



S-15. FORENSIC ASPECT OF MUSCULOSKELETAL TRAUMA

Hermina Sukmaningtyas

Musculoskeletal Divion, Department of Radiology, Faculty of Medicine, Diponegoro
University- dr Kariadi Hospital Semarang

ABSTRACT

Forensic radiology, is a specialized area of medical imaging using radiological techniques to assist physicians and pathologists in matters related to the law. The forensic application of diagnostic medical radiology can be applied in many fields; the prime target of evaluation is the osseous skeleton, but soft tissues and abdominal and thoracic viscera may offer key findings. The technological progress in clinical radiology provides a lot of potential tools to forensic radiology, allowing wider fields of applications in this matter. Application of imaging techniques can be used as the guidance and complimentary for the forensic autopsy in the identification of injury manner. In addition, the application can even be used to replace autopsy in some special circumstances.

DEFINISI

Radiologi Forensik mencakup akuisisi, interpretasi, dan pelaporan hasil pemeriksaan radiologi untuk kepentingan investigasi medikolegal meliputi kasus di pengadilan

RUANG LINGKUP

Ruang lingkup dan peran radiologi forensik meliputi

I. Pelayanan

A. Penentuan identitas

B. Evaluasi Injury dan Kematian:

1. Accidental

2. Non-accidental

a. Osseous injury

b. Missiles benda asing

c. Trauma lainnya



d. Sebab lain

C. Criminal Litigation

1. Fatal
2. Nonfatal

D. Civil Litigation

1. Fatal
2. Nonfatal

E. Administrative Proceedings

II. Education

III. Research

IV. Administration

Pada kasus trauma, radiologi forensik juga dapat memberikan penentuan identitas korban berdasarkan luka, penyakit atau kelainan kongenital dan atau kekhasan yang dimiliki.

Identifikasi radiologi membutuhkan perbandingan keadaan gambar ante-mortem dan post mortem dari tubuh maupun bagian tubuh. Evaluasi cedera atau kematian membutuhkan elemen-elemen deteksi, pengenalan pola, interpretasi dan perbandingan, semua berdasarkan temuan radiologi normal atau abnormal.

Target utama evaluasi radiologi forensik adalah osseous skeleton, tetapi pada beberapa kasus soft tissue, abdomen dan torakas dapat memberikan temuan kunci yang diperlukan.

TRAUMA MUSKULOSKELETAL DAN RADIOLOGI FORENSIK

Injuri pada tulang paling bagus dideteksi dan dianalisis pada keadaan post mortem bila bagian tubuh yang mengalami cedera dapat merekonstruksi posisi untuk memperkirakan proyeksi injuri.

Pada kasus trauma muskuloskeletal yang perlu diperhatikan adalah

1. Analisis penentuan lokasi dan tipe fraktur
 - a. Lokasi dan tipe fraktur dapat menentukan apakah injuri yang terjadi akibat kecelakaan atau ditimbulkan, khususnya bila dihubungkan dengan usia dan aktivitas individu. Beberapa tipe fraktur, dislokasi separasi epifises sering terjadi pada aktivitas normal pada rentang usia tertentu.

