesuai.
- 4) Pasien dengan Klaustrofobia
 - a) Modalitas yang lebih nyaman: USG atau CT.
 - b) MRI dapat menyebabkan ketidaknyamanan bagi pasien dengan klaustrofobia.
- 5) Pasien dengan Penyakit Kronis
 - a) Modalitas yang disesuaikan:
 - i) Pasien dengan gangguan ginjal sebaiknya tidak menerima agen kontras berbasis iodine untuk CT atau gadolinium untuk MRI.

Komplikasi Umum pada FNAB dengan Panduan Imaging

Meskipun Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) dengan panduan imaging adalah prosedur minimal invasif yang relatif aman, komplikasi tetap dapat terjadi, terutama pada kasus yang lebih kompleks. Berikut adalah komplikasi umum yang dapat timbul beserta mekanisme terjadinya:

- 1) Perdarahan Lokal
 - a) Mekanisme: Perdarahan terjadi karena jarum biopsi melukai pembuluh darah kecil di area biopsi. Risiko

meningkat jika lesi berdekatan dengan pembuluh darah besar atau jika pasien memiliki gangguan pembekuan darah.

- b) Manifestasi: Memar (hematoma) di area biopsi, pembengkakan, atau pendarahan aktif.
- c) Risiko lebih tinggi pada: Biopsi paru-paru, hati, dan ginjal karena organ ini memiliki vaskularisasi yang kaya.

2) Infeksi

- a) Mekanisme: Infeksi terjadi jika sterilitas tidak dijaga selama prosedur, memungkinkan bakteri masuk ke jaringan atau aliran darah.
- b) Manifestasi: Kemerahan, nyeri, pembengkakan, demam, atau abses di lokasi biopsi.
- c) Risiko lebih tinggi pada: Pasien imunokompromais atau prosedur pada area yang sebelumnya terinfeksi.

3) Pneumotoraks

- a) Mekanisme: Udara masuk ke dalam rongga pleura akibat perforasi paru-paru selama biopsi. Hal ini sering terjadi pada biopsi paru-paru dengan panduan CT atau fluoroscopy.
- b) Manifestasi: Sesak napas, nyeri dada, atau penurunan saturasi oksigen.
- c) Risiko lebih tinggi pada: Lesi yang dekat dengan pleura atau biopsi paru-paru yang dalam.

4) Cedera Organ Vital

- a) Mekanisme: Jarum biopsi secara tidak sengaja mengenai organ vital di sekitar lesi, seperti pembuluh darah besar, usus, atau hati.
- b) Manifestasi: Nyeri hebat, penurunan tekanan darah, atau gejala organ yang terlibat (misalnya, perdarahan gastrointestinal jika usus terluka).

- c) Risiko lebih tinggi pada: Lesi yang dekat dengan organ vital atau dalam biopsi yang melibatkan area abdomen.
- 5) Reaksi Vasovagal
- a) Mekanisme: Respon sistem saraf otonom terhadap rasa sakit atau ketakutan dapat menyebabkan penurunan tekanan darah dan denyut jantung.
 - b) Manifestasi: Pusing, mual, pingsan, atau keringat dingin.
 - c) Risiko lebih tinggi pada: Pasien dengan kecemasan berlebih atau riwayat sinkop vasovagal.
- 6) Pengambilan Sampel yang Tidak Adekuat
- a) Mekanisme: Ketidakmampuan mendapatkan sel atau jaringan yang representatif dari lesi, sering kali karena posisi jarum yang tidak tepat atau lesi yang sangat kecil.
 - b) Manifestasi: Diagnosis tidak jelas atau kebutuhan untuk pengulangan prosedur.
 - c) Risiko lebih tinggi pada: Lesi kecil, kistik, atau sulit dijangkau.

Teknik Pencegahan dan Penanganan Komplikasi

Untuk meminimalkan risiko komplikasi, diperlukan teknik yang tepat, perencanaan yang matang, dan langkah-langkah pencegahan berikut:

- 1) Pencegahan Komplikasi
- 2) Persiapan Pra-Prosedur
 - a) Evaluasi Pasien:
 - i) Lakukan pemeriksaan riwayat kesehatan, termasuk gangguan pembekuan darah, penggunaan antikoagulan, atau riwayat alergi.

- ii) Pastikan pasien berhenti menggunakan obat pengencer darah seperti aspirin atau warfarin sebelum prosedur, sesuai dengan panduan medis.
 - b) Sterilisasi:
 - i) Gunakan peralatan steril dan antiseptik seperti povidone-iodine untuk membersihkan area biopsi guna mencegah infeksi.
 - c) Panduan Imaging:
 - i) Gunakan modalitas imaging (USG, CT, MRI) untuk memastikan jarum diarahkan ke lokasi lesi secara akurat dan menghindari struktur vital.
 - d) Komunikasi dengan Pasien:
 - i) Jelaskan prosedur, risiko, dan langkah pencegahan kepada pasien untuk mengurangi kecemasan yang dapat memicu reaksi vasovagal.
- 3) Teknik Pelaksanaan yang Tepat
- a) Gunakan Jarum yang Tepat:
 - i) Pilih ukuran jarum yang sesuai dengan lokasi dan jenis lesi. Jarum yang lebih kecil (27 gauge) dapat mengurangi risiko perdarahan tetapi mungkin tidak mencukupi untuk lesi padat.
 - b) Aspirasi Perlahan:
 - i) Hindari tekanan aspirasi yang berlebihan agar tidak merusak jaringan sekitar.
 - c) Monitoring Real-Time:
 - i) Selalu pantau posisi jarum menggunakan imaging untuk menghindari penetrasi ke area yang tidak diinginkan.
- 4) Pemantauan Pasca-Prosedur
- a) Observasi:

- i) Pantau pasien selama 30 menit hingga 2 jam setelah prosedur untuk mendeteksi komplikasi awal, seperti pneumotoraks atau perdarahan.
 - b) Tindakan Pencegahan Infeksi:
 - i) Gunakan dressing steril pada area biopsi dan instruksikan pasien menjaga kebersihan.
- 5) Penanganan Komplikasi
- 6) Perdarahan Lokal
 - a) Penanganan:
 - i) Terapkan tekanan langsung pada area biopsi untuk menghentikan perdarahan.
 - ii) Jika hematoma terjadi, gunakan kompres dingin untuk mengurangi pembengkakan.
 - iii) Untuk perdarahan berat, pasien mungkin memerlukan evaluasi lebih lanjut seperti angiografi atau transfusi darah.
 - b) Pencegahan:
 - i) Gunakan teknik biopsi yang hati-hati, terutama pada area dengan vaskularisasi tinggi.
- 7) Infeksi
 - a) Penanganan:
 - i) Berikan antibiotik profilaksis jika infeksi terdeteksi lebih awal.
 - ii) Untuk abses, lakukan drainase dengan panduan imaging.
 - b) Pencegahan:
 - i) Lakukan prosedur dalam kondisi steril dan gunakan antiseptik secara menyeluruh.
- 8) Pneumotoraks
 - a) Penanganan:

- i) Untuk pneumotoraks ringan (kurang dari 15%), observasi dan oksigenasi biasanya cukup.
 - ii) Untuk pneumotoraks besar, lakukan pemasangan kateter toraks untuk evakuasi udara.
 - b) Pencegahan:
 - i) Pastikan jarum tidak menembus pleura selama biopsi paru.
 - ii) Gunakan fluoroscopy atau CT untuk memantau jalur jarum.
- 9) Cedera Organ Vital
 - a) Penanganan:
 - i) Jika cedera terjadi, segera evaluasi menggunakan imaging tambahan untuk menilai tingkat kerusakan.
 - ii) Cedera berat mungkin memerlukan intervensi bedah.
 - b) Pencegahan:
 - i) Gunakan imaging real-time untuk menghindari organ vital selama prosedur.
- 10) Reaksi Vasovagal
 - a) Penanganan:
 - i) Tempatkan pasien dalam posisi supinasi (berbaring telentang) dan berikan cairan intravena jika diperlukan.
 - ii) Hindari stimulasi berlebihan selama prosedur untuk mencegah reaksi serupa.
 - b) Pencegahan:
 - i) Pastikan pasien tenang dengan komunikasi yang baik sebelum prosedur.
- 11) Pengambilan Sampel Tidak Adekuat
 - a) Penanganan:

- i) Jika hasil biopsi tidak representatif, ulangi prosedur dengan modalitas imaging yang lebih akurat atau gunakan teknik biopsi berbeda.
- b) Pencegahan:
 - i) Gunakan modalitas imaging untuk memastikan bahwa jarum ditempatkan di lokasi yang tepat.

Penanganan Segera Setelah Prosedur

1) Penekanan dan Pembalutan

- a) Setelah jarum dilepaskan, area biopsi ditekan menggunakan kasa steril selama beberapa menit untuk menghentikan perdarahan ringan.
- b) Pasang plester steril atau dressing kecil untuk melindungi area biopsi dari kontaminasi dan iritasi.
- c) Jika terdapat hematoma kecil, kompres dingin dapat digunakan untuk mengurangi pembengkakan.

2) Observasi Awal

- a) Pasien biasanya diminta tetap berbaring atau duduk santai selama 15-30 menit setelah prosedur untuk memantau tanda-tanda komplikasi awal, seperti perdarahan aktif atau reaksi vasovagal (pusing atau pingsan).
- b) Perawat atau dokter memeriksa area biopsi secara berkala untuk memastikan tidak ada pembengkakan atau perdarahan.

3) Pemberian Edukasi

- a) Pasien diberikan informasi tentang apa yang diharapkan pasca-prosedur, termasuk kemungkinan munculnya rasa nyeri ringan, memar kecil, atau ketidaknyamanan di area biopsi.

- b) Pasien juga diberi tahu tanda-tanda komplikasi yang harus segera dilaporkan, seperti:
 - i) Perdarahan yang tidak berhenti.
 - ii) Nyeri hebat di area biopsi.
 - iii) Demam atau kemerahan di sekitar luka yang mengindikasikan infeksi.
 - iv) Sesak napas (terutama setelah biopsi paru-paru).

Instruksi untuk Perawatan di Rumah

1) Aktivitas Fisik

- a) Pasien disarankan untuk menghindari aktivitas berat atau angkat beban selama 24-48 jam setelah prosedur.
- b) Pada biopsi organ tertentu, seperti paru-paru atau hati, pasien mungkin diminta untuk menghindari aktivitas yang meningkatkan tekanan intra-abdomen atau toraks.

2) Kebersihan Luka

- a) Area biopsi harus dijaga tetap bersih dan kering. Pasien dapat mengganti dressing sesuai kebutuhan, biasanya setelah 24 jam, menggunakan bahan steril.
- b) Jika area biopsi terkontaminasi, segera bersihkan dengan antiseptik dan pasang dressing baru.

3) Konsumsi Obat

- a) Nyeri ringan dapat dikelola dengan analgesik seperti parasetamol. Pasien diminta untuk menghindari obat antiinflamasi non-steroid (NSAID) seperti ibuprofen, terutama jika terdapat risiko perdarahan.
- b) Antibiotik profilaksis biasanya tidak diperlukan, kecuali pada kasus biopsi tertentu yang berisiko tinggi infeksi.