- b. Konfigurasi dan arah garis fraktur pada calvaria memberikan informasi tentang titik dampak dan arah dampak, yang mengindikasikan rentetan pukulan berulang, dan kadang bentuk objek atau senjata yang digunakan dapat diidentifikasi.
 - c. Fraktur pada tulang hyoid atau cornu thyroid cornu biasanya mengindikasikan strangulasi/cekikan; pada cedera akibat kecelakaan berkendaraan, fraktur dan dislokasi tertentu mencerminkan kecepatan atau deselerasi.
 - d. Luka tembak, misil (peluru) dan benda asing lainnya seperti pisau merupakan objek pemeriksaan radiologi forensik, evaluasi radiologi tersebut dapat memberikan informasi penting.
 - e. Trauma lain dapat diikuti ICH pada guncangan pada kasus battered child syndrome,
 - f. Luka tusuk dapat divisualisasi dengan menginjeksikan media kontras, seperti pada kasus robekan vaskuler atau avulsi.
 - g. Trauma pada jaringan lemak subkutan juga memberikan kunci penting pada rekonstruksi forensik. Interpretasi pola pada jaringan ini membutuhkan deskripsi yang tepat dan pelaporan posisi dan perluasan tiap lesi. Pada otopsi konvensional hal ini dilakukan dengan melakukan eksisi kulit dan jaringan subkutan, yang sangat dipengaruhi kekuatan dan tipe perlakuan. (right angle atau tangent), beberapa morfologi kerusakan jaringan lemak dapat dibedakan menjadi: perilobular hemorrhage (I), contusion (II), atau disintegrasi (III) fat lobuli, and disintegrasi dengan pembentukan subcutaneous cavity (IV).
2. Strangulasi pada leher
- Pada kasus strangulasi, hasil pemeriksaan forensik sangat dipengaruhi oleh hasil gambaran radiologis pada leher. Pemeriksaan berupa petechial hemorrhage, tidak sadar dan hasil pencitraan MRI atau CT scan dapat mengevaluasi strangulasi. MRI sensitif untuk mendeteksi strangulasi. Beberapa tanda yang dapat ditemui berupa perdarahan kulit, perdarahan/edema subcutaneous dan intramuscular. Pada CT Scan, menunjukkan cartilago dan tulang yang mengalami trauma. Dismorfik kartilago cricoid dan displacement tepi atas dan bawah tulang hyoid lazim ditemui.
3. Luka ledakan
- Berhubungan dengan bom bunuh diri, bom mobil dan tipe ledakan lainnya. Cedera ledakan diklasifikasikan sebagai primer, sekunder, tertier, dan kuartener blast injuries. Primary blast injury disebabkan oleh ledakan dan sering menyebabkan barotrauma atau fragmentasi tubuh. Pada hampir seluruh kasus, sangat sulit membedakan primary blast injury secara imejing. Sebagai contoh, laserasi paru dan perdarahan terjadi pada primary dan tertiary blast injury. Secondary blast injury adalah cedera balistik. Komposisi dari beberapa material lebih mudah dinilai melalui radiologi konvensional dibanding CT scan karena dapat menunjukkan tepi material secara jelas. Pada CT Scan, attenuasi fragmen proyektil juga bervariasi. Tertiary blast injury adalah cedera tupul yang terjadi saat tubuh



terdorong ke udara akan bertabrakan dengan objek sekunder atau objek bergerak yang bertabrakan dengan tubuh. CT scan merupakan modalitas yang sangat penting untuk mengevaluasi trauma tumpul berupa fraktur seperti fraktur tulang belakang dan pelvis yang mungkin sulit dievaluasi pada saat otopsi. Quaternary blast injury meliputi efek ledakan lainnya berupa cedera suhu dan pernafasan, maupun kontaminasi kimia, biologi atau bahan berbahaya radiologi. Luka bakar merupakan cedera paling sering dari quaternary injury.

4. Luka proyektil

Cedera proyektil dalam korban massal mungkin berasal dari luka tembak, fragmen ledakan, proyektil balistik. Radiografi seluruh tubuh digunakan dalam penilaian forensik cedera proyektil untuk mendokumentasikan dan menentukan lokasi semua pecahan logam. CT scan 3D menentukan lokasi secara tepat fragmen proyektil. Pemeriksaan ini merupakan metode yang efektif tidak hanya untuk menentukan lokasi fragmen peluru tetapi juga untuk mendokumentasikan lintasan luka tembak dan mengevaluasi cedera organ internal sebelum otopsi. Evaluasi cedera proyektil membutuhkan penentuan luka masuk, luka keluar (jika ada), dan lintasan luka. Gas dan perdarahan adalah gambaran pencitraan utama dari luka tembak di jaringan lunak. Fraktur adalah manifestasi dari lintasan luka tembak di tulang.