Monitoring Pasien

- 1) Pemantauan Tanda Vital
 - a) Setelah FNAB yang melibatkan organ seperti paru-paru, hati, atau pankreas, pasien mungkin diminta tinggal di fasilitas medis selama beberapa jam untuk pemantauan intensif.
 - b) Tanda-tanda vital seperti tekanan darah, denyut jantung, saturasi oksigen, dan suhu tubuh diperiksa secara berkala untuk mendeteksi komplikasi seperti perdarahan internal atau pneumotoraks.
- 2) Evaluasi Gejala Pasien
 - a) Pasien diminta melaporkan gejala seperti:
 - i) Nyeri meningkat secara progresif.
 - ii) Sesak napas atau batuk darah (pada biopsi paru).
 - iii) Perdarahan aktif yang tidak berhenti dengan tekanan langsung.
- 3) Pemeriksaan Imaging Tambahan
 - a) Pada prosedur tertentu, seperti FNAB paru-paru, pemeriksaan radiologi seperti rontgen dada dilakukan beberapa jam setelah prosedur untuk memastikan tidak ada pneumotoraks atau komplikasi lainnya.
- 4) Hasil Patologi
 - a) Hasil FNAB biasanya tersedia dalam 1-5 hari tergantung pada jenis pemeriksaan (sitologi, imunohistokimia, atau molekular).
 - b) Pasien diberitahu bahwa hasil biopsi akan digunakan untuk menentukan langkah pengobatan selanjutnya, yang dapat meliputi pengulangan biopsi, pemeriksaan tambahan, atau terapi spesifik.

Penanganan Komplikasi Pasca-Prosedur

1) Perdarahan Lokal

- a) Jika terjadi perdarahan ringan, tekanan lokal dengan kasa steril biasanya cukup.
- b) Pada perdarahan yang lebih berat, pasien mungkin memerlukan evaluasi tambahan untuk menghentikan sumber perdarahan.

2) Infeksi

- a) Jika terdapat tanda-tanda infeksi seperti kemerahan, panas, nyeri, atau keluarnya cairan purulen, antibiotik topikal atau sistemik dapat diberikan setelah konsultasi medis.

3) Pneumotoraks

- a) Untuk pasien yang mengalami sesak napas setelah biopsi paru-paru, segera lakukan pemeriksaan imaging.
- b) Pneumotoraks kecil sering sembuh dengan observasi, tetapi pneumotoraks besar mungkin memerlukan pemasangan kateter toraks untuk evakuasi udara.

Tindak Lanjut Pasca-Prosedur

1) Kontrol ke Klinik

- a) Pasien diminta untuk kembali ke klinik atau rumah sakit setelah beberapa hari untuk pemeriksaan lanjutan, terutama jika hasil patologi memerlukan diskusi tambahan.
- b) Pada kasus tertentu, seperti biopsi kelenjar tiroid atau payudara, tindak lanjut mungkin melibatkan diskusi multidisiplin untuk menentukan langkah terapi (misalnya, bedah, kemoterapi, atau observasi).

2) Pemberian Hasil Biopsi

- a) Dokter menjelaskan hasil biopsi kepada pasien, termasuk diagnosis dan langkah-langkah pengobatan atau pemeriksaan lanjutan yang diperlukan.

Teknologi Terbaru dan Inovasi dalam FNAB

1) Imaging Beresolusi Tinggi

- a) Modalitas imaging seperti ultrasound high-definition (HD-USG) dan ultrasound elastography semakin banyak digunakan. Elastography memberikan informasi tentang kekakuan jaringan, membantu membedakan antara lesi jinak dan ganas sebelum biopsi.
- b) CT scan dosis rendah: Teknologi CT dengan dosis radiasi yang lebih rendah semakin berkembang, memungkinkan prosedur FNAB yang lebih aman untuk pasien dengan risiko paparan radiasi kumulatif, seperti anak-anak dan pasien onkologi.

2) Guided Robotics in FNAB

- a) Sistem robotik telah mulai digunakan untuk meningkatkan presisi biopsi. Dengan bantuan algoritma pemetaan tiga dimensi, robot dapat mengarahkan jarum FNAB secara presisi ke lesi kecil atau yang terletak dalam area anatomi yang kompleks.
- b) Contoh teknologi ini adalah robot da Vinci, yang memungkinkan biopsi di area sulit seperti mediastinum dan retroperitoneum dengan akurasi tinggi.

3) Real-Time Imaging Hybrid

- a) Kombinasi modalitas imaging real-time, seperti USG-CT fusion imaging, memberikan visualisasi lesi yang lebih baik. Fusion imaging menggabungkan keunggulan USG

yang real-time dengan CT yang memiliki resolusi tinggi untuk meningkatkan akurasi panduan jarum.

4) Digital Pathology dan Liquid Biopsy

- a) FNAB kini mulai dikombinasikan dengan analisis molekuler real-time, memungkinkan evaluasi genetik atau biomarker kanker langsung dari sampel biopsi. Hal ini mengurangi waktu diagnosis dan meningkatkan personalisasi pengobatan.
- b) Liquid biopsy untuk mendeteksi sirkulasi tumor DNA (ctDNA) juga menjadi pelengkap FNAB, membantu menganalisis dinamika tumor tanpa perlu pengambilan jaringan berulang.

Potensi Pengembangan Modalitas Baru

1) FNAB Berbasis Nano-Imaging

- a) Optical coherence tomography (OCT): Teknologi imaging ini memanfaatkan cahaya inframerah untuk memberikan resolusi jaringan subselular. OCT dapat memvisualisasikan struktur mikro lesi selama FNAB, memungkinkan operator mengambil sampel langsung dari area yang paling mencurigakan.
- b) Photoacoustic Imaging: Kombinasi antara ultrasound dan laser, teknologi ini memberikan peta jaringan dengan resolusi tinggi, membantu biopsi lesi yang tidak terlihat jelas pada imaging konvensional.

2) FNAB dengan Modalitas Terpadu

- a) PET-CT dan PET-MRI Fusion Imaging: Modalitas ini menggabungkan pencitraan metabolik dengan visualisasi anatomi, ideal untuk biopsi lesi yang aktif secara metabolik seperti kanker paru-paru atau hati.

- b) Holographic Imaging: Teknologi ini memungkinkan operator memvisualisasikan struktur tiga dimensi lesi dalam format holografik, memberikan orientasi yang lebih baik selama FNAB.
- 3) FNAB dengan Teknologi Augmented Reality (AR)
 - a) AR memungkinkan operator memvisualisasikan anatomi pasien secara overlay langsung di tubuh mereka. Teknologi ini dapat digunakan untuk mengarahkan jarum biopsi dengan akurasi tinggi, terutama pada lesi dalam yang membutuhkan panduan kompleks.
 - 4) Biopsi Minimally Invasive dengan Energi Laser
 - a) Penggunaan energi laser untuk "mengiris" jaringan mikro tanpa jarum dapat menggantikan FNAB tradisional untuk lesi superfisial. Teknologi ini meminimalkan risiko perdarahan dan nyeri pada pasien.
 - 5) FNAB Berpanduan Teknologi Wearable
 - a) Perangkat wearable seperti ultrasonografi portabel memungkinkan biopsi dilakukan di tempat-tempat terpencil atau dalam keadaan darurat. Ini membantu pemeriksaan pasien dengan akses terbatas ke fasilitas kesehatan canggih.
 - 6) FNAB dengan Dukungan AI Terintegrasi Cloud
 - a) Sistem berbasis cloud dapat menyimpan data biopsi pasien secara real-time untuk diakses oleh tim multidisiplin. Hal ini memungkinkan kolaborasi langsung antara radiolog, ahli patologi, dan onkolog untuk menentukan diagnosis dan terapi terbaik.

Rekomendasi untuk Pengembangan Selanjutnya

FNAB terus berkembang dengan teknologi baru dan inovasi. Untuk meningkatkan manfaat prosedur ini, beberapa rekomendasi untuk pengembangan selanjutnya adalah:

- 1) Integrasi Teknologi Baru
 - a) Dorong adopsi teknologi seperti optical coherence tomography (OCT) dan photoacoustic imaging untuk meningkatkan visualisasi lesi kecil atau kompleks.
 - b) Kembangkan augmented reality (AR) untuk memberikan panduan visual interaktif selama prosedur.
- 2) Pemanfaatan Artificial Intelligence
 - a) Tingkatkan penggunaan AI dalam analisis sitologi untuk mempercepat diagnosis dan mengurangi error manusia.
 - b) Terapkan AI untuk prediksi risiko komplikasi berdasarkan data pasien dan hasil imaging.
- 3) Pengembangan Modalitas Hybrid
 - a) Investasikan dalam pengembangan modalitas hybrid seperti PET-MRI fusion imaging untuk memadukan informasi metabolik dan anatomi dalam satu prosedur.
 - b) Kembangkan perangkat portabel yang menggabungkan USG dan CT untuk kebutuhan biopsi di tempat dengan akses terbatas.
- 4) Pendidikan dan Pelatihan
 - a) Pastikan operator FNAB mendapatkan pelatihan yang memadai dalam penggunaan berbagai modalitas imaging.
 - b) Libatkan teknologi simulasi berbasis AR/VR untuk melatih dokter dalam prosedur FNAB pada lesi kompleks.
- 5) Riset dan Kolaborasi
 - a) Dukung penelitian yang mengevaluasi efektivitas modalitas imaging baru dan kombinasi inovatif dalam FNAB.
 - b) Bangun kolaborasi antara institusi medis dan perusahaan teknologi untuk mempercepat pengembangan alat biopsi canggih.

6) Aksesibilitas Global

- a) Tingkatkan ketersediaan FNAB dengan panduan imaging di daerah terpencil melalui perangkat portabel dan teknologi berbasis cloud.
- b) Pastikan bahwa inovasi dalam FNAB dapat diakses oleh populasi luas dengan biaya yang terjangkau.

Protokol FNAB dengan Panduan Masing-Masing Modalitas

Protokol Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) dengan panduan imaging dirancang untuk memastikan prosedur dilakukan secara sistematis, aman, dan akurat. Protokol ini mencakup langkah-langkah untuk setiap modalitas imaging, mulai dari persiapan hingga evaluasi pasca-prosedur.

FNAB dengan Panduan Ultrasonografi (USG)

Persiapan:

- a) Verifikasi indikasi biopsi dan lokasi lesi.
- b) Siapkan alat USG dengan probe yang sesuai (misalnya, linear probe untuk lesi superfisial).
- c) Pastikan sterilitas area biopsi dan alat yang digunakan.

Prosedur:

- a) Pasien diposisikan sesuai lokasi lesi (misalnya, supinasi untuk lesi tiroid).
- b) Probe USG diletakkan di atas area target untuk memvisualisasikan lesi.
- c) Masukkan jarum secara real-time di bawah panduan USG hingga mencapai lesi.
- d) Aspirasi dilakukan dengan gerakan bolak-balik untuk mendapatkan sampel jaringan.