5. Kekerasan tumpul

Luka tumpul-paksa dikelompokkan ke dalam empat kategori utama: lecet, kontusio, laserasi, dan fraktur skeletal. CT scan postmortem berguna untuk memvisualisasikan dan merekonstruksi pola cedera tumpul sebelum otopsi. Dalam beberapa kasus, gambar CT scan dapat memberikan visualisasi fraktur trauma tumpul yang lebih baik daripada otopsi. Tampilan 3D kepala, tulang belakang, dan cedera panggul dapat memfasilitasi pemahaman mekanisme cedera. Kepala dan dada adalah lokasi yang paling umum cedera tumpul yang mematikan. Di kepala, spektrum cedera berkisar dari laserasi kulit kepala dan fraktur tengkorak hingga perdarahan intrakranial dan kontusio serebral. Radiografi konvensional dan CT scan berguna untuk menunjukkan pneumothoraks dan perdarahan dalam dada secara signifikan. CT scan sangat berguna dalam diagnosis patah tulang belakang, panggul, dan ekstremitas; CT 3D sangat membantu untuk memvisualisasikan seluruh pola cedera jika analisis mekanisme cedera diperlukan.

6. Cedera termal

Pada kematian terkait kebakaran, temuan radiologis tidak berkontribusi pada diagnosis inhalasi asap dan intoksikasi COHb. Pencitraan paling baik digunakan untuk mengevaluasi sisa-sisa manusia yang terbakar atau hangus dan sisa-sisa proyektil yang tak terduga. Gambaran radiografi dan CT scan dari cedera termal

berkisar dari irregularitas minimal permukaan kulit sampai amputasi dan fraktur termal. Pencitraan luka bakar parah adalah hilangnya lapisan dermis dengan terlihatnya jaringan lemak subkutan dan / atau otot di bawahnya. Pada korban yang sangat hangus, otot rangka terlihat dan retraksi. Pemendekan dan otot yang hancur akibat termal juga menyebabkan otot menarik diri dari ujung distal tulang sehingga jaringan lunak tidak menutupi tulang distal. Temuan ini dapat dilihat di tubuh dan ekstremitas. Fraktur termal adalah fraktur kortikal linear pada tulang yang tidak lapisi oleh jaringan lunak atau otot. Mereka biasanya ditemukan pada area yang hangus dan terpapar panas. Sebaliknya, fraktur traumatik ditemukan pada tulang yang tidak terpapar dan merupakan ciri khas cedera mekanis seperti fraktur kompresi tulang belakang, fraktur pelvis kompleks dengan keterlibatan sakroiliaca joint dan simfisis pubis, dan fraktur oblique dan / atau fraktur kominutif pada ekstremitas bagian distal dan tulang rusuk. Amputasi termal memiliki tepi transversal atau angulasi yang halus, yang tidak dilapisi oleh otot skeletal karena pengerutan otot rangka dan retraksi yang berhubungan dengan termal. Sebaliknya, amputasi traumatik memiliki margin tajam, angulasi atau kominutif. Temuan lain yang mengindikasikan cedera tulang yang berhubungan dengan panas adalah temuan lucency bergaris di ruang sumsum pada gambar 2D multiplaner. Dalam sisa-sisa yang hangus, mungkin ada kehilangan jaringan lunak wajah yang luas dan disintegrasi tulang, destruksi calvaria yang dimulai dengan tabula eksterna dan berakhir dengan dasar tengkorak, hematom epidural termal, dan penyusutan panas otak dan organ visceral lainnya. Ketika organ internal menyusut dan berkontraksi dari paparan panas, atenuasi pada CT Scan meningkat. Khususnya, di paru-paru, perubahan atenuasi tidak boleh disalahartikan sebagai proses patologis yang mendasari seperti edema paru atau pneumonia.

7. Luka Tembak

Tiga jenis senjata umum adalah pistol, senapan, dan senapan. Luka tembak bisa tergores, menembus, atau perforasi. Tergores terjadi dalam kasus-kasus di mana peluru menyerang korban secara tangensial. Abrasi yang dihasilkan dapat dengan mudah dikira sebagai abrasi klasik karena trauma tumpul (contohnya amunisi yang tidak mematikan). Penetrasi didefinisikan sebagai peluru menyerang dan masuk, tetapi tidak keluar dari tubuh. Perforasi ditujukan untuk semua kasus di mana peluru keluar.