Pasca-Prosedur:

- a) Tekan area biopsi dengan kasa steril untuk mencegah perdarahan.

b) Observasi pasien selama 15-30 menit.

FNAB dengan Panduan Computed Tomography (CT)

Persiapan:

- a) Pastikan pasien berpuasa jika prosedur melibatkan penggunaan kontras.
- b) Siapkan mesin CT dengan protokol rendah radiasi.
- c) Siapkan jarum FNAB dengan panjang yang sesuai untuk lesi dalam.

Prosedur:

- a) Pasien diposisikan di meja CT sesuai lokasi lesi.
- b) Lakukan pemindaian awal untuk memetakan lokasi lesi secara presisi.
- c) Tentukan jalur jarum menggunakan sistem koordinat CT.
- d) Masukkan jarum dengan panduan CT intermiten untuk memastikan posisi tepat.
- e) Aspirasi dilakukan setelah jarum mencapai lesi.

Pasca-Prosedur:

- a) Lakukan pemindaian CT ulang untuk memverifikasi tidak ada komplikasi seperti pneumotoraks.
- b) Observasi pasien untuk mendeteksi tanda-tanda perdarahan atau pneumotoraks.

FNAB dengan Panduan Magnetic Resonance Imaging (MRI)

Persiapan:

- a) Konfirmasi tidak adanya kontraindikasi terhadap MRI (misalnya, implan logam).
- b) Siapkan alat MRI dengan koil khusus untuk biopsi.
- c) Gunakan alat pelacak jarum kompatibel dengan MRI.

Prosedur:

- a) Pasien diposisikan di dalam scanner MRI.

- b) Lakukan pemindaian awal untuk memvisualisasikan lesi.
- c) Masukkan jarum secara bertahap dengan panduan gambar MRI berulang.
- d) Pastikan posisi jarum dengan melakukan pemindaian ulang sebelum aspirasi.

Pasca-Prosedur:

- a) Observasi pasien untuk mendeteksi komplikasi.
- b) Berikan informasi pasca-prosedur sesuai hasil.

FNAB dengan Panduan Endoscopic Ultrasound (EUS)

Persiapan:

- a) Pastikan pasien berpuasa selama 6-8 jam.
- b) Siapkan endoskop dengan attachment USG dan jarum biopsi khusus EUS.
- c) Gunakan sedasi ringan atau anestesi jika diperlukan.

Prosedur:

- a) Masukkan endoskop ke saluran pencernaan hingga mencapai area target.
- b) Visualisasikan lesi dengan USG endoskopi.
- c) Arahkan jarum biopsi melalui saluran kerja endoskop hingga mencapai lesi.
- d) Aspirasi dilakukan dengan teknik bolak-balik.

Pasca-Prosedur:

- a) Pantau pasien hingga pulih dari sedasi.
- b) Berikan edukasi tentang tanda-tanda komplikasi seperti nyeri abdomen atau perdarahan.

FNAB dengan Panduan Stereotactic Guidance

Persiapan:

- a) Pastikan pasien telah menjalani mammografi jika biopsi pada payudara.

- b) Siapkan meja biopsi stereotactic dengan alat kompresi payudara.
- c) Gunakan jarum biopsi yang sesuai.

Prosedur:

- a) Pasien diposisikan di meja stereotactic (biasanya posisi tengkurap).
- b) Kompres payudara untuk meminimalkan pergerakan lesi.
- c) Gunakan mammografi untuk menentukan koordinat tiga dimensi lesi.
- d) Masukkan jarum ke lesi sesuai panduan koordinat.
- e) Aspirasi dilakukan setelah posisi jarum terverifikasi.

Pasca-Prosedur:

- a) Tekan area biopsi untuk mencegah hematoma.
- b) Pasien dapat pulang setelah observasi singkat.

FNAB dengan Panduan Fluoroskopi

Persiapan:

- a) Siapkan fluoroskopi untuk memberikan panduan real-time.
- b) Pastikan pasien telah diberikan penjelasan tentang paparan radiasi.
- c) Siapkan alat biopsi dengan panjang jarum sesuai.

Prosedur:

- a) Pasien diposisikan di meja fluoroskopi (biasanya supinasi atau lateral).
- b) Lakukan pemindaian awal untuk memvisualisasikan lesi.
- c) Arahkan jarum biopsi dengan panduan fluoroskopi hingga mencapai lesi.
- d) Aspirasi dilakukan dengan kontrol real-time.

Pasca-Prosedur:

- a) Evaluasi ulang dengan fluoroskopi untuk memastikan tidak ada komplikasi.
- b) Observasi pasien untuk memastikan tidak ada nyeri atau perdarahan.

7. FNAB dengan Panduan Modalitas Kombinasi

Persiapan:

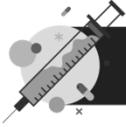
- a) Pilih modalitas kombinasi yang sesuai, seperti USG-CT atau PET-MRI.
- b) Pastikan semua alat yang diperlukan tersedia dan kompatibel.

Prosedur:

- a) Identifikasi lesi menggunakan modalitas primer (misalnya, USG untuk lesi superfisial atau CT untuk lesi dalam).
- b) Gunakan modalitas tambahan untuk memvalidasi posisi jarum selama aspirasi.
- c) Aspirasi dilakukan dengan memastikan akurasi melalui panduan kombinasi.

Pasca-Prosedur:

- a) Lakukan evaluasi tambahan dengan modalitas lain jika diperlukan.
- b) Pantau pasien sesuai standar prosedur.