Dalam kasus-kasus cedera tembakan, beberapa aspek forensik cedera luka tembak adalah yang paling penting seperti :

- a. Pegangan Senjata
- b. Jejak moncong senjata dapat memberikan petunjuk bagaimana senjata diarahkan ke tubuh saat ditembakkan. Tanda berupa abrasi disekeliling luka tembak masuk dapat ditunjukkan secara digital dengan photogrammetry-based 3D.
- c. Jarak tembak

Selain luka kontak, di mana morfologi luka khas dapat menentukan jarak tembakan. Bubuk mesiu, yaitu abrasi superfisial karena partikel mesiu yang terbakar atau tidak terbakar pada kulit, dan, jarang, kehadiran partikel semacam itu pada kulit dapat menimbulkan perkiraan kasar jarak tembak. Pemeriksaan CT scan dapat membantu menunjukkan residu tembakan. Partikel-partikel logam, terutama timbal, yang dihasilkan oleh tembakan, berupa struktur radioopak sehingga mudah dideteksi dengan pemindai beresolusi tinggi.

8. Cedera tembus atau tergores

Luka gores pada dasarnya terdiri dari kombinasi luka masuk dan keluar, karakteristik yang tidak ditemui pada luka tembus. Berdasarkan pecahan logam dan tulang yang segaris dengan saluran peluru, luka tembus dapat dengan mudah dilihat di MSCT. Namun, perbedaan antara luka tembak yang benar-benar menembus atau gores tidak selalu mudah. Morfologi lukanya mungkin serupa pada kedua kasus, terutama jika tembakan tembus menyerang korban secara tangensial.

9. Luka tembak masuk dan keluar

Perbedaan antara luka masuk dan keluar sangat penting, karena sangat penting untuk semua rekonstruksi kasus lebih lanjut. Dengan MSCT, kriteria tambahan yang berbeda dapat digunakan untuk menjawab pertanyaan ini: selain dari jejak pecahan logam dan tulang sepanjang lintasan peluru, lesi pada tulang dan kartilago dapat memberikan bukti mengenai arah peluru, dan lokasi peluru. Pada tengkorak, gambaran cone-shaped beveling membantu membedakan luka masuk dan luka keluar.

Lintasan peluru menembus tubuh

Aspek lain yang sangat penting adalah penentuan jalannya peluru menembus tubuh. Ini bisa memberi petunjuk bagaimana korban ditembak.

MSCT mampu menggambarkan arah peluru secara umum dengan menunjukkan tulang mana yang berlubang. Seringkali, serpihan tulang dari tulang yang rusak atau hancur dan serpihan peluru membentuk gambaran comet's tail-like. Serpihan tulang ini memberikan kesan umum tentang arah luka.

Penyebab kematian dan vitalitas luka

Tergantung pada organ-organ yang terluka dalam perjalanan peluru menembus tubuh, banyak penyebab kematian yang berbeda mungkin terjadi. Dari jumlah tersebut, kematian karena trauma kranioserebral, cedera kardiovaskular dengan perdarahan masif, dan emboli gas adalah penyebab kematian yang paling sering ditemui.

Jenis dan ukuran peluru, identifikasi tipe senjata

Para penyelidik sering membutuhkan informasi mengenai jenis peluru sesegera mungkin untuk mengidentifikasi jenis senjata yang berbeda, yang masih harus menunggu sampai proyektil atau serpihannya diambil saat otopsi. Dengan MSCT, ukuran dan bentuk proyektil dapat dinilai secara akurat sebelum pengambilan. Lebih jauh lagi, dalam kondisi yang ideal, jenis peluru yang berhubungan dengan atau tidak adanya jacket pada peluru dan bahkan logam yang digunakan untuk jacket dapat diidentifikasi dengan MSCT.