REFERENSI

- Aerts, J. M. J., Bols, P. E. J., Oste, Ma., Van Ginneken, C. J. D., Wechsung, E., & Houvenaghel, A. (2004). 216TRANSVAGINAL ULTRASOUND-GUIDED BIOPSY OF THE BOVINE OVARY: A NEW TOOL FOR THE STUDY OF PREANTRAL FOLLICLES. *Reproduction, Fertility and Development*, 16(2), 229. <https://doi.org/10.1071/rdv16n1ab216>
- Amundson EW, McGirt MJ, & Olivi A. (2005). . A contralateral, transfrontal, extraventricular approach to stereotactic brainstem biopsy procedures. *Journal of Neurosurgery*, 102(3), 565–570. <https://doi.org/10.3171/jns.2005.102.3.0565>
- Bick, U., Trimboli, R. M., Athanasiou, A., Balleyguier, C., Baltzer, P. A. T., Bernathova, M., Borbély, K., Brkljacic, B., Carbonaro, L. A., Clauser, P., Cassano, E., Colin, C., Esen, G., Evans, A., Fallenberg, E. M., Fuchsjaeger, M. H., Gilbert, F. J., Helbich, T. H., Heywang-Köbrunner, S. H., ... Sardanelli, F. (2020). Image-guided breast biopsy and localisation: recommendations for information to women and referring physicians by the European Society of Breast Imaging. *Insights into Imaging*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13244-019-0803-x>
- Boy, D. (2022). Ultrasound-guided pleural biopsy. *Eurasian Journal of Pulmonology*. <https://doi.org/10.14744/ejp.2021.9621>
- Carneiro, G. de A. C., Pereira, F. P. A., Lopes, F. P. P. L., & Calas, M. J. G. (2018). Magnetic resonance imaging-guided vacuum-

assisted breast biopsy: Experience and preliminary results of 205 procedures. *Radiologia Brasileira*, 51(6), 351–357. <https://doi.org/10.1590/0100-3984.2017.0132>

- Cerci, J. J., Bogoni, M., Cerci, R. J., Masukawa, M., Neto, C. C. P., Krauzer, C., Fanti, S., Sakamoto, D. G., Barreiros, R. B., Nanni, C., & Vitola, J. V. (2021). PET/CT-Guided Biopsy of Suspected Lung Lesions Requires Less Rebiopsy Than CT-Guided Biopsy Due to Inconclusive Results. *Journal of Nuclear Medicine*, 62(8), 1057–1061. <https://doi.org/10.2967/jnumed.120.252403>
- Chilcote, W. A., & Quinn, C. A. (n.d.). *CANCER DIAGNOSIS AND MANAGEMENT MAURIE MARKMAN, MD, EDITOR Stereotactic breast biopsy: A less-invasive option*. www.cjcm.org
- D'Angelo, A., Panayotidis, C., Amso, N., Marci, R., Matorras, R., Onofriescu, M., Turp, A. B., Vandekerckhove, F., Veleva, Z., Vermeulen, N., & Vlasisavljevic, V. (2019). Recommendations for good practice in ultrasound: oocyte pick up†. *Human Reproduction Open*, 2019(4). <https://doi.org/10.1093/hropen/hoz025>
- Diamantis, A., Magiorkinis, E., & Koutselini, H. (2009). Fine-needle aspiration (FNA) biopsy: Historical aspects. In *Folia Histochemica et Cytobiologica* (Vol. 47, Issue 2, pp. 191–197). Via Medica. <https://doi.org/10.2478/v10042-009-0027-x>
- Dwianingsih, E. K., Priska, C., Panggabean, A. S., Pratiwi, L., Yoshuantari, N., Hardianti, M. S., & Indrawati, . (2020). Accuracy of fine needle aspiration biopsy to diagnose lymphadenopathy in Dr.Sardjito General Hospital, Yogyakarta, Indonesia. *Journal of Thee Medical Sciences (Berkala Ilmu Kedokteran)*, 52(01). <https://doi.org/10.19106/jmedsci005201202006>

- Eren, H., Soylemez Akkurt, T., Izol Ozmen, H., Nazli, M. A., Sen, E., Arikan, S., & Pehlivanoglu, B. (2022). Ultrasound-guided Breast Biopsy: Evaluation of the Correlation Between Radiologic and Histopathologic Findings. *Cam and Sakura Medical Journal*, 2(2), 70–74. <https://doi.org/10.4274/csmedj.galenos.2022.2021-12-5>
- Farrukh, J., Bonnie, D., & Cherian, G. (2022). Analysis of ultrasound-guided superficial lymph node biopsies. *Clinical Radiology*, 77(e23), 22–26.
- Felisha, H. F., Tri Rinonce, H., Anwar, S. L., & Dwianingsih, E. K. (2019). The accuracy of fine needle aspiration biopsy to diagnose breast neoplasm. *Journal of Thee Medical Sciences (Berkala Ilmu Kedokteran)*, 51(03). <https://doi.org/10.19106/jmedsci005103201907>
- Fueger, B. J., Clauser, P., Kapetas, P., Pötsch, N., Helbich, T. H., & Baltzer, P. A. T. (2021). Can supplementary contrast-enhanced MRI of the breast avoid needle biopsies in suspicious microcalcifications seen on mammography? A systematic review and meta-analysis. *Breast*, 56, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.breast.2021.02.002>
- Furtak, J., Śledzińska, P., Bebyn, M. G., Szyłberg, T., Krajewski, S., Birski, M., & Harat, M. (2021). Infratentorial stereotactic biopsy of brainstem and cerebellar lesions. *Brain Sciences*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/brainsci11111432>
- Ginosar, Y., Smith, Y., Ben-Hur, T., Lovett, J. M., Clements, T., Ginosar, Y. D., & Davidson, E. M. (2012). Novel pulsatile cerebrospinal fluid model to assess pressure manometry and fluid sampling through spinal needles of different gauge: Support for the use of a 22 G spinal needle with a tapered 27 G pencil-point tip. *British Journal of Anaesthesia*, 108(2), 308–315. <https://doi.org/10.1093/bja/aer372>