10. Kekerasan pada anak

Pelecehan anak adalah masalah yang relatif umum di masyarakat kita. Di Amerika Serikat diperkirakan bahwa 4 juta anak per tahun mengalami child abuse. Setidaknya dua ribu anak meninggal akibat kekerasan ini

- a. Corner fracture pertama kali dijelaskan oleh Caffey yang mencatat fraktur yang tidak lazim pada anak-anak dengan subdural hematoma. Ketika bagian kecil tulang teravulsi karena kekuatan gesekan pada growth plate yang rapuh ini terlihat sebagai typical corner fracture.
- b. Bucket handle fracture. Pada dasarnya sama dengan corner fracture, avulsi fragmen tulang lebih besar dan terlihat 'en face' sebagai cakram atau pegangan bucket. Corner atau bucket handle fracture paling sering terjadi pada os tibia, distal os femur dan proksimal os humerus, dan sering bilateral.
- c. Shaking injury. Guthkelch yang pertama kali menghubungkan subdural hematoma dengan kekuatan guncangan, yang sekarang dikenal sebagai "Shaken baby Syndrome"

MODALITAS RADIOLOGI FORENSIK

1. X RAY konvensional telah sejak lama digunakan digunakan untuk kepentingan forensic, khususnya dalam penentuan antropologi seperti jenis kelamin, umur, stature, status dental dan gambaran anatomi lainnya.
2. Perkembangan teknologi CT scan, memberikan spektrum imaging yang luas dengan dilalukannya pemeriksaan multiplanar. CT scan memberikan peran besar dalam mendeteksi struktur tulang dan pada trauma atau perdarahan internal pada kasus luka tusuk yang dapat ditelusuri besarnya kekuatan yang digunakan, jalur luka, perluasan luka, arah dan hal-hal lain yang berkaitan dengan aspek legal. Gambaran kasus ini sangat beragam dan merupakan tantangan bagi radiologist untuk memperdalam pengetahuan. CT Scan *in vivo* yang telah lazim digunakan pada kasus-kasus forensic. Aplikasi CT scan pada post mortem sangat baik karena kemampuan menampilkan 3D dan dapat memvisualisasi perubahan ireversibel pada struktur anatomi sebelum otopsi.



CT scan mempunyai keterbatasan untuk pemeriksaan vaskuler post mortem. Teknik Multiphase Post-mortem CT- Angiography (MPMCTA) yang merupakan gabungan CT Scan dengan Angiografi 3 phase (arterial, venous dan dynamic). Kontras yang digunakan adalah campuran paraffin oil dan contrast agent.

3. MRI telah digunakan untuk meningkatkan investigasi forensik khususnya pada bidang musculoskeletal, kardiovaskular and angiografi dan invivo (seperti child abuse), korban cekikan yang masih hidup dan estimasi umur.

VIRTUAL AUTOPSY (virtopsy)

Virtual Autopsy merupakan teknik baru yang memberikan beberapa keuntungan dibandingkan pendekatan tradisional dan membantu menghubungkan radiologi dengan kedokteran forensik. Kelebihan mendasar adalah karena pendekatan ini non invasif, lebih cepat, observer-independent, dapat digunakan pada keadaan-keadaan penolakan otopsi oleh keluarga korban.

Modalitas yang digunakan pada virtual autopsy adalah photogrammetry dan 3-D surface scanning untuk permukaan luar dan CT, MR imaging, angiography (Virtangio) dan biopsi untuk organ internal. Informasi yang didapat kemudian digabungkan dalam *robotic system* dinamakan Virtobot.

Daftar Pustaka

1. Swift B, Ruttly GN. Recent Advances in Postmortem Forensic Radiology Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging Applications
2. Clemente MA, La Tegola L, Mattera M, Guglielmi G. Forensic Radiology: An Update. *Journal of the Belgian Society of Radiology*, 101(S2): 21:1-4
3. Thali MJ, Viner MD, B. G. Brogdon. *Brogdon's Forensic Radiology*. 2nd ed. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton. 2011