- Gradišnik, L., Bošnjak, R., Bunc, G., Ravnik, J., Maver, T., & Velnar, T. (2021). Neurosurgical approaches to brain tissue harvesting for the establishment of cell cultures in neural experimental cell models. In *Materials* (Vol. 14, Issue 22). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ma14226857>
- Haj-Mirzaian, A., Burk, K. S., Lacson, R., Glazer, D. I., Saini, S., Kibel, A. S., & Khorasani, R. (2024). Magnetic Resonance Imaging, Clinical, and Biopsy Findings in Suspected Prostate Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Network Open*, 7(3), E244258. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.4258>
- Jeong, C. W. (2023). The Role of Magnetic Resonance Imaging (MRI) and MRI-Targeted Biopsy for Active Surveillance. *Journal of Urologic Oncology*, 21(2), 97–105. <https://doi.org/10.22465/juo.234600260013>
- Kim, J. W., & Shin, S. S. (2017). Ultrasound-guided percutaneous core needle biopsy of abdominal viscera: Tips to ensure safe and effective biopsy. *Korean Journal of Radiology*, 18(2), 309–322. <https://doi.org/10.3348/kjr.2017.18.2.309>
- Knott, E. A., Rose, S. D., Wagner, M. G., Lee, F. T., Radtke, J., Anderson, D. R., Zlevor, A. M., Lubner, M. G., Hinshaw, J. L., & Szczykutowicz, T. P. (2021). CT Fluoroscopy for Image-Guided Procedures: Physician Radiation Dose During Full-Rotation and Partial-Angle CT Scanning. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, 32(3), 439–446. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2020.10.033>
- Marhana, I. A., Widianiti, K., & Kusumastuti, E. H. (2022). Conformity of Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB) and Core Needle Biopsy (CNB) in peripheral lung tumor patients: A cross-sectional study. *Annals of Medicine and Surgery*, 75. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2022.103423>

- Meiser, V. C., Kreysa, H., Guntinas-Lichius, O., & Volk, G. F. (2016). Comparison of in-plane and out-of-plane needle insertion with vs. without needle guidance. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 273(9), 2697–2705. <https://doi.org/10.1007/s00405-015-3806-3>
- Moller S, Kothe R, Wiesner L, Werner M, Ruther W, & Delling G. (2001). FLUOROSCOPY-GUIDED TRANSPEDICULAR TROCAR BIOPSY OF THE SPINE — RESULTS, REVIEW, AND TECHNICAL NOTES. *Acta Orthopædica Belgica*, 67(5), 488–500.
- Narasimha, A., Vasavi, B., & Harendra Kumar, M. (2013). Significance of nuclear morphometry in benign and malignant breast aspirates. *International Journal of Applied and Basic Medical Research*, 3(1), 22. <https://doi.org/10.4103/2229-516x.112237>
- Nunes, T. F., Inchingolo, R., Kikuti, C. F., de Faria, B. B., Galhardo, C. A. V., Tognini, J. R. F., Marchiori, E., & Hochhegger, B. (2023). Computed tomography fluoroscopy-guided percutaneous biopsy of pulmonary nodules ≤ 10 mm: retrospective analysis of procedures performed during the COVID-19 pandemic. *Radiologia Brasileira*, 56(1). <https://doi.org/10.1590/0100-3984.2022.0062-en>
- Plantade, R., & Thomassin-Naggara, I. (2014). MRI vacuum-assisted breast biopsies. In *Diagnostic and Interventional Imaging* (Vol. 95, Issue 9, pp. 779–801). Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2013.12.023>
- Pongsittisak, W., Wutilertcharoenwong, N., Ngamvichchukorn, T., Kurathong, S., Chavanisakun, C., Teeprasarn, T., Prommool, S., & Srisawat, N. (2019). The efficacy of blind versus real-time ultrasound-guided percutaneous renal biopsy in developing country. *SAGE Open Medicine*, 7. <https://doi.org/10.1177/2050312119849770>

- Ramai, D., Pannu, V., Facciorusso, A., Dhindsa, B., Heaton, J., Ofosu, A., Chandan, S., Maida, M., Lattanzi, B., Rodriguez, E., Bhagat, V. H., Samanta, J., & Barakat, M. T. (2023). Advances in Endoscopic Ultrasound (EUS)-Guided Liver Biopsy. In *Diagnostics* (Vol. 13, Issue 4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/diagnostics13040784>
- Saggiante, L., Biondetti, P., Lanza, C., Carriero, S., Ascenti, V., Piacentino, F., Shehab, A., Ierardi, A. M., Venturini, M., & Carrafiello, G. (2024). Computed-Tomography-Guided Lung Biopsy: A Practice-Oriented Document on Techniques and Principles and a Review of the Literature. In *Diagnostics* (Vol. 14, Issue 11). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/diagnostics14111089>
- Sarkar, A., Dellatore, P., Bhurwal, A., Tyberg, A., Shahid, H., Minacapelli, C. D., Kahaleh, M., Rustgi, V. K., & Nieto, J. (2022). Endoscopic Ultrasound-Guided Liver Biopsy in Clinical Practice. *Gastro Hep Advances*, 1(6), 936–941. <https://doi.org/10.1016/j.gastha.2022.07.007>
- Simons-Linares, C. R., Wander, P., Vargo, J., & Chahal, P. (2020). Endoscopic ultrasonography: An inside view. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 87(3), 175–183. <https://doi.org/10.3949/CCJM.87A.19003>
- Smith, T., & Kaufman, C. S. (2021). Ultrasound Guided Thyroid Biopsy, Techniques in Vascular and Interventional Radiology. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology*, 24(3). <https://doi.org/10.1016/j.tvir.2021.100768>
- Tambunan Gani W. (1990). *Penuntun biopsi aspirasi jarum halus: aspek klinik dan sitologi neoplasma* (1st ed., Vol. 1). Hipokrates.

- Wan, Y.-L., Fai, H., Chang, W., Memorial Hospital, G., Chan, S.-C., Chen, Y.-L., Cheung, Y.-C., Lui, K.-W., Wong, H.-F., Hsueh, C., & See, L.-C. (2004). Ultrasonography-guided core-needle biopsy of parotid gland masses. In *Article in American Journal of Neuroradiology*. <https://www.researchgate.net/publication/8215254>
- Xiong, Z., Wang, K., Zhang, H., Fang, Y., Li, F., & Huang, J. (2023). Improved fluoroscopy-guided biopsies in the diagnosis of indeterminate biliary strictures: a multi-center retrospective study. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39438-2>
- Zlevor, A. M., Kisting, M. A., Couillard, A. B., Rossebo, A. E., Szczykutowicz, T. P., Mao, L., White, J. K., Hartung, M. P., Gettle, L. M., Hinshaw, J. L., Pickhardt, P. J., Ziemlewicz, T. J., Foltz, M. L., & Lee Jr., F. T. (2023). Percutaneous CT-guided abdominal and pelvic biopsies Comparison of an electromagnetic navigation system and CT fluoroscopy. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, 34(5), 910–918.
- Zlevor, A. M., Mauch, S. C., Knott, E. A., Pickhardt, P. J., Mankowski Gettle, L., Mao, L., Meyer, C. A., Hartung, M. P., Kim, D. H., Lubner, M. G., Hinshaw, J. L., Foltz, M. L., Ziemlewicz, T. J., & Lee, F. T. (2021). Percutaneous Lung Biopsy with Pleural and Parenchymal Blood Patching: Results and Complications from 1,112 Core Biopsies. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, 32(9), 1319–1327. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2021.06.022>

FORMULIR PERSETUJUAN INFORMED CONSENT PASIEN
Prosedur: Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB)

Nama Pasien: _____

No. Rekam Medis: _____

Usia: _____ Tahun

Jenis Kelamin: _____

Alamat: _____

1. Penjelasan Tindakan

Saya, Dr. _____, telah menjelaskan kepada pasien atau wali pasien mengenai prosedur Fine Needle Aspiration Biopsy (FNAB), yaitu:

1. FNAB adalah prosedur minimal invasif menggunakan jarum kecil untuk mengambil sampel jaringan atau cairan dari lesi tertentu.
 2. Prosedur ini akan dilakukan dengan panduan imaging (Ultrasonografi/CT/MRI/EUS) untuk meningkatkan akurasi.
 3. Tujuan dari FNAB adalah untuk mendiagnosis kondisi tertentu, seperti tumor, infeksi, atau kelainan lainnya.
-

2. Manfaat FNAB

Prosedur ini bertujuan untuk:

- Menentukan apakah lesi bersifat jinak atau ganas.
 - Memberikan informasi diagnostik yang membantu menentukan pengobatan.
-

3. Risiko dan Komplikasi

Risiko yang telah dijelaskan mencakup:

- Perdarahan ringan di area biopsi.
- Nyeri ringan atau tidak nyaman setelah prosedur.

- Komplikasi serius seperti infeksi, pneumotoraks (untuk biopsi paru-paru), atau cedera organ, meskipun sangat jarang terjadi.
-

4. Alternatif Tindakan

Alternatif lain yang telah dijelaskan:

- Biopsi bedah (jika diperlukan diagnosis lebih mendalam).
 - Pemantauan lesi tanpa tindakan invasif.
-

5. Hak Pasien

- Saya berhak menanyakan informasi tambahan terkait prosedur ini.
 - Saya berhak menolak tindakan ini tanpa memengaruhi perawatan medis lainnya.
-

6. Pernyataan Persetujuan

Saya telah menerima penjelasan yang lengkap tentang prosedur FNAB, termasuk manfaat, risiko, alternatif, dan konsekuensi jika prosedur tidak dilakukan. Saya memahami dan menyetujui tindakan ini dilakukan oleh tim medis.

Tanda Tangan Pasien/Wali Pasien:

Nama: _____

Tanda Tangan: _____

Tanggal: _____

7. Pernyataan Dokter

Saya, sebagai dokter yang bertanggung jawab, telah memberikan penjelasan yang lengkap dan menjawab pertanyaan pasien/wali pasien dengan jelas.

Tanda Tangan Dokter:

Nama: _____

Tanda Tangan: _____

Tanggal: _____

8. Saksi

Saya menyatakan bahwa pasien telah menerima informasi yang cukup dan memberikan persetujuannya secara sukarela.

Tanda Tangan Saksi:

Nama: _____

Tanda Tangan: _____

Tanggal: _____

Catatan Penting: Formulir ini bersifat rahasia dan hanya digunakan untuk keperluan tindakan medis sesuai prosedur yang telah dijelaskan